



بررسی میزان آرسنیک در آب زیر زمینی شرب شهرستان رفسنجان ۱۴۰۴

جواد صادقی حسین آبادی

۱. مهندسی ایمنی، بهداشت محیط زیست، دانشکده علوم مهندسی

چکیده

آلودگی منابع آب زیرزمینی با توجه به کمبود آب و تنش آبی خطرات بسیار زیادی برای سلامت جامعه مصرف کننده دارد. (۱) این تحقیق می تواند کمک کند که اهمیت مدیریت آب در این شرایط با مقررات و توان بیشتر صورت پذیرد با توجه به گذارشات از تمام نقاط جهان و ایران و خصوصا استان کرمان توزیع مکانی و تغییرات زمانی آرسنیک و اهمیت منابع آب زیر زمینی در این منطقه این تحقیق به بررسی میزان غلظت آرسنیک در آبهای زیر زمینی شهرستان رفسنجان پرداخته شده است. نبود محل مناسب برای پساب تصفیه فاضلاب صنایع و افزایش میزان صنایع می تواند تاثیر زیادی در میزان غلظت آرسنیک داشته باشد از انجایی که کشاورزی رفسنجان رونق خوبی دارد و سموم کشاورزی نیز یکی دیگر از این علل می باشد. مصرف زیاد آب های زیر زمینی در کشاورزی و کمبود آب یکی از علل بالا رفتن غلظت آرسنیک در آبهای زیرزمینی می باشد. غلظت آرسنیک در نمونه های برداشتی با کمینه ۷ و بیشینه ۸۲ میکروگرم بر لیتر و میانگین ۵۴.۵۷ انحراف معیار ۱۳.۵۸ نشانی از این حقیقت دارد برای مقابله با این شرایط راه اندازی و بهره برداری تصفیه خانه مرکزی رفسنجان که در حال ساخت می باشد بسیار اهمیت دارد پایش منظم میزان آرسنیک و برداشت درست از آبهای زیرزمینی میتواند نقش مهمی در میزان غلظت آرسنیک در آب آشامیدنی جامعه هدف داشته باشد

واژه های کلیدی: فلزات سنگین، آرسنیک، رفسنجان

مقدمه

رفسنجان شهری در جنوب شرقی کشور ایران و شمال غربی استان کرمان است که در فاصله ۱۱۵ کیلومتری از شهر کرمان قرار گرفته و طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ خورشیدی، ۱۶۱۹۰۹ نفر جمعیت و جمعیت شهرستان رفسنجان ۳۱۸۰۰۰ نفر می باشد. مساحت این شهر ۴۰ کیلومتر مربع و ارتفاع ۱۵۲۷ متر از سطح دریا، با میانگین دمای ۲۵ و میانگین بارش ۱۱۰ میلی متر می باشد. از ویژگی دیگر این شهر؛ وجود شش معدن مس از جمله معدن مس سرچشمه که بزرگترین معدن مس جهان و معدن مس سریدون رفسنجان که دومین معدن بزرگ ایران است؛ همچنین وجود کارخانه های فراوان به ویژه مجتمع های صنعتی همجوار، دو شهرک صنعتی و منطقه ویژه اقتصادی و نیز صنعت پسته در رفسنجان که هم اکنون کشت غالب در منطقه می باشد و سابقه ای طولانی دارد، تا جایی که یک صد و سی هزار هکتار زمین به کشت پسته اختصاص دارد .



