

ارزیابی شاخص کیفی فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین شهرستان سرپل ذهاب (93-1392)

سجاد نظری¹؛ سهیل سبحان اردکانی^{1*}

چکیده

زمینه: امروزه توسعه صنعتی و کشاورزی، منابع آب سطحی و زیرزمینی را در معرض انواع آلاینده‌ها قرار داده است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت قلعه‌شاهین شهرستان سرپل ذهاب با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین انجام شد.

روش‌ها: نمونه‌برداری طی فصول زمستان 1392 و تابستان 1393 از 20 حلقه چاه واقع در سطح دشت قلعه‌شاهین به صورت تصادفی انجام گرفت. پس از انجام مراحل آماده‌سازی آزمایشگاهی و قرائت غلظت عناصر توسط دستگاه ICP، ارزیابی کیفی نمونه‌ها توسط شاخص HPI انجام شد. پردازش آماری داده‌ها نیز توسط نرم‌افزار SPSS انجام شد.

یافته‌ها: بیشینه میانگین غلظت عناصر آرسنیک و روی در نمونه‌ها برحسب ppb در فصل زمستان 1392 با $12/0 \pm 0/11$ و $19/4 \pm 0/5$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 19 و 7 و در فصل تابستان 1393 نیز با $19/8 \pm 0/2$ و $48/6 \pm 0/4$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 15 و 13 می‌باشد. همچنین بیشینه مقدار شاخص HPI فصول زمستان 1392 و تابستان 1393 با $11/4$ و $19/5$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 19 و 7 می‌باشد.

نتیجه‌گیری: در حال حاضر منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، آلوده به فلزات آرسنیک و روی نیست. اما با توجه به کشت گسترده محصولات زراعی در صورت عدم مدیریت اصولی مصرف نهاده‌های کشاورزی در طولانی‌مدت، امکان آلوده شدن منابع آب زیرزمینی این منطقه و به تبع آن بروز مخاطرات بهداشتی برای مصرف‌کنندگان آب شرب دور از انتظار نخواهد بود.

کلیدواژه‌ها: آب زیرزمینی، شاخص آلودگی فلزات سنگین، حداکثر مقدار مجاز، دشت قلعه‌شاهین

«دریافت: 1393/8/20 پذیرش: 1394/2/15»

1. گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان

* عهده‌دار مکاتبات: همدان، شهرک شهید مدنی، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده علوم پایه، گروه محیط‌زیست، تلفن: 09183172286، دورنگار:

Email: s_sobhan@iauh.ac.ir

08134494143

مقدمه

به‌علت حرکت بسیار کند آب زیرزمینی، حتی بعد از حذف منبع تولید آلودگی، سالیان زیادی زمان می‌برد تا لایه‌های آبدار آلوده، به حالت اولیه برگردند. بنابراین، این تأخیر طولانی می‌تواند به غیرقابل استفاده شدن منبع آبی منجر شده و ممکن است توسعه سایر کاربری‌ها را با صرف هزینه گزاف ممکن سازد. بدین ترتیب، جلوگیری از آلودگی، بهترین راه حفاظت کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی است (2).

فلزات سنگین از آلاینده‌های مهم محیط‌زیست به‌شمار

آب‌های زیرزمینی از مهم‌ترین منابع تأمین نیازهای آبی در اکثر نقاط دنیا به‌شمار می‌آیند. افزایش نیاز به آب در بخش‌های مختلف و در نتیجه آن برداشت بیش از ظرفیت آبخوان‌ها منجر به تخریب منابع آب زیرزمینی و افت قابل توجه‌تر از آن‌ها شده است. همچنین نفوذ انواع آلاینده‌ها به سفره‌های زیرزمینی در نتیجه توسعه شهری، صنعتی و کشاورزی، اثرات محیط‌زیستی جبران‌ناپذیری را روی کاهش کیفیت این منابع به‌دنبال داشته است (1).

کمتر از 100 باشد، آب را فاقد آلودگی به فلزات سنگین ارزیابی کرده و آن را برای سلامت انسان فاقد مشکل لحاظ می‌کنند (6 و 7).

