

ارزیابی آلاینده‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی در آبخوان شریف‌آباد، قم

محمد حسن رحیمی^{۱*}، نصرالله کلانتری^۲، علیرضا زراسوندی^۳ و رضا محمدی احمدآبادی^۴

چکیده

آلودگی آب‌های زیرزمینی بسیاری از منابع ارزشمند آب را تهدید می‌کند. آلودگی آب‌های زیرزمینی ممکن است برای سال‌ها، غیرقابل تشخیص باشد. احیا آبخوان‌های آلوده مشکل، پرهزینه و در برخی مواقع غیرممکن است. منابع آب زیرزمینی در آبخوان شریف‌آباد در شمال‌شرق قم شامل یک آبخوان آبرفتی آزاد است. این آبخوان بخش مهمی از آب مورد نیاز کشاورزی دشت را تأمین می‌کند. آلاینده‌های مهم در منطقه مورد بررسی شامل پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب شهر قم، آلاینده کشاورزی و باغبانی، نشت از محل‌های دفن زباله بهداشتی و ... است. این آلاینده‌ها احتمال آلودگی آبخوان شریف‌آباد را افزایش داده است. هدف از این پژوهش ارزیابی میزان آلودگی آبخوان شریف‌آباد به انواع آلاینده‌ها است. برای رسیدن به این هدف در اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ در یک دوره از ۵۰ حلقه چاه عمیق با توزیع مناسب، نمونه‌برداری شد و پارامترهای فیزیکی (رنگ، دما، کدورت، TSS، pH، EC، TDS، DO، BOD₅ و COD)، یون‌های عمده (Ca، Mg، SO₄، Cl، Na و K)، برخی عناصر فرعی (NO₃، NO₂، NH₄، PO₄، I و Br)، برخی عناصر کمیاب و فلزات سنگین (B، As، Ba، Co، Cd، Fe، Hg، Ni، Pb، Sn و Z) و پارامترهای بیولوژیکی (FS و FC، TC) اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی آلودگی آبخوان شریف‌آباد از دستورالعمل آب آشامیدنی - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، ویژگی‌های میکروبیولوژی و راهنمایی برای کیفیت آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی استفاده شد. اگرچه آبخوان شریف‌آباد در دهه گذشته به‌صورت گسترده به مواد آلاینده آغشته شده ولی نتایج نشان داد آلودگی‌های انسان‌زاد در آبخوان کمتر از بیشینه‌های مجاز تعریف شده در استانداردها بود. با این وجود غلظت NO₃ در بعضی نمونه‌ها به آستانه آلودگی نزدیک شده بود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که یکی از عوامل بازدارنده عدم گسترش مواد آلاینده در آبخوان عمق زیاد تا سطح ایستایی است.

واژه‌های کلیدی: آبخوان شریف‌آباد، آلودگی آب، پایش آبخوان، شوری، کیفیت آب.

ارجاع: رحیمی م. ح. کلانتری ن. زراسوندی ع. و محمدی احمدآبادی ر. ۱۳۹۶. ارزیابی آلاینده‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی در آبخوان شریف‌آباد، قم. مجله پژوهش آب ایران. ۲۷: ۳۳-۴۳.

۱- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی - آبشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴- کارشناس ارشد زمین‌شناسی - آبشناسی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قم.

* نویسنده مسئول: m_hosain_rahimi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۱۰

مقدمه

آلودگی آب زمانی است که تغییر ویژگی‌های آب مانند مواد محلول یا معلق، درجه حرارت، خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی در حدی باشد که آن را برای کاربری خاص، مضر یا غیرمفید کند. آلاینده هر نوع مواد یا عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیستی است که سبب آلودگی آب شده یا آلودگی آن را زیاد کند (نشریه ۵۲۲). آب‌های زیرزمینی تنها منبع تأمین آب برای میلیون‌ها نفر در جهان است و آلوده شدن آن‌ها تأثیر عمده‌ای بر سلامت انسان‌ها و محیط‌زیست دارد (جوسما و همکاران، ۱۹۸۷). در منابع تأمین آب آسیب‌پذیر، کوتاهی در انجام پژوهش‌های همه‌جانبه، ریسک آلودگی آب شرب را افزایش می‌دهد (کول و همکاران، ۲۰۱۰ و جورین و همکاران، ۲۰۱۰). آب‌های زیرزمینی چنانچه آلوده شوند ممکن است در شرایط غیرقابل استفاده و یا حتی خطرناک برای چندین دهه و یا حتی یک قرن باقی بماند (کلانتری و همکاران، ۱۳۹۰). سرعت کم آب زیرزمینی مانع از اختلاط و رقیق‌شدگی می‌شود در نتیجه یک هاله آلوده ممکن است در غلظت بالایی باقی بماند. یکی از نکات قابل توجه در بحث آلودگی آب زیرزمینی ماهیت طولانی مدت آن است. زباله‌هایی که مدت‌ها پیش به خاک سپرده شده‌اند ممکن است سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی شوند که ده‌ها سال زمان نیاز دارد تا شناسایی شود.

دسترسی به آب آشامیدنی سالم برای سلامتی ضروری، از جمله حقوق اولیه بشری و بخشی از سیاست مؤثر حفاظت از سلامت است. استانداردها و رهنمودها با حمایت از سیاست اجرای مدیریت ریسک، ایمنی منابع آب آشامیدنی از طریق کنترل ترکیبات خطرناک آب را تضمین می‌کند. ماهیت و شکل استاندارد آب آشامیدنی ممکن است در میان کشورها و مناطق مختلف متفاوت باشد و روشی که مورد قبول همه باشد وجود ندارد. روشی که ممکن است در یک کشور یا منطقه به کار گرفته می‌شود لزوماً در سایر کشورها و یا مناطق دیگر قابل اجرا نیست (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۱۱). از مهم‌ترین استانداردهای آب آشامیدنی می‌توان به راهنمای کیفیت آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی (۲۰۱۱)، استاندارد اتحادیه اروپا (۱۹۹۸)، استاندارد محیط زیست آمریکا (۲۰۱۲) و استاندارد بهداشت کانادا (۲۰۱۷) اشاره کرد.

