

بررسی آلودگی عنصر سرب در آب‌های سطحی منطقه

سرچشمه

فاطمه گنجه ای زاده روحانی^{۱*}، حمزه سعیدیان^۲، شاهین آقامیرزاده^۳



- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
- ۳- محقق بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
- *Email: f.ganjei@yahoo.com

چکیده

فلزات سنگین از جمله آلوده‌کننده های مهم محیط زیست هستند که در غلظت‌های بالاتر از حد استاندارد به عنوان آلاینده شناخته می‌شوند. تجمع آن‌ها در آب، خاک، محصولات کشاورزی و آلودگی محیط توسط آن‌ها یکی از مهم‌ترین مسایل زیست محیطی است که زندگی گیاهان، حیوانات و انسان را تهدید می‌کند. سرب یکی از این فلزات است که از طرق مختلف از جمله صنایع، معادن، آگزوز اتومبیل‌ها، آب موجود در لوله‌های سربی و غیره به محیط زیست، زنجیره غذایی و نهایتاً بدن انسان وارد می‌شود. در مناطق نزدیک به صنایع و معادن احتمال آلودگی آب‌های منطقه به عناصر سنگین زیاد است. در این مطالعه به بررسی آلودگی و تغییرات غلظت عنصر سرب در آب‌های سطحی منطقه سرچشمه پرداخته شده است. با مقایسه آماری نتایج و تهیه نقشه‌های اولیه و نقشه‌های پراکنش آلودگی، میزان سرب در آب‌های سطحی در دو فصل پرآب و کم آب مقایسه گردید. نتایج نشان داد که در هر دو زمان، عنصر سرب بیش‌ترین غلظت را در معدن دارد و از معدن به طرف شهر رفسنجان (یعنی به سمت شمال در مسیر رودخانه) از غلظت آن کاسته می‌شود. طبق نتایج این پژوهش، آب‌های سطحی منطقه به دلیل آلودگی با سرب برای آشامیدن مناسب نمی‌باشند. از سوی دیگر بهتر است این منابع آبی برای کشاورزی یا استفاده احشام نیز کم‌تر بکار رود چون تجمع سرب در گیاهان و بدن احشام در نهایت به انسان منتقل خواهد شد که برای سلامتی خطرساز است.

واژه های کلیدی: آلودگی آب، سرچشمه، غلظت سرب، معدن مس

بیان مسئله

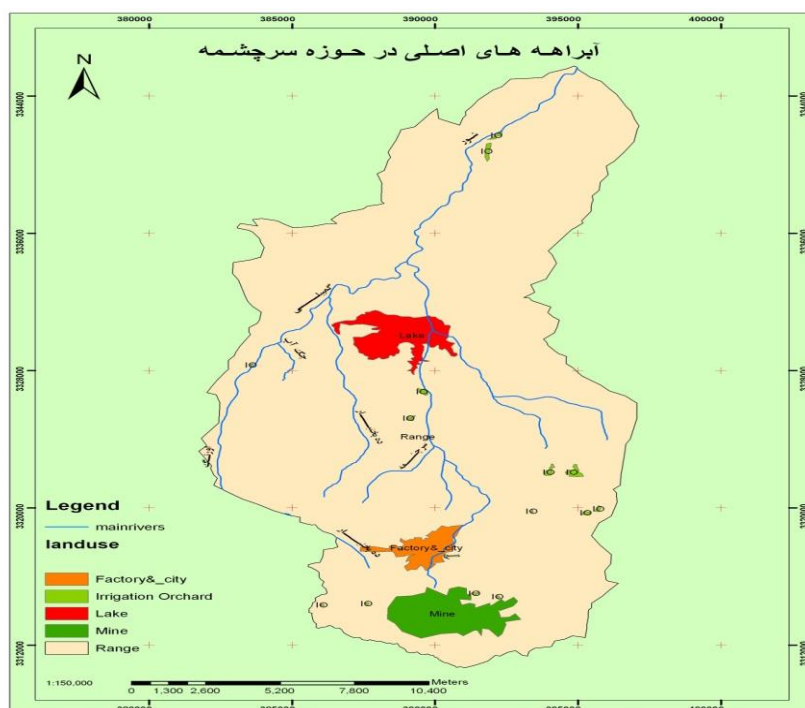
فلزات سنگین بطور طبیعی در قشر زمین وجود دارد و بر اثر فعل و انفعالات و عوامل طبیعی از قبیل آتشفشان‌ها، آتش‌سوزهای طبیعی، هوازدگی، فرسایش سنگ‌ها و تولید رسوب وارد اکوسیستم‌های آلی می‌شوند و در ضمن با فعالیت‌های انسانی یا عوامل غیرطبیعی، از طریق فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، استخراج معادن، مصرف سوخت‌های فسیلی و مواردی از این قبیل میزان آن‌ها در محیط زیست افزایش می‌یابد (۴). سرب با عدد اتمی ۸۲ یکی از گسترده‌ترین فلزات سنگین در محیط می‌باشد که توسط سنگ آهک سرب‌دار، سوخت‌های فسیلی و مصارف صنعتی از قبیل رنگ‌سازی، تولید سموم و آفت‌کش‌ها، لوازم خانگی، باطری‌سازی، مهمات‌سازی، ساخت لوله‌های آب آشامیدنی، صنعت چاپ و تولید لعاب وارد محیط شده و نهایتاً موجب آلودگی آن می‌گردد (۲). تفاوت عمده سرب با سایر فلزات سنگین در نحوهٔ تاثیر آن بر انسان است. معمولاً بخش عمده جذب سرب از طریق تنفس بوده (حدود ۶۰ درصد) و تنها ۳۰ تا ۴۰ درصد آن به واسطه تغذیه وارد بدن انسان می‌گردد. در حالی که فلزات سنگین دیگر مانند جیوه و کادمیوم عمدتاً از طریق تغذیه وارد بدن می‌شوند (۱). در بین فلزات سنگین، سرب دارای بیش‌ترین مقدار در آب‌های شیرین است که به صورت ترکیبات آلی و معدنی وجود دارد. میزان آن در پوسته زمین ۱۳ و در رسوبات اقیانوسی ۸۰ پی پی ام می‌باشد (۷).

