Heavy metals contamination of drinking water supplies in southeastern villages of Rafsanjan plain: survey of arsenic, cadmium, lead and copper

Mohammad Malakootian[*1] , Zahra Khashi[2]

1- Environmental Health Engineering Research Center and Department of Environmental Health, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran
2- MSc Student of Department of Environmental Health, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

ABSTRACT

Background and Aims: In view of water crisis, effective prevention of water resources contamination is increasingly important. The presence of heavy metals in drinking water at concentration greater than acceptable limits may result in various adverse health effects. The present study was therefore conducted to evaluate the concentrations of arsenic (As), cadmium (Cd), lead (Pb) and copper (Cu) in drinking water supplies of villages located in southeastern region of Rafsanjan plain and in Rafsanjan fault zone as well.

Materials and Methods: Samples were taken from 62 rural drinking water supply resources (springs, wells, and canals). The concentrations of As, Cd, Pb and Cu was thence measured by atomic absorption following sample preparation. Statistical analysis was performed using SPSS software (version 16).

Results: Copper concentrations were less than both WHO guidelines and the official Iranian government standard No. 1053 for the chemical quality of water in all samples. The amounts of As, Pb and Cd, however, fail to meet basic standards of water quality in 31.7%, 25% and 58.1% of samples, respectively. The current study also found that about 10.4% of people in this study area were exposed to arsenic. Furthermore, the results of this study revealed that respectively 66.6% and 46.7% of the study area residents had been exposed to high levels of lead and cadmium.

Conclusion: The heavy metals contamination of drinking water resources in Rafsanjan plain is linked to both naturally presence of sulfide veins in this area and manmade pollution due to the presence of main road as well as pesticides releases from agricultural activities. Further research should be done to investigate the exact source of contamination.

Key words: Arsenic, Cadmium, Copper, Drinking water, Heavy metals, Lead, Rafsanjan

***Corresponding Author:**
Kerman, Haftbagh High way, Environmental Health Engineering Research Center and Department of Environmental Health, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences. Postal code: 7616913555, PO box: 76175531, Tel.: 03431325128
Email: m.malakootian@yahoo.com

Received: 22 June 2014
Accepted: 11 October 2014

فصلنامه بهداشت در عرصه
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ـ دانشکده بهداشت
دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، صفحات ۱ تا ۹

بررسی غلظت فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم، سرب، مس در منابع آب آشامیدنی روستاهای جنوب شرقی دشت رفسنجان

محمد ملکوتیان[1*]، زهرا خاشی[2]

[1] استاد مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط وگروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان
[2] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به بحران آب، جلوگیری از آلوده شدن منابع آب، بسیار اهمیت دارد. یکی از عوامل آلوده کننده آب، فلزات سنگین است که مقادیر بیش از حد آن باعث ایجاد بیماری‌های مختلف می‌شود. مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان آرسنیک، کادمیوم، سرب و مس در منابع آب آشامیدنی روستاهای جنوب شرقی دشت رفسنجان و زون گسل رفسنجان انجام شد.

مواد و روش‌ها: از ٦٢ منبع تأمین آب شرب روستایی(چشمه، چاه، قنات) نمونه برداری انجام شد. بعد از آماده سازی نمونه‌ها، میزان فلزات سنگین سرب، کادمیم، آرسنیک و مس با دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. داده‌ها با نرم افزار SPSS (نسخه ١٦) تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: در کلیه نمونه‌ها میزان مس کمتر از حد مجاز توصیه شده توسط WHO و استاندارد ۱۰۵۳ آب ایران بود. میزان آرسنیک در ۳۱/۷ درصد از نمونه‌ها، سرب در ۲۵ درصد و کادمیوم در ۵۸/۱ درصد از نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد بود. ١٠/٤ درصد از جمعیت منطقه مورد مطالعه در معرض مواجهه با آرسنیک، ٦٦/٦ درصد در معرض سرب و ٤٦/٧ درصد در معرض کادمیم بالاتر از حد استاندارد می‌باشند.

نتیجه گیری: آلودگی به فلزات سنگین هم منشأ طبیعی به علت وجود رگه‌های سولفیدی در منطقه و هم منشأ انسان ساختی به علت وجود جاده اصلی و آلودگی کشاورزی ناشی از آفت کش‌ها دارد. جهت تعیین دقیق منبع آلودگی احتیاج به مطالعات بیشتری می‌باشد.

کلید واژه‌ها: آب آشامیدنی، فلزات سنگین، آرسنیک، کادمیوم، سرب، مس، رفسنجان

*آدرس نویسنده مسئول:
کرمان، ابتدای بزرگراه هفت باغ، مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، تلفن: ۰۳٤۳۱۳۲٥۱۲۸
Email: m.malakootian@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰٤/۰۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۷/۱۹

مقدمه

با گسترش شهر نشینی و توسعه صنعت، آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین به یک مشکل جهانی تبدیل شده است [۱، ۲]. مقادیر بالای فلزات سنگین در آب بر سلامت انسان تأثیر سوء داشته و منجر به غیر قابل مصرف شدن آب می‌شود [۱، ۳]. فلزات موجود در منابع آب یا به صورت طبیعی و یا در اثر آلودگی وارد منابع آب می‌شود. هوازدگی طبیعی سنگها و خاکهایی که با منابع آب در تماس‌اند بزرگترین منبع طبیعی آلودگی منابع آب به فلزات سنگین هستند [۲]. منابع اصلی انسانی آلودگی، استخراج معادن، دفع فاضلاب تصفیه نشده یا نیمه تصفیه شده حاوی فلزات سنگین و استفاده از کودهای حاوی فلزات سنگین می‌باشد [٤-٦]. انسان به طور دایم و موقت در معرض ۳۵ فلز سمی قرار دارد. از این تعداد ۲۳ فلز جزء فلزات سنگین‌اند [۷]. فلزات سنگین تجزیه نمی‌شوند و به تدریج در بدن جانداران مثل گیاهان و جانوران تجمع می‌یابند. در بافت‌های چربی، عضلات، استخوانها و مفاصل انسان رسوب نموده و انباشته می‌گردند [٦].