منطقه مورد بررسی

آبخوان شریف‌آباد در شمال شرق قم شامل یک آبخوان آبرفتی آزاد است. این آبخوان بخش مهمی از آب مورد نیاز کشاورزی دشت را تأمین می‌کند. آلاینده‌های مهم در منطقه مورد بررسی شامل پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب قم، آلاینده کشاورزی و باغبانی، نشت از محل‌های دفن زباله بهداشتی و ... است. در دهه گذشته در محدوده مطالعاتی شریف‌آباد دو تصفیه خانه فاضلاب شهری بزرگ احداث شده است که فاضلاب شهر قم را تصفیه می‌کنند. از پساب این تصفیه خانه در دشت شریف‌آباد برای مصارف کشاورزی استفاده می‌شود. به‌طور متوسط، سالانه ۲۴ MCM فاضلاب تصفیه شده وارد دشت شریف‌آباد می‌شود (شرکت آب و فاضلاب استان قم، ۱۳۹۲). ظرفیت تصفیه فاضلاب تصفیه‌خانه‌ها تا افق ۱۴۰۴ به سالانه ۴۴ MCM می‌رسد. در پساب تصفیه شده غلظت برخی آلاینده‌ها از قبیل یون آمونیوم و آلاینده‌های میکروبی بیش از بیشینه مجاز تعیین شده در دستورالعمل‌های مربوط بوده‌است و تصفیه‌خانه‌ها ضوابط زیست‌محیطی پساب خروجی را رعایت نکرده‌اند (سرزمین قنات، ۱۳۹۳). کودهای شیمیایی، به‌خصوص کودهای نیترات به‌طور گسترده‌ای از سوی کشاورزان در دشت استفاده می‌شود. این کشاورزان به‌طور متوسط سالانه ۳/۹ تن کود شیمیایی شامل ۶۴٪ کود ازت، ۲۶٪ کود فسفات، ۴٪ کود پتاس و ۶٪ کود کامل برای افزایش باروری مزارع استفاده می‌کنند (جهاد کشاورزی استان قم، ۱۳۹۲). در این دشت مصرف کود شیمیایی به‌طور متوسط سالانه ۱۵۸ کیلوگرم در هکتار است. همچنین روزانه ۶۷۲ تن زباله شهر قم در محل دفن زباله البرز در رسوبات سازند قرمز بالایی در مجاورت این آبخوان تخلیه می‌شوند. (عمرانی و همکاران، ۱۳۹۰).

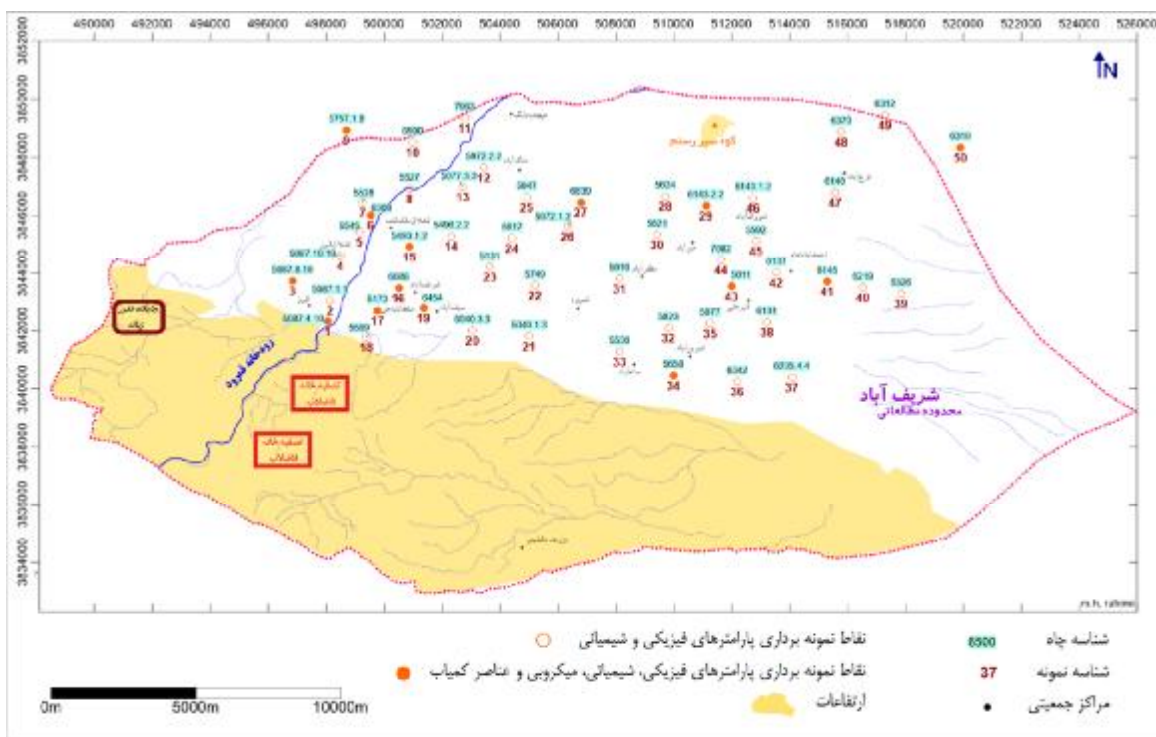
آغشتگی دشت شریف‌آباد به آلاینده‌های مذکور احتمال آلودگی آبخوان را افزایش داده است. هر چند منابع آب زیرزمینی دشت شریف‌آباد بیشتر لب‌شور و شور هستند و در حال حاضر از آن‌ها برای مصارف کشاورزی استفاده می‌شود. ولی باید در نظر داشت که استان قم یک استان خشک و بسیار کم‌آب است و احتمال اینکه این منابع در آینده به‌عنوان پتانسیل‌های آب لب‌شور برای مصارف بهداشتی و یا برای نمک‌زدایی (شیرین کردن آب) استفاده شود، زیاد است. از این‌رو جلوگیری از آلوده شدن آن‌ها

