Urbanization Effect on Groundwater Quality of Zahedan Aquifer

Khazai, E., Ph.D., Department of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestanm, Zahedanm, Iran.

Abstract

This paper investigates the impact of urbanization on groundwater quality of Zahedan aquifer which, is the sole source of water supply for Zahedan city. The research is based on the collection of available data, field investigation as well as laboratory analysis of groundwater samples. The investigation reveals that phoshours (as P) concentration of groundwater has increased within the urban area owing to conduction of domestic sewage into the absorbing well. The urbanization effect in some has increased the phosphours form an average of 0.02 mg/l to even 0.1 mg/l. Within the urban area the nitrate concentration has increased much above the admissible level, so that in some places it has reached to about 300 mg/l. The high concentration of ammonium and nitrite in some wells are an indication of recent contamination of groundwater by domestic sewage. This research reveals that owing to poor well design and / or construction, 33% of the groundwater samples are positive for total coliform and 11% of the samples shows faecal contamination. The bacteriological contamination varies with changes of depth of groundwater level. In general it can be said that unplanned growth of urbanization has caused a wide range of pollution of groundwater this situation is a warning to the authority to impose a restricted management for urban development and water resources contamination protection.

تأثیر گسترش شهری بر کیفیت آب زیرزمینی زاهدان

اسماعیل خزاعی*

چکیده

این مقاله به بررسی تاثیر گسترش شهری بر کیفیت سفره آب زیرزمینی زاهدان که تنها منبع تامین آب برای مصارف مختلف شهر است می پردازد. این تحقیق و بررسی بر مبنای جمع آوری اطلاعات موجود، مطالعات صحرایی و کارهای آزمایشگاهی بنا شده است. نتایج این بررسی نشان می دهد که غلظت فسفر در آب زیرزمینی سفره زاهدان از متوسط ۰/۰۲ به ۰/۱ میلیگرم در لیتر در بعضی نقاط محدوده شهری رسیده است. غلظت نیترات به میزانی خیلی بالاتر از حد مجاز افزایش پیدا کرده به طوری که در بعضی نقاط به حدود ۳۰۰ میلیگرم در لیتر هم رسیده است. نتایج حاصل در مورد میزان آمونیوم و نیتریت دلالت بر تازه بودن آلودگی توسط فاضلاب خانگی دارد. به علت رعایت نکردن حریم چاهها و عدم بهسازی و حفاظت بهداشتی چاهها، ۳۳ درصد نمونه ها از نظر کلیفرم مجموع مثبت بوده و ۱۱ درصد نمونه ها دارای کلیفرم مدفوعی هستند. میزان و نوع آلودگی با نوسانات سطح آب زیرزمینی در فصول سال تغییر می کند. به طور کلی، گسترش برنامه‌ریزی نشده شهر به طور نگران کننده ای موجب آلودگی آب زیرزمینی سفره زاهدان گردیده است که خود اخطاری به مسئولین در اقدامی جدی و هماهنگ برای حفاظت منابع آب زیرزمینی می باشد.

مقدمه

رشد جمعیت شهری در مناطق خشک و نیمه خشک جنوب شرق ایران با میزان ۷/۵ تا بیش از ۱۳ درصد صورت می‌پذیرد [۱] که در ایران و حتی در جهان در میان شهرهای با رشد سریع جمعیت محسوب می شود. در نتیجه، این شهرها که اغلب بر روی آبخوان های آبرفتی آزاد بنا شده اند به سرعت گسترش پیدا می کنند. به طور کلی گسترش شهرها باعث ایجاد شرایط جدیدی مانند تبدیل قسمت زیادی از سطح زمین به سطوح نفوذناپذیر، تغییر الگوی طبیعی آبراهه ای، برداشت مداوم و بیش از حد از آب زیرزمینی، هدایت آب به داخل سیستم دفع فاضلاب قابل نفوذ و نشت آب از سیستم توزیع آب شهری می گردد. این تغییرات ممکن است مکانیزم های تغذیه آب زیرزمینی موجود را تغییر دهند و سبب ایجاد مکانیزم های جدید گردند. به علاوه، گسترش شهری ممکن است باعث تغییر اساسی در کیفیت آب زیرزمینی مانند افزایش میزان شوری، ترکیبات فسفر و ازت و آلوده شدن میکروبی سفره گردد[۱۳]. از این رو، گسترش شهری بر سطح آب زیرزمینی، وضعیت جریان و کیفیت آب در سفره زیرین خود تاثیر خواهد گذاشت. میزان تاثیرات بستگی به عواملی مانند شرایط اقتصادی، آب و هوایی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی منطقه دارد. نتیجه این تاثیرات به ویژه در کشورهای در حال توسعه که گسترش شهری بدون برنامه ریزی است می تواند مشکلات جدی را ایجاد نماید. در چنین شرایطی مدیریت مؤثر منابع آب زیرزمینی مورد نیاز می باشد که مشکلات موجود را بتواند حل نماید و از ایجاد مسائل بیشتر جلوگیری کند. این کار وقتی ممکن است که تاثیر کمی و کیفی گسترش شهری بر روی سفره مشخص باشد. از این رو، هرگونه تحقیقی در این زمینه دارای ارزش خاصی می باشد.