آرسنیک به خودی خود یک فلز سنگین نیست و براساس سمیت آن به فهرست فلزات سنگین اضافه شده است. آرسنیک شبه فلز می‌باشد [۸]. ضعف عمومی در عضلات، آرسنوکوزیس، کاهش اشتها، تهوع، التهاب غشاهای مخاطی چشم، بینی و حنجره و همچنین ضایعات پوستی، مشکلات باروری، اختلالات روانی و عصبی و بیماری‌های قلبی از عوارض مواجهه با آرسنیک است [۹، ۱۰]. مغز مهمترین عضو مورد هدف آرسنیک است. سرطان پوست در اثر مواجهه مزمن با آرسنیک نیز تأیید شده است [۳]. کادمیوم در محیط بسیار پایدار است. افزایش خطر ابتلا به سرطان ریه نیز از اثرات استنشاق کادمیم می‌باشد. تمرکز بیش از حد کادمیم در بدن حیوانات و انسان موجب بروز ناراحتی هایی همچون خستگی استخوان، برونشیت، تخریب کلیه، افزایش فشار خون و تصلب شرایین می‌شود [٤، ۱۱]. ۱۰ تا ۲۰ درصد آلودگی های سربی در اثر آب آشامیدنی می باشد [۵]. سرب باعث آسیب جدی مغزی مثل عقب ماندگی ذهنی، اختلالات رفتاری، مشکلات حافظه و تغییرات خلقی می‌شود. مهم ترین اثر سرب اختلال در نمو عصبی کودکان می‌باشد [۱۲]. در افراد بزرگسال نیز می‌تواند فشار خون را افزایش دهد [۱۳، ١٤]. انتقال سرب از مناطق دور دست یکی از راههای مواجهه با سرب است [۸].

برخی از مصادیق مس با منشاء فعالیت‌های انسانی شامل استخراج معادن، تولید فلزات، چوب و کودهای فسفاته می‌باشد. گل و لای حاوی مس در کناره‌های رودخانه‌ها ته‌نشین می‌شود که منشاء آنها مواد دورریختنی موجود در فاضلاب است [۱۵]. وجود مس به مقدار بالا باعث ایجاد بیماری‌هایی از قبیل کم خونی، تغییرات در استخوانها، افزایش کلسترول و سبز شدن رنگ موها در بدن و نیز گاهی منجر به مرگ می‌شود [١٦، ۱۷]. نتایج تحقیق‌ها حاکی از بالا بودن فلزات سنگین در نمونه‌های آب آشامیدنی در اثر سازندهای زمین شناسی یا فعالیت‌های انسانی است [۱۸-۲۰]. باتوجه به اینکه منطقه مورد مطالعه جزء مناطق گرم و خشک کشور است و مدیریت منابع آب یکی از مسایل اساسی در تأمین آب می‌باشد و همچنین با توجه به مصرف آفت کش‌ها بجهت باغات پسته و وجود رگه‌های سولفیدی در این منطقه احتمال آلودگی آب به عناصر سنگین خصوصاً آرسنیک و کادمیوم را در پی دارد، لذا تحقیق حاضر با هدف اندازه گیری آرسنیک، کادمیوم، سرب و مس درمنابع آب آشامیدنی روستاهای جنوب شرقی دشت رفسنجان که در زون گسل رفسنجان نیز واقع است انجام شد.

روش کار

مطالعه مقطعی و در پاییز سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان انجام گرفت. با توجه به نقشه پراکندگی محیط‌های مناسب و پتانسیل دار آرسنیک و سرب در جنوب شرقی دشت رفسنجان و تطبیق این منطقه با مسیر عبور گسل رفسنجان و وجود چاهها و قنوات متعدد، مساحت تقریبی ۲۸۰۰ کیلومتری برای نمونه‌برداری انتخاب شد.نمونه گیری در بطری‌های پلی اتیلن که قبلاً با اسید نیتریک یک درصد و آب مقطر دوبار تقطیر شده، شستشو داده شده بود صورت گرفت. در هنگام نمونه گیری از هر محل دونمونه تهیه شد. نمونه برداری به صورتی انجام گرفت که هیچ گونه هوایی در قسمت بالای بطری وجود نداشته باشد. نمونه‌ها با استفاده از اسیدنیتریک به pH زیر۲ اسیدی شد تا از رسوب احتمالی کاتیون‌ها و افزایش pH و رشد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری شود و همچنین جذب سطحی به وسیلهٔ دیواره های ظرف به حداقل برسد [۱۱]. مختصات محل نمونه برداری (GPS)، تاریخ و ساعت نمونه برداری و همچنین pH و دما، TDS، هدایت الکتریکی، و شوری آب برحسب گرم در کیلوگرم در محل نمونه برداری (با استفاده از دستگاه Mettler toledo ساخت سوئد) اندازه گیری و ثبت شد.

نمونه‌ها برای تعیین غلظت آرسنیک، کادمیوم و سرب و مس به آزمایشگاه تخصصی مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط ارسال شد. اندازه گیری عناصر با روش طیف سنجی جذب اتمی انجام شد. کلیه آزمایشات بر اساس روش‌های مندرج در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب انجام شد [۲۱]. برای تعیین غلظت آرسنیک، سرب و کادمیوم تکنیک جذب اتمی با کورهٔ گرافیتی Graphite furnace (GFAA) Atomic Absorption و برای اندازه گیری غلظت مس تکنیک جذب اتمی شعله بکار رفت. جمعاً ۵۵۸ آزمایش بر روی نمونه‌ها انجام گرفت. بعد از اندازه گیری، داده‌ها با استانداردهای آب شرب ایران (استاندارد شماره ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در مورد ویژگیهای فیزیکو شیمیایی آب آشامیدنی) و رهنمودهای WHO مقایسه گردید [۲۲]. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه ۱۶) و ضریب همبستگی پیرسون انجام شد.