امروزه با افزایش صنایع و آلودگی آب، خاک و هوا به فلزات سنگین (آلودگی ۲۰۱۰) و انتقال این فلزات به زنجیره غذایی انسان و همچنین افزایش استفاده از گیاهان دارویی (Medicinal plants)، آلودگی خاک توسط صنایع (کوچیکزاده م.ت. ۱۳۸۴)، میزان برداشت آب‌های زیرزمینی و افزایش غلظت فلزات سنگین (Increased concentration of heavy metals) در یک منطقه، میزان غلظت فلزات سنگین افزایش یافته و تهدیدی برای تمام موجودات زنده آن منطقه خواهد بود و تمام مراحل رشد و تکثیر آن موجودات و تعادل زیستی آن منطقه را دست خوش تحول می‌گرداند. این عناصر سنگین در خاک موجب اختلالات متابولیکی و بازدارندگی رشد در بیشتر گونه‌های گیاهان هستند (سباستیانی و همکاران ۲۰۰۴ روبیو و همکاران ۲۰۱۲). جابجایی مکان این فلزات در اثر فعالیت صنایع و انسان، به خاک افزوده می‌شوند (سرما و همکاران ۲۰۱۱). با توجه به افزایش فعالیت کشاورزی و صنایع ذوب فلزات، مصرف کودهای کشاورزی حاوی فلزات سنگین، باعث تجمع فلزات سنگین در خاک می‌شود (مگاتل و همکاران ۲۰۰۹). با افزایش این عناصر در خاک و مجاورت آنها با ریشه گیاهان، توسط ریشه گیاهان جذب و به قسمت های هوایی گیاهان که همان برگ گیاهان (لی و همکاران ۲۰۱۰) می‌باشد، منتقل می‌شود و رشد آنها را دچار اختلال می‌کنند. لذا اینگونه بیشتر قسمت‌هایی از گیاهان دارویی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، با مقادیر بالایی از فلزات سنگین وارد زنجیره غذایی انسان می‌شود (کانتی و همکاران ۲۰۰۶).

آب سالم به عنوان یک منبع طبیعی اصلی جهت بقا تمام اکوسیستمها حیاتی است. نبود شرایط توزیع متناسب آب شیرین در سطح زمین سبب شده تا میلیون ها انسان در تنش آبی زندگی کنند. از نگاه دیگر افزایش فرسایش خاک کشاورزی و پساب صنعتی و شهری آلودگی هوا باعث کاهش کیفیت آب مصرفی شده است. فلزات سنگین یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده کیفیت آب می‌باشد. این عنصر با ظرفیت های مختلف و نیز به صورت معدنی و آلی در طبیعت یافت می‌شود. در آب طبیعی آرسنیک به شکل پنج ظرفیتی و سه ظرفیتی وجود دارد که فرم غالب و سمی تر در آب های زیرزمینی فرم سه ظرفیتی می‌باشد. آب های زیر زمینی مناسب ترین شرایط جابجایی آرسنیک را دارا می باشند. فعالیت معدنی انسان فرایندهای ژئوترمال و فرایندهای طبیعی دیگر از راههای انحلال کانی های این فلزات شوند خصوصا در مناطق معدنی با تمرکز بالای سولفید. آرسنیک یک عنصر سرطان زا و غلظت زیاد آن در منابع آب میتواند نگرانی بزرگی برای سلامت انسان و محیط زیست باشد.





شکل شماره (۳) رگه معادن مس و وجود سولفیدها

فلزات سنگین از نیمه عمر زیستی بالایی برخوردار می باشند و با تجمع در خاک و انتقال به زنجیره غذایی وارد بدن انسان شده و در کلیه و کبد ذخیره میگردند. سرطان پوست و ریه . کم شدن وزن . اسهال . خستگی مفرط تعدادی از عوارض این فلزات میباشد.

آرسنیک از طریق جذب، بلع و استنشاق می تواند وارد بدن شود. در آب های آلوده زیرزمینی، سنگ، خاک آلوده، چوب آلوده، دود دخانهات، مواد غذایی آلوده، محیط های صنعتی و محل های دفن زباله آرسنیک وجود دارد. مصرف این عنصر هر چقدر هم کم باعث مسمومیت ایجاد میکند.

اولین تاثیر خود را بر کبد، پوست و کلیه ها می گذارد. از جمله بیماری هایی که به دلیل مصرف آرسنیک در آب آشامیدنی ایجاد می شوند می توان به موارد زیر اشاره کرد سرطان پوست و ریه کم شدن وزن داشتن اسهال و خستگی ورم بدن و ماهیچه های چشم اختلال عصبی.

با توجه به مصرف آب و اهمیت آن در رژیم غذایی موجودات در صورت وجود آرسنیک در آب و مضرات و آثار سو آن محققین مختلف را در زمینه بررسی پراکندگی و منشأ آرسنیک در منابع آب زیر زمینی واداشته است .از مهمترین مناطق گزارش شده می توان به قسمت هایی از استان آذربایجان شرقی درهشتروند کردستان در قره در کرمان سیرجان در سیستان بلوچستان که مقدار این عنصر در این مناطق بیش از استاندارد جهانی بوده است.

با توجه به خطرات فلزات سنگین خصوصا آرسنیک غلظت بالای آرسنیک در منابع آب بسیاری از نقاط جهان مانند بنگلادش هند نپال تایلند چین ویتنام شیلی و بخشهایی از امریکا و اروپا دیده شده است.