تاکنون چندین مطالعه در رابطه با بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین در سطح جهان انجام یافته است (7-14). با توجه به این که اراضی دشت قلعه‌شاهین دو بار در طی سال به زیرکشت می‌رود و معمولاً این امر با استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی همچون کودهای شیمیایی سولفات پتاسیم و سولفات روی و آفت‌کش‌ها به‌ویژه سموم پروتوپلاسمی همراه است، احتمال افزایش غلظت فلزات سنگین به ویژه آرسنیک و روی در منابع آب زیرزمینی منطقه وجود دارد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت قلعه‌شاهین با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین طی زمستان 1392 و تابستان 1393 انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

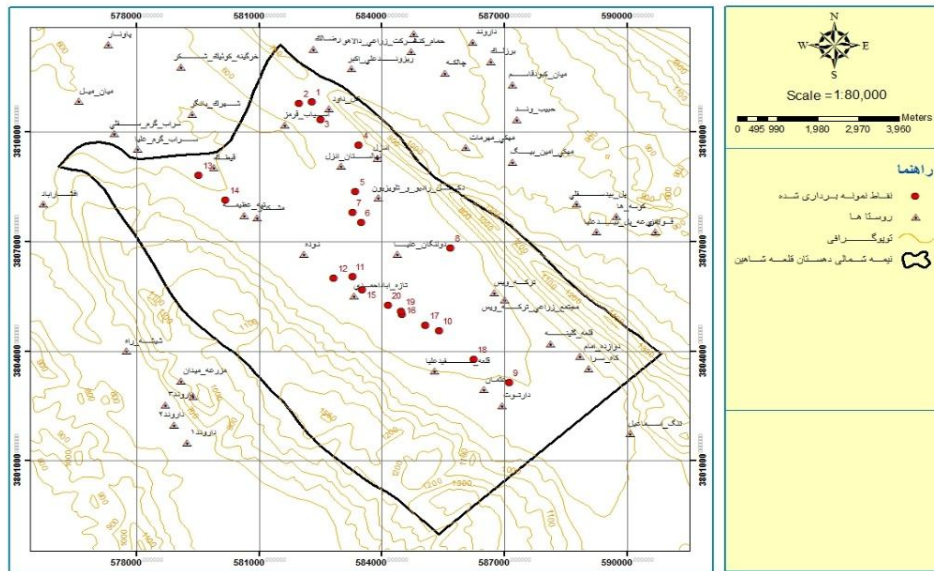
حوضه آبریز قلعه‌شاهین با مساحت تقریبی 190 کیلومتر مربع در جنوب شهرستان سرپل‌ذهاب واقع شده است. 120 کیلومتر مربع از این گستره توسط مناطق کوهستانی و به‌طور عمده آهک‌های آسماری پوشیده شده است. حدود 20 کیلومتر مربع نیز شامل مناطق کوهپایه‌ای است و 50 کیلومتر مربع را آبرفت‌های دوران چهارم می‌پوشانند. آبرفت‌ها در قسمت حاشیه دشت از رسوبات درشت‌دانه و در قسمت مرکز دشت از رسوبات ریزدانه در حد ماسه ریز، سیلت و رس تشکیل شده‌است. از نظر چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه شامل سازندهای تله زنگ، آسماری، گچساران، میشان، آغاچاری و آبرفت‌های کواترن است (15). این دشت دارای 2490 هکتار اراضی کشاورزی آبی است، که توسط یک سراب قدیمی و چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق حفر شده در منطقه آبیاری می‌شود. فعالیت‌های صنعتی و معدنی در این منطقه شامل یک معدن سنگ و یک معدن شن و ماسه است (16).

می‌روند که بسیاری از آن‌ها برای حیات ضروری نبوده و بسیار هم سمی هستند. این عناصر عمدتاً از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی حاصل می‌شوند. حضور فلزات سنگین در آب، خاک و هوا حتی در غلظت‌های پایین و انباشته‌شدن آن‌ها در زنجیره غذایی، می‌تواند زندگی بشر را به خطر بیندازد (3).