مهم‌ترین اثرات سرب بر روی دستگاه عصبی، دستگاه خونساز و کلیه‌ها می‌باشد و بر غدد تولید مثل نیز اثرات منفی دارد. از علائم مسمومیت با سرب، ضعف عمومی، از دست دادن اشتها، شل شدن عضلات، اختلال در سیستم عصبی، اختلال در سیستم فرمان‌دهنده جریان خون، مغز و اعضای گوارشی می‌باشد که مسمومیت‌های شدید با آن منجر به مرگ خواهد شد. سرب جذب شده در استخوان می‌تواند جایگزین کلسیم خون شده و ناراحتی‌های استخوانی نیز بوجود آورد (۴). بطور کلی بسیاری از انواع فلزات در بدن به فرم‌های مختلف وجود دارد که برای بدن لازم است. برخی از عناصر کمیاب نیز در غذا یافت می‌شوند ولی افزایش مقدار آن‌ها باعث بروز خواص سمی در بدن می‌شود که از جمله این عناصر می‌توان سرب، قلع، جیوه، کادمیوم و آلومینیم را نام برد. بررسی آلودگی منابع آب توسط عناصر سنگین مانند سرب از جمله مسایل مورد توجه بسیاری از پژوهش‌گران در ایران و جهان می‌باشد که به برخی موارد می‌توان اشاره کرد.

ارزیابی جامعی که از تحقیقات اندازه‌گیری سرب در آمریکا با بررسی سیستماتیک آن در یک دوره ۲۰ ساله در محیط زیست از جمله آب، خاک، هوا و غذا صورت گرفت. طبق این تحقیق که به صورت متاآنالیز انجام گردید، مشاهده شد که میانگین برآورد سرب در آب و خاک‌های مسکونی در مناطق شهری سه برابر بیش‌تر از مناطق غیرشهری است (۵). بررسی آلودگی فلزات کمیاب در آب‌های سطحی دریاچه‌های نزدیک معدن سرب متروک در مراکش نیز انجام شد. در این تحقیق نمونه‌های آب سه رودخانه در نزدیکی معدن مورد ارزیابی قرار گرفت و مشاهده شد که سطوح آرسنیک، کادمیوم، مس و سرب بسیار بالاتر از مقادیری است که سازمان بهداشت جهانی برای آب آشامیدنی تعیین کرده است (۳). هم‌چنین بررسی غلظت فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و سرب در منابع آب زیرزمینی در شهرستان اردستان در سال ۱۳۹۶ صورت گرفت. نمونه‌برداری را از ۱۴ چاه که منبع تأمین آب شرب روستایی منطقه شهراب بودند، انجام دادند. در کلیه نمونه‌ها میزان کادمیوم کم‌تر از سه میکروگرم بر لیتر و میزان سرب بیش‌تر از ۱۰ میکروگرم بر لیتر که حد مجاز استاندارد تعریف شده در آب آشامیدنی ایران بود مشاهده کردند (۱). با توجه به منشاء وجود عناصر سنگین درمی‌یابیم که معادن و فاضلاب‌های حاصل از آن‌ها می‌تواند نقش مهمی در آلودگی محیط زیست داشته باشد (۶). بنابراین تحقیق حاضر با توجه به اهمیت آلودگی سرب در محیط زیست، به بررسی تغییرات آن در آب‌های سطحی منطقه تحت تاثیر معدن مس سرچشمه که اولین تولیدکننده مس در ایران و تحت پوشش شرکت ملی صنایع مس ایران قرار دارد، پرداخته شده که از اهمیت خاصی برخوردار است.