مقاله موجود به بررسی تاثیر گسترش شهری بر کیفیت آب زیرزمینی زاهدان می پردازد. این بررسی بر مبنای مطالعات صحرایی، آزمایشگاهی و جمع آوری اطلاعات موجود بنا شده است. در این راستا ضمن معرفی منطقه مورد مطالعه، عوامل مؤثر بر کیفیت آب

* استادیار گروه عمران دانشکده مهندسی دانشگاه سیستان و بلوچستان

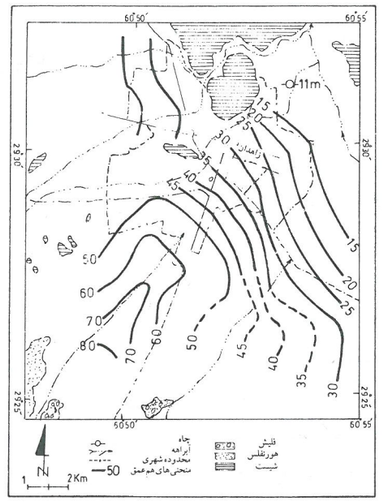
زیرزمینی، روش تحقیق، میزان تاثیر و نتیجه حاصل ارائه می گردد.

منطقه مورد مطالعه

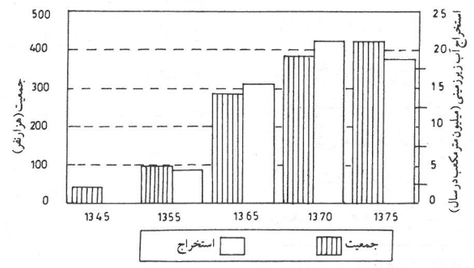
سفره زاهدان در حوزه آبریز زاهدان واقع شده است. حوزه آبریز زاهدان مساحتی حدود ۱۲۸۰ کیلومتر مربع دارد و قسمتی از استان سیستان و بلوچستان در جنوب شرق ایران را اشغال می نماید. از نظر آب و هوایی، منطقه خشک بوده و متوسط بارندگی سالیانه ۸۳ میلی متر برای دوره ٤٥-١٣٤٤ تا ٧٨-١٣٧٧ می باشد. این حوزه آبریز از دو قسمت کوههای اطراف و یک دشت مرکزی آبرفتی تشکیل شده است. در داخل دشت آبرفتی بیرون زدگی ها به صورت کوههای منفردی ملاحظه می شوند. سفره زاهدان که قسمتی از دشت را تشکیل می دهد مساحتی برابر ١٤٦ کیلومتر مربع دارد. ضخامت سفره زاهدان در نقاط مختلف تغییر می کند و ممکن است در قسمتهای مرکزی به حدود ٤٠-٢٠ متر برسد. عمق آبهای زیرزمینی در این سفره از ۸۰ متر در جنوب و جنوب غرب به ۱۱ متر در شمال شرق تغییر می کند (شکل ۱).

شهر زاهدان (مرکز استان سیستان و بلوچستان ایران) در سال ۱۳۰۲ در پایین دست دشت زاهدان (قسمتهای شمالی) ایجاد شده است. آب زیرزمینی سفره زاهدان تنها منبع تامین آب برای شهر می باشد. شهر زاهدان از شهرهای با رشد جمعیت سریع به ویژه در خلال سالهای ۱۳۵۵ تا ١٣٦٥، است که این رشد عددی بیش از ۱۱ درصد را به خود اختصاص می دهد (افزایش جمعیت از ۹۰٦٦۸ به ۲۸۱۹۲۳). رشد سریع جمعیت باعث افزایش میزان برداشت آب زیرزمینی (شکل ۲) و همچنین گسترش شهر از ١٦ کیلومتر مربع در سال ١٣٣٤ به ١٢٦ کیلومتر مربع در سال ١٣٦٨ و به حدود بیش از ١٦٠ کیلومتر مربع در سال ۱۳۸۰ بر روی سفره آبرفتی زاهدان و حتی فراتر از آن گردیده است [۲، ۳ و ٤].

