فصلنامه علوم محیطی، دوره پانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

۱۰۱-۱۱۲

توسعه شهری و آلودگی منابع آب زیرزمینی (بررسی موردی: دشت همدان-بهار)

محمدصادق علیائی[۱*]، جواد فصیحی رامندی[۲]، حمید سپهریان[۲] و ضیاالدین الماسی[۳]

[۱] معاونت پژوهش و فناوری، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، تهران، ایران

[۲] پژوهشکده چرخه سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، تهران، ایران

[۳] گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، البرز، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۳۰

علیائی،م. ، فصیحی رامندی، ج. سپهریان، ح و الماسی، ض. ۱۳۹۶. توسعه شهری و آلودگی منابع آب زیرزمینی (بررسی موردی: دشت همدان-بهار). فصلنامه علوم محیطی. ۱۵(۴): ۱۱۲-۱۰۱.

سابقه و هدف: با افزایش جمعیت و افزایش روزافزون مصرف آب در بخش‌های شرب، صنعتی و به‌ویژه کشاورزی، فشار زیادی بر ذخایر آب زیرزمینی وارد می‌شود. در کنار این چالش وقوع خشک‌سالی نسبتا طولانی‌مدت در نواحی خشک و نیمه‌خشک روند تغییرات کیفی و کمی آب را به مرز بحران رسانده است. در این تحقیق قصد داریم روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی در دشت همدان–بهار را که به‌عنوان یکی از مراکز بزرگ کشاورزی کشور محسوب می‌شود، بررسی کنیم.

مواد و روش‌ها: از تعداد ۲۳ حلقه چاه در سطح دشت در شهریور ۱۳۹۴ نمونه‌برداری شد. برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر از روش‌های استاندارد استفاده شد. برای برآورد میزان تغییرات تراز آبخوان در سال‌های اخیر از اطلاعات موجود در اداره امور آب شهرستان استفاده و گراف‌های مورد نیاز رسم و ارزیابی شد. تمامی آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در آب به همراه فلوئور، نیترات و نیتریت سنجیده شد.

نتایج و بحث: نتایج بررسی، کاهش افت تراز آب زیرزمینی با متوسط ۱ متر در سال را نشان داد. پارامترهای مورد سنجش از روند تغییرات نامطلوب در کیفیت منابع آب زیرزمینی حکایت داشتند. حداکثر مقدار نیترات و نیتریت اندازه‌گیری‌شده برای منطقه به ترتیب ۷۴/۸ و ۰/۴۱ میلی‌گرم درلیتر بود. از مجموعه نمونه‌های برداشت‌شده در حدود ۲۷ درصد از نمونه‌ها نزدیک به استاندارد ملی ایران بوده و با میانگین ۴۳ میلی‌گرم درلیتر در مرز هشدار قرار داشتند. این درحالی است که میانگین کل محدوده برای نیترات ۲۴/۲ میلی‌گرم در لیتر بود. میزان فلوئور در بیشتر نمونه‌ها از حد استاندارد جهانی کمتر بود. همچنین میزان سولفات در برخی نمونه‌ها که در مسیر جریان فاضلاب شهری بودند بیش از حد استاندارد بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به اینکه میزان املاح در بعضی نمونه‌ها بیش از حد استاندارد بود، تنها راه اصولی و کارآمد برای جلوگیری از تغییرات کمی و کیفی، مدیریت بهینه در مصرف و بهره‌برداری قانونی از آب‌های زیرزمینی و همچنین کنترل فاضلاب شهری است.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب زیرزمینی، دشت همدان-بهار، نیترات و نیتریت، فاضلاب شهری.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: m-oliaei@msrt.ir

مقدمه

از سال ۱۹۵۰ میلادی تاکنون جمعیت شهری جهان با افزایش ۴۰۰٪ به ۳/۹ میلیارد نفر رسیده است و انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۵ میلادی حدود ۶۰ درصد از جمعیت جهان به‌صورت جوامع شهری زندگی کنند. شهرنشینی بر تغییر چرخه آب و جریان انرژی و همچنین کنترل ماده در اکوسیستم تاثیر مستقیم و روشنی دارد. منابع آب در محیط‌های شهری به‌طور فزاینده در سراسر جهان با افزایش جمعیت و تغییرات اقلیم رو به کاهش است (McDonald *et al*., 2011). از دیرباز گسترش جوامع شهری تحت‌تاثیر وجود منابع آب بوده و هر کجا که منابع آبی برای توسعه اقتصادی وجود داشته در کنار آن توسعه انسانی و اجتماعی نیز افزایش یافته است. توسعه شهرنشینی بر تغییر پوشش زمین تاثیر گذاشته و منجر به توسعه میزان نفوذپذیری زمین‌ها و به دنبال آن افزایش رواناب‌های سطحی تا ۴۳ درصد می‌شود (Caldwell *et al*., 2012). توسعه شهرنشینی، تغییرات آب‌وهوا، دینامیک آب‌های سطحی، تغذیه آب‌های زیرزمینی، ژئومولوژی زمین، اکولوژی و بیوشیمی اکوسیستم را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد (Oroji, 2017a). پاک‌سازی اراضی جنگلی و تبدیل آنها به زمین‌های شهری به‌شدت افزایش گازهای جنگلی و کاهش نفوذپذیری خاک را به‌دنبال دارد. در قرن بیستم بیشترین رشد جمعیت شهری در کشورهای در حال توسعه و کم‌درآمد رخ داده و به‌دنبال آن تامین منابع آب شیرین و دفع فاضلاب تولیدی به معضل اصلی بیش از ۹۵۰ میلیون نفر تبدیل شده است (O'Driscoll *et al*., 2010; Sun & Lockaby, 2012).