یافته‌ها

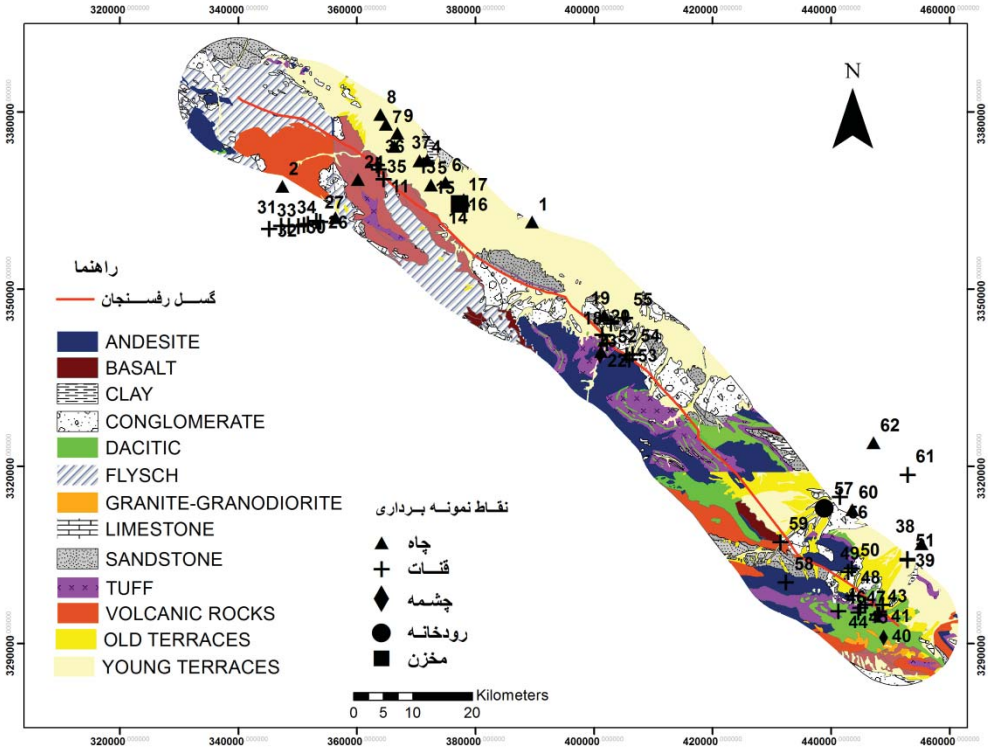
غلظت آرسنیک، کادمیوم، سرب و مس وتعدادی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی ۶۲ منبع تأمین آب شرب روستاهای جنوب شرقی دشت رفسنجان (۲۳ چاه، ۳۶ قنات، ۲ چشمه و ۱ رودخانه) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- نام روستا، نوع منبع آب آشامیدنی، جمعیت روستاها، و میانگین غلظت فلزات سنگین آرسنیک ، سرب، کادمیوم و مس و TDS