آرسنیک در گروه 1 ترکیبات سرطان‌زای مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سرطان (IRAC) طبقه‌بندی شده است. علائم و نشانه‌های ناشی از مسمومیت با آرسنیک شامل زخم در گلو، سوزش و خراش در شش‌ها، تپش غیرطبیعی قلب، کاهش تولید گلبول‌های سفید و قرمز خون و ناراحتی روده و معده است. به‌طور کلی آرسنیک یک عنصر سرطان‌زا است که باعث ایجاد سرطان ریه، مثانه و پوست می‌شود (3-5). روی در مقایسه با سایر فلزات سنگین، مسمومیت حاد کم‌تری ایجاد می‌کند. روی در حالت مازاد بر احتیاج باعث افزایش سلول‌های پیشرو مغز استخوان و کاهش تکثیر لنفوسیت‌های B و همچنین کاهش پاسخ آنتی‌بادی‌های سلول‌های T می‌شود (3-5).

به‌منظور ارزیابی کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی، چندین شاخص معرفی شده‌است. از مهم‌ترین مزایای استفاده از این شاخص‌ها می‌توان به سهولت استفاده، ارابه مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترهای مختلف به‌صورت یک عدد منفرد و در نتیجه کاهش حجم اطلاعات خام و ارابه پارامترهای متعدد کیفی به‌صورت یک سیستم ساده اشاره کرد (6).

شاخص آلودگی فلزات سنگین (Heavy Metal Pollution Index) یک روش برای رتبه‌بندی کیفیت آب است. این شاخص حاصل بررسی اثر تک‌تک فلزات سنگین بر کیفیت آب با هدف تعیین اثر شرایط کیفی آب بر سلامت انسان است. اگر مقدار این شاخص از 100 بیش‌تر باشد، آب آلوده و برای سلامت انسان خطرناک محسوب می‌شود. در صورتی که شاخص برابر با 100 باشد، آب را در آستانه خطر آلودگی ارزیابی می‌کنند که بیانگر حد بحرانی آلودگی می‌باشد. اگر مقدار شاخص



تصویر 1- نقشه ایستگاه های نمونه برداری

به منظور تثبیت و جلوگیری از رسوب گذاری عناصر محلول، به 25 میلی لیتر از نمونه آب، یک میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه کردیم و به مدت 10 دقیقه روی هیتر در دمای 50 درجه سانتی گراد در زیر هود قرار دادیم. پس از قرار دادن نمونه ها به مدت 10 دقیقه روی شیکر با سرعت 85 دور در دقیقه، محلول توسط کاغذ صافی واتمن شماره 42 صاف شد. به منظور کالیبراسیون دستگاه ICP، با استفاده از محلول استاندارد 1 ppm عناصر مورد بررسی، نسبت به تهیه استاندارد آرسنیک در غلظت های 1، 10 و 25 ppb و روی در غلظت های 1، 25 و 50 ppb اقدام شد (18 و 21). در نهایت غلظت فلزات سنگین بر حسب ppb توسط دستگاه نشر اتمی Varian مدل ES-710 در سه تکرار قرائت شد (5 و 18).

به منظور محاسبه شاخص آلودگی فلزات سنگین از روابط 1-3 استفاده شد (9 و 14).

$$\text{HPI} = \sum_{i=1}^n (Q_i W_i) / \sum_{i=1}^n W_i \quad \text{رابطه 1}$$

$$W_i = \frac{K}{S_i} \quad \text{رابطه 2}$$

$$Q_i = \sum_{n=1}^n \frac{|M_i - I_i|}{S_i - I_i} \quad \text{رابطه 3}$$

در این روابط:

W_i : نسبت وزنی عنصر مورد ارزیابی

به منظور ارزیابی آلودگی فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی دهستان قلعه شاهین، پس از انجام مطالعات اولیه میدانی و با در نظر گرفتن پراکندگی یکنواخت ایستگاه ها در نقاطی از سطح دشت که چاه های فعال با کاربری شرب و کشاورزی مستقر بودند، 10 حلقه چاه عمیق و 10 حلقه چاه نیمه عمیق انتخاب شدند. پس از ثبت مختصات جغرافیایی 20 حلقه چاه انتخاب شده آن ها توسط دستگاه GPS (تصویر 1)، نمونه برداری از آب طی فصول زمستان سال 1392 و تابستان سال 1393 (اواسط بهمن ماه و مردادماه) به روش مرکب و مطابق استانداردهای بین المللی و دستورالعمل ارایه شده در نشریه شماره 274 معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری انجام شد. نمونه ها در ظروف پلی اتیلنی 500 میلی لیتری که از قبل توسط اسید نیتریک شسته شده بودند، نگهداری و پس از قرار گرفتن در یخدان با دمای 4 درجه سانتی گراد در اسرع وقت به آزمایشگاه منتقل شدند (3، 5 و 17-20).

برای اندازه گیری غلظت یون های فلزی مورد نظر در نمونه ها با استناد به استاندارد 2354 موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و دستورالعمل های بین المللی،

روی با $9/82 \pm 0/12$ و $48/6 \pm 0/4$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 15 و 13 می‌باشد (جدول 2).

کمین و بیشینه مقدار شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI) مربوط به نمونه‌های فصل زمستان 1392 با $1/09$ و

جدول 1- میانگین غلظت* عناصر مورد ارزیابی در فصل زمستان

1392 به تفکیک ایستگاه نمونه‌برداری بر حسب ppb

ایستگاه	انحراف معیار \pm میانگین غلظت عنصر	عنصر
1	$0/03 \pm 1/50$	آرسنیک
2	$0/05 \pm 10/2$	روی
3	$0/2 \pm 5/70$	
4	$0/17 \pm 5/84$	
5	$0/07 \pm 9/06$	
6	$0/08 \pm 6/78$	
7	$0/15 \pm 4/25$	
8	$0/1 \pm 3/90$	
9	$0/06 \pm 1/11$	
10	$0/13 \pm 7/01$	
11	$0/15 \pm 2/25$	
12	$0/2 \pm 11/9$	
13	$0/02 \pm 1/56$	
14	$0/04 \pm 8/44$	
15	$0/05 \pm 6/24$	
16	$0/1 \pm 9/80$	
17	$0/12 \pm 6/27$	
18	$0/3 \pm 10/0$	
19	$0/11 \pm 12/0$	
20	$0/3 \pm 4/40$	
میانگین	$6/41 \pm 3/41$	

* داده‌ها مربوط به میانگین 3 تکرار می‌باشد.

** حروف غیرمشترک (a, b, c و ...) در هر ستون، بیانگر تفاوت

معنادار ($P < 0/05$) بین ایستگاه‌ها از نظر میانگین

Q_i : زیرشاخص عنصر مورد ارزیابی
 S_i : حد مجاز عنصر مورد ارزیابی بر حسب میکروگرم در لیتر

V_i : غلظت قرائت شده عنصر مورد ارزیابی بر حسب میکروگرم در لیتر
 K: ثابت تناسب

به منظور پردازش آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS 19 استفاده شد. برای اطمینان از نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده و داده‌های پرت نیز با استفاده از نمودار جعبه‌ای بررسی شد. برای مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عناصر در نمونه‌ها بین ایستگاه‌ها از آزمون آماری تحلیل واریانس بین آزمودنی یک طرفه (چند دامنه‌ای دانکن) استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج قرائت غلظت تجمع یافته عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قلعه‌شاهین در فصول زمستان سال 1392 و تابستان 1393 بر حسب ppb و همچنین نتایج محاسبه شاخص آلودگی فلزات سنگین بر حسب فصول نمونه‌برداری ثبت شد (جداول 3-1).