در نواحی شهری نشت فاضلاب شهری عامل اصلی در آلودگی سفره‌های زیرزمینی بوده و اثرات ناشی از شهرسازی بر منابع آب‌های زیرزمینی یکی از موضوعات مهم پژوهش‌های زیست‌محیطی در سال‌های اخیر است. مشکل آلودگی آب زیرزمینی در شهرهای واقع بر سفره‌های آبرفتی شدیدتر است. به‌طور طبیعی سفره‌های آبرفتی آلودگی واردشده به سفره را کاهش می‌دهند اما درصورتی‌که حجم آلودگی واردشده بیش از ظرفیت تصفیه طبیعی خاک باشد، موجب آلودگی منابع آب زیرزمینی خواهد شد (WHO, 2011). قدرت تصفیه خاک به نفوذپذیری خاک، دبی فاضلاب ورودی، ضخامت منطقه غیراشباع، شدت آلودگی و عوامل دیگر بستگی خواهد داشت. در شهرهایی که فاقد شبکه گردآوری فاضلاب هستند و پساب خانگی به‌طور مستقیم به آبرفت وارد می‌شود، به مرور زمان قدرت تصفیه‌کنندگی خاک کاهش‌یافته و آب آلوده به سفره آب زیرزمینی وارد خواهد شد (O'Driscoll *et al*., 2010). افزایش سطح آب و کاهش ضخامت منطقه غیراشباع ازجمله دلایل دیگر گسترش سریع آلودگی است. آلودگی با منشأ فاضلاب خانگی سبب افزایش غلظت یون فسفات، کلراید، نیترات و نیتریت و باکتری‌های کلیفورم در آب زیرزمینی خواهد شد. در مناطق شهری کشتارگاه‌ها، قبرستان‌های قدیمی و محل‌های قبلی دپوی زباله ازجمله مناطق بسیار آلوده هستند. در اطراف قبرستان‌ها معمولاً غلظت یون فسفات خیلی بیشتر از سایر مناطق شهر است (Caldwell *et al*., 2012).

بررسی Houston (1977) نشان داد که بیش از ۲۵۰ هزار کیلومترمربع از منطقه خاورمیانه از جمله ایران از لحاظ شوری با خطر جدی روبه‌رو است. همچنین Schmidt & Sheman (1987) در ایالت کالیفرنیا به کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی در نواحی پایین‌دست و مسیر جریان فاضلاب شهری اشاره کردند. Solgi & Oroji (2017) به تغییرات کیفی نواحی شهری و کشاورزی در کیفیت آب زیرزمینی شهرستان اسدآباد اشاره کردند. Dukes & Evans (2006) تاثیر کشاورزی بر تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی نواحی ساحلی کارولینای شمالی را بررسی کردند. Oroji *et al*. (2010) اثرات زیست‌محیطی توسعه شهری بر کیفیت منابع آب

زیرزمینی دشت ملایر را ارزیابی و تغییرات بیش از ۵ درصدی میزان املاح در نواحی شهری را اندازه‌گیری کردند. Demir *et al*. (2009) از حدود ۶۰ حلقه چاه مشاهده‌شده به خطر نفوذ شوری در شمال ترکیه در نواحی صنعتی و کشاورزی اشاره کرده‌اند.

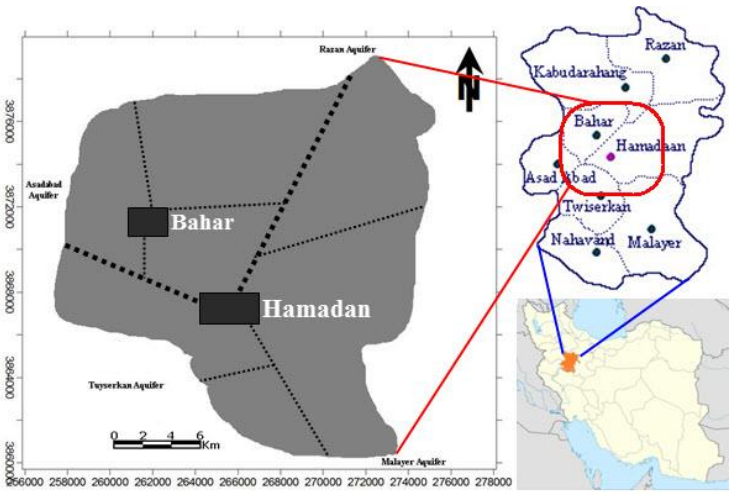
بررسی هدایت الکتریکی املاح لایه آبدار دشت قوچان-شیروان توسط Mohammadzadeh *et al*. (2000) از کاهش کیفیت آب از نواحی شرق به غرب یعنی جایی که توسعه شهرنشینی در آن راستا است حکایت دارد و این روند کاهشی با جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه منطبق است. از آنجا که منابع آلاینده مثل زباله‌های شهری، فاضلاب‌های صنعتی و فعالیت‌های کشاورزی روزبه‌روز در حال افزایش هستند، واضح است که محافظت از کیفیت آب زیرزمینی بسیار آسان‌تر و کم هزینه‌تر از حذف آلودگی‌ها است. کشور ما به دلیل نازل بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن در ردیف کشورهایی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته و در این شرایط به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعتی تقاضا برای آب روزبه‌روز افزایش می‌یابد (Oroji, 2017b).