سازمان جهانی بهداشت مقدار ۰.۰۱ میلی گرم بر لیتر را به عنوان مقدار رهنمود نظارتی برای آرسنیک مطرح کرده است با توجه به تغییرات فصل و کاهش و افزایش میزان مصرف آب و کمک از چاهای که در شرایط بحرانی در فصل های افزایش مصرف وارد مدار مصرف می شوند و می توانند در مقدار غلظت آرسنیک تاثیر مهمی داشته باشند و همچنین عمق آب برداشتی تاثیرات معناداری در میزان غلظت آرسنیک در آب خواهد داشت.

بینزو و همکاران به بررسی توزیع مکانی آرسنیک در منابع آب زیرزمینی نواحی شمال شرقی و جنوبی سین کیانگ چین پرداخت نتایج بررسی آنها نشان داد که بیش از ۱۲ درصد از منابع آب زیرزمینی آرسنیک بیش از ۱۰ میلی گرم بر لیتر دارند و غلظت آرسنیک با افزایش عمق نمونه برداری افزایش می یابد.

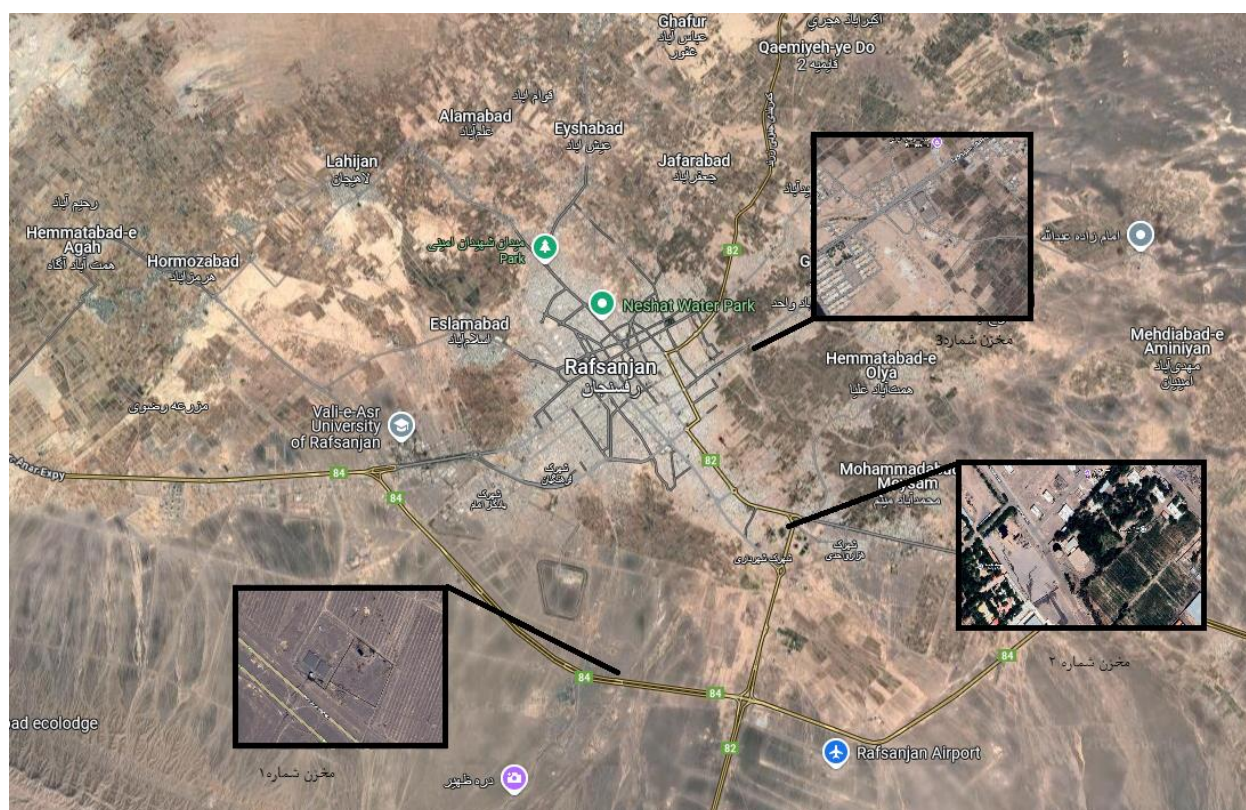
اردکانی و همکاران (۱۳۹۳) غلظت برخی از عناصر سنگین از جمله آرسنیک را در منابع آب زیرزمینی دشت رزن بررسی و با استفاده از مدل های زمین آماری نقش پهنه بندی عناصر مربوطه را تهیه نمودند نتایج آن ها نشان داد که میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه کمتر از استاندارد های تعیین شده توسط سازمان جهانی می باشد.