شماره نمونه	نوع نمونه	نام روستا	تعداد جمعیت (نفر)	غلظت آرسنیک ppb	غلظت کادمیوم ppb	غلظت سرب ppb	غلظت مس ppm	TDS mg/L
۱	چاه	تلمبه خاندانی	۱۶	۴/۲۵	۳/۵۰	۴/۴۰	۰/۰۶۸	۵۹۷۰
۲	چاه	نورآباد	۲۴۸	۵/۸۳	۳/۸۰	۵/۵۰	۰/۰۵۳	۹۳۴
۳	چاه	رحمت آباد	۱۱۶	۴/۸۰	۴/۳۰	۵/۵۰	۰/۰۶۵	۱۷۱۷
۴	قنات	احمدآباد دیفه خشک	۱۸۰۴	۶/۳۳	۴/۶۰	۶/۴۰	۰/۰۷۸	۱۱۶۹
۵	چاه	احمدآباد دیفه خشک	"	۱/۴۱	۷/۹۰	۱۲/۷۰	۰/۰۸۵	۲۷۳۰
۶	چاه	عباس آباد امین	۲۴۰	۵/۷۵	۱۴/۰۰	۱۷/۸۰	۰/۱۰۰	۷۴۸
۷	چاه	شریف آباد	۳۰۷۲	۳/۱۶	۵/۳۰	۷/۶۰	۰/۱۱۱	۸۸۱
۸	چاه	حسین آباد	۶	۲/۹۱	۲/۰۰	۴/۱۰	۰/۱۲۱	۱۱۱۹
۹	چاه	علی آباد سادات	۳۲۴	۴/۰۰	۸/۱۰	۱۶/۰۰	۰/۱۱۹	۲۰۰۰
۱۰	چاه	راه آهن	۳۰	۴/۹۱	۱/۸۰	۹/۷۰	۰/۱۳۲	۱۷۹۵
۱۱	قنات	مزرا	۹	۴/۰۸	۳/۴۰	۵/۲۰	۰/۱۵۴	۱۱۸۳
۱۲	چاه	هرمز آباد	۲۷۵۰	۳/۴۱	۲/۰۰	۱۴/۲۰	۰/۱۴۶	۱۱۶۰
۱۳	مخزن کل	کوثرریز،همت آباد،حسن آباد نوش آباد،دولت آباد یوسف آباد	۵۸۴۹	۳/۲۰	۱/۸۰	۱۰/۳۰	۰/۱۴۹	۱۳۹۴
۱۴	چاه حومه غربی ۳	کوثرخیز،همت آباد،حسن آباد نوش آباد،دولت آباد یوسف آباد	"	۵/۲۵	۲/۲۰	۹/۴۰	۰/۱۵۹	۱۳۲۰
۱۵	چاه حومه غربی ۲	کوثرریز،همت آباد،حسن آباد نوش آباد،دولت آباد یوسف آباد	"	۱/۳۳	۳/۲۰	۱۵/۲۰	۰/۱۶۳	۱۳۶۵
۱۶	چاه حومه غربی ۴	کوثرریز،همت آباد،حسن آباد نوش آباد،دولت آباد یوسف آباد	"	۵/۸۳	۳/۱۰	۱۰/۰۰	۰/۱۷۳	۱۳۹۴
۱۷	چاه حومه غربی ۵	کوثرریز،همت آباد،حسن آباد نوش آباد،دولت آباد یوسف آباد	"	۰/۹۱	۶/۳۰	۹/۰۰	۰/۱۹۳	۱۳۹۴
۱۸	قنات	اوراف	۸	۱۳/۸۳	۶/۱۰	۹/۲۰	۰/۱۸۲	۳۷۴۰
۱۹	چاه ماجد	کارخانه سولفید مس	۵۰	۱۵/۹۱	۱۷/۰۰	۲۰/۴۲	۰/۱۹۰	۳۶۴۰
۲۰	قنات	سرسبز	۵	۵/۳۵	۲/۹۰	۷/۸۰	۰/۱۹۶	۲۶۶۰
۲۱	قنات	دهوئیه	۱۸۲	۲/۹۲	۴/۶۰	۸/۸۰	۰/۱۹۴	۲۱۴۰
۲۲	چاه	الاغ چین	۲۰	۰	۴/۰۰	۹/۶۰	۰/۲۰۶	۱۹۵۸
۲۳	چشمه	الاغ چین	"	۰	۴/۴۰	۸/۲۰	۰/۲۰۹	۱۸۲۲
۲۴	چاه	شهابیه	۲	۰	۴/۵۰	۶/۱۰	۰/۲۰۹	۱۲۱۵
۲۵	چاه	سیراب	۱۲	۶/۰۰	۵/۰۰	۱۰/۴۰	۰/۲۲۹	۲۰۰۰
۲۶	قنات	شادی آباد	۱۴	۵/۷۱	۵/۲۰	۶/۸۰	۰/۲۲۶	۱۰۶۰
۲۷	قنات	منصور آباد	۱۰	۳/۳۵	۸/۴۰	۶/۳۰	۰/۲۲۹	۱۲۹۲
۲۸	قنات	دهوئیه راویز	۸	۴/۸۵	۲/۶۰	۳/۹۰	۰/۲۲۶	۱۲۸۳
۲۹	قنات	فدیج	۱۶	۲/۰۷	۱/۸۰	۴/۰۰	۰/۲۲۹	۱۰۸۴
۳۰	قنات	رشوان	۱۵	۴/۵۷	۲/۳۰	۸/۴۰	۰/۲۳۱	۸۱۱
۳۱	قنات	راویز	۲۶	۵/۵۷	۳/۵۰	۳/۹۰	۰/۲۴۴	۵۰۴
۳۲	قنات	رودین پایین	۲۱۰	۹/۱۴	۳/۲۰	۴/۶۰	۰/۲۴۸	۵۴۹
۳۳	قنات	رودین بالا	۲۱۰	۶/۶۴	۴/۰۰	۸/۱۰	۰/۱۸۰	۳۸۶
۳۴	قنات	حوم الدین	۱۶۵	۸/۰۷	۲/۶۰	۳/۸۰	۰/۱۶۵	۷۵۰۰
۳۵	قنات	ده ولی	۱۳	۰	۸/۲۰	۱۳/۴۰	۰/۱۵۶	۱۹۹۲
۳۶	قنات	زندیه	۲	۰	۳/۸۰	۷/۱۰	۰/۱۵۶	۳۸۷۰
۳۷	چاه	دیفه رضوی	۱۲	۲/۹۲	۶/۰۰	۹/۲۰	۰/۱۶۴	۴۷۰۰
۳۸	چاه	عبدل آباد	۱۶	۷/۴۲	۷/۶۰	۱۷/۸۰	۰/۱۶۲	۴۹۷۰
۳۹	قنات	غفار آباد	۸	۲/۳۵	۹/۲۰	۱۱/۶۰	۰/۱۵۶	۲۴۱۰
۴۰	چشمه	باغ بزم	۴۵	۱۵/۳۳	۱۱/۰۰	۱۴/۸۰	۰/۱۵۶	۸۴۶
۴۱	قنات	باغ بزم	"	۳۹/۶۶	۱/۵۰	۴/۲۰	۰/۱۵۰	۱۵۹۲
۴۲	قنات	باغ بزم	"	۲۶/۳۳	۲/۸۰	۳/۷۰	۰/۱۵۶	۹۶۶
۴۳	قنات	باغ بزم	"	۱۴/۰۰	۲/۴۰	۵/۴۰	۰/۱۵۷	۹۴۴
۴۴	قنات	پیربنه	۴	۱۶/۳۳	۵/۸۰	۱۳/۶۰	۰/۱۵۳	۱۲۶۱
۴۵	قنات	کریکی	۱۲	۳۰/۰۰	۳/۰۰	۶/۳۰	۰/۱۵۹	۱۳۶۲
۴۶	قنات	سندول	۷۴	۲۶/۶۰	۱/۷۰	۴/۶۰	۰/۱۵۶	۲۷۶۰
۴۷	قنات	کریکوئیه	۸	۴۳/۶۰	۲/۱۰	۳/۶۰	۰/۱۶۰	۱۱۹۴
۴۸	قنات	مقصودک	۱۶	۷/۷۰	۳/۲۰	۴/۲۰	۰/۱۵۶	۲۰۹۰

نام آبادی، نوع منبع آب آشامیدنی، جمعیت روستاها، و میانگین غلظت فلزات سنگین آرسنیک ، سرب، کادمیوم و مس و TDS اندازه گیری شده در منطقه مورد مطالعه در جدول (۱) آمده است.