نتایج مقایسه میانگین غلظت قرائت شده عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قلعه‌شاهین در فصل زمستان 1392 بر حسب ppb بیانگر آن است که کمین و بیشینه میانگین غلظت تجمع یافته عنصر آرسنیک با $1/11 \pm 0/06$ و $12/0 \pm 0/11$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 9 و 19 و کمین و بیشینه میانگین غلظت تجمع یافته عنصر روی با $1/22 \pm 0/03$ و $19/4 \pm 0/5$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 5 و 7 می‌باشد (جدول 1).

نتایج مقایسه میانگین غلظت قرائت شده عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قلعه‌شاهین در فصل تابستان 1393 بر حسب ppb بیانگر آن است که کمین و بیشینه میانگین غلظت تجمع یافته عنصر آرسنیک با $1/89 \pm 0/19$ و $19/8 \pm 0/2$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 8 و 15 و کمین و بیشینه میانگین غلظت تجمع یافته عنصر

جدول 3 - مقدار عددی شاخص آلودگی فلزات سنگین

به تفکیک فصول نمونه برداری		
ایستگاه	زمستان 1392	تابستان 1393
1	1/47	3/58
2	9/74	4/93
3	5/45	11/7
4	5/59	4/14
5	8/62	22/8
6	6/47	6/91
7	4/09	19/5
8	3/72	1/83
9	1/09	8/12
10	6/70	9/46
11	2/32	11/9
12	11/3	7/11
13	1/15	5/12
14	8/06	12/7
15	5/90	18/8
16	9/36	5/08
17	6	6/42
18	9/55	7/38
19	11/4	1/86
20	4/22	6/85

11/4 و به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 9 و 19 و کمینه و بیشینه مقدار شاخص مربوط به نمونه‌های فصل تابستان 1393 با 1/83 و 19/5 به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 8 و 7 می‌باشد (جدول 3).

جدول 2 - میانگین غلظت* عناصر مورد ارزیابی در فصل تابستان

1393 به تفکیک ایستگاه نمونه برداری بر حسب ppb		ایستگاه
انحراف معیار \pm میانگین غلظت عنصر		
روى	آرسنیک	عنصر
^{bc} 0/2 \pm 10/9	^b 0/07 \pm 3/74	1
^c 0/1 \pm 11/9	^c 0/1 \pm 5/15	2
^h 0/4 \pm 19/1	^h 0/4 \pm 12/3	3
^{cd} 0/3 \pm 12/4	^b 0/07 \pm 4/32	4
^{fg} 0/3 \pm 16/2	ⁿ 0/3 \pm 23/3	5
^{fg} 0/3 \pm 16/3	^{de} 0/04 \pm 7/22	6
^g 0/3 \pm 16/5	^m 1/5 \pm 20/5	7
^f 0/3 \pm 15/8	^a 0/19 \pm 1/89	8
^j 0/1 \pm 27/9	^f 0/16 \pm 8/46	9
^{de} 0/2 \pm 14/0	^g 0/1 \pm 9/90	10
^e 0/2 \pm 15/1	^h 0/3 \pm 12/5	11
ⁱ 1/7 \pm 22/3	^e 0/03 \pm 7/42	12
^k 0/4 \pm 48/6	^c 0/06 \pm 5/26	13
^h 0/6 \pm 19/5	ⁱ 0/3 \pm 13/3	14
^a 0/12 \pm 9/82	^j 0/2 \pm 19/8	15
ⁱ 0/5 \pm 22/0	^c 0/02 \pm 5/28	16
^b 1/4 \pm 10/5	^d 0/04 \pm 6/72	17
^b 0/7 \pm 10/3	^e 0/03 \pm 7/73	18
^d 1/5 \pm 13/4	^a 0/03 \pm 1/92	19
^d 0/6 \pm 13/8	^{de} 0/03 \pm 7/16	20
8/91 \pm 17/32	6/23 \pm 9/19	میانگین

* داده‌ها مربوط به میانگین 3 تکرار می‌باشد.

** حروف غیر مشترک (a, b, c و ...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنادار ($P < 0/05$) بین ایستگاه‌ها از نظر میانگین غلظت تجمع یافته عناصر در نمونه‌های آب زیرزمینی بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (آزمون دانکن) می‌باشد.