محسن پور خسروانی و همکاران (۱۴۰۲) ارزیابی تغییرات مکانی عنصر آرسنیک در منابع آب زیرزمینی حوضه سیرجان حاکی از آن است که غلظت این عنصر یک روند افزایشی بالایی داشته است طبق نتایج منطقه مورد مطالعه در مرکز فرایندهای هیدروترمال و ژئوترمال (کمر بند کانیزایی مس ایران) اثر تجمعی و تاثیر پی اچ بر جذب و عنصر آرسنیک از مهمترین عوامل موثر بر افزایش میزان آرسنیک در منابع آب زیرزمینی حوضه سیرجان است.

مواد و روش‌ها

پس از انجام مطالعات اولیه میدانی و بررسی محل های چاه های برداشت اب که شامل سه چاه در منطقه بردسیر و ۱۴ چاه در دشت سعیدآباد رفسنجان که همه این چاه ها به سه مخزن انتقال داده میشوند و بعد از فرایند کلر زنی وارد شبکه توزیع میشوند برداشت نمونه در دو فصل پر مصرف و کم مصرف مورد پایش قرار گرفتند. نمونه برداری مطابق با دستورالعمل نمونه برداری آب زیر زمینی آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا انجام شد. که در جدول شماره یک نتایج حاصل از نمونه برداری آورده شده است و شکل یک موقعیت جغرافیایی منطقه برداشت می باشد



شکل شماره (۱) محل مخازن ذخیره سازی آب



9th International Conference on

نهمین همایش بین المللی

مطالعات میان رشته‌ای در صنایع غذایی و علوم تغذیه ایران

www.icf.bcnf.ir



شکل شماره (۲) محل چاه های



9th International Conference on

نهمین همایش بین المللی

مطالعات میان رشته‌ای در صنایع غذایی و علوم تغذیه ایران

www.icf.bcnf.ir



نقشه ۳- محل احداث تصفیه خانه

نمونه برداری و روش آزمایشگاهی

دی ماه سال ۱۴۰۳ و فروردین ۱۴۰۴ از تمام چاه ها نمونه دریافت شد با توجه به فعال بودن چاه عمق آب و توجه به این نکته که بتوان معرف مناسبی از توده اصلی آب زیرزمینی باشد و همچنین با توجه به این نکته که منطقه مورد بررسی کم بارش بوده بیشتر از آب های زیرزمینی برداشت می شود تعداد نمونه ها برداشت شده قبل از نمونه برداری در صورت که چاه فعال نبود ۱۰ دقیقه زمان داده شد تا آب راکد داخل لوله تاثیری در میزان اندازه گیری نداشته باشد و همچنین از مخازن ذخیره آب نیز نمونه برداری شد که میانگینی از نمونه چاه ها می باشد. پارامترهای هدایت الکتریکی آب و پی اچ در محل نمونه برداری با استفاده دستگاه پرتابل اندازه گیری شد برای جداسازی مواد معلق نمونه با کمک کاغذ صافی ۰/۴۵ میکرومتر و پمپ خلأی فیلتر شدند نمونه ها مورد نظر برای تجزیه کاتیون های بالقوه سمناک ارسنیک با استفاده از نیتریک اسید غلیظ با خلوص بالا به کمتر از دو رسیده و میزان غلظت ارسنیک در آزمایشگاه تا قبل از آزمایش دردمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد

سنجش آرسنیک با روش (ICP- MS)

این روش به علت دقت بالا نیاز به ریکاوری ندارد. این روش ترکیبی از پلاسمای مزدوج القایی با آنالیزورهای جرمی است. فیلترهای جرمی چهار قطبی به عنوان معمول ترین و بیشترین آنالیزورهای جرمی در این روش هستند. به منظور ارزیابی روند غلظت آرسنیک آب زیرزمینی این تحقیق از داده‌های آزمایشگاهی مرکز بهداشت شهرستان رفسنجان که ناظر بر سازمان آب و فاضلاب می باشد استفاده شده است.