در کشور ما شرایط اقلیمی طوری است که حتی در پرباران‌ترین دشت‌های کشور، نیاز به آب زیرزمینی احساس می‌شود. هر ساله بر تعداد چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در آنها افزوده می‌شود. این مساله موجب افت سطح آب‌های زیرزمینی و حتی پیشروی آب شور در بسیاری از دشت‌های کشور شده است. با توجه به قرار گرفتن بسیاری از شهرها، روستاها و سطح وسیعی از اراضی کشاورزی در این نواحی نیاز به آب شرب و کشاورزی در بسیاری از این مناطق احساس می‌شود و این خود افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی را موجب شده است. رشد سریع جمعیت در چند سال اخیر بسترهای لازم برای توسعه شهرنشینی و تمرکز جمعیت در بخش‌های خاصی از کشور را فراهم کرده است. این تمرکز جمعیت در نواحی شهری در حالی صورت می‌گیرد که بسیاری از شهرها فاقد زیربناهای لازم برای پاسخ‌گویی به نیازهای جمعیت هستند (Oroji, 2017a). این پدیده تبعات مخرب زیادی بر محیط‌زیست شهرها به‌ویژه کلان‌شهرهایی نظیر تهران بر جای گذارده است. به نظر می‌رسد مهمترین مساله موجود در حال حاضر و آینده، تامین آب مورد نیاز ساکنان این دشت‌ها باشد. بنابراین بررسی وضعیت منابع آب‌های زیرزمینی و تعیین عوامل اثرگذار بر آنها از اهمیت شایانی برخوردار است. با توجه به حساسیت موضوع، در این تحقیق سعی شده است با توجه به توسعه شهرنشینی و نیاز روزافزون به منابع آب در بخش‌های مختلف کیفیت منابع آب زیرزمینی در دشت همدان—بهار را در یک دوره ده ساله بررسی و میزان تغییرات را مشخص کنیم.

حوضه آبریز دشت همدان-بهار که به سیمینه‌رود نیز موسوم است با وسعت ۲۴۵۹ کیلومترمربع در دامنه شمالی ارتفاعات الوند واقع شده است. وسعت دشت ۸۸۰ کیلومتر مربع و گسترش سطحی آبخوان اصلی دشت ۵۲۰ کیلومتر مربع، وسعت ارتفاعات ۱۵۷۹ کیلومتر مربع است. خروجی حوضه در ناحیه شمالی آن (اراضی کوشک‌آباد) واقع شده است و سفره آب زیرزمینی آن با دشت‌های کبودرآهنگ و قهاوند ارتباط هیدروژئولوژیکی دارد. محدوده دشت (۵۲۰ کیلومتر مربع) بین طول شرقی ´۱۷، °۴۸ تا ´۳۳، °۴۸ و عرض شمالی ´۴۹، °۳۴ تا ´۰۲، °۳۵ قرار گرفته است. حدود اربعه محدوده مورد بررسی: از سمت شمال به خط‌الراس ارتفاعات کمرزرد و شیخی‌جان، اراضی روستای کوریجان و مارهموار و محدوده مورد بررسی ممنوعه کبودرآهنگ محدود است. از سمت شرق به خط‌الراس ارتفاعات ارجنی و قوش قیسی و محدوده‌های مورد بررسی ممنوعه رزن-قهاوند و کمیجان-میلاجرد و از سمت غرب به خط‌الراس ارتفاعات آلابلاغ و شیخی‌جان و محدوده‌های مورد بررسی ممنوعه اسدآباد امتداد دارد. همچنین از سمت جنوب به

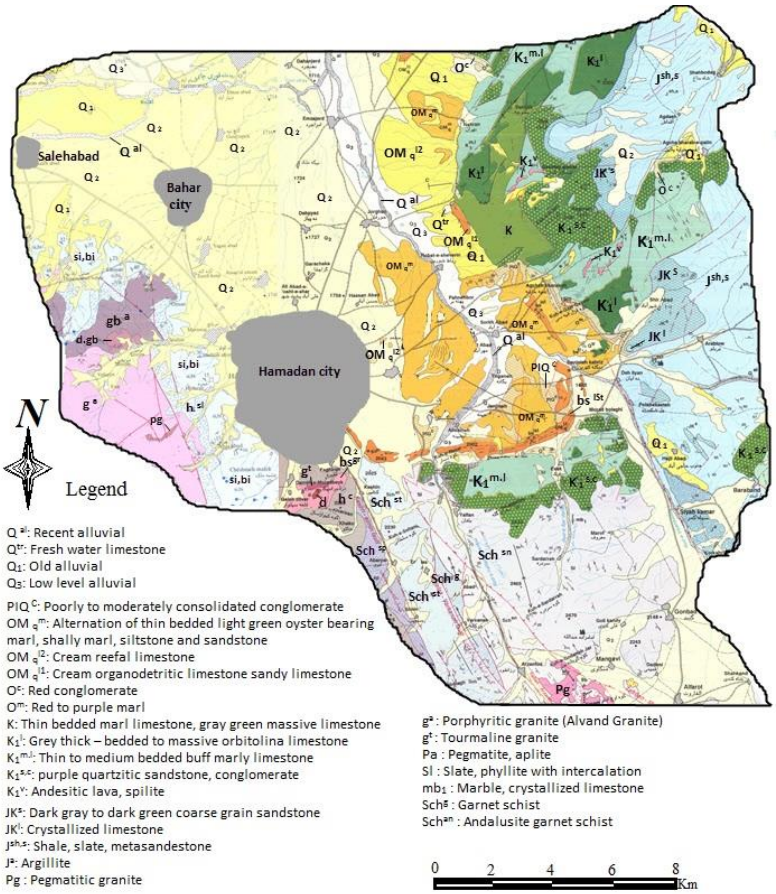
خط‌الراس ارتفاعات الوند و محدوده‌های مورد بررسی ممنـــوعه مـــلایـر و تویســـرکان منتـــهی می‌شـــود (Anonymous, 2014).

