

ارزیابی غلظت برخی از فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی دشت قهاوند همدان

سهیل سبحان اردکانی¹؛ سیده شیما رزبان^{1*}؛ محمد معانی جو²

چکیده

زمینه: با توجه به افزایش روزافزون آلودگی و کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی در اثر فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و توسعه شهری، این پژوهش با هدف بررسی غلظت آرسنیک، روی، سرب و مس در منابع آب زیرزمینی دشت قهاوند و تهیه نقشه پهنه‌بندی عناصر انجام یافت.

روش‌ها: نمونه‌برداری در فصول بهار و تابستان سال 1391 از 20 حلقه چاه در سطح دشت انجام و غلظت عناصر در نمونه‌ها بعد از طی مراحل آماده‌سازی آزمایشگاهی، توسط دستگاه ICP قرائت شد. نقشه توزیع مکانی عناصر به روش درونیابی وزنی توسط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. به منظور پردازش آماری داده‌ها نیز از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت عناصر آرسنیک، روی، سرب و مس نمونه‌ها برحسب ppb در فصل بهار به ترتیب برابر با $7/5 \pm 1/2$ ، $13/7 \pm 2/1$ ، $2/5 \pm 0/4$ و $9/2 \pm 2$ و در فصل تابستان به ترتیب برابر با $9 \pm 1/2$ و $7/1 \pm 1/9$ ، $2/8 \pm 0/65$ و $9/3 \pm 1/2$ بود. نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای به منظور مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌ها با رهنمود WHO و ISIRI بیانگر وجود تفاوت معنادار با حد مجاز بود ($P < 0/001$). به طوری که میانگین غلظت تمام عناصر پایین‌تر از استاندارد می‌باشد. میانگین غلظت روی در تابستان کم‌تر از بهار بود ($P = 0/003$).

نتیجه‌گیری: گرچه در حال حاضر منابع آب زیرزمینی دشت قهاوند در معرض آلودگی بیش از حد مجاز به فلزات سنگین نیست، اما استفاده بی‌رویه و طولانی‌مدت از نهاده‌های کشاورزی و همچنین استقرار صنایع آلاینده می‌تواند ضمن تهدید منابع آب زیرزمینی این منطقه، تبعات غیرقابل جبران از جمله مخاطرات بهداشتی برای مصرف‌کنندگان به دنبال داشته باشد.
کلیدواژه‌ها: فلز سنگین، آب زیرزمینی، دشت قهاوند

«دریافت: 1393/3/26 پذیرش: 1393/7/1»

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

2. گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا همدان

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

Email: razban@iauh.ac.ir

08134494143

مقدمه

سفره‌های آب زیرزمینی، عمدتاً غیرقابل بازگشت است، چرا که نوسازی آب در اعماق زمین در مقایسه با آب‌های سطحی، بسیار کند است (2). آلودگی منابع آب زیرزمینی توسط آلاینده‌ها ضمن کاهش کیفیت این منابع، در برخی مناطق احتمال غیرقابل استفاده شدن آن‌ها را نیز افزایش می‌دهد. فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی به‌شمار می‌آیند که در اثر فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و توسعه شهری میزان ورود آن‌ها به منابع آبی رو به افزایش

آب مایه حیات و از مهم‌ترین منابع طبیعی در جهان است. زندگی تمام موجودات زنده اعم از گیاه، حیوان و انسان به آب بستگی دارد و زندگی در جایی ممکن است که آب وجود داشته باشد (1). منابع آب زیرزمینی از جمله مهم‌ترین منابع تأمین آب شرب و کشاورزی می‌باشند و بر اساس بررسی‌های انجام شده، منبع اصلی تأمین آب شرب بیش از 1/5 میلیارد نفر در سرتاسر جهان است. برخلاف منابع آب سطحی، آلودگی منابع و

مطالعات مختلفی در داخل و خارج کشور و در مناطق مختلف جغرافیایی با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی انجام شده است. نتایج پژوهشی که بر روی منابع آب زیرزمینی دشت علی‌آباد کنترل انجام شد، نشان داد که اختلاف آماری معناداری بین میانگین غلظت فلزات سنگین منطقه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی وجود ندارد (8).

نتایج مطالعه منابع آب زیرزمینی در منطقه گیلان مرکزی نشان داد که میانگین غلظت عناصر روی و مس پایین‌تر و میانگین غلظت عنصر سرب بالاتر از حد مجاز استاندارد ارایه شده توسط سازمان امور آب وزارت نیرو برای آب شرب و آبیاری می‌باشد (2).

در بررسی غلظت فلزات سنگین در منابع آب دشت جونگان ممسنی، نتایج نشان داد که میانگین غلظت آرسنیک، سرب و منگنز بالاتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بوده است (9).