نتایج

نتایج این مطالعه در جدول شماره (۱) که پارامتر به تفکیک فصل و غلظت آرسنیک آمده است نشان میدهد بیشترین مقدار آرسنیک با غلظت ۸۲ و کمترین مقدار آن ۷ می باشد که ۹۲.۲٪ داده ها از ۱۰ میلی گرم بر لیتر بالاتر می باشند

مقایسه استاندارد های جهانی اب آشامیدنی (میلیگرم بر لیتر)

استاندارد شماره ۱۰۵۳	استاندارد Epa	سازمان بهداشت جهانی	اتحادیه اروپا	آرسنیک
۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	



جدول ۱-آمار پارامتر غلظت آرسنیک در منطقه مورد مطالعه

غلظت آرسنیک بهار ۱۴۰۴	غلظت آرسنیک زمستان ۱۴۰۳	شماره چاه	
۸۱	۷۵	۱	محدوده رفسنجان
۶۱	۴۲	۲	
۴۱	۲۸	۳	
۱۰	۱۲	۴	
۱۴	۱۳	۵	
۱۸	۷	۶	
۱۲	۸	۷	
۱۰	۱۲	۸	
۱۸	۶۱	۹	
۶۸	۴۰	۱۰	
۷۰	۷۹	۱۱	
۷۸	۷۵	۱۲	
۷۹	۶۳	۱۳	
۶۴	۶۱	۱۴	
۶۰	۷۰	۱۵	محدوده بردسیر
۶۸	۸۰	۱۶	
۶۴	۸۲	۱۷	

جدول ۲-خلاصه آمار
غلظت آرسنیک در

توصیفی پارامترهای
منطقه مورد

مطالعه



حداکثر	حداقل	انحراف معیار	میانگین	
۷۹	۷	۲۶.۳۴	41.14	حوضه رفسنجان زمستان
۸۱	۱۰	۲۸.۸	۴۵.۲۹	حوضه رفسنجان بهار
۸۲	۷۰	۵.۲۵	۷۷.۳۳	حوضه بردسیر زمستان
۶۸	۶۰	۳.۲۷	۶۴	حوضه بردسیر بهار
۸۲	۷	۲۸.۶۲	۵۱.۰۶	مخازن ذخیره زمستان
۸۱	۱۰	۲۶.۶۰	۴۸.۵۹	مخازن ذخیره بهار

بحث و نتیجه‌گیری

دشت رفسنجان در جنوب شرقی ایران مرکزی با وسعت ۱۲۴۲۱ کیلومتر مربع در ارتفاع ۱۴۰۰ متر بالاتر از سطح دریا واقع شده است این دشت از شمال شرقی توسط کوهستان داوران و از جنوب غربی به وسیله ارتفاعات سرچشمه احاطه شده است به دلیل رونق کشاورزی در شهر رفسنجان استفاده از سموم کشاورزی و صنایع متعدد از دلایل وجود آرسنیک در آبهای زیرزمینی می‌تواند باشد. همچنین صنایع زیاد و خصوصا صنعت مس و معادن مس توصیه زیادی پیدا کرده است و همه این صنایع باعث فرسایش و تولید فاضلاب می‌کنند که می‌تواند یکی دیگر از علل آلودگی آب‌های زیرزمینی این منطقه باشد

غنی بودن رفسنجان از وجود معادن و فرایند تولید در این صنایع می‌تواند مقدار قابل توجه ای آرسنیک را وارد محیط زیست کند وجود سنگهای آتشفشانی در کوههای سرچشمه و ترکیب سولفیدی درون آنها نیز یکی دیگر از منابع انتقال آرسنیک می‌باشد آرسنیک و گوگرد از نظر ساختاری شباهت زیادی با هم دارند و می‌توانند در زمان تشکیل سولفیدها جایگزین گوگرد شود.

با توجه به نتایج غلظت آرسنیک در فصل زمستان با ۸۲ میلی گرم بر لیتر بیشترین مقدار را داشته و کمترین غلظت مربوط به رفسنجان بوده است که نشان از کاهش مصرف در زمستان میباشد و بیشترین میانگین غلظت مربوط به بهار میباشد که نشان از تغییرات غلظت و فصل دارد.

ارتباط معنادار بین فعالیت معادن مس و غلظت بالا فلز آرسنیک وجود دارد و همچنین برداشت بی‌رویه آب در کشاورزی موجب افزایش غلظت آرسنیک شده است.