معرفی دستاورد

نمونه برداری از آب های سطحی در سرشاخه های رودخانه شور قبل از ورود به سد رسوبگیر کارخانه مس سرچشمه، داخل مخزن سد رسوبگیر و شاخه پایاب سد تا دشت رفسنجان بر اساس نقشه آبراهه های اصلی حوزه سرچشمه که در شکل (۱) نشان داده شده است، انجام گرفت. نمونه برداری از آب در طول مسیر رودخانه از طرفین و وسط آن صورت گرفت و پس از مخلوط شدن، یک نمونه ی یک لیتری درون بطری پلی اتیلن به آزمایشگاه منتقل شد. هم چنین در مخزن سد رسوبگیر به طور تصادفی از سطح دریاچه حداقل ۱۰ نمونه آب از بخش سرآب تا بدنه سد تهیه و نمونه ها جهت تعیین مقدار عنصر سنگین سرب به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی کرمان منتقل گردید که نتایج در جدول (۱) بیان شده است. نمونه برداری از آب رودخانه بعد از خروج از بدنه سد (بخش پایاب) در طول رودخانه مشابه بخش سرآب سد انجام شد. نمونه برداری های فصل تر در اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت ماه (جدول ۲) و نمونه برداری ها در فصل خشک از اواخر شهریور تا اوایل مهرماه (جدول ۳) انجام گردید به این دلیل که در زمان انجام طرح، طبق داده های هواشناسی بارش های مناسبی در اوایل بهار وجود داشت و جریان آب های سطحی و زیرزمینی قابل قبولی در ماه های فروردین و اردیبهشت برقرار می شد. در آزمایشگاه میزان عنصر سرب موجود در نمونه های آب توسط دستگاه جذب اتمی قرائت شد. نمونه برداری ها در فصل خشک از اواخر شهریور تا اوایل مهر ماه انجام گردید. به علت این که بارش هایی در تابستان تقریباً وجود نداشت یا خیلی کم بود و جریان آب های سطحی و زیرزمینی در اواخر تابستان و اوایل پاییز معمولاً در منطقه مورد مطالعه به حداقل خود می رسید. نقشه های پراکنش آلودگی سرب در آب های سطحی در این دو فصل در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱- آبراهه های اصلی در حوزه سرچشمه

نتایج عنصر سرب در آب سطح سد رسوب‌گیر معدن مس سرچشمه

به دلیل تجمع مداوم فاضلاب کارخانه در سد رسوب‌گیر، نمونه‌برداری از سطح آب جمع شده در سد یک‌بار انجام شد.