نقشه سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه که در آن نوع سنگ و همچنین پراکندگی نقاط نمونه برداری نشان داده شده است در شکل (۱) آمده است [۲۳].



شکل ۱- نقشه سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه و پراکندگی نقاط نمونه برداری

در جدول(۲) خلاصه اطلاعات کیفی منابع تأمین آب شرب منطقه مورد مطالعه که در آن میزان حداقل و حداکثر، میانگین و انحراف معیار دما، pH ، TDS ، EC و شوری آمده است.

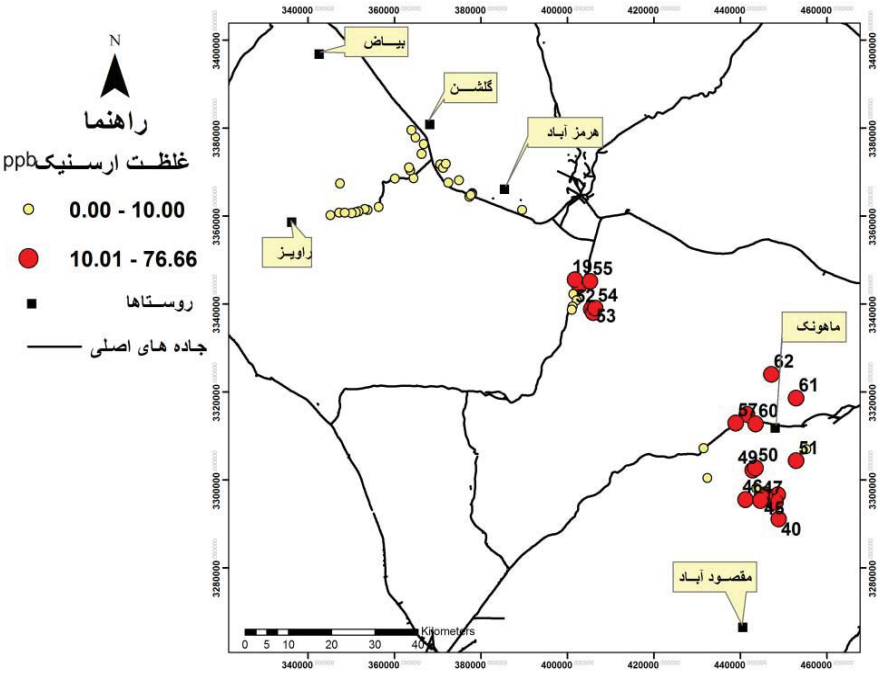
جدول ۲- خلاصه اطلاعات کیفی منابع تأمین آب شرب منطقه مورد مطالعه شامل میزان حداقل و حداکثر، میانگین و انحراف معیار دما، pH، TDS، EC و شوری

پارامتر	نوع منبع	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار
دمای آب °C	همه منابع	۲۸/۹	۱۲/۵	۱۸/۹٤	۳/۸۸
PH	همه منابع	۸/۲۹	٦/٦٥	۷/٦۰	۰/٤۱۷
TDS mg/L	چاهها	۱۲۱۱۰	۷٤۸	۲٦۳٥/۲۹	۲/٥۲۸
	چشمه ها	۱۸۲۲	۸٤٦	۱۳۳٤	٦۹۰/۱۳٦
	قنات	۱٥٦۷۰	۳۸٦	۳۰۹٤/۹٤	۳/۳۱۲
EC µs/cm	همه منابع	۲٤۲۰۰	٦۳۱	٤٦٥۷/۲	٤۳٥۱/٥٥
شوری(ppt)	همه منابع	۱٤/٦٦	۰/۰۲	۲/۸۱	۲/۹۱

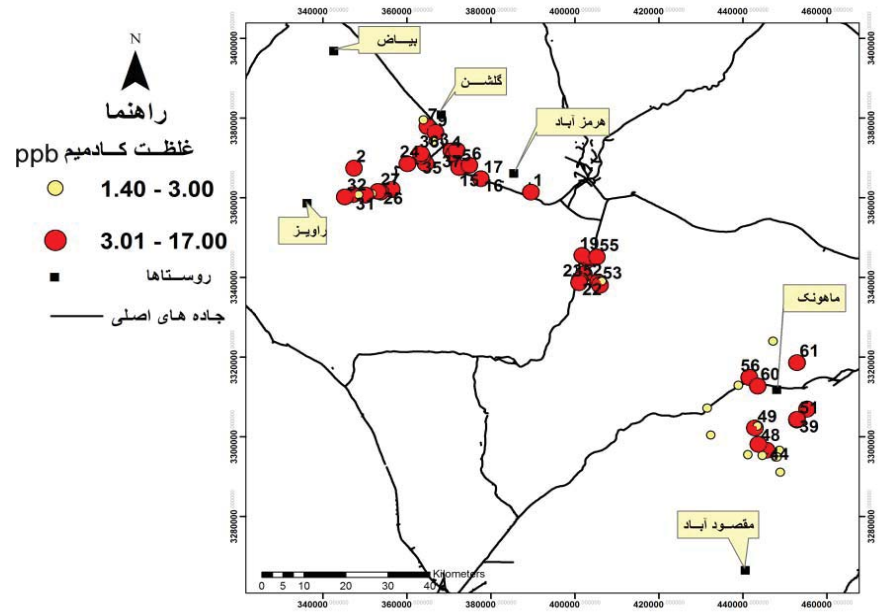
کلیه نمونه‌ها مصرف شرب داشتند و در بعضی موارد علاوه بر مصارف شرب به مصرف کشاورزی نیز می‌رسیدند. جمعیت کل در این مطالعه ۱۷۱۲٦ نفر محاسبه گردید [۲٤]. در۳۱/۷ درصد از نمونه‌ها غلظت آرسنیک بالاتر از حد توصیه شده توسط اداره استاندارد ملی ایران و سازمان WHO بود. جمعیت در معرض مواجهه با آرسنیک دارای غلظت بالاتر از حد استاندارد ملی ایران (۱۰ppb) ۱۷۹٦ نفر می‌باشد. این مقدار در واقع ۱۰/٤% درصد جمعیت را تشکیل می‌دهد. ۲۵ درصد از نمونه‌ها غلظت سرب بالاتر از حد استاندارد داشتند. جمعیت در معرض مواجهه با سرب دارای غلظت بالاتر از حد استاندارد ملی ایران (۱۰ppb) ۱۱٤۱۰ نفر می‌باشد. این مقدار ٦٦/٦ درصد جمعیت را تشکیل می‌دهد. ۵۸/۱٪ از نمونه‌ها غلظت کادمیم بالاتر از حد استاندارد داشتند. جمعیت در معرض مواجهه با کادمیم دارای غلظت بالاتر از حد استاندارد ملی ایران (۳ppb) ۸۰۰۷ نفر معادل ٤٦/۷ درصد جمعیت است.