در بررسی غلظت فلزات سنگین کادمیوم، کروم، سرب، منگنز، مس، روی و جیوه در منابع آب زیرزمینی نواحی ویروجاناکار و تامیل‌نادو در جنوب هند، میانگین غلظت عناصر سنگین کادمیوم، کروم، مس، روی و جیوه کم‌تر و میانگین غلظت عناصر سرب و بیشتر از حداکثر غلظت مجاز تعیین‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی برای آب آشامیدنی گزارش شد (10).

در ارزیابی غلظت فلزات سنگین آلومینیوم، کادمیوم و سرب در منابع آب زیرزمینی شهر سورولر، نتایج بیانگر آن بود که میانگین غلظت عنصر آلومینیوم پایین‌تر و میانگین غلظت عناصر کادمیوم و سرب بیش از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بوده است (11).

ایران به‌علت موقعیت خاص جغرافیایی، ناهمواری‌های بسیار پراکنده و توده‌های هوایی از مناطق خشک جهان به شمار می‌رود، به‌طوری‌که بیش از 90 درصد آب شیرین مورد نیاز در کشور از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود (1). بنابراین با توجه به توسعه

است (2). بررسی روی محصولات کشاورزی که با آب آلوده آبیاری شده‌اند، نشان می‌دهد که فلزات سنگین موجود در آب آلوده، در این محصولات تجمع یافته و از این طریق وارد زنجیر غذایی انسان شده‌اند (2).

آنچه در حال حاضر بیش از هر مقوله‌ای فکر بشر را به خود جلب کرده است، مسأله آلودگی محیط زیست با فلزهای سنگین می‌باشد که به دلیل غیرقابل جذب بودن و داشتن اثرات فیزیولوژیکی، ایجاد اختلال در سیستم عصبی و کلیوی و ایجاد جهش‌های ژنتیکی در غلظت پایین بر فعالیت جانداران دارای اهمیت ویژه‌ای است (3) و (4). 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 ایجاد گلبول‌های سفید و قرمز خون، ناراحتی روده و معده است. به طور کلی آرسنیک یک عنصر سرطان‌زا است که باعث ایجاد سرطان ریه، مثانه و پوست می‌شود (4 و 5). در مقایسه با سایر فلزات سنگین، روی مسمومیت حاد کم‌تری ایجاد می‌کند. روی در حالت مزاد بر احتیاج باعث افزایش سلول‌های پیشرو مغز استخوان و کاهش تکثیر لنفوسیت‌های B و همچنین کاهش پاسخ آنتی‌بادی‌های سلول‌های T می‌شود (4 و 5). سرب در گروه 2B ترکیبات سرطان‌زای IRAC طبقه‌بندی شده است و آثار سمی آن بستگی به ویژگی‌های متابولیکی افراد و رژیم غذایی دارد. این آثار را در بدن، به خصوص در چهار موضع یعنی دستگاه گوارش، دستگاه عصبی مرکزی، اعصاب محیطی و سیستم خون‌ساز می‌توان یافت (6 و 7). از اثرات بالا بودن میزان مس در بافت‌های بدن می‌توان به ناراحتی‌های شدید مخاطی، صدمات وسیع مویرگی، صدمات کلیوی-کبدی، اختلال در سیستم اعصاب مرکزی، کم‌خونی، افزایش کلسترول و نیز گاهی مرگ را اشاره کرد (4 و 5).

انجام شد (4 و 13). نمونه برداری با استفاده از ظروف پلی اتیلنی که از قبل توسط اسید نیتریک شسته شده بودند، انجام شد. در زمان نمونه برداری، ابتدا چند دقیقه صبر کردیم تا اطمینان حاصل شود که آب دقیقاً از سفره آب زیرزمینی پمپاژ می شود و سپس ظروف سه بار با آب چاه شستشو داده شده و از هر ایستگاه نیم لیتر آب برداشت شد (2 و 16-14).

دما و pH نمونه ها را در محل توسط دستگاه قابل حمل کالیبره Multi-Parameter مدل TS 606-G/2-I ساخت شرکت WTW تعیین و نمونه ها به منظور قرائت غلظت عناصر در یخدان با دمای پایین نگهداری و در اسرع وقت به آزمایشگاه منتقل شد (17).

برای اندازه گیری غلظت یون های فلزی مورد ارزیابی در نمونه ها با استناد به استاندارد 2354 موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و دستورالعمل های بین المللی، در آزمایشگاه به منظور تثبیت و جلوگیری از رسوب گذاری عناصر محلول در نمونه ها، به 25 میلی لیتر از نمونه آب، یک میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و به مدت 10 دقیقه روی هیتر در دمای 50 درجه سانتی گراد در زیر هود قرار داده شد. سپس نمونه ها به مدت 10 دقیقه با دور ملایم (85 دور در دقیقه) تکان داده شده و توسط صافی واتمن شماره 42 صاف شدند. به منظور کالیبراسیون دستگاه ICP، با استفاده از محلول استاندارد 1000 ppm عناصر مورد ارزیابی، نسبت به تهیه استاندارد آرسنیک در غلظت های 1، 10 و 50 ppb، روی در غلظت های 5، 25 و 50 ppb، سرب در غلظت های 1، 10 و 15 ppb و مس در غلظت های 1، 15 و 25 ppb اقدام شد (14 و 18). در نهایت غلظت فلزات سنگین بر حسب ppb توسط دستگاه ICP مدل 710-ES Varian در سه تکرار قرائت شد (5 و 14).