جدول ۱- میزان سرب در نمونه‌های آب سطحی سد رسوب‌گیر معدن مس سرچشمه

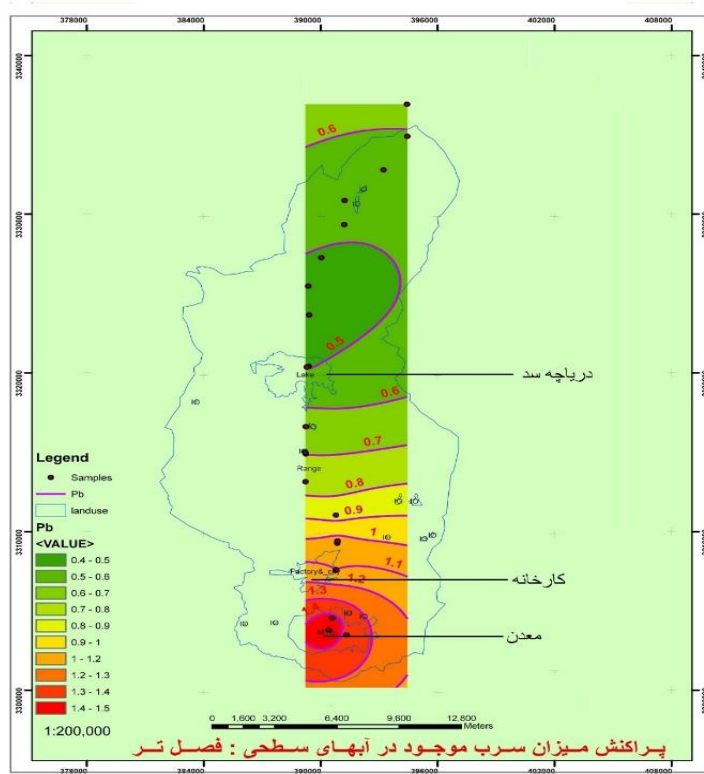
Pb (mg/L)	نمونه آب	Pb (mg/L)	نمونه آب
۱/۰۴۶	d۶	۰/۶۴۱	d۱
۳/۱۲۹	d۷	۰/۹۳۵	d۲
۰/۸۸۷	d۸	۰/۲۸۴	d۳
۳/۱۴۷	d۹	۰/۶۵۵	d۴
۰/۹۲۲	d۱۰	۰/۶۴۲	d۵

نتایج میزان عنصر سرب در نمونه‌های آب در مسیر رودخانه

برداشت نمونه‌های آب در مسیر رودخانه، قبل و بعد از سد رسوب‌گیر در هر دو فصل خشک و تر با فاصله حدود یک کیلومتر از یکدیگر انجام گردید.

جدول ۲- میزان سرب نمونه‌های آب در مسیر رودخانه از معدن به سمت رفسنجان در فصل تر

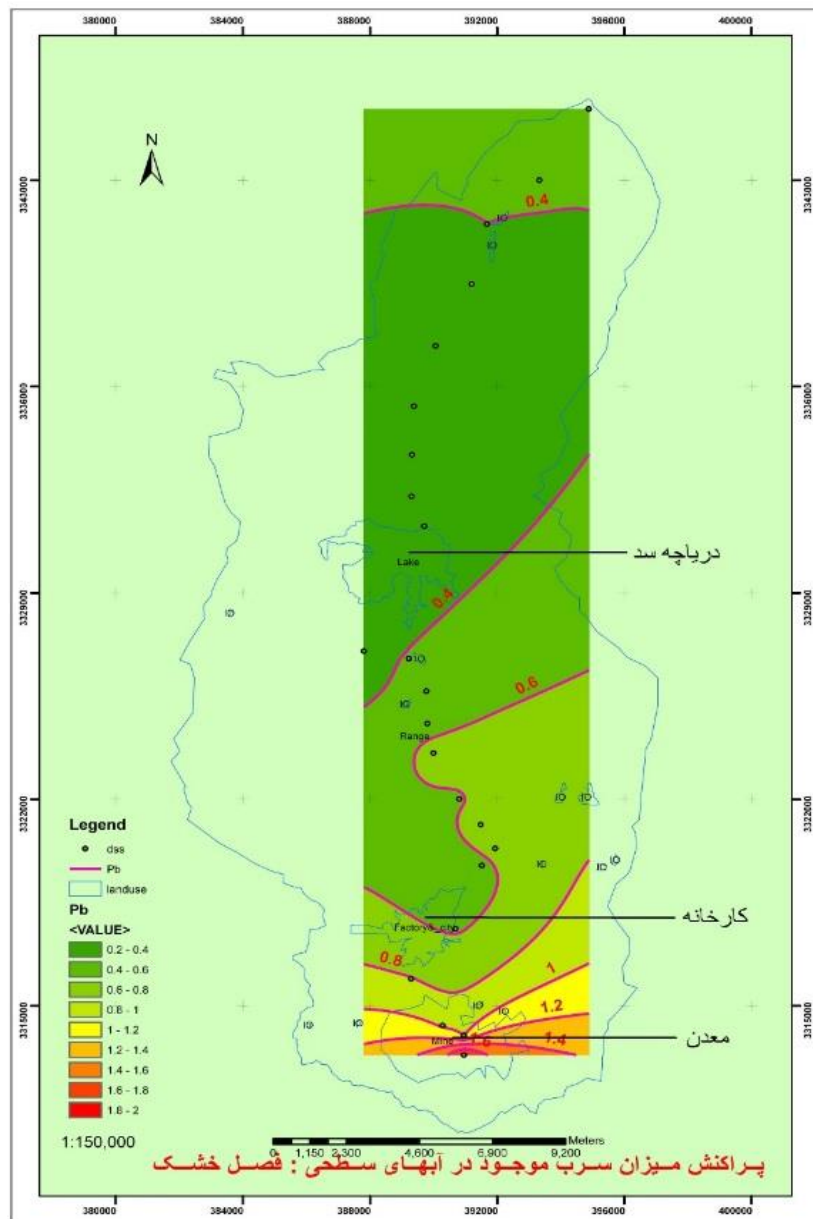
سرب (mg/L)	نمونه آب	سرب (mg/L)	نمونه آب
۰/۴۶۴	۱۴	۰/۵۷۰	۱
۰/۴۹۸	۱۵	۱/۰۹۹	۲
۰/۴۸۳	۱۶	۰/۷۶۳	۳
۰/۵۰۱	۱۷	۰/۸۱۸	۴
۰/۵۱۲	۱۸	۱/۵۳۸	۵
۰/۵۳۵	۱۹	۱/۱۰۵	۶
۰/۴۹۹	۲۰	۰/۵۸۵	۷
۰/۵۲۱	۲۱	۰/۶۰۰	۸
۰/۶۸۲	۲۲	۰/۲۵۵	۹
۱/۷۰۵	۲۳	۱/۱۶۴	۱۰
۲/۲۴۵	۲۴	۰/۴۸۶	۱۱
۱/۰۲۴	۲۵	۰/۸۶۹	۱۲
-	-	۰/۳۷۲	۱۳