درکلیه نمونه‌ها غلظت مس کمتر از حد استاندارد ملی(۲ppm) ایران می‌باشد.
حداقل و حداکثر غلظت عناصر فلزات سنگین اندازه گیری در این مطالعه همراه با جمعیت آنها در جدول (۱) مشخص شده است.

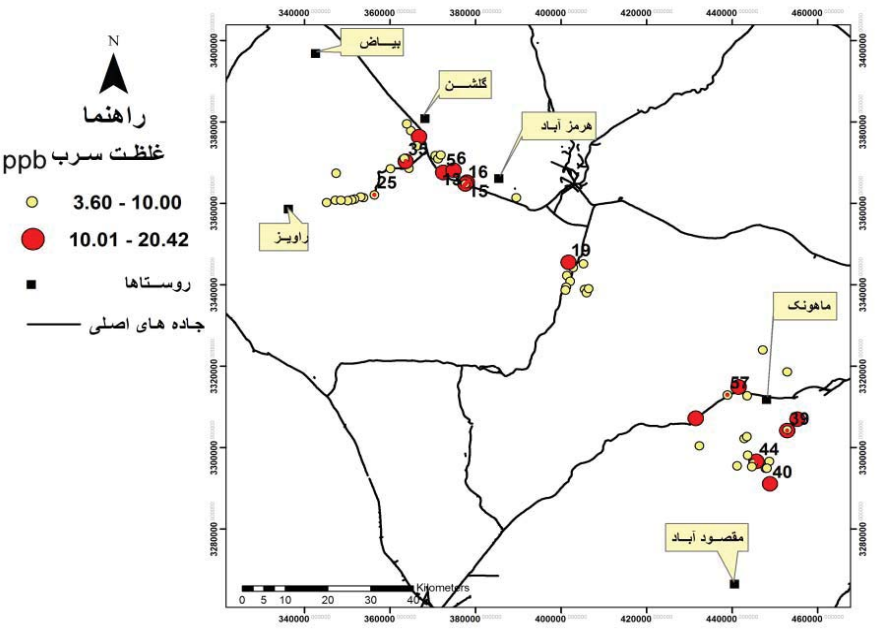
نقاط هم غلظت آرسنیک ، نقاط هم غلظت کادمیوم ونقاط هم غلظت سرب در منابع آب شرب روستاهای منطقه مورد مطالعه که در آن مقادیر بالاتر ازحد استاندارد متمایز شده به ترتیب در شکل‌های (۲)،(۳) و (٤) نشان داده شده است.



شکل ۲- نقاط هم غلظت آرسنیک(برحسب **ppb**) در منابع آب شرب روستاهای منطقه مورد مطالعه



شکل ۳- نقاط هم غلظت کادمیوم (برحسب **ppb**) در منابع آب شرب روستاهای منطقه مورد مطالعه



شکل٤- نقاط هم غلظت سرب (برحسب ppb) در منابع آب شرب روستاهای منطقه مورد مطالعه نسبت به جاده اصلی

بحث

منطقه مورد مطالعه بخشی از پهنه آتشفشانی ارومیه – دختر می‌باشد. برون زدگی توده عظیم گرانیتوئیدی- تونالیتی باعث دگرگونی در توف‌ها و آهک‌های ائوسن شده است. تمامی فلزات سنگین غیر آلومینیم از دیدگاه ژئوشیمیایی جزء گروه عناصر کمیاب بوده و دارای پتانسیل بالایی برای تمرکز در سنگ‌های گرانیتوئیدی هستند [۲۵]. وجود سنگ‌های آتشفشانی در منطقه و وجود ترکیبات و رگه‌های سولفیدی در این سنگ‌ها (شکل۱) یکی از عوامل آزاد سازی فلزات سنگین می‌باشد.آرسنیک، سرب و کادمیم دارای خواص مشابه گوگرد می‌باشند و در هنگام تشکیل سولفیدها جایگزین این عنصر می‌گردند. با تطابق نقشه سنگ شناسی منطقه (شکل ۱) و نقاط هم غلظت آرسنیک (شکل ۲) محرز است در نقاطی که غلظت آرسنیک بالاتر از حد استاندارد است، سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت) بیشتر یافت می‌شوند.