عمده‌ترین رودخانه‌های حوضه از ارتفاعات جنوبی (کوه‌های الوند) سرچشمه می‌گیرند. این رودخانه‌ها عبارتنداز آبشینه، آلوسجرد، عباس‌آباد، مریانج و صالح‌آباد، از ارتفاعات غربی دشت نیز دو جریان سطحی عمده به اسامی بهادربیگ و قره آغاج سرچشمه می‌گیرند. تمامی رودخانه‌های فوق در قسمت‌های مرکزی دشت به هم پیوسته و رودخانه اصلی حوضه به نام سیمینه‌رود را تشکیل می‌دهند که با روندی جنوبی-شمالی جریان یافته و از سمت شمال حوضه از تنگه کوشک‌آباد خارج می‌شود. متوسط دبی دوره آماری ۳۷ ساله این رودخانه ۲/۵۶ متر مکعب در ثانیه معادل ۷۸/۸ میلیون متر مکعب در سال است. عمده‌ترین منبع تغذیه سفره آب زیرزمینی موجود صرف‌نظر از ریزش‌های جوی، آبراهه‌های متعددی هستند که از دامنه الوند سرچشمه می‌گیرند و وارد محدوده دشت می‌شوند. بر اساس مطالب ارائه‌شده در بخش قبلی ضریب قابلیت انتقال سفره آب زیرزمینی در مناطق مختلف متفاوت است. در حاشیه سفره به علت شیب تند و ضخامت کم آبرفت‌ها حدود ۱۰۰ متر مربع در روز و در مناطق مرکزی تا حدود ۱۷۵۰ متر مربع در روز متغیر است. ضریب ذخیره سفره آب زیرزمینی حدود ۱۰ تا ۵ درصد برآورد شده است. از ۲۷۰ میلیون مترمکعب حجم آب تخلیه‌شده از منابع آب زیرزمینی دشت همدان-بهار، ۸۹/۵ درصد در بخش کشاورزی، ۲/۹ درصد در بخش صنعتی و ۷/۶ درصد در بخش شرب و بهداشت مصرف می‌شود. متوسط افت سالانه دشت در طول دوره آماری ۲۵ ساله حدود ۱ متر و متوسط کسری مخزن حدود ۲۱ متر مکعب در سال تخمین زده شده است. ارتفاعات شمال غربی و غرب حوضه عمدتاً از سنگ‌های دگرگون‌یافته تشکیل شده‌اند و به‌صورت گسترده‌ای شامل رخساره آمفیبولیت‌مانند کیانیت، شیست و مرمر هستند و از نظر سنی مربوط به قبل از ژوراسیک هستند. شیست‌های همدان با سطح گسترش زیاد در جنوب محدوده قرار دارند و شامل فیلیت و اسلیت‌های مربوط به ژوراسیک هستند. در نواحی شرقی دشت آهک‌های اوربیتولین‌دار کرتاسه و تشکیلات اولیگومیوسن با جنس آهک و مارن وجود دارند. جنس سنگ کف در نیمه جنوبی دشت عمدتاً شیست و در قسمت‌های مرکزی و شمالی مارن است (شکل ۲). تشکیلات زمین‌شناسی احاطه‌کننده دشت با توجه به ماهیت هیدروژئولوژیکی خود و بررسی‌های انجام‌شده نقش چندانی در تغذیه سفره آب زیرزمینی موجود ندارند (Anonymous, 2014).