شکل ۲- پراکنش میزان سرب در آبهای سطحی منطقه مورد مطالعه در فصل تر

جدول ۳- میزان سرب در نمونه‌های آب در مسیر رودخانه از معدن به سمت رفسنجان در فصل خشک

نمونه آب	سرب (mg/L)	نمونه آب	سرب (mg/L)
۱	۰/۸۱۴	۱۳	۰/۳۰۱
۲	۰/۵۷۷	۱۴	۰/۲۳۱
۳	۰/۵۰۸	۱۵	۰/۳۱۱
۴	۰/۷۱۶	۱۶	۰/۳۲۵
۵	۰/۶۸۱	۱۷	۰/۲۹۹
۶	۰/۵۸۳	۱۸	۰/۳۱۸
۷	۰/۶۷۳	۱۹	۰/۳۹۵
۸	۰/۵۳۱	۲۰	۰/۴۱۸
۹	۰/۵۰۱	۲۱	۰/۴۱۲
۱۰	۰/۴۹۸	۲۲	۱/۹۰۶
۱۱	۰/۳۹۱	۲۳	۰/۹۶۵
۱۲	۰/۲۲۰	۲۴	۰/۹۶۹



شکل ۳- پراکنش میزان سرب در آب‌های سطحی منطقه مورد مطالعه در فصل خشک

در این تحقیق با مقایسه میزان سرب نمونه‌ها با حد مجاز اعلام شده در استاندارد ملی ۱۰۵۳ و استاندارد اعلام شده توسط محیط زیست که جهت تخلیه در آب سطحی و چاه و یا استفاده در آبیاری در کشاورزی که یک میلی‌گرم بر لیتر و در آب آشامیدنی ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر است مشاهده شد که غلظت عنصر سرب در همه نمونه‌های آب در دو فصل تر و خشک بیش از حد مجاز اعلام شده جهت شرب بوده و حدود ۳۰ درصد نمونه‌ها بالاتر و یا نزدیک به حد مجاز اعلام شده برای مصارف کشاورزی و آبیاری است.