محلول (DO)، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD₅)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، قلیائیت کل (T Alk.)، کربنات (CO₃)، بی کربنات (HCO₃)، سختی کل (TH)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سولفات (SO₄)، کلرید (Cl)، سدیم (Na)، پتاسیم (K)، آمونیوم (NH₄)، نیتريت (NO₂)، نترات (NO₃)، فسفات (PO₄)، برومید (Br)، ید (I)، باریوم (Ba) و استرانسیم (Sr) است. نمونه برداری تکمیلی در ۱۴ حلقه از چاه‌های مذکور انجام شده است و پارامترهای کل کلیفرم‌ها (TC)، کلیفرم‌های گوارشی (FC)، استرپتوکوک‌های مدفوعی (FS)، آهن (Fe)، جیوه (Hg)، سرب (Pb)، کبالت (Co)، کادمیم (Cd)، نیکل (Ni)، آرسنیک (As)، روی (Zn)، بر (B)، قلع (Sn) تنها در این چاه‌ها اندازه‌گیری شده است.

مهم است. در دهه گذشته حدود نیمی از آب شرب و بهداشتی شهر قم از منابع آب لب شور تأمین شده است.

مواد و روش‌ها

اولین قدم در مشخص کردن کیفیت آب زیرزمینی، اندازه‌گیری پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب است. در این نمونه برداری از ۵۰ حلقه چاه‌های عمیق منطقه نمونه برداری شد. نمونه برداری در روزهای دهم و یازدهم اردیبهشت ۱۳۹۲ انجام شده است. نقشه نقاط نمونه برداری در شکل ۱ نشان داده است. در انتخاب نقاط نمونه برداری پراکنش، پوشش کل دشت و تمرکز آلاینده‌ها در نظر گرفته شده است. پارامترهای مورد بررسی در این نمونه برداری شامل وضعیت ظاهری آب، دمای آب هنگام نمونه برداری، کدورت، کل مواد معلق (TSS)، pH، هدایت الکتریکی (EC)، کل جامدات محلول (TDS)، اکسیژن



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری در منطقه مورد بررسی

پارامترهای EC، T، pH و DO در محل اندازه‌گیری شده است. اندازه‌گیری Na، K و فلزات سنگین با دستگاه GTA Atomic Absorption Spectrometer برند Varian استرالیا مدل SpectrAA-10، اندازه‌گیری یون‌های NO₃، NO₂، NH₄، PO₄، I، Br و SO₄ با دستگاه Visible Spectrophotometer برند Hach آمریکا مدل DR/2800، اندازه‌گیری EC، pH، T و DO با دستگاه Multi Parameter برند Hach آمریکا مدل Sension 156، اندازه‌گیری کدورت با دستگاه Turbidity meter برند Aqualytic آلمان مدل AL450T-IR، اندازه‌گیری COD با

اندازه‌گیری EC، T، pH و DO در محل اندازه‌گیری شده است. اندازه‌گیری Na، K و فلزات سنگین با دستگاه GTA Atomic Absorption Spectrometer برند Varian استرالیا مدل SpectrAA-10، اندازه‌گیری یون‌های NO₃، NO₂، NH₄، PO₄، I، Br و SO₄ با دستگاه Visible Spectrophotometer برند Hach آمریکا مدل DR/2800، اندازه‌گیری EC، pH، T و DO با دستگاه Multi Parameter برند Hach آمریکا مدل Sension 156، اندازه‌گیری کدورت با دستگاه Turbidity meter برند Aqualytic آلمان مدل AL450T-IR، اندازه‌گیری COD با

استاندارد آب آشامیدنی ایران بیشینه مطلوب ۳۰ mg/l را برای Mg در نظر گرفته است. در آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد کمینه غلظت Na ۸۴۲ mg/l، میانگین ۱۸۱۴ mg/l و بیشینه ۳۵۱۹ mg/l بود. استاندارد آب آشامیدنی ایران بیشینه مطلوب ۲۰۰ mg/l را برای Na در نظر گرفته است. در آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد کمینه غلظت یون Cl ۱۳۷۹ mg/l، میانگین ۳۰۸۹ mg/l و بیشینه ۵۲۵۵ mg/l بود. استاندارد آب آشامیدنی ایران بیشینه مطلوب ۲۵۰ mg/l را برای Cl در نظر گرفته است و بیشینه مجاز برای این پارامتر ۴۰۰ mg/l است. میانگین غلظت یون SO₄ آب‌های زیرزمینی شریف‌آباد ۳۰۸۹ mg/l بود. بر اساس استاندارد آب آشامیدنی ایران بیشینه مطلوب ۲۵۰ mg/l و بیشینه مجاز برای این پارامتر ۵۰۰ mg/l را برای یون SO₄ است. بر این اساس آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد از نظر بیشتر یون‌های اصلی و TDS فراتر از محدوده مجاز بودند.

NO₃ به‌عنوان آلاینده‌ای گسترده و متداول آب زیرزمینی از فعالیت‌های انسانی و شهری منشاء می‌گیرد (گولد، ۲۰۰۰). در شکل ۳ نقشه غلظت NO₃ در دشت شریف‌آباد نشان داده شده است. در اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ مقدار NO₃ در چاه‌های عمیق بین ۵ تا ۳۸ mg/l متغیر بود. بیشینه مجاز این یون بر اساس استاندارد آب آشامیدنی ایران ۵۰ mg/l است. میانگین مقدار NO₃ چاه‌های عمیق برابر ۱۶/۲ mg/l بود. مقدار کمینه این متغیر در شیرین‌آباد مشاهده شد. در شرق و جنوب ملک‌آباد و همچنین محدوده‌های سلطان باجی - قشلاق البرز - البرز غلظت یون NO₃ زیاد بود.

در آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد غلظت کمینه یون NO₂ ۰/۰۰۳ mg/l، میانگین ۰/۰۶۵ mg/l و بیشینه ۰/۰۱۲ mg/l بود. بیشینه مجاز این یون بر اساس استاندارد آب آشامیدنی ۳ mg/l است. مقادیر بیشینه غلظت یون NO₂ در جنوب شرق قنبرعلی مشاهده شد. NH₄ می‌تواند به‌عنوان شاخصی از آلودگی آب‌های زیرزمینی با فاضلاب‌های شهری در نظر گرفته شود. غلظت NH₄ در بیشتر نمونه‌ها کمتر از حد تشخیص آزمایشگاه (۱/۰/۱ mg/l) تشخیص داده شد. در برخی نقاط به صورت پراکنده در غرب قمرود و غرب سلطان باجی بیشینه غلظت NH₄ ۰/۱۴ mg/l اندازه‌گیری شد. بیشینه مطلوب این یون بر اساس استاندارد آب آشامیدنی ۱/۵

از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر میزان DO وجود مواد آلی و میکروارگانیسم آب است که وجود آن‌ها میزان اکسیژن خواهی بیوشیمیایی و شیمیایی را افزایش داده و سبب کاهش میزان DO می‌شود. بیشینه اکسیژنی که در درجه حرارت نرمال (۲۵ درجه سانتی‌گراد) می‌تواند در آب حل شود ۹ mg/l است. در اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ غلظت DO نمونه‌های آب زیرزمینی بین ۳/۳۰ تا ۸/۲ mg/l متغیر و میانگین غلظت آن ۵/۵۳ mg/l بود.

BOD عبارت از اکسیژن لازم برای میکروارگانیسم‌ها برای شکستن مواد آلی است. اگر BOD کم باشد آب پاک و بدون ارگانیسم است یا آنکه ارگانیسم‌های داخل آب مرده و نیازی به مصرف اکسیژن ندارند. اگر BOD₅ آب ۱ mg/l باشد به‌طور تقریبی آب خالص است. آب با BOD₅ تا ۵ mg/l به نسبت خالص فرض می‌شود و وقتی که BOD₅ به بیشتر از ۵ mg/l برسد در خالص بودن آب شک وجود دارد. اما اگر مقدار BOD₅ از ۲۰ mg/l تجاوز کند سلامت عمومی مورد خطر است. در شکل ۳ نقشه BOD₅ در دشت شریف‌آباد نشان داده شده است. در اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ مقدار BOD₅ در چاه‌های عمیق بین ۰/۵ تا ۹ mg/l متغیر و میانگین مقدار BOD₅ چاه‌های عمیق برابر ۱/۸۳ mg/l بود. به جز چند نمونه در جنوب سلطان باجی، شمال قشلاق البرز، غرب و شمال شرق میرآباد، که تا حدودی علائم آلودگی داشتند بقیه نمونه‌ها بدون آلودگی بودند.

COD اکسیژن لازم برای اکسایش شیمیایی فاضلاب با محلول پتاسیم دی کرومات و اسید سولفوریک غلیظ در حال جوش است. آزمایش COD برای اندازه‌گیری مقدار مواد آلی فاضلاب و آب‌های طبیعی به کار می‌رود. این شاخص هم معرف مواد آلی قابل تجزیه و هم غیر قابل تجزیه با باکتری‌ها است (کارآموز و کراچیان، ۱۳۹۱). در اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ مقدار COD در چاه‌های عمیق بین ۰/۵ تا ۱۸ mg/l متغیر بود. میانگین مقدار COD چاه‌های عمیق برابر ۳/۵۱ mg/l بود. بجز چند نمونه در جنوب سلطان باجی، شمال قشلاق البرز، غرب و شمال شرق میرآباد بقیه نمونه‌ها بدون آلاینده بودند.

مقدار Ca در دشت شریف‌آباد بین ۲۰۵ تا ۸۱۶ mg/l متغیر و متوسط غلظت این یون ۴۹۷ mg/l بود. استاندارد آب آشامیدنی ایران بیشینه مطلوب ۳۰۰ mg/l را برای Ca در نظر گرفته است. کمینه، میانگین و بیشینه Mg در دشت شریف‌آباد به ترتیب ۳۴، ۱۷۳ و ۳۲۶ mg/l بود.

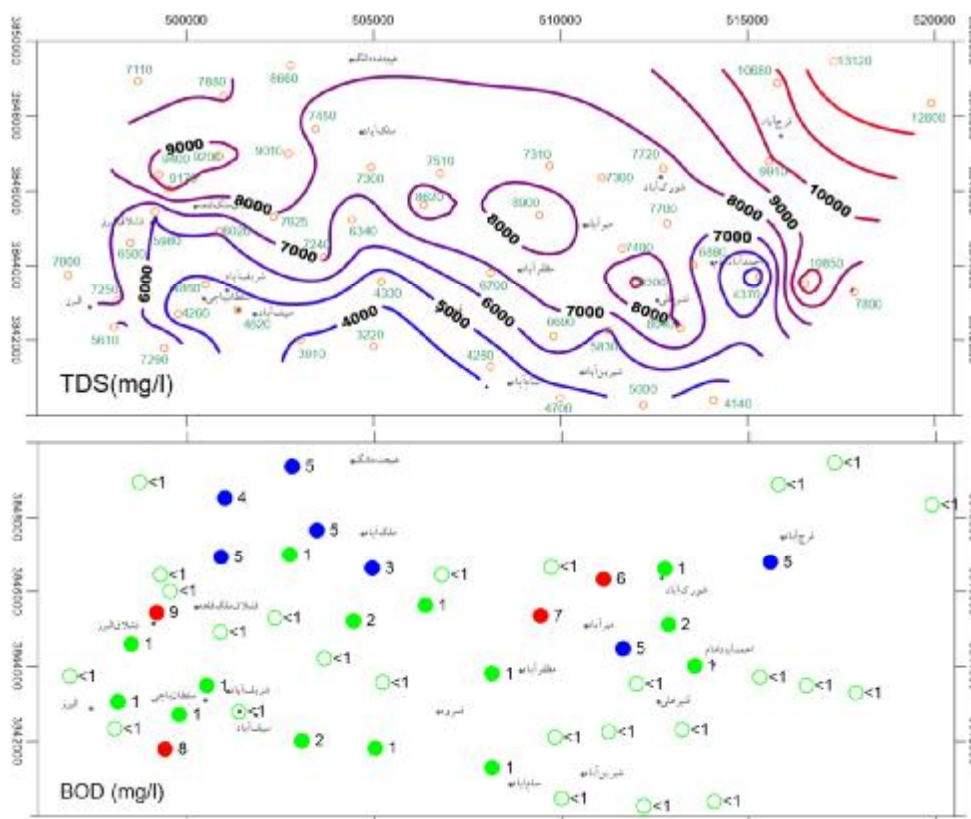
در استاندارد آب آشامیدنی ایران برابر با $3/0 \text{ mg/l}$ است. غلظت یون Fe در نمونه‌های اندازه‌گیری شده بین $0/06$ تا $0/1 \text{ mg/l}$ مشاهده شد و از این نظر آلودگی در دشت وجود نداشت.