همچنین استفاده از آفت کش‌ها و علف کش‌های حاوی آرسنیک به دلیل رونق کشاورزی در شهر رفسنجان و نبود سیستم تصفیه فاضلاب برای صنایع فلزی و غیر فلزی و صنایع شیمیایی و سلولزی، فلزات وارد چاه‌های جذبی شده و از آن جا به آب‌های زیرزمینی نفوذ می‌کند. تحقیق ابراهیمی میمند (۱۳۸۸)، جهت اندازه گیری مقدار آرسنیک، حداکثر مقدار آرسنیک در نزدیکی منطقه صنعتی رفسنجان و پس از آن در شمال دشت رفسنجان را نشان داد. در حاشیه منطقه صنعتی بدلیل عدم وجود سیستم تصفیه فاضلاب و در شمال دشت، هوازدگی و دگرسانی شیل‌های ژوراسیک دارای رگه‌های سولفیدی، عامل آلودگی می‌باشد. آلودگی در اثر آرسنیک هم منشا طبیعی و هم منشا انسانزاد دارد [۲٦] که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

در تحقیقی که در سال ۱۳۸۹توسط دهقانی و عباس نژاد در خصوص آلودگی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت انار به نیترات، سرب، ارسنیک و کادمیوم انجام شد آلودگی آبهای برخی از مناطق دشت انار به آرسنیک، سرب و نیترات را نشان داد. غلظت کادمیوم در قسمتهایی ازدشت به حد اکثر مقدار مجاز در آب آشامیدنی نزدیک است . رگه های سولفیدی معادن مس واقع در جنوب شرقی دشت انار به همراه کانی های سولفیدی دلیل بالابودن غلظت آرسنیک، سرب و کادمیوم در آبهای زیرزمینی می‌باشد [۱۱]. که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد. مقادیر بالای سرب هم منشاً طبیعی و هم منشاً انسانی دارد. ذرات سرب حاصل از احتراق بنزین به صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر سطح خاک وگیاه فرود آمده و سبب آلودگی می‌گردد و درنهایت به سیستم‌های آبی وارد می‌شود. با توجه به شکل(٤) که موقعیت نقاط هم غلظت سرب را نسبت به جاده اصلی نشان می‌دهد، ۷۵ درصد از نمونه‌های با غلظت بالاتر از حد مجاز در جاده اصلی قرار گرفته است.

در تحقیق دهقانی و عباس نژاد (۱۳۸۹) که بر روی آلودگی سفره آب زیر زمینی دشت انار انجام شد جاده پر ترافیک کرمان – یزد نیز یکی دیگر از منابع آلودگی سرب در آبهای زیرزمینی بخش میانی دشت انار محسوب می شود [۱۱] که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در تحقیقی که در سال ۲۰۱۳ توسط هو(Ho) و همکاران در خصوص ارزیابی آلودگی سطحی و درونی رسوبات دهانه رودخانه کام، ایالت هایفونگ، در ویتنام به فلزات سنگین و آرسنیک انجام شد مشخص گردید که توسعه اقتصادی و اجتماعی و صنعتی و فعالیت‌های کشاورزی در این منطقه باعث آلودگی قابل توجه فلزات سنگین کبالت، کروم، مس، منگنز، نیکل، سرب و روی و آرسنیک شده است [۲۰]. که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد.

با توجه به دمای بالا و pH پایین و بالا بودن مقادیر سرب، آرسنیک و کادمیم در نمونه‌های ۱۹-٤٤-٥٦ و بالا بودن آرسنیک و کادمیم در نمونه ۵۱ و قرارگیری این نمونه‌ها در زون گسل یادشده ، شرایط هیدروترمال حاکم است. در تحقیق دهقانی و عباس نژاد (۱۳۸۹) وجود غلظت بالای عناصر به دلیل شرایط هیدرترمال(بالا بودن دما، pH پایین و قرارگیری در زون گسل انار) تأیید شد [۱۱] که با نتایج این تحقیق منطبق است.غلظت مس در کلیه موارد پایین‌تر از حد استاندارد توصیه شده توسط استاندارد ملی آب ایران و WHO (۲ppm) بود. با توجه به پتانسیل خاک منطقه برای حضور مس و همچنین وجود رگه‌های سولفیدی در منطقه در کلیه موارد مقدار مس حتی از حد مطلوب سازمان ملی آب ایران و مقدار توصیه شده توسط WHO (۲ppm) پایین تر بود. مس در مقایسه با سه فلز دیگر مورد بررسی در این تحقیق غیر سمی است و انسان‌ها، حیوانات و گیاهان به مس برای تأمین و حفظ سلامتی خود نیازمندند.

شهریاری و همکاران تحقیقی در سال ۱۳۸۹ جهت اندازه گیری غلظت مس و کروم در آب زیر زمینی و شبکه توزیع آب آشامیدنی بیرجند انجام دادند. در تمام نمونه‌ها غلظت مس پایین تر از حد استاندارد ۱۰۵۳ ایران و WHO بود. که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در ٦٧/٩ درصد موارد غلظت کروم بالاتر از حد استاندارد بود [۱۸].

ضریب همبستگی پیرسون بین عناصر موجود و برخی خواص فیزیکو شیمیایی آب با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه گردید. نتایج حاصل از آزمون آماری ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که بین غلظت سرب و کادمیوم (P=0.652) ارتباط معناداری وجود دارد. همبستگی بدلیل ورود این آلاینده‌ها از منابع مشترک مثل فعالیت‌های انسانی، یا آلودگی طبیعی مثل هوازدگی کانسارهای سولفیدی باشد. در سایر موارد ارتباط معناداری بین غلظت فلزات سنگین با سایر پارامترهای فیزیکو شیمیایی اندازه گیری شده در این مطالعه مشاهده نگردید. نتایج حاصل از آزمون آماری واریانس یک طرفه (ANOVA) تفاوت معنا داری بین میانگین غلظت TDS و نوع منبع آب آشامیدنی نشان نداد (P=۰/۸۳).