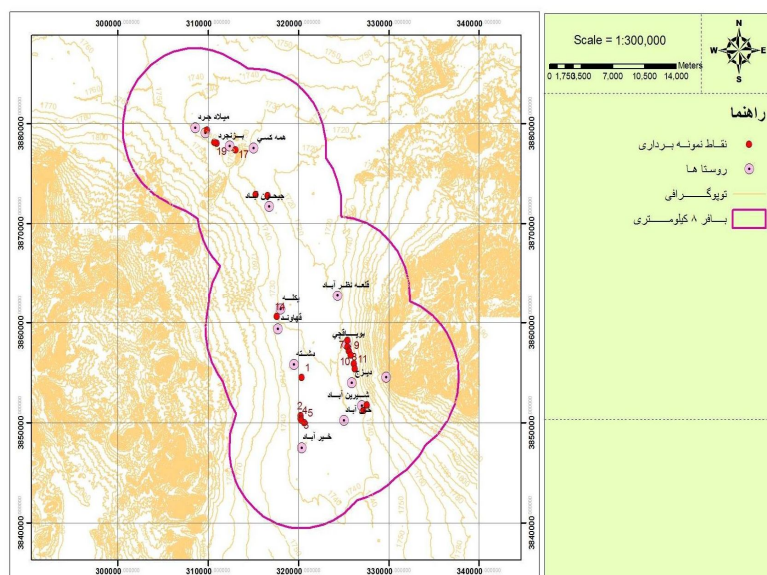
برای تهیه نقشه پهنه بندی غلظت عناصر در محدوده مورد مطالعه به روش درون یابی وزنی، از ویرایش 9/3 نرم افزار ArcGIS استفاده شد، بدین صورت بانک اطلاعاتی از نتایج مربوط به قرائت غلظت عناصر آماده

کاربری کشاورزی در منطقه مورد مطالعه، استفاده بیش از حد از نهاده های کشاورزی توسط زارعین (12) و عدم پایش عناصر تجمع یافته در منابع آب زیرزمینی دشت قهاوند به منظور بررسی عوارض مخرب بر سلامت شهروندان، این پژوهش با هدف بررسی غلظت و تهیه نقشه توزیع مکانی عناصر سرب، کادمیوم، مس و منیزیم در منابع آب زیرزمینی این منطقه انجام شد.

مواد و روش ها

دشت قهاوند یکی از دشت های حوزه رودخانه قره چای با وسعت 2360 کیلومتر مربع بوده که 939 کیلومتر مربع آن دشت و بقیه شامل ارتفاعات حاشیه است. از نظر موقعیت جغرافیایی دشت قهاوند در جنوب شرقی شهرستان همدان و جنوب دشت رزن واقع شده و از شرق با استان مرکزی همجوار است. ارتفاع شهرستان قهاوند از سطح دریا 1630 متر می باشد. آب شرب و آب مصرفی ساکنین شهرستان قهاوند از طریق 1280 حلقه چاه، 70 چشمه و 65 قنات از سفره های آب زیرزمینی دشت قهاوند تأمین می شود. در دشت قهاوند و در دامنه کلیه ارتفاعات آبرفت های قدیم و جوان دوران چهارم وجود دارد که حاصل تخریب ارتفاعات اطراف می باشد. این واریزه ها در برخی قسمت ها تاحدودی سخت شده و حالت کنگلومرایی پیدا کرده اند (12).

به منظور ارزیابی آلودگی فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی دشت قهاوند، 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، 20 حلقه چاه عمیق انتخاب و پس از ثبت مختصات جغرافیایی آن ها توسط دستگاه GPS (تصویر 1)، نمونه برداری از آب طی فصول بهار و تابستان سال 1391 (اواسط اردیبهشت ماه و شهریورماه) به روش مرکب و مطابق استانداردهای بین المللی و دستورالعمل ارایه شده در نشریه شماره 274 معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری



تصویر 1- نقشه ایستگاه‌های نمونه برداری

15 و 18؛ $13/67 \pm 3/65$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 18 و 15؛ کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر روی با $2/88 \pm 0/47$ و $32/5 \pm 6/19$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 17 و 9؛ کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر سرب با $0/05 \pm 0/01$ و $5/23 \pm 0/90$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 1 و 4 و کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر مس با $2/38 \pm 0/57$ و $15/68 \pm 4/71$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 14 و 19 می‌باشد (جدول 1). همچنین در فصل تابستان نیز کمینه و بیشینه میانگین غلظت عناصر بر حسب ppb برای آرسنیک با $2/25 \pm 0/15$ و $17/16 \pm 3/34$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 18 و 17؛ برای روی با $0/74 \pm 0/12$ و $17/52 \pm 3/99$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 1 و 18؛ برای سرب با $0/52 \pm 0/10$ و $13/68 \pm 3/07$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 1 و 11 و برای مس با $1/10 \pm 0/13$ و $18/46 \pm 4/01$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های 2 و 20 است (جدول 2).

نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای به منظور مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قهاوند بر حسب ppb در فصول بهار و

شد و سپس بر اساس روش درونیابی وزنی (Inverse Distance Weighted)، نقشه‌های توزیع مکانی برای هر عنصر از طریق همپوشانی اطلاعات رقومی غلظت عناصر در نمونه‌ها با نقشه کاربری اراضی کشاورزی شهرستان قهاوند تهیه شد. در نهایت نیز بر روی نقشه‌های رستری به دست آمده، تحلیل‌های لازم انجام شد.

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 عناصر مورد ارزیابی بین ایستگاه‌ها و فصول نمونه برداری از آزمون‌های آماری لون، تی مستقل و تی تک‌نمونه‌ای استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج مقایسه میانگین غلظت قرائت شده عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قهاوند در فصل بهار بر حسب ppb بیانگر آن بود که کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر آرسنیک با $2/92 \pm 0/29$ و

ایران است. نتایج آزمون تی مستقل به منظور مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته فلزات سنگین مورد ارزیابی در نمونه‌ها بین فصول بهار و تابستان نشان داد که میانگین غلظت عناصر آرسنیک ($P=0/182$)، سرب ($P=0/635$) و مس ($P=0/967$) در این فصول با یکدیگر تفاوت معنادار نداشتند. ولی میانگین غلظت عنصر روی ($P=0/003$) در

تابستان با رهنمود WHO (آرسنیک 100، روی 2000، سرب 100 و مس 200) و استاندارد 1053 مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (آرسنیک 10، روی 3000، سرب 10 و مس 2000) (15 و 19-22) بیانگر وجود اختلاف معنادار بود ($P<0/001$). به طوری که میانگین غلظت تجمع یافته عناصر کم‌تر از رهنمود WHO و استاندارد 1053 مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی

جدول 1- میانگین غلظت عناصر مورد ارزیابی در فصل بهار به تفکیک ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر حسب ppb*

ایستگاه	انحراف معیار \pm میانگین غلظت عنصر		
	مس	سرب	روی
1	1/55 \pm 0/27 ^a	0/05 \pm 0/01 ^a	7/56 \pm 0/66 ^d
2	15/32 \pm 38/3 ^{efg}	1/88 \pm 0/35 ^{fg}	8/87 \pm 0/84 ^f
3	10/92 \pm 2/97 ^{efg}	1/40 \pm 0/31 ^{de}	11/18 \pm 1/27 ⁱ
4	13/29 \pm 3/12 ^{gh}	5/23 \pm 0/90 ^m	9/16 \pm 1/11 ^g
5	10/44 \pm 3/01 ^{efg}	0/46 \pm 0/11 ^b	19/91 \pm 3/15 ^p
6	9/36 \pm 1/98 ^{ef}	3/32 \pm 0/78 ^k	9/81 \pm 1/25 ^h
7	10/08 \pm 2/09 ^{efgh}	1/50 \pm 0/27 ^e	17/93 \pm 2/88 ⁿ
8	7/27 \pm 1/97 ^{de}	1/98 \pm 0/52 ^g	7/85 \pm 0/91 ^e
9	8/51 \pm 1/77 ^{def}	4/09 \pm 0/89 ^l	32/5 \pm 6/19 ^q
10	13/40 \pm 3/89 ^{gh}	11/92 \pm 2/13 ⁿ	17/73 \pm 2/98 ^m
11	3/15 \pm 0/49 ^{ab}	2/95 \pm 0/39 ^h	28/72 \pm 6/01 ^q
12	9/42 \pm 1/11 ^{ef}	0/51 \pm 0/15 ^b	26/71 \pm 5/77 ^p
13	10/44 \pm 1/59 ^{efgh}	0/39 \pm 0/09 ^b	14/11 \pm 2/08 ^l
14	2/38 \pm 0/57 ^a	3/08 \pm 0/50 ^j	4/25 \pm 0/53 ^b
15	11/72 \pm 2/87 ^{efg}	2/57 \pm 0/47 ⁱ	4/76 \pm 0/61 ^c
16	5/70 \pm 1/13 ^{cd}	0/46 \pm 0/10 ^b	9/97 \pm 1/51 ^h
17	2/86 \pm 0/90 ^{ab}	1/22 \pm 0/22 ^c	2/88 \pm 0/47 ^a
18	9/79 \pm 2/06 ^{efg}	1/08 \pm 0/19 ^c	14/10 \pm 2/77 ^l
19	15/68 \pm 4/71 ^h	1/80 \pm 0/28 ^{fg}	13/90 \pm 1/99 ^k
20	12/99 \pm 3/10 ^{ghi}	1/24 \pm 0/31 ^{cd}	12/53 \pm 2/29 ^j
میانگین	9/21 \pm 2/01	2/36 \pm 0/44	13/72 \pm 2/07

* داده‌ها مربوط به میانگین 3 تکرار می باشد.