شکل ۱ـ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

Fig. 1- Geographical location of the study area

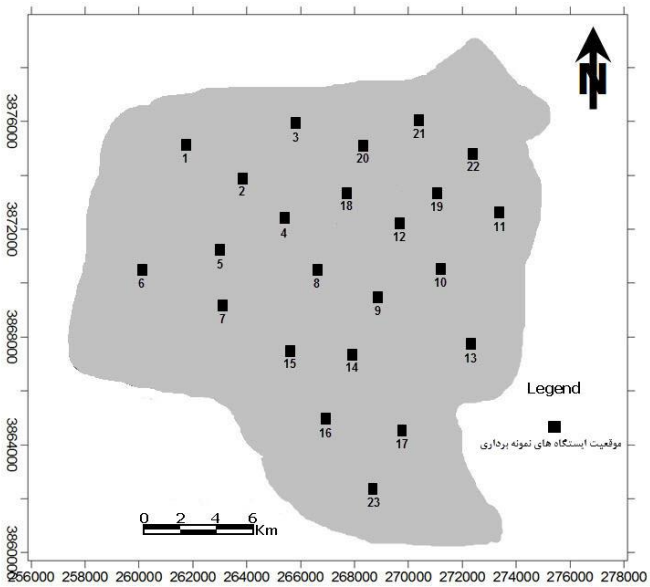


شکل۲- موقعیت زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی

Fig. 2- Geological location of the study area

مواد و روش‌ها

برای این کار در شهریورماه ۹۴ از تعداد ۲۳ حلقه چاه اعم از کشاورزی و شرب نمونه‌برداری شد (شکل ۳). برای نمونه‌برداری از چاه‌های آب از ظروف پلی‌اتیلنی ۱/۵ لیتری، برای هر نقطه دو ظرف، استفاده شد که یکی از نمونه‌ها با اسید نیتریک خالص تا pH کمتر از ۲ اسیدی شد . این نمونه‌ها برای اندازه‌گیری فلزات سنگین در نظر گرفته شد و نمونه‌های دیگر برای اندازه‌گیری آنیون‌ها و دیگر کاتیون‌ها بر اساس روش‌های ارائه‌شده در کتاب استاندارد متد (WHO, 1998) مورد استفاده قرار گرفت. pH، هدایت الکتریکی و دمای آب در محل نمونه‌برداری سنجیده شد. اندازه‌گیری غلظت عناصر جزئی با استفاده از روش دستگاهی جذب اتمی کوره گرافیتی و غلظت آنیون‌ها با روش تیتراسیون و پتانسیومتری، غلظت کاتیون‌ها (منیزیم با استفاده از تیتراسیون و پتاسیم، سدیم با روش شعله‌سنجی) (Radojevic & Bashkin, 1999; USEPA, 1997) انجام شد. سنجش غلظت یون‌های نیترات و نیتریت با روش اسپکتروفتومتری و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Hatch مدل DR-2000 و برای اندازه‌گیری غلظت یون نیترات از برنامه ۳۵۵ با طول‌موج ۵۰۰ نانومتر و معرف Nitravar5 و برای اندازه‌گیری یون نیتریت از برنامه ۳۷۱ با طول‌موج ۵۰۷ نانومتر و معرف Nitravar3 استفاده شد. . نتایج به‌دست‌آمده با دستگاه اسپکتروفتومتر Cicili مدل CE-2021 و روش‌های استاندارد با شماره‌های ۸۵-۴ برای نیترات و ۳-۴ برای نیتریت از کتاب استاندارد متد، تطبیق داده شد (APHA, 1995). برای بررسی میزان تغییرات سطح آب زیرزمینی، نوسانات تراز آب در ۲۸ حلقه چاه پیزومتری از سازمان مدیریت منابع آب شهر همدان دریافت و تغییرات در سال‌های اخیر ارزیابی شد.



شکل ۳- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه

Fig. 3- Location of sampling stations in the area

نتایج و بحث

بالا بودن نیتریت، آمونیاک و کلرور در آب زیرزمینی نیز نشانه‌ای از آمیختگی آن با فاضلاب شهری است (WHO, 2011). نیتروژن عنصر اصلی برای همه ارگانیسم‌ها بوده و منشأ اصلی آن اتمسفر است. آلودگی نیتراته توسط فعالیت‌های انسان رخ می‌دهد. زائده‌های صنعتی و شهری منبع اصلی به وجود آورنده ترکیبات نیتروژن در آب هستند. مواد ازت‌دار به طرق مختلف مانند تماس منابع آب با فاضلاب و اکسیداسیون مواد آلی ازت‌دار نظیر پروتئین‌ها ایجاد می‌شوند. آمونیاک هم پس از مدتی به نیتریت اکسیده و نیتریت هم به نیترات تبدیل می‌شود (WHO, 2011). آمونیاک در درجه اول و سپس نیتریت باعث آلودگی شدید آب می‌شوند. وجود نیتریت (NO_2) و نیترات (NO_3) در آب‌های شهری برحسب میلی‌گرم در لیتر ازت، بیان‌شده و نباید بیش از ۱۰ باشد. کل ازت اکسیدشده برابر با ازت نیتریت و نیترات است. نیتریت مرحله میانی اکسایش ازت در اکسیدشدن بیوشیمیایی آمونیاک و تبدیل آن به نیترات است (WHO, 2011; Sun & Lockaby, 2012). حداکثر مقدار نیترات و نیتریت اندازه‌گیری‌شده برای منطقه به ترتیب ۷۴/۸ و ۰/۴۱ میلی‌گرم درلیتر بود. از مجموعه نمونه‌های برداشت‌شده در حدود ۲۷ درصد از نمونه‌ها نزدیک به استاندارد ملی ایران بوده و با میانگین ۴۳ میلی‌گرم درلیتر در مرز هشدار قرار داشتند. این درحالی است که میانگین کل محدوده برای نیترات ۲۴/۲ میلی‌گرم در لیتر بود. پراکنش مقادیر محاسبه‌شده بالای نیترات در نواحی مرکزی دشت و اراضی کشاورزی و مسیر حرکت فاضلاب شهری بود. متاسفانه در مسیر حرکت فاضلاب شهری بهره‌برداری آب فاضلاب برای مصارفی کشت صیفی‌جات و زراعی منجر به ایجاد آلودگی در منابع آب منطقه شده و استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی در مزارع کشت صیفی‌جات به‌ویژه در منطقه بهار درصد بالایی از آلودگی را به خود اختصاص داده است. کلراید یک یون محافظه‌کار است و منبع آن از فاضلاب خانگی است. آبی که کلرور آن زیاد است شور بوده و میزان استاندارد آن ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر است. در منطقه مورد بررسی بیشترین مقدار غلظت کلر در حدود ۲۳۵/۸ میلی‌گرم در لیتر بود که با کمترین مقدار آن یعنی ۱۸/۳۴ میلی‌گرم در لیتر اختلاف فاحشی داشته و با میانگین ۸۲/۲ میلی‌گرم در لیتر نشان از تغییرات غیرعادی این عنصر در نمونه‌ها دارد.