Zn طعم نامطلوب تلخ و گزنده‌ای به آب می‌دهد. Zn یک عنصر اساسی و مهم برای حیات است و در ساختمان بسیاری از آنزیم‌ها و هورمون‌ها دخالت دارد، ولی با این وجود بررسی‌ها نشان داده است که این فلز موجب عقیمی در مردان می‌شود. آب آشامیدنی ایران غلظت قابل قبول برای Zn در آب آشامیدنی را 5 mg/l در نظر گرفته است. غلظت این فلز در آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد کمتر از $0/3 \text{ mg/l}$ است و از این نظر آلودگی مشاهده نشد.

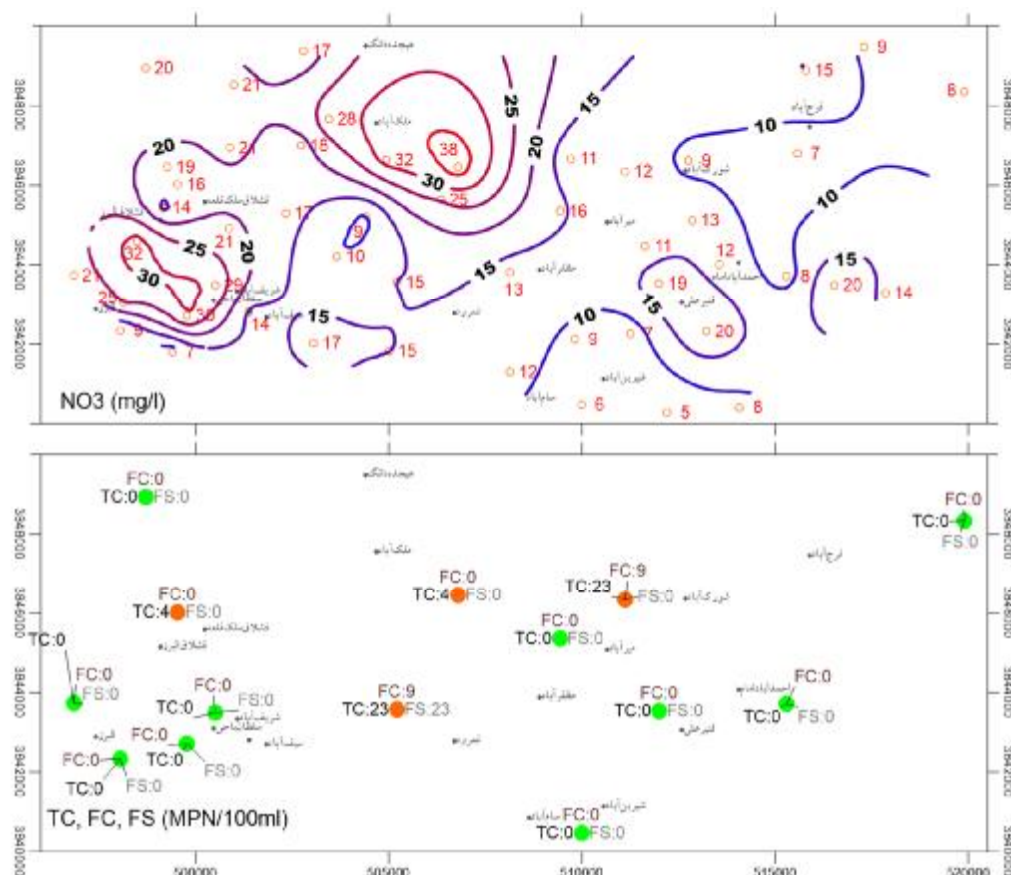
mg/l است. میانگین غلظت NH_4 در دشت $0/25$ است. بود.

عدم همبستگی بین یون NO_3 و یون‌های اصلی بیانگر منشاءهای انسان‌زاد در افزایش این آلاینده است (داتا و همکاران، ۱۹۹۷). در دشت شریف‌آباد بین آلاینده‌های نیتروژن‌دار و یون‌های اصلی همبستگی وجود ندارد از این رو باید منشاء آلاینده‌های نیتروژن‌دار در دشت را به فعالیت‌های انسان نسبت داد.

Fe به‌عنوان یک عنصر، آلوده کننده اصلی محیط‌زیست نیست. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی Fe موجود در آب‌های شرب از نظر بهداشتی مشکل‌زا نیست و فقط در غلظت‌های بالاتر از $3/0 \text{ mg/l}$ سبب لکه‌دار شدن البسه و ظروف بهداشتی می‌شود. بیشینه مقدار مجاز Fe



شکل ۳- غلظت برخی از آلاینده‌ها در دشت شریف‌آباد



ادامه شکل ۳-

استاندارد آب آشامیدنی ایران مقدار مجاز این عنصر در آب آشامیدنی 0.1 mg/l تعیین شده است. مقدار As در آب‌های زیرزمینی شریف‌آباد کمتر از 0.05 mg/l بود، و آلودگی As وجود نداشت.