*حروف غیرمشترک (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) می باشد.

جدول 2 - میانگین غلظت عناصر مورد ارزیابی در فصل تابستان به تفکیک ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر حسب ppb*

ایستگاه	انحراف معیار \pm میانگین غلظت عنصر		
	آرسنیک	روی	سرب
1	3/10 \pm 0/77 ^{b**}	0/74 \pm 0/12 ^a	0/52 \pm 0/10 ^b
2	5/82 \pm 0/89 ^c	9/98 \pm 1/88 ^m	1/70 \pm 0/29 ^f
3	10/59 \pm 1/17 ^l	7/92 \pm 1/59 ^l	4/91 \pm 0/81 ^f
4	13/68 \pm 1/51 ^o	5/31 \pm 1/32 ⁱ	1/72 \pm 0/31 ^f
5	6/58 \pm 0/80 ^d	10/28 \pm 2/45 ⁿ	0/21 \pm 0/04 ^a
6	12/78 \pm 1/35 ^m	3/34 \pm 1/17 ^e	0/99 \pm 0/16 ^c
7	9/06 \pm 1/11 ⁱ	2/58 \pm 0/77 ^c	2/21 \pm 0/78 ^g
8	13/81 \pm 1/79 ^o	5/55 \pm 1/69 ⁱ	3/95 \pm 0/98 ^j
9	9/92 \pm 1/37 ^k	5/83 \pm 1/34 ^j	0/58 \pm 0/11 ^b
10	9/28 \pm 1/25 ^j	6/60 \pm 1/80 ^k	2/39 \pm 0/65 ^{gh}
11	7/28 \pm 1/09 ^f	13/82 \pm 3/11 ^q	13/68 \pm 3/07 ^m
12	13/14 \pm 1/44 ⁿ	3/93 \pm 0/80 ^f	1/66 \pm 0/28 ^f
13	2/97 \pm 0/23 ^b	1/68 \pm 0/42 ^b	1/53 \pm 0/25 ^{ef}
14	9/80 \pm 0/88 ^k	3/03 \pm 0/71 ^d	1/19 \pm 0/40 ^{cd}
15	7/02 \pm 0/66 ^e	13/35 \pm 3/41 ^p	3/48 \pm 0/83 ⁱ
16	7/75 \pm 0/65 ^g	4/92 \pm 0/95 ^h	4/67 \pm 0/91 ^k
17	17/16 \pm 3/34 ^p	4/29 \pm 0/94 ^g	1/31 \pm 0/25 ^{de}
18	2/25 \pm 0/15 ^a	17/52 \pm 3/99 ^f	2/24 \pm 0/73 ^{gh}
19	8/80 \pm 0/60 ^h	10/58 \pm 2/51 ^o	2/48 \pm 0/70 ^{gh}
20	9/82 \pm 1/01 ^k	10/68 \pm 2/60 ^o	6/60 \pm 1/20 ^l
میانگین	9/03 \pm 1/18	7/10 \pm 1/92	2/78 \pm 0/65

* 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 تجمع‌یافته عناصر در نمونه‌های آب زیرزمینی بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (آزمون دانکن) می‌باشد.

دشت می‌باشد (تصویر 2). دامنه غلظت‌های بیشینه عنصر روی (26-22 و >26) به صورت لکه‌ای نیز مربوط به ایستگاه‌های بخش جنوب شرق دشت است. دامنه غلظت‌های بیشینه عنصر سرب (5/5-4/5 و $>5/5$) به صورت لکه‌ای مربوط به ایستگاه‌های بخش جنوب شرق دشت می‌باشد. همچنین دامنه غلظت‌های بیشینه عنصر مس (13-11 و >13) به صورت لکه‌ای مربوط به

نمونه‌های فصل بهار در مقایسه با نمونه‌های تابستان بیشتر بوده و با یکدیگر اختلاف معنادار دارند. نتایج بررسی نقشه توزیع مکانی عناصر مورد ارزیابی در منابع آب زیرزمینی دشت قهاوند در فصل بهار 1391 بر حسب ppb بیانگر آن است که دامنه غلظت‌های بیشینه عنصر آرسنیک (9/5-10/5 و $>10/5$) به صورت لکه‌ای مربوط به ایستگاه‌های بخش‌های شمال و جنوب شرقی

مربوط به ایستگاه‌های بخش‌های شمال، مرکز و جنوب شرق دشت می‌باشد.