مقدار مجاز سولفات در استاندارد جهانی حدود ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر است. ترکیبات بسیار غلیظ آنها به صورت‌های سدیم، پتاسیم و منیزیم در آب ایجاد طعم کرده و موجب بیماری‌های مختلف می‌شوند. با توجه به اینکه این مواد از شوینده‌ها و فاضلاب‌ها منشأ می‌گیرد می‌توان گفت که مهم‌ترین علت آلودگی سفره آب زیرزمینی شهرها نشت فاضلاب است. غلظت سولفات در محدوده به طور متوسط در حدود ۱۷۵/۶ میلی‌گرم در لیتر بود که از حد استاندارد کمتر است. اما نکته قابل‌تامل اینجاست که بیشترین و کمترین مقدار ثبت‌شده برای این عنصر در حدود به ترتیب ۵۱۲/۵ و ۳۳/۶ میلی‌گرم در لیتر بود. میزان بالای سولفات در نمونه‌هایی به ثبت رسیده است که در مسیر حرکت فاضلاب شهری و منطقه پرتراکم کشاورزی و برخی از صنایع همچون کارخانه فرآوری چغندر قند برداشت شده بودند که شواهد حاکی از نفوذ آلایندگی به آبخوان در این مناطق است.

فلوئور یکی از آنیون‌های موجود در آب و خاک است که ترکیبات مختلف آن در طبیعت پراکنده است. از آنجایی که فلوئور سیزدهمین ماده از لحاظ مقدار کل موجود در زمین است، بنابراین مقدار آن در آب‌های مختلف متفاوت است (WHO, 2011). بیشترین نیاز بدن به فلوئور از طریق آب آشامیدنی تامین می‌شود، از این‌رو تعیین مقدار آن در آب‌های آشامیدنی از اهمیت بسزایی برخوردار است. طبق استاندارد، غلظت فلوئور در آب ۰/۶ تا ۲/۴ میلی‌گرم در لیتر است. چنانکه میزان فلوئور موجود در آب آشامیدنی کمتر از ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر باشد عوارضی همچون پوسیدگی دندان را برای ساکنان منطقه به دنبال خواهد داشت (WHO, 2011). مقدار فلوئور با میانگین ۰/۴۵۲ میلی‌گرم در لیتر از حد استاندارد کمتر بوده و فقط در تعداد کمتر از ۱۳ درصد از نمونه‌ها میانگین آن بیش از ۱ میلی‌گرم در لیتر بود. میزان آنیون‌ها در نمونه‌های غیرآلوده به‌صورت بیکربنات > سولفات > کلر و در نمونه‌های آلوده به‌صورت سولفات > بیکربنات > کلر است. هرچند با توجه به رابطه بالا در مجموع با احتساب میانگین یون‌ها، کیفیت آب منطقه در محدوده سالم قرار می‌گیرد، اما در برخی نقاط با توجه به غلظت یون‌ها رابطه تغییر کرده و شرایط نامطلوب را برای کیفیت آب نشان می‌دهد. این نواحی نیز با توجه به موقعیت نمونه‌های برداشت‌شده در مسیر حرکت فاضلاب و تراکم فعالیت‌های کشاورزی مشاهده می‌شود. میزان کاتیون‌ها در آب نیز بیشتر به‌صورت سدیم > کلسیم > منیزیم است که این رابطه نیز در محدوده برقرار نیست. جدول ۱ نتایج پارامترهای مورد بررسی در منطقه مورد بررسی را با استاندارد جهانی و ملی ایران نشان می‌دهد.

جدول ۱- نتایج غلظت یون‌ها و مقایسه آن با دو استاندارد WHO و ISIRI (WHO, 2011; ISIRI, 2009)

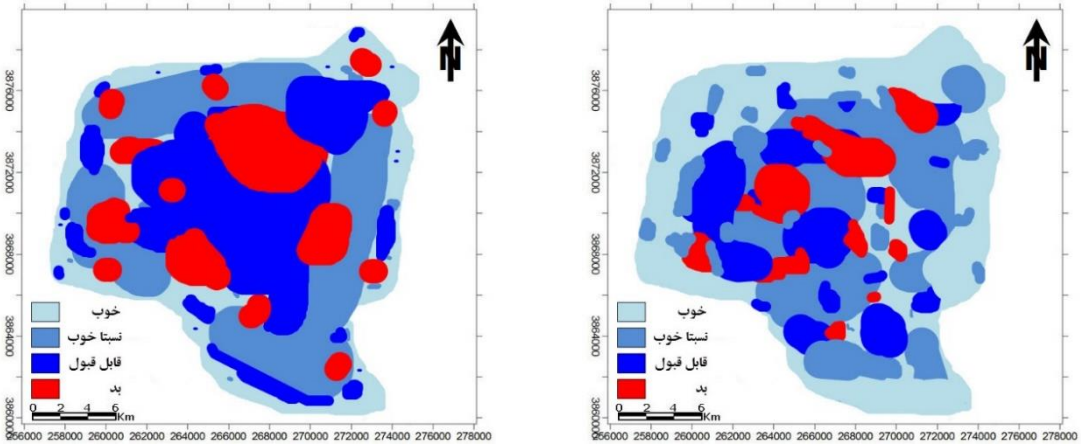
Table 1. Results ion concentration and comparison with WHO and ISIRI standards (WHO, 2011; ISIRI, 2009)