در آب‌های زیرزمینی به‌طور طبیعی وجود دارد، اما به‌دلیل تخلیه بیشتر فاضلاب درون رودخانه‌ها مقدار این عنصر در آب‌های سطحی بیشتر است. این عنصر به صورت پروبات در پاک‌کننده‌های خانگی وجود دارد پس وارد فاضلاب می‌شود (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۸). مصرف بیش از حد مجاز عنصر B در انسان اثرات سوء، همانند تأثیر منفی بر دستگاه تناسلی مردان و تومورهای بدخیم در آن‌ها ایجاد می‌کند. بر اساس استاندارد آب آشامیدنی ایران مقدار مجاز این عنصر در آب آشامیدنی 0.7 mg/l تعیین شده است. غلظت B در آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد بین ۱ تا 3 mg/l بود. سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۹ مقدار بیشینه مجاز B را از 0.5 به $2/4 \text{ mg/l}$ تغییر داد. مقایسه نتایج به‌دست آمده با استاندارد

مواد شیمیایی معدنی سمی

عناصر کمیاب و فلزات سنگین در نتیجه فعالیت‌های انسانی و برخی عوامل طبیعی به محیط‌زیست وارد می‌شوند (ویلسون و همکاران، ۲۰۰۷). دفع و استفاده دوباره از پساب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود این عناصر به محیط محسوب می‌شود. کاربرد پساب در آبیاری اراضی می‌تواند تجمع عناصر مذکور را در خاک و آب‌های زیرزمینی افزایش داده و غلظت آن‌ها را به مرز غلظت‌های سمی برای گیاهان و یا آلودگی آب برساند (فرهود و امین، ۲۰۰۱ و مپاندا و همکاران، ۲۰۰۵).

As به‌طور طبیعی به مقدار کم در زمین وجود دارد. As یک ماده تجمعی در بدن است و پس از ورود به بدن به سختی دفع می‌شود، پس با تجمع در بدن موجودات آبی و مصرف این موجودات از سوی انسان خود به خود وارد بدن شده و مسمومیت ایجاد می‌کند (هانتسمن و همکاران، ۲۰۰۶). براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی و

درباره احتمال آلودگی نیاز به انجام آزمایش با دقت بیشتر است.

Cd از معدود عناصری است که هیچ‌گونه نقش ساختمانی در بدن انسان ندارد و حتی در مقدار بسیار کم نیز ایجاد مسمومیت می‌کند و سبب فقر آهن می‌شود (روباندرز و ورسفولد، ۲۰۰۰). بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد آب آشامیدنی ایران مقدار مجاز این عنصر در آب آشامیدنی 0.03 mg/l تعیین شده است. غلظت Cd در دشت شریف‌آباد کمتر 0.03 mg/l بود. با توجه به اینکه حد تشخیص آزمایشگاه ده برابر بالاتر از حد مجاز این عنصر بود درباره احتمال آلودگی نیاز به انجام آزمایش با دقت بیشتر است. با توجه به بررسی‌ها انجام شده در آبخوان مجاور (آبخوان قم) که در آن آلودگی به سرب و کادمیوم (لار، ۱۳۸۷) با منشأ طبیعی تأیید شده است و با توجه به ویژگی‌های مشترک زمین‌شناسی، احتمال آلودگی آبخوان شریف‌آباد به سرب و کادمیوم وجود دارد.

پارامترهای زیستی

باکتری‌ها، انگل‌ها و ویروس‌ها سبب آلودگی آب می‌شوند (بیلتون، ۲۰۰۵). متنوع‌ترین و مهم‌ترین مواد میکروبی موجود در آب باکتری‌ها هستند. وجود باکتری‌های کلیفرم نشانگر متأثر بودن آب‌زیرزمینی از آب‌های سطحی یا فعالیت‌های سطحی می‌باشد، زیرا منشأ کلیفرم‌ها در روی سطح زمین است (ریز، ۱۹۹۳). معروف‌ترین باکتری‌های موجود در مدفوع اشرشیاکلی و کلیفرم‌ها هستند که زودتر از باکتری‌های دیگر شناخته می‌شوند. کلیفرم‌ها و اشرشیاکلی از نوع باکتری‌هایی هستند که حضور آن‌ها در آب‌های زیرزمینی می‌تواند دلیلی بر آلودگی آب با فاضلاب‌های انسانی و حیوانی باشد (کمیسون بین‌المللی خصوصیات میکروبیولوژی مواد غذایی، ۱۹۹۸). وجود کلیفرم معیاری برای انجام عملیات گندزدایی آب شناسایی شده است. از آنجایی که طول عمر باکتری‌های اشرشیاکلی در خارج از بدن انسان و بسیاری از جانداران دیگر فقط به مدت ۲۱ روز ادامه دارد، پس از آن‌ها می‌توان به‌عنوان شاخصی در تعیین آلودگی‌های تازه ناشی از فاضلاب‌ها استفاده کرد. تعداد بیشینه محتمل کلیفرم (Coliform MPN) شاخص مفیدی برای میزان

سازمان بهداشت جهانی نشان می‌دهد که غلظت B در سه نمونه آب (در شمال شرق دشت) بیش از حد مجاز است. Ba یکی از عناصر معدنی موجود در آب است. آن دسته از ترکیبات Ba که در آب محلول هستند برای سلامتی انسان مضر می‌باشند. بررسی‌ها نشان داده که جذب مقدار زیادی از Ba محلول در آب سبب فلج و در بعضی موارد موجب مرگ می‌شود. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد آب آشامیدنی ایران مقدار مجاز این عنصر در آب آشامیدنی 0.07 mg/l تعیین شده است. مقدار Ba در آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد کمتر از 0.04 mg/l بود و آلودگی باریم در منطقه مورد بررسی وجود نداشت.

Hg یک فلز سنگین سمی است که از طریق استنشام، بلعیدن، جذب و تماس پوستی و یا تماس چشمی به بدن وارد شده و سبب ایجاد آسیب‌هایی به مغز، کبد، سیستم تنفسی، پوست، چشم‌ها، سیستم عصبی مرکزی کلیه‌ها می‌شود. براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد آب آشامیدنی ایران مقدار مجاز این عنصر در آب آشامیدنی 0.06 mg/l تعیین شده است. مقدار Hg در آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد کمتر از 0.02 mg/l بود و آلودگی Hg در منطقه مورد بررسی وجود نداشت.