بحث

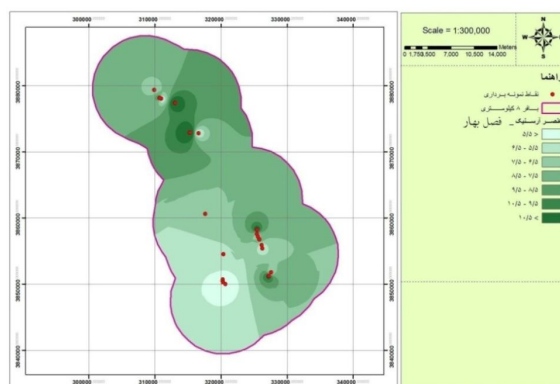
نتایج گروه‌بندی آماری ایستگاه‌های نمونه‌برداری از نظر میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر مورد ارزیابی در فصول بهار و تابستان بیانگر وجود اختلاف معنادار آماری میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر بین اکثر ایستگاه‌ها بود.

نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌ها طی فصول بهار و تابستان با رهنمود سازمان بهداشت جهانی و استاندارد 1053 موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بیانگر وجود اختلاف معنادار بود. به طوری که میانگین غلظت عناصر آرسنیک، روی، سرب و مس از نظر آماری پایین‌تر از حداکثر غلظت مجاز رایج شده است. بنابراین، منابع آب شرب و کشاورزی مورد استحصال در دشت قهاوند از نظر آلودگی به عناصر مورد ارزیابی، منابعی غیرآلوده محسوب می‌شوند.

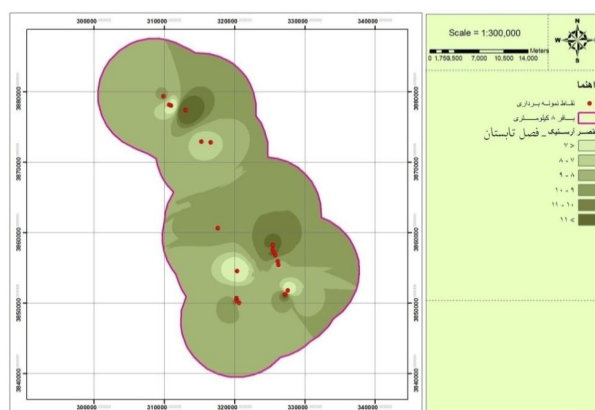
نتایج مقایسه میانگین غلظت تجمع‌یافته فلزات سنگین مورد ارزیابی در نمونه‌ها بین فصول بهار و تابستان نشان داد که غلظت عناصر آرسنیک، سرب و مس در فصول بهار و تابستان با یکدیگر تفاوت معنادار نداشته، اما میانگین غلظت عنصر روی در فصل تابستان نسبت به فصل بهار اختلاف معنادار دارد و افزایش پیدا کرده است. از جمله دلایل این اتفاق می‌توان به نوع کود و سموم مصرفی اشاره نمود که ممکن است باعث افزایش میزان عنصر روی در منابع آب زیرزمینی شود.

نتایج پهنه‌بندی میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قهاوند در فصول بهار و تابستان بیانگر آن بود که غلظت‌های بیشینه عناصر آرسنیک، روی، سرب و مس به صورت لکه‌ای غالباً مربوط بخش‌های شمال و جنوب شرق دشت می‌باشد. این موضوع را می‌توان با توجه به شیب

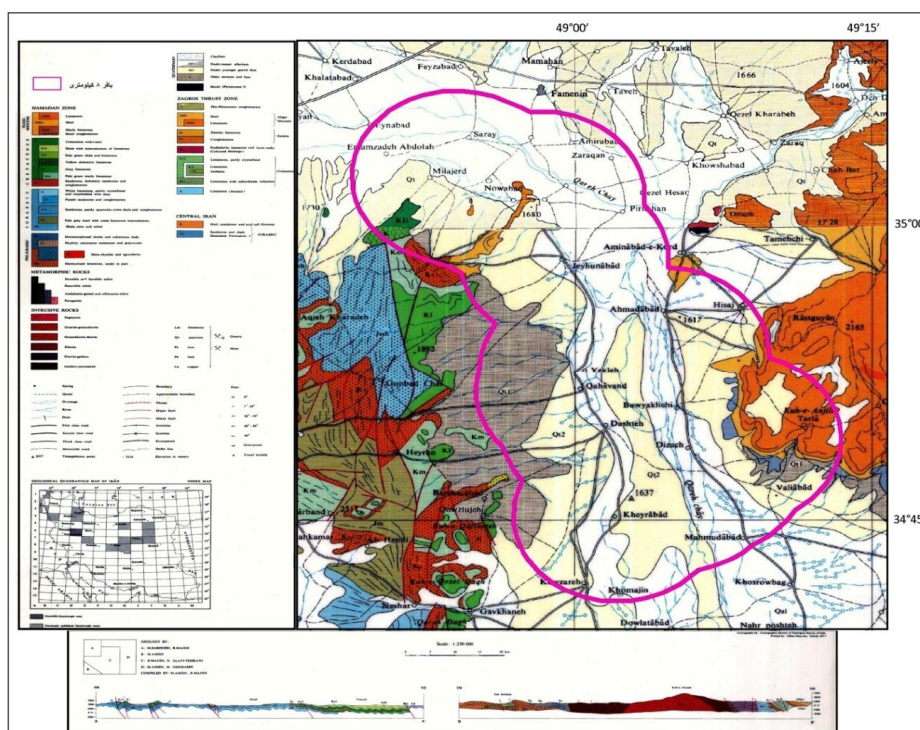
ایستگاه‌های بخش‌های شمال و جنوب غرب دشت می‌باشد. نتایج بررسی نقشه توزیع مکانی عناصر مورد ارزیابی مربوط به فصل تابستان 1391 بر حسب ppb بیانگر آن است که دامنه غلظت‌های بیشینه عنصر آرسنیک (10-11 و >11) به صورت لکه‌ای مربوط به ایستگاه‌های بخش‌های شمال و جنوب شرقی دشت می‌باشد (تصویر 3). دامنه غلظت‌های بیشینه عنصر روی (10/5-12/5 و >12/5) به صورت لکه‌ای مربوط به ایستگاه‌های بخش شمال دشت می‌باشد. دامنه غلظت‌های بیشینه عنصر سرب (4-5 و >5) به صورت لکه‌ای مربوط به ایستگاه‌های بخش‌های شمال و جنوب شرق دشت می‌باشد. همچنین دامنه غلظت‌های بیشینه عنصر مس (13/5-15/5 و >15/5) به صورت لکه‌ای