بحث

غلظت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی به عوامل متعددی وابسته است که از آن جمله می‌توان به نوع، میزان و زمان کوددهی یا آفت‌کش‌های مورد استفاده، شرایط اقلیمی منطقه، زمان برداشت نمونه‌ها، سطح سفره‌های آب زیرزمینی و زمین‌شناسی منطقه اشاره کرد (3). مقدار عددی شاخص آلودگی فلزات سنگین مربوط به نمونه‌های فصول زمستان 1392 و تابستان 1393 در تمام ایستگاه‌ها کم‌تر از 100 (حد بحرانی آلودگی) و بیانگر عدم آلودگی منابع آب زیرزمینی به فلزات آرسنیک

(2013) (10)؛ نالاوادی و همکاران (2012) (12)؛ ریزوان و همکاران (2011) (14)؛ پراساد و سانگیتا (2008) (7) و پراساد و باسه (2001) (6). پس از بررسی عناصر آرسنیک و روی به منظور ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی توسط شاخص HPI، اعلام کردند که مقدار عددی شاخص کم تر از حد بحرانی آلودگی می باشد. بنابراین می توان به مطابقت نتایج پژوهش حاضر با دستاورد مطالعه این افراد اشاره کرد.

نتیجه گیری

مقدار عددی شاخص آلودگی فلزات سنگین بیانگر عدم آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین به فلزات آرسنیک و روی می باشد. با توجه به این که در سالیان اخیر، اراضی منطقه دوبار در طی سال به زیرکشت می رود و معمولاً این امر با استفاده بیش از حد از نهاده های کشاورزی همچون کودهای شیمیایی و آفت کش ها همراه است، احتمال افزایش غلظت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی منطقه را در طولانی مدت افزایش می دهد. بنابراین پایش دوره ای و منظم منابع آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین به آلاینده های محیط زیستی از جمله تجمع فلزات سنگین و باقی مانده سموم شیمیایی به منظور حفظ سلامت عمومی توصیه می شود.

و روی می باشد. بنابراین منابع آب زیرزمینی مورد ارزیابی از نظر شرب به عناصر مورد بررسی آلوده نبوده و برای مصرف کننده مشکل بهداشتی در پی ندارد. در این خصوص، بررسی نتایج آزمون تی تک نمونه ای به منظور مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد بررسی در نمونه های آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین در فصول زمستان 1392 و تابستان 1393 با رهنمود WHO (آرسنیک 100 ppb و روی 2000 ppb) و همچنین استاندارد 1053 مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (آرسنیک 10 ppb و روی 3000 ppb) (5) بیانگر آن است که میانگین غلظت تجمع یافته عناصر کم تر از رهنمود WHO و استاندارد 1053 مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می باشد و استفاده از منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از نظر عناصر آرسنیک و روی، مخاطره بهداشتی برای مصرف کننده ندارد.

نتایج آزمون چنددامنه ای دانکن به منظور گروه بندی آماری ایستگاه های نمونه برداری از نظر میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد ارزیابی در فصول زمستان 1392 و تابستان 1393 بیانگر وجود اختلاف معنادار آماری بین اکثر ایستگاه ها می باشد.

حسین پور مقدم و همکاران (2014) (8)؛ پراساد و همکاران (2014) (9)؛ ماریا الکساندرا و همکاران