وجود مقدار کم Ni در مواد غذایی برای بدن ضروری است، اما زمانی که مقدار آن از حد مجاز خود فراتر رود، اثرات زیان باری به‌همراه خواهد داشت. این اثرات احتمال مبتلا شدن به سرطان ریه، بینی، حنجره و پروستات را افزایش می‌دهد (آژانس مواد سمی و ثبت بیماری‌ها، ۲۰۰۴). براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد آب آشامیدنی ایران بیشینه مجاز این عنصر در آب آشامیدنی 0.07 mg/l تعیین شده است. مقدار Ni در آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد کمتر از 0.03 mg/l بود و آلودگی Ni وجود نداشت.

Pb یکی از چهار فلزی است که بیشترین عوارض را بر روی سلامتی انسان دارد. براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد آب آشامیدنی ایران مقدار مجاز این عنصر در آب آشامیدنی 0.01 mg/l تعیین شده است. در آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد غلظت Pb کمتر 0.05 mg/l است. با توجه به اینکه حد تشخیص آزمایشگاه پنج برابر بالاتر از حد مجاز این عنصر است

پارامترها در وضعیت مناسبی قرار داشتند. مقدار NO_3 در چاه‌های عمیق منطقه مورد بررسی بین ۵ تا ۳۸ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود. با این وجود غلظت NO_3 در بعضی نمونه‌ها به آستانه آلودگی نزدیک شده بود. در تمام نمونه‌های آب چاه‌ها مقادیر یون‌های NO_2 ، NO_3 و NH_4 کمتر از بیشینه مجاز بود.

غلظت فلزات غیرسمی Fe و Zn و فلزات سمی Hg، As، Ni و Ba در کلیه نمونه‌ها، کمتر از بیشینه مجاز و غلظت B در برخی از چاه‌ها بیش از بیشینه مجاز در استاندارد آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی بود. غلظت فلزات سمی Cd و Pb نمونه‌های آب زیرزمینی زیر حد تشخیص وسیله آزمایشگاهی بود.

نتیجه آزمایش شمارش بیشینه محتمل کلی‌فرم از نظر TC در چهار نمونه، و از نظر FC در دو نمونه مثبت اندازه‌گیری شد که نشان دهنده آلودگی در این چاه‌ها بود. آلودگی ناشی از FS فقط در یک نمونه آب دیده شد و با توجه به نسبت FC/FS شاید منشأ آلودگی در این چاه کود حیوانی بود.

آلودگی آبخوان شریف‌آباد به‌طور عمده ناشی از شوری منابع آب است که از نوع آلودگی طبیعی است. هرچند که بهره‌برداری بیش از حد از آبخوان که سبب پیشروی آب شور شده نیز می‌تواند یک آلودگی انسان‌زاد باشد. غلظت نزدیک به بیشینه مجاز در برخی آلاینده‌ها از قبیل NO_3 و آلودگی زیستی در برخی از چاه‌ها دیده می‌شد. شاید عمق زیاد سطح برخورد به آب‌زیرزمینی (۴۲ متری از سطح زمین) در این دشت یکی از عوامل جذب آلاینده‌ها با خاک بوده است.

با گسترش فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی حجم آلاینده‌ها در دهه‌های آتی افزایش می‌یابد برای مثال حجم پساب ورودی به دشت از ۲۴ میلیون مترمکعب کنونی تا سال ۱۴۰۴ به ۴۴ میلیون مترمکعب افزایش خواهد یافت و شاید آلودگی در آبخوان در دهه‌های آتی شدیدتر شود بنابراین ضروری است پایش آبخوان ادامه یابد.

سیاس‌گزاری

از شرکت سهامی آب منطقه‌ای قم به دلیل حمایت مالی این پژوهش تشکر می‌شود.

باکتری‌های آب است. در شکل ۳ نقشه غلظت TC، FC و FS دشت شریف‌آباد نشان داده شده است.

شامل گونه‌های مختلف: اشرشیاکلی، کلبسیلا، انتروباکتر، سیتروباکتر، سراتیا، ... می‌باشد. از نظر TC در بین ۱۴ نمونه برداشت شده دشت شریف‌آباد در ۱۰ نمونه آب، نتیجه آزمایش منفی و در ۴ نمونه آب مثبت بوده است. از چهار نمونه‌ای که نتیجه آزمایش در آن‌ها مثبت بوده است در دو نمونه آب میزان ۴ MPN/100cc و در دو نمونه آب میزان ۲۳ MPN/100cc مشاهده شده است.

شامل گونه‌های اشرشیاکلی، کلبسیلا پنومونیه است. از بین ۱۴ نمونه، نتیجه آزمایش کلیفرم مدفوعی فقط در ۲ نمونه آب مثبت بوده است.

FS بیشتر شامل گونه‌های فکالیس، بوویس، آویوم، اکوئینوس است. با داشتن نسبت FC به FS می‌توان منشأ آلودگی آب را شناسایی کرد. اگر $\text{FC/FS} > 4$ باشد، منشأ آلودگی انسانی است. اگر $\text{FC/FS} < 0.7$ باشد، منشأ آلودگی حیوانی است. در بین ۱۴ نمونه برداشت شده، آلودگی FS فقط در یک نمونه آب مشاهده شد (۲۳ MPN/100cc). چون نسبت $\text{FC/FS} = 0.4$ است شاید منشأ آلودگی در این چاه حیوانی بوده است.

نتیجه‌گیری

مهم‌ترین آلاینده‌های محدوده مطالعاتی شریف‌آباد، پساب تصفیه‌خانه‌های شهر قم، آلاینده‌های کشاورزی و دامپروری، نشت ناشی از محل دفن زباله و ... هستند. ارزیابی آلودگی در آبخوان شریف‌آباد در اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ در یک نمونه‌برداری گسترده و با پوشش مناسب انجام شد و پارامترهای فیزیکی، شیمیایی، آلاینده‌های شیمیایی سمی و غیرسمی، شاخص‌های آلی و آلاینده‌های میکروبی سنجش شد.