تصویر 2- نقشه پهنه‌بندی میانگین غلظت عنصر آرسنیک در منابع آب زیرزمینی دشت قهاوند در فصل بهار



تصویر 3- نقشه پهنه‌بندی میانگین غلظت عنصر آرسنیک در منابع آب زیرزمینی دشت قهاوند در فصل تابستان



تصویر 4 - نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

از سوی دیگر مهم‌ترین دلایل وجود اختلاف معنادار است (12) توجه نمود. غلظت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی به عوامل مختلفی از جمله نوع، میزان و زمان کوددهی یا سم‌پاشی، شرایط اقلیمی منطقه، سطح سفره‌های آب زیرزمینی و زمین‌شناسی منطقه بستگی دارد (2, 23 و 24). لذا با توجه به شرایط اقلیمی و ساختار زمین‌شناسی منطقه یعنی وجود کانی‌های سولفوریک، کالسن، اسفالریت و پیریت که حاوی عنصر آرسنیک، کانی‌های اولیوین، ماگنتیت، آمفیبول، بیوتیت و پلاژیوکلاز حاوی عنصر روی، کانی‌های سولفیدی، کوارتز، ماگنتیت، زیرکن، آمفیبول، اورتوز، بیوتیت و پلاژیوکلاز حاوی عنصر سرب و کانی‌های بیوتیت، آمفیبول، اولیوین، کوارتز، اورتوز، ماگنتیت، پیروکسن و کالکوپیریت حاوی عنصر مس (تصویر 4)، می‌توان قابلیت ورود عناصر به منابع آب زیرزمینی را تا حدودی به انحلال بخشی از عناصر موجود در سنگ‌ها و کانی‌های حوزه در اثر آبیاری و یا بارندگی نسبت داد (25).

در مقایسه نتایج این مطالعه با دستاورد پژوهش رهنما و همکاران (1390) (2)؛ سبحان اردکانی و همکاران (1393 الف و ب) (4-5)؛ رجایی و همکاران (1391) (8)؛ اسدی (1391) (27)؛ شرفی و همکاران (1390) (28)؛ کاشفی قاسم آبادی و همکاران (1390) (29)؛ حسن‌زاده و همکاران (1389) (30) و شهریاری و همکاران (1389) (31) می‌توان به تشابه نتایج به‌دلیل پایش منظم منابع آب و استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی اشاره نمود. همچنین در مقایسه نتایج با یافته‌های پژوهش شریفی و صفری سنجانی (2012) الف و ب) (13 و 32)، می‌توان به عدم تشابه نتایج به‌دلیل

به عناصر سنگین نیست، اما با توجه به کشت محصولات گندم، جو و یونجه در مزارع این منطقه در سطح وسیع، عدم اجرای برنامه‌های پایش دوره‌ای سفره‌های آب زیرزمینی دشت می‌تواند موجبات آلودگی این منابع به فلزات سنگین را فراهم آورده و تبعات غیرقابل جبران از جمله مخاطرات بهداشتی برای مصرف‌کنندگان را به دنبال داشته باشد.

عدم مدیریت و پایش دوره‌ای منابع آب زیرزمینی اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

در حال حاضر منابع آب زیرزمینی دشت قهاوند به دلیل عدم استقرار صنایع آلاینده و همچنین استفاده مدیریت شده از نهاده‌های کشاورزی در معرض آلودگی