نتیجه گیری

آلودگی بخشی از منطقه مورد مطالعه به آرسنیک، سرب و کادمیوم منشأ طبیعی و انسانی دارد. پیشنهاد می‌شود جهت تعیین منبع دقیق آلودگی آزمایشات بر روی بافت خاک منطقه نیز صورت گیرد. با توجه به مشکل کمبود آب در دشت رفسنجان بایستی به مسائل مربوط به آلودگی‌های محرز شده در این تحقیق توجه خاص شده و در مورد رفع آن‌ها اقدام گردد.

تشکر و قدردانی

ایـــن مطالعه در مرکـــز تحقیقـــات مهندسی بهداشـــت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان و با حمایت مـالی معاونـت تحقیقـات و فـن آوری آن دانشگاه به انجـام رسـیده اسـت کـه بدینوسیله از دست اندر کاران سپاسگزاری می‌نماید همچنین از همکاری و مساعدت‌های آقایان مهندس محمد مبینی، مهندس ایمان شریفی، مهندس علی حقیقی فر و خانم مهندس فاطمه نجفی سپاسگزاری می گردد.

REFERENCES

1. Buragohain M, Bhuyan B, Sarma HP. Seasonal variations of lead, arsenic, cadmium and aluminium contamination of groundwater in Dhemaji district, Assam, India. Environmental monitoring and assessment 2010;170(1-4):345-51.
2. Hou D, He J, Lu C, Ren L, Fan Q, Wang J, et al. Distribution characteristics and potential ecological risk assessment of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer, China. Ecotoxicology and environmental safety 2013;93:135-44.
3. Smith AH, Steinmaus CM .Health effects of arsenic and chromium in drinking water: recent human findings. Annual review of public health 2009;30:107-22.
4. Brahman KD, Kazi TG, Afridi HI, Naseem S, Arain SS. Evaluation of high levels of fluoride, arsenic species and other physicochemical parameters in underground water of two sub districts of Tharparkar, Pakistan. A multivariate study. Water research 2013;47(3):1005-7.
5. Rajai G, Poorkhbaz A, Hsarymotla QS. Heavy metals health risk assessment of groundwater resources Aliabad katol Plain. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences 2012;4(9):155-62 (In persian).
6. Sacmacı S, Kartal S, Sacmacı M. Determination of Cr (III), Fe (III), Ni (II), Pb (II) AND Zn (II) ions by FAAS in environmental samples after separation and preconcentration by solvent extraction using a triketone reagent. Environmental bulletin 2012;21(6):1563-70.
7. Argos M, Kalra T, Pierce BL, Chen Y, Parvez F, Islam T, et al. A prospective study of arsenic exposure from drinking water and incidence of skin lesions in Bangladesh. American journal of epidemiology 2011;174(2):185-94.
8. EEA. Air quality in Europe. European Environment Agency 2013;9:76-83.
9. Rosado JL, Ronquillo D, Kordas K, Rojas O, Alatorre J, Lopez P, et al. Arsenic exposure and cognitive performance in Mexican schoolchildren. Environmental health perspectives 2007;115(9):1371.
10. Babai y, Alavi Moghaddam.M, Qasemzadeh.F, Arbabzvar.M.H. Arsenic contamination of ground-water in the Kashmar Koohsorkh. Environmental Science and Technology 2007;10(3):31-5(In persian).
11. Dehghani M, Abbasnejad A. Cadmium, Arsenic, Lead and Nitrate Pollution in the Groundwater of Anar Plain. Journal of Environmental Studies 2011;36(56):28-30(In persian).
12. Mosaferi M, Taghipour H, Hasani AH, Borgheei M, Kamali Kordabad Z, Ghadirzadeh A. Study of arsenic presence in drinking water sources: a case study. Iranian Journal of Health and Environment 2008;1(1):19-28 (In persian).
13. WHO. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants World Health Organization 2010;13-59.
14. WHO. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005World Health Organization 2006;2:105-10.
15. Copper and the Environment.2014. Available from: http:// www. ngdir.ir/GeoportalInfo/PSubjectInfo Detail .aspPID=161**.** Accessed January 18, 2014.
16. Farias SS, Casa VA, Vázquez C, Ferpozzi L, Pucci GN, Cohen IM. Natural contamination with arsenic and other trace elements in ground waters of Argentine Pampean Plain. Science of the Total Environment 2003;309(1):187-99.

17. Mukherjee A, Sengupta MK, Hossain MA, Ahamed S, Das B, Nayak B, et al. Arsenic contamination in groundwater: a global perspective with emphasis on the Asian scenario. Journal of Health, Population and Nutrition 2006;24(2):142-63.
18. Shahryari T, Moashery BN, Sharifzadeh GR. Concentrations of chromium and copper in the ground water and drinking water distribution network of Birjand 2009-2010. Journal of Birjand University of Medical Sciences 2011;17(4):62-7(In persian).
19. Xiaolong W, Jingyi H, Ligang X, Qi Z. Spatial and seasonal variations of the contamination within water body of the Grand Canal, China. Environmental Pollution 2010;158(5):1513-20.
20. Ho HH, Swennen R, Cappuyns V, Vassilieva E, Neyens G, Rajabali M, et al. Assessment on pollution by heavy metals and arsenic based on surficial and core sediments in the Cam River-mouth, Haiphong province, Vietnam. Soil and Sediment Contamination: An International Journal 2013;22(4):415-32.
21. Clesceri H, Greenberge A, D.Eaton A. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 20th Edition, APHA, Washington DC. 1998 1998.
22. Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI) 1053.5th.revision 2009(In persian).
23. Geological survey of Iran, cartographer GE. RAfsanjan: Geological survey of Iran 2012.
24. Census of Population and Housing 90. 2011. Available from :http: //amar .kr.ir/uploads/ sarshomari/ab/ rafsan .pdf**.** Accessed January 28,2014.
25. Geochemical zoning of environmental pollution of heavy metals with the application of GIS in Ghamsar-Ghohrood area. Thirty-Second Meeting of the International Congress on Earth Science 2014 feb; p:16-19 (In persian).
26. 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 (In persian).