با توجه به نتایج آنالیزهای انجام شده در مورد یون‌های اصلی و TDS مقادیر این متغیرها در آبخوان بیشتر از بیشینه مجاز تعریف شده در استانداردها است. باید در نظر داشت که این نوع آلودگی بیشتر از نوع آلودگی‌های طبیعی است. از نظر pH تمام نمونه‌های آب چاه‌ها در محدوده مطلوب قرار داشتند و آلودگی کدورت فقط در یک چاه مشاهده شد. هر چند که در دستورالعمل‌ها برای BOD، COD و DO استاندارد مشخص نشده است، ولی به‌طور کلی آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد از نظر این

منابع

- سطحی، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی
رییس‌جمهور، معاونت نظارت راهبردی دفتر نظام
فنی اجرایی، وزارت نیرو دفتر مهندسی و معیارهای
فنی آب و آبفا. ۲۲۲ ص.
11. Agency for Toxic substances and Disease Registry (ATSDR). 2004. Division of Toxicology. Clifton Road, NE, Atlanta, GA.
 12. Biltton, G., 2005. Wastewater microbiology, 3th Eds, John Wiley & Sons Inc. pp: 109-151.
 13. Cool G. Rodriguez M. J. Bouchard C. Levallois P. and Joerin F. 2010. Evaluation of the vulnerability to contamination of drinking water systems for rural regions in Quebec, Canada. Journal of Environmental Planning and Management. 53: 615-638.
 14. Council of the European Union. 1998. Council Directive 98/83/EC, On the Quality of Water Intended for Human Consumption. 47 p.
 15. Datta P. S. Dab D. L. and Tyagi S. K. 1997. Assessment of groundwater contamination from fertilizers in Delhi area based on $18O$, NO_3 and K composition. Journal of Contaminant Hydrology. 27: 249-262.
 16. Farhood M. R. and Amin S. 2001. Groundwater contamination by heavy metals in agricultural water resources of Shiraz area. International workshop in Wastewater Reuse Management. ICID-CIID. Seoul. pp. 95-103.
 17. Freeze R. A. and Cherry J. A. 1979. Ground Water. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
 18. Goulding, K., 2000, Nitrate from arable and horticultural land, Soil and Management. 16: 145-151.
 19. Health Canada. 2017. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality - Summary Table. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. 22 p.
 20. Huntsman-Mapila P. Mapila T. and Letshwenyo M. 2006. Characterization of arsenic occurrence in the water and sediments of the Okavango delta, NW Botswana. Applied geochemistry. 21(8): 1376-1391.
 21. International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). 1998. Microorganisms in foods, 6. St Edmundsbury Press, Suffolk. pp: 461-472.
 22. Joerin F. Cool G. Rodriguez M. J. Gignac M. and Bouchard C. 2010. Using multi-criteria decision analysis to assess the vulnerability of drinking water utilities. Environmental Monitoring and Assessment.
۱. استاندارد ملی ایران. ۱۳۷۱. آب آشامیدنی- ویژگی‌های میکروبیولوژی، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شماره ۱۰۱۱، تجدیدنظر ششم. ۸ ص.
 ۲. استاندارد ملی ایران. ۱۳۸۸. آب آشامیدنی- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شماره ۱۰۵۳، تجدید نظر پنجم. ۱۸ ص.
 ۳. جهاد کشاورزی استان قم. ۱۳۹۲. آمار خام مصارف کود در بخش قمرو، جهاد کشاورزی بخش قمرو.
 ۴. رحیمی ی. میرزائی ن. و مهدوی م. ۱۳۸۸. تصفیه فاضلاب در کشورهای در حال توسعه، تالیف دانکن مارا، انتشارات تحفه و شرکت مهندسی مشاور پارس آب تدبیر. ۲۵۷ ص.
 ۵. سرزمین قنات مهندسی مشاور. ۱۳۹۳. مطالعات نیمه‌تفضیلی آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی شریف‌آباد، مطالعات زیست‌محیطی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قم. ۱۶۵ ص.
 - شرکت آب و فاضلاب استان قم. ۱۳۹۲. آمار خام عملکرد تصفیه‌خانه‌های فوری اضطراری و طرح جامع، مدیریت بهره‌برداری.
 ۶. عمرانی ق. ع. حسنی ا. قره‌گوزلو ع. و منشی م. ۱۳۹۰. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در مکان دفن زباله استان قم با توجه خاص به اعمال GIS. چهاردهمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی شهید صدوقی یزد.
 ۷. کارآموز م. و کراچیان ر. ۱۳۹۱. برنامه‌ریزی و مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب، چاپ سوم، انتشارات امیرکبیر. ۴۰۴ ص.
 ۸. کلانتری ن. رحیمی م. ح. و مطوری ف. ۱۳۹۰. بررسی بررسی کیفیت شیمیایی و میکروبی منابع آب محدوده سیاه‌منصور دزفول. مجله محیط‌شناسی، دانشگاه تهران. ۳۷(۵۹): ۲۹-۴۲.
 ۹. لار مهندسی مشاور. ۱۳۸۷. مطالعات کیفی و آلودگی منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی قم، آب منطقه‌ای استان قم. ۵۰ ص.
 ۱۰. نشریه ۵۲۲، دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های

- 166: 313-330.
23. Jousma G. Bear J. Haimes Y. Y. and Walter F. 1987. Groundwater contamination: Use of models in decision- making, Kluwer Academic Publisher. 178 p.
 24. Mapanda F. Mangwayana E. N. Nyamangara J. and Gillera K. E. 2005. The effect of long-term irrigation using wastewater on heavy metal contents of soils under vegetables in Harare, Zimbabwe. Agriculture, Ecosystems and Environment. 107: 151-165.
 25. Rees T. J. 1993. Biological markers of water pollution with specific reference to glutathione conjugation, Water Research Center, Henley. 16 p.
 26. Robands K. and Worsfold P. 2000. Cadmium. Journal Toxicology and Analysis, Pergam press. London, UK.
 27. Water O. 2012. Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories. EP Agency (ed.). 20 p.
 28. Wilson B. and Pyatt F. B. 2007. Heavy metal dispersion, persistence, and bioaccumulation around an ancient copper mine situated In Anglese, UK. Ecotoxicology and Environmental safety. 66: 224-231.
 29. World Health Organization. 2011. Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth edition. 541 p.