مقایسه نمونه‌های آب قبل و بعد از سد بدون در نظر گرفتن فصل نشان داد که بین نمونه‌ها در سطح احتمال خطای ۱٪ تفاوت معنی‌داری برای غلظت سرب وجود دارد. مقایسه نمونه‌ها قبل از سد رسوب‌گیر نشان داد که در دو فصل تر و خشک تفاوت معنی‌داری در غلظت سرب وجود نداشت در حالی که بعد از سد در دو فصل از نظر آماری تفاوت معنی‌دار دیده شد. نتایج مقایسه میانگین نمونه‌های آب قبل و بعد از سد نشان داد که در هر دو فصل تر و خشک تفاوت معنی‌داری داشتند. با مشاهده نقشه پراکنش آلودگی در آب‌های سطحی (مسیر رودخانه) در فصل خشک مشاهده شد که در مورد عنصر سرب بیش‌ترین غلظت در معدن وجود دارد و از معدن مس سرچشمه به شهر رفسنجان یعنی به سمت شمال در مسیر رودخانه از غلظت آن‌ها کاسته می‌شود. در فصل تر نیز مشاهده شد که میزان عنصر سرب در معدن مس سرچشمه بیش‌ترین مقدار است و با فاصله از معدن از غلظت این عنصر کاسته می‌شود. با نزدیک شدن به شهر به دلیل وجود وسایل نقلیه میزان سرب مقداری افزایش دارد.

توصیه ترویجی

با توجه به این‌که عنصر سرب از عناصر سنگین و سمی است لذا حد مجاز آن در آب‌های مورد استفاده اهمیت دارد. میزان مجاز سرب در آب آشامیدنی بر اساس استاندارد ملی شماره ۱۰۵۳ برابر ۱/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر و در پساب تصفیه شده جهت استفاده در مصارف شهری و محیط زیست ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر اعلام شده است و بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست میزان مجاز در آب مورد استفاده در آبیاری حداکثر برابر ۱/۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیان شده است. چون عنصر سرب در آب‌های سطحی منطقه مورد مطالعه گاه‌ها بیش از حد مجاز یافت شد لذا توصیه می‌شود:

- ۱- از آب‌های سطحی منطقه جهت آشامیدن استفاده نشود.
- ۲- تا حد ممکن برای مصارف کشاورزی و آبیاری باغات استفاده نگردد.
- ۳- تا حد امکان از مصرف آن‌ها توسط احشام جلوگیری شود.
- ۴- بررسی و ردیابی این عنصر در آب‌های منطقه به ویژه مناطقی که کاربری کشاورزی و دامپروری دارند شدیداً توصیه می‌شود.
- ۵- لازم است آب آشامیدنی منطقه از لحاظ غلظت این عنصر نیز مورد آزمایش و ارزیابی قرار گیرد زیرا وجود معدن و کارخانه مس و فاضلاب ناشی از آن می‌تواند موجب آلودگی گردد.

فهرست منابع:

- ۱- آقاوولی، ن.، معصومه نژاد، ع. و قمی، م. (۲۰۱۷). بررسی فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و سرب در منابع آب زیرزمینی منطقه شهراب و روستاهای اطراف در شهرستان اردستان در خرداد ۱۳۹۴. فصلنامه بهداشت در عرصه، ۴ (۴)، ۸-۱.
- ۲- سنایی، غلامحسین.، ۱۳۷۱. سم‌شناسی صنعتی. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران جلد دوم، صفحه ۶۱۹-۶۱۷.
- 3- Bouzekri, S., El Fadili, H., El Hachimi, M. L., El Mahi, M., & Lotfi, E. M. (2020). Assessment of trace metals contamination in sediment and surface water of quarry lakes from the abandoned Pb mine Zaida, High Moulouya-Morocco. *Environment, Development and Sustainability*, 22(7), 7013-7031.
- 4- Clarck, R.B. 1992. *Marine Pollution*, Oxford University Press. 172-174.

5- Frank, J. J., Poulakos, A. G., Tornero-Velez, R., & Xue, J. (2019). Systematic review and meta-analyses of lead (Pb) concentrations in environmental media (soil, dust, water, food, and air) reported in the United States from 1996 to 2016. *Science of the Total Environment*, 694, 133489.

6- Ismail, A., Toriman, M. E., Juahir, H., Zain, S. M., Habir, N. L. A., Retnam, A., ... & Azid, A. 2016. Spatial assessment and source identification of heavy metals pollution in surface water using several chemometric techniques. *Marine pollution bulletin*, 106 :(1-2), 292-300.