References

- Kardovani P. [Resources and Water Issues in Iran (Vol 1) (Persian)]. Tehran: University of Tehran Press. 2004;410-11.
- Rahnama S, Khaledian MR, Shahnazari A, Forghani A. [Spatial distribution of heavy metals pollution in groundwater of central Guilan (Persian)]. The 2nd Iranian National Conference on Applied Research in Water Resources, 2011, Zanjan, Iran.
- Erfan Manesh M, Afyuni M, [Environmental Pollution (Water, Soil and Air) (Persian)]. Isfahan: Arkan Publication. 2013; 218-19
- 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.
- Sobhanardakani S, Talebiani 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.
- International Agency for Research on Cancer. IRAC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to human, Volumes 1-109, World Health Organization, 2014; 24-8.
- 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.
- Rajaei Q, Pourkhabbaz AR, Hesari Motlagh S. [Assessment of heavy metals health risk of groundwater in Ali Abad Katoul Plain (Persian)]. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences. 2012;4(2):155-62.
- Sabouki A, Kosar SA. [Heavy metals in water resources of Mamasani Jongan Plain (Persian)]. 4th Conference and Exhibition on Environmental Engineering. Tehran: 2010.
- Muthulakshmi L, Ramu A, Kannan N. Seasonal distribution of some heavy metal concentrations in ground water of Virudhunagar district, Tamilnadu, South India. Elec J Environ Agric Food Chem. 2012;11(2):32-7.
- Momodou MA, Anyakora CA. Heavy metal contamination of ground water: The Surulere case study. Res J Environ Earth Sci. 2010;2(1):39-43.
- Hamedan Regional Water Organization. [Ground Water Information from the Qahavand City (Persian)]. 2011;1-5.
- Sharifi Z, Safari Sinangani AA. Assessment of arsenic, nitrate and phosphorus pollutions in shallow groundwater of the rural area in Kurdistan Province (Iran). Curr World Environ. 2012a;7(2):233-41.
- 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.
- 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.
- Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW, et al. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st edition. American Public Health Association. Washington, DC. 2005.
- Tayebi L, Sobhanardakani S. [Monitoring of water quality parameters of Gamasiab River and affecting factors on these parameters (Persian)]. Journal of Environmental Science and Technology. 2012;53:37-49.
- 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.
- Hudson-Edwards KA, Jamieson HE, Charnock JM, Macklin MG. Arsenic speciation in waters and sediments of ephemeral floodplain pools, ríos Agrio-Guadiamar, Aznalcóllar, Spain. Chem Geol. 2005 219:175-92.
- Haloï N, Sarma HP. Heavy metal contaminations in the groundwater of Brahmaputra flood plain: an assessment of water quality in Barpeta District, Assam (India). Environ Monit Assess. 2012;184:6229-37.

21. Muthulakshmi L, Ramu A, Kannan N. Seasonal distribution of some heavy metal concentrations in ground water of Virudhunagar district, Tamilnadu, South India. *Elec J Environ Agric Food Chem*. 2012;11(2):32-37.
22. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Drinking water-Physical and chemical specifications (Persian)]. Regulation No. 1053,2011;25-6.
23. Salek S, Atashi H, Akbari Espili F. [Determination of As, Sb and Cd concentrations and these pollutants origin in ground water recourses of Zahedan City (Persian)]. 11th National Iranian Chemical Engineering Congress, 2006, Tehran, Iran.
24. Hasani Pak AA. [Principles of Geochemical Explorations (Persian)]. Tehran: University of Tehran Press; 2002; 583-4.
25. Daneshi N. [Rapid sand filtration in reducing the effects of heavy metals (Cu, Pb and Zn) in the non-potable water (Persian)]. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University. 2005;62-3.
26. Hamedan Province Organization of Agriculture Jihad. [Statistical report of use of agricultural inputs in farms of Hamedan Province (Persian)]. 2012;22-3.
27. Asadi H. [Spatial Distribution of Pb, Cd, Cu and Mg concentrations in ground water resources of Razan Plain, Hamedan, Iran (Persian)]. M.Sc. thesis in environmental sciences. Hamedan: College of Basic Sciences. Hamedan Branch, Islamic Azad University. 2013;63-4.
28. Sharafi H, Yaghoobpour A, Ghafoori MR. [Evaluation of environmental pollution of toxic heavy metals in ground water of Zanjan Plain (Persian)]. 15th Symposium of Geological Society of Iran. Tehran: 2011.
29. Khashefi Ghasem Abadi A, Dehghani M, Fahimi FG. [Evaluation of heavy metals concentration in groundwater of Chadermallo Region and presentation of Environmental Management Plan (Persian)]. 5th Conference of Environmental Engineering, Tehran: 2011.
30. Hassanzadeh R, Abbasnejad A, Hamzeh MA. [Assessment of groundwater pollution in Kerman urban areas (Persian)]. *Journal of Environmental Studies*. 2011;56:101-10.
31. Shahryari T, Moashery BN, Sharifzadeh GhR. [Concentrations of chromium and copper in the ground water and drinking water distribution network of Birjand, 2009-2010 (Persian)]. *Journal of Birjand University of Medical Sciences*. 2011;18(1):62-7.
32. Sharifi Z, Safari Sinegani AA. Arsenic and other irrigation water quality indicators of groundwater in an agricultural area of Qorveh Plain, Kurdistan, Iran. *Amer-Eurasian J Agri Environ Sci*. 2012b;12(4):548-55.