نتایج به دست آمده حاکی از این است که میزان غلظت آرسنیک در منابع آبی شهرستان در بالاترین حد مجاز استاندارد جهانی می‌باشد.

پایین بودن عمق آب و در نتیجه کمبود آب در این منطقه می‌تواند دلیل بر افزایش میزان غلظت آرسنیک باشد برای مقابله با این شرایط پایش منظم و بهبود زیرساخت تصفیه آب و فاضلاب به کاهش آلودگی آرسنیک کمک می‌کند هماهنگی استاندارد ملی کشور با استاندارد جهانی در خصوص این مهم پیشنهاد می‌شود

منابع

1. **Daragmeh, J., et al.** (2021). Risk assessment of heavy metals in herbal plants. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(10), 12541–12551.
2. **Dehghipour Heidarabadi, M., & Mirzaei Khalilabad, H.** (2020). Farmers' attitude towards the use of chemical pesticides in Rafsanjan county. *Iranian Agricultural Research Journal*, *17*(2), 89–98. [Translated from Persian]
3. **Ernst, E.** (2002). Toxic heavy metals and undeclared drugs in Asian herbal medicines. *Trends in Pharmacological Sciences*, *23*(3), 136–139.
4. **Habibollahi, M., et al.** (2022). Evaluation of heavy metals in medicinal plants and their health risk assessment in Sistan and Baluchestan province. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, *21*(4), 461–474.
5. **Ibrahim, M., et al.** (2012). Assessment of heavy metal accumulation in medicinal plants. *Environmental Monitoring and Assessment*, *184*(10), 6139–6147.
6. **Kanti, A., et al.** (2006). Heavy metals in medicinal plants. *Environmental Monitoring and Assessment*, *114*(1–3), 57–67.
7. **Khajepour, S., Abbasnejad, A., & Hassanzadeh, R.** (2008). Study of chromium and nickel heavy metal contamination in groundwater of Southern Rafsanjan Plain. *Proceedings of the 2nd Environmental Engineering Conference*. [Translated from Persian]
8. **Li, M. S., Luo, Y. P., & Su, Z. Y.** (2010). Heavy metal concentrations in soils and plants in the mining area of Yunnan, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, *160*(1), 135–147.
9. **Magatte, S., et al.** (2009). Heavy metals in soils and plants: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, *16*(3), 233–242.
10. **Mohsenpour Khosravani, M., et al.** (2023). Evaluation of spatial variations of arsenic in groundwater resources of Sirjan basin. *Iranian Journal of Earth Sciences*. [Translated from Persian]
11. **Rafsanjan County Health Center.** (2024). *Laboratory Protocol for Arsenic Measurement*. [Translated from Persian]
12. **Rafsanjan County Health Center.** (2024). *Water Quality Report*. [Translated from Persian]



13. **Ramezani, M., et al.** Investigation of groundwater pollution potential using DRASTIC and GOD models in GIS environment (Case study: Rafsanjan Plain). [Unpublished raw data; Translated from Persian]
14. **Rubio, F., et al.** (2012). Heavy metals in soils and plants: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, *19*(6), 233–242.
15. **Sebastiani, L., et al.** (2004). Heavy metals in the environment: Effects on plants and mechanisms of tolerance. *Environmental Pollution*, *131*(2), 243–254.
16. **Shaistafar, M. R., et al.** (2017). Evaluation of pollution level and distribution of heavy metals in sediments of Sarcheshmeh copper mine. *Iranian Journal of Earth Sciences*, *12*(3), 123–135. [Translated from Persian]
17. **Sharma, R. K., et al.** (2011). Heavy metals in vegetables collected from production and market sites of a tropical urban area of India. *Food and Chemical Toxicology*, *49*(3), 691–699.
18. **Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G.** (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, *17*(5), 517–568.
19. **Statistical Center of Iran.** (2016). *National Population and Housing Census*. [Translated from Persian]
20. **Street, R. A., et al.** (2008). Heavy metals in medicinal plant products—An African perspective. *South African Journal of Botany*, *74*(3), 369–375.
21. **United States Environmental Protection Agency (USEPA).** (2017). *Groundwater Sampling and Analysis: Field Guide*.
22. **World Health Organization (WHO).** (2007). *WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues*.
23. **World Health Organization (WHO).** (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.).
24. **Zheljazkov, V. D., & Jeliakov, V. D.** (2006). Heavy metal accumulation and distribution in mint species as affected by soil amendments. *Environmental and Experimental Botany*, *58*(1–3), 266–274.