References

1. Sayad H, Mohammadzadeh H, Velayati S. [Evaluation of groundwater quality of Dargaz Aquifer using Schuler graph and GQI (Persian)]. 30th Symposium of Geosciences, 2012, Tehran, Iran.
2. Nourozi H, Shahbazi A, Ranjbar M, Safdari H. [Survey of nitrate and nitrite ions in groundwater resources of Hamedan Province (Persian)]. The 8th National Congress on Environmental Health, 2005, Tehran, Iran.
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 (Persian)]. Journal of Environmental Science and Technology. 2014a;16(2):25-38.
4. Sobhanardakani S, Talebani S, Maànijou M. [Evaluation of As, Zn, Pb and Cu concentrations in groundwater resources of Toyserkan Plain and preparing the zoning map using GIS (Persian)]. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences 2014b;24(114):120-9.
5. Sobhanardakani S, Razban SS, Maànijou M. [Evaluation of concentration of some heavy metals in ground water resources of Qahavand Plain-Hamedan (Persian)]. Journal of Kermanshah University of Medical Sciences 2014c;18(6):339-48.
6. Prasad B, Bose JM. Evaluation of the heavy metal pollution index for surface and spring water near a limestone mining area of the lower Himalayas. Environ Geol. 2001;41(1-2):183-8.
7. Prasad B, Sangita K. Heavy Metal Pollution Index of ground water of an Abandoned open cast mine filled with fly Ash: a case study. Mine Water Environ. 2008;27(4):265-7.

8. Hosseinpour Moghaddam M, Lashkaripour GR, Dehghan P. Assessing the effect of heavy metal concentrations (Fe, Pb, Zn, Ni, Cd, As, Cu, Cr) on the quality of adjacent groundwater resources of Khorasan steel complex. *Int J Plant Animal Environ Sci.* 2014;4(2):511-8.
9. Prasad B, Kumari P, Bano S, Kumari S. Ground water quality evaluation near mining area and development of heavy metal pollution index. *Appl Water Sci.* 2014;4:11-7.
10. Maria-Alexandra H, Roman C, Ristoiu D, Popita G, Tanaselia C. Assessing of water quality pollution indices for heavy metal contamination. A study case from Medias City groundwaters. *Agric Sci Prac.* 2013;3-4:25-31.
11. Yankey RK, Fianko JR, Osae S, Ahialek EK, Duncan AE, Essuman DK, Bentum JK. Evaluation of heavy metal pollution index of groundwater in the Tarkwa minning area, Ghana. *Elixir Pollut.* 2013;54:12663-7.
12. Nalawade PM, Bholay AD, Mule MB. Assessment of Groundwater and surface water quality indices for heavy metals nearby area of Parli thermal power plant. *Univ J Environ Res Technol.* 2012;2(1):47-51.
13. Ameh EG, Akpah FA. Heavy metal pollution indexing and multivariate statistical evaluation of hydrogeochemistry of River PovPov in Itakpe iron-ore mining area, Kogi State, Nigeria. *Adv Appl Sci Res.* 2011;2(1):33-46.
14. Rizwan R, Gurdeep S, Manish Kumar J. Application of heavy metal pollution index for ground water quality assessment in Angul District of Orissa, India. *Int J Res chem Environ.* 2011;1(2):118-22.
15. Bahrami K, Bahrami, Sh, Taheri K. [Geological structures impact on groundwater recharge in Qaleeh Shahin Plain basin (Persian)]. 1st Iranian National Conference on Applied Research in Ware Resources. 2010, Kermanshah, Iran.
16. Nazari S. [Qualitative Assessment of Groundwater Resources Using Heavy Metal Pollution Index (Case Study: Ghaleh Shahin Plain, Sarpole Zahab City) (Persian)]. MSc Thesis, Faculty of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University. 2014;40-41.
17. Sharifi Z, Safari Sinigani AA. Assessment of arsenic, nitrate and phosphorus pollutions in shallow groundwater of the rural area in Kurdistan Province (Iran). *Curr World Environ* 2012;7(2):233-41.
18. Olías M, Moral F, Galván L, Cerón JC. Groundwater contamination evolution in the Guadiamar and Agrio aquifers after the Aznalcóllar spill: assessment and environmental implications. *Environ Monit Assess* 2012; 184:3629-41.
19. Ramesh K, Elango L. Groundwater quality and its suitability for domestic and agricultural use in Tondiar river basin, Tamil Nadu, India. *Environ Monit Assess* 2012;184:3887-99.
20. Eaton AD, Franson MAH. Standard methods for the examination of water & wastewater. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association. 2005; 10-11.
21. Muhammad S, Tahir Shah M, 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.