استاندارد ملی ایران Iranian national standard	استاندارد WHO Standard WHO	میانگین Average	کمترین Minimum	بیشترین Maximum	پارامترها Parameters
6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	7.4	6.5	8.4	pH*
0 - 1000	0 - 1000	1134	550	2352	EC**
1500	1000	705	355.6	1630.5	TDS
400	250	175.6	33.6	512.5	SO_4^{2-}
250	250	82.2	18.34	235.8	Cl^-
300	300	98	54.2	193	Ca^{+2}
30	30	41	16.2	98.4	Mg^{+2}
250	200	63.5	16.1	174.7	Na^+
2	2	1.53	0.42	3.31	K^+
500	500	420	235	895	TH
50	50	24.2	7.4	74.8	NO_3
3	3	0.073	0.016	0.41	NO_2
0.5 – 1.5	1.5	0.452	0.01	1.12	F^-

مقادیر برحسب mg/L (* بدون واحد، ** برحسب $\mu s/cm^2$)

Values in mg/L (* No units, ** $\mu s/cm^2$)

نتایج بررسی میزان غلظت یون‌ها در یک دوره ۸ ساله به تغییرات محسوس و روند مشخص در منطقه اشاره دارد. شکل ۴ وضعیت کیفیت منابع آب زیرزمینی منطقه برای مصرف شرب را در سال ۱۳۸۷ نشان می‌دهد. طبق این نقشه با توجه به حجم بالای فعالیت‌های کشاورزی در منطقه و همچنین جهت مسیر انتقال فاضلاب شهری پراکنش نمونه‌های آلوده در منطقه، میزان آلودگی منابع در نواحی مرکز دشت بوده و این روند در نواحی با تراکم فعالیت‌های صنعتی نیز محسوس است. اما در شکل ۵ که مربوط به رتبه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی منطقه برای شرب است، این روند نیز با حجم بالایی تکرار شده است و تغییرات غلظت را در بیشتر یون‌ها شاهد هستیم. تطبیق دو شکل نشان از افزایش میزان آلایندگی نقطه‌ای در منطقه دارد و فعالیت‌های کشاورزی سهم بالایی از این تغییرات را به خود اختصاص داده است. حجم بالای کودهای کشاورزی و سموم دفع آفات در مزارع زیر کشت و همچنین گسترش شهرنشینی و تولید فاضلاب بیشتر و توسعه صنعتی از عوامل دخیل در کاهش کیفیت آب در منطقه است.



شکل۴- ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد نظر در سال ۱۳۸۷

Fig. 4- Evaluate the quality of groundwater resources in the area in 2008

با توجه به افت متوسط سالانه ۱ متری در تراز آب زیرزمینی دشت و همچنین روند کاهشی در کیفیت که با افزایش توسعه شهری و صنعتی همراه است، شرایط مطلوبی برای منابع آب زیرزمینی منطقه پیش‌بینی نمی‌شود. بررسی در منطقه، وجود برخی از آلاینده‌های نقطه‌ای همچون کارخانجات صنعتی واقع در شهرک‌های صنعتی و همچنین استفاده غیرقانونی از فاضلاب شهر همدان در مزارع کشاورزی به‌ویژه صیفی‌جات را نشان می‌دهد که علاوه بر آلودگی منابع آب، می‌تواند سلامت مصرف‌کنندگان محصولات تولیدی را نیز تهدید کند.

نتیجه‌گیری

کیفیت آب زیرزمینی دشت همدان–بهار به علت تغذیه منابع آلاینده شهری و صنعتی مانند کارخانه قند، شیشه و کشتارگاه افت کرده و مسیر جریان آب زیرزمینی و فاضلاب شهری در منطقه روند این تغییرات را تشدید کرده است. از طرفی افت سطح آب زیرزمینی دشت در سال‌های اخیر با بهره‌برداری غیراصولی شرایط را به سمت ایجاد بحران در منطقه پیش برده است. هرچند آلودگی فعلی آبخوان برای مصارف کشاورزی و صنعتی نمی‌تواند محدودیتی ایجاد کند، اما در آینده این موضوع ممکن است تبدیل به بحران محیط زیستی در منطقه شود. از این‌رو برای کنترل وضعیت کنونی دشت باید طرح‌های تغذیه مصنوعی را جدی‌تر در منطقه اجرا و سطح اراضی بیشتری از منطقه را به سیستم آبیاری تحت‌فشار مجهز کرد. مدیریت آب در منطقه باید به سمت برنامه‌ریزی بلندمدت پایدار پیش برود و طرح‌های تصفیه فاضلاب و جایگزینی آن با آب کشاورزی با سرعت بیشتری اجرا شود.

منابع

Anonymous, 1995. Standard methods for the examination of water & wastewater. 19th ed. American Public Health Association, Washington, DC.

Anonymous, 2014. Report on hydroclimatological water balance., Available online at: http://www.hmrw.ir/SC.php?type=static&id=58

Caldwell, P.V., Sun, G., McNulty, S.G., Cohen, E.C. and Myers, M.J.A., 2012. Impacts of impervious cover, water withdrawals, and climate change on river flows in the conterminous U.S. Hydrology and Earth System Sciences. 16, 2839-2857

Demir, Y., Sahin, S. Guler, M., Cemek, B., Gunal, H. and Arsalan, H., 2009. Spatial of depth and salinity of groundwater under irrigated untifuvents in the Middle Black Sea Region of Turkey. Environ Monit Assess. 158, 279-294.

Dukes, MD. and Evans, RO., 2006. Impact of agriculture on water quality in the North Carolina middle coastal plain. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 132, 250-262.

Houston, CE., 1977. Irrigation development in the world. Pp 425-432. In: Worthington EB (ed) Arid Land Irrigation in Developing Countries Environmental Problems and Effects. Pergamon Press.

ISIRI, 2009. Chemical Specifications of Drinking Water, ISIRI No. 1053, 5th ed. Insti-tute of Standards and Industrial Research of Iran, Tehran (in Persian).

McDonald, R.I., Green, P., Balk, D., Fekete, B.M., Revenga, C., Todd, M. and Montgomery, M., 2011. Urban Growth, Climate Change, and Freshwater Availability PNAS. 108, 6312- 6317.

MohammadZadeh, H., Kazemi Golian, R. and Alaei, H., 2000. Evaluation of the groundwater hydrochemical Shirvan and its role in the development of Shirvan city. Proceedings of the Third Symposium of Geological Society of Iran. Shiraz

O'Driscoll, M., Clinton, S., Jefferson, A., Manda, A. and McMillan, S., 2010. Urbanization Effects on Watershed Hydrology and In-Stream Processes in the Southern United States. Water. 2, 605-648, doi:10.3390/w2030605.

Oroji, B., 2017a. A review of Groundwater Quality in the Asadabad plain, west Iran. LAP LAMBERT Academic Publishing. 60 p.

Oroji, B., 2017b. Application of Drastic model and GIS for Evaluation of Aquifer Vulnerability: Study case Asadabad, Hamadan (Western Iran). Geosciences Journal.

Oroji, B., Yaghobpor, A.M., Rezaei, M. and Oroji, A., 2010. "The environmental impact of urban development on the quality of groundwater resources (Case plain, Malayer, Hamedan)" twenty-ninth meeting of Earth Sciences 26 and 27 February - Tehran, geological Survey and mineral exploration.

Schmidt, K.D. and Sheman, I., 1987. Effect of irrigation on groundwater quality in California. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 113, 16-29.

Solgi, I. and Oroji, B., 2017. A survey of nitrate and nitrite concentrations in groundwater of urban and agricultural areas of the Asadabad plain. Iran Water Resources Research (in Persian) (Article in press).

Standard methods for examination of water and

wastewater 1998. Guideline for drinking water quality, 19th ed USA-WHO, Geneva

Sun, G. and Lockaby, B.G., 2012. Water Quantity and Quality at the Urban-Rural Interface. *In:* Urban-Rural Interfaces: Linking People and Nature, D.N. Laband, B.G., Lockaby, and W. Zipperer (Editors), Chapter 3, p. 26-45.

Radojevic, M.V. and Bashkin, N., 1999. Practical environmental analysis, 3rd ed, London, Royal Society of Chemistry, 520 p.

USEPA, 1997. Drinking Water Advisory: Consumer Acceptability Advice and Health Effects Analysis on Methyl Tertiary-Butyl Ether, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA-822-F-97-009.

WHO (World Health Organization), 2011. Guidelines for Drinking-Water Quality, Second addendum, Vol. 1, Recommendations, 3rd ed., ISBN 9789241547604, p. 1-515.

Environmental Sciences Vol.15 / No.4 / Winter 2018

101-112

Urban development and pollution of groundwater resources (Case study: Hamadan–Bahar Plain)

Mohammad Sadegh Oliaei[1*] , Javad Fasihi[2], Hamid Sepehrian[2] and Ziaeddin Almassi[3]

[1] Assistance of Research and Technology, Ministry of Science, Research and Technology, Tehran, Iran
[2] Nuclear Fuel Cycle Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran
[3] Department of Environment, Faculty of Environment, Alborz, Karaj, Iran

Received: 2017.10.10 **Accepted:** 2017.11.21

Oliaei, M. Fasihi, J. Sepehrian, H. and Almassi, Z. 2018. Urban development and pollution of groundwater resources (Case study: Hamadan–Bahar Plain). Environmental Sciences. 15(4): 101-112**.**

Introduction: Population growth and the increase of water demand in the different sectors of agriculture, drinking water, industry, health, groundwater resources have led to a lot of pressure. This issue along with severe and prolonged droughts has created conditions for the country, particularly in arid and hyper arid areas, whereby it has encountered serious challenges in the field of water quantity and quality. In this study, the qualitative changes in the trend of drought and water resources in the Hamadan-Bahar plain, one of the most important agricultural centres in Iran, has been considered.

Materials and methods: Twenty-three wells were sampled across the plain, on September 2015 and, in order to evaluate the strategic parameters in the study, standard methods were used. All anions and cations in the water along with fluoride, nitrate and nitrite were measured.

Results and discussion: The results showed a reduction of groundwater level decline by an average of 1 metre per year and the parameters measured indicated adverse changes in the quality of underground water sources. The maximum measured nitrite and nitrate, respectively, was 74.8 and 0.41 mg/L for the area. About 27% of the samples collected were close to the national standard of 43 milligrams per litre, while the average was critical at the border; however, the average total for nitrates was 24.2 mg/L. The amount of fluoride in most cases was lower than the international standard. In some cases the amount of sulfate flowing through the city's sewage system was also standard.

Conclusion: Considering the results, it can be concluded that the only fundamental method for preventing dangerous consequences of falling water table levels and reducing the quantity and quality of underground

* Corresponding Author. *E-mail Address*: m-oliaei@msrt.ir

water resources is to ensure correct and legal water consumption to avoid the uncontrolled withdrawal of groundwater.

Keyword: Groundwater quality, Hamadan-Bahar Plain, Nitrates, Nitrites, Municipal wastewater.