گسترش شهری باعث ایجاد شرایط هیدرولوژیکی و



شکل ۱- نقشه منحنی‌های هم عمق سطح آب زیرزمینی (اندازه‌گیریهای آذرماه ۱۳۷۹)



شکل ۲- افزایش میزان برداشت آب زیرزمینی با رشد جمعیت

جدول ۱- مقادیر بعضی از ترکیبات فاضلاب خانگی تصفیه نشده

اجزای فاضلاب	قوی	متوسط	ضعیف
فسفر(کل بر حسب mg/l P)	۱۵	۸	٤
ازت (کل برحسب mg/l N)	۸۵	٤٠	۲۰
کلیفرم (MPN/100ml)	10^{7}-10^{8}	10^{7}-10^{8}	10^{6}-10^{7}

هیدروژئولوژیکی جدیدی شده است. از این میان ایجاد مکانیزم های جدید تغذیه آب زیرزمینی می باشد که بعضی از آنها عبارتنداز : ۱) تغذیه از آب جمع شده در پشت سیل بند حفاظتی شهر، ۲) تغذیه از طریق هدایت آب جمع شده از پشت بامها و حیاط منازل به داخل چاهها و یا به داخل باغچه‌ها، ۳) تغذیه از طریق آبیاری برای گلکاری در منازل و زیباسازی حاشیه خیابانها، ٤) تغذیه از طریق هدایت فاضلاب خانگی به چاههای جذبی که بنا به نظر بنداب [٥] حدود ٥٠ تا ٧٠درصد آب مصرفی می باشد و ٥) تغذیه از طریق نشت آب از سیستم توزیع آب شهری که حدود ٢٦ تا ٣٨درصد [٦] آب پمپ شده به داخل شبکه می باشد.

به طور کلی تغذیه سفره زاهدان در اثر تاثیر گسترش شهری جمع تغذیه از هر یک از منابع فوق است که بنا به نظر بنداب [٥] حدود ٦٥ درصد کل آب مصارف شهری می باشد.

همان طوری که ملاحظه می شود مهمترین مکانیزم تغذیه ایجاد شده ناشی از گسترش شهری بر روی سفره زاهدان، تغذیه از طریق هدایت فاضلاب خانگی به چاههای جذبی می باشد. فاضلاب خانگی شامل مقادیر زیادی ترکیبات شیمیایی و باکتری بوده که مقادیر تعدادی از آنها در جدول ۱ ملاحظه می شود. از این رو، ممکن است تغذیه سفره از طریق هدایت فاضلاب به داخل چاههای جذبی سبب تغییر کیفیت شیمیایی و آلوده شدن آب زیرزمینی به باکتری های مدفوعی گردد. در این تحقیق، آلودگی سفره زاهدان به ترکیبات فسفر و ازت و آلودگی میکروبی، که نشانه ای از آلودگی به خاطر گسترش شهری هستند، مورد بررسی قرار می گیرد.

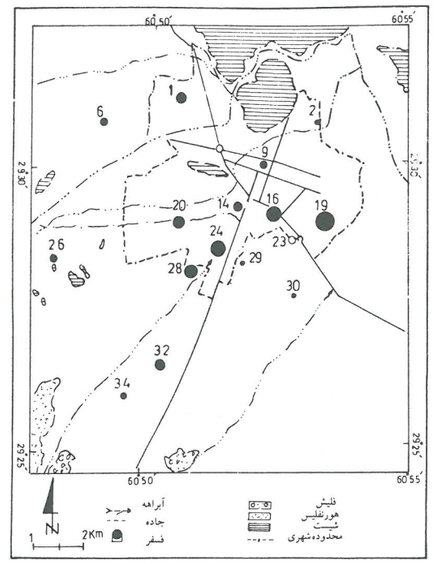
آلاینده های آب های زیرزمینی

۱- ترکیبات فسفر

منبع طبیعی ترکیبات فسفر در آب، هوازدگی سنگ های فسفر دار و تجزیه مواد آلی می باشد. مقدار متوسط ترکیبات فسفر در آب های زیرزمینی در حدود ۰/۰۲ میلیگرم در لیتر بر حسب فسفر می باشد [١٤].

فسفر یکی از ترکیبات شوینده های مصنوعی می باشد که حدود ۲ تا ٥ درصد از وزن آنها را تشکیل می دهد. این ترکیبات از طریق مواد دفعی انسان (عمدتا" ادرار)، فضولات آشپزخانه و همچنین مصرف شوینده های مصنوعی وارد فاضلاب های خانگی می گردد. مقدار آن در فاضلاب خانگی بین ٤ تا ١٥ میلی گرم در لیتر می باشد (جدول ۱) که ٥٠ تا ٦٠ درصد آن مربوط به شوینده ها است [١٥]. به طور کلی فاضلاب های خانگی، صنعتی و کودهای شیمیایی باعث افزایش میزان ترکیبات فسفر در آب های پذیرنده می شوند.

در زاهدان، همان طوری که قبلا" اشاره شد، فاضلاب‌های خانگی به چاههای جذبی هدایت می شود که خود می تواند موجب افزایش غلظت ترکیبات فسفر در آب های زیرزمینی گردد. برای تعیین میزان ترکیبات فسفر در آب زیرزمینی سفره زاهدان تعداد ۳۲ نمونه از آب چاههایی که پراکندگی نسبی داشتند در آذرماه ۱۳۷۹ برداشت شد. غلظت ترکیبات فسفر بر حسب فسفر نمونه‌ها در آزمایشگاه آب و فاضلاب روستایی استان سیستان و بلوچستان، با استفاده از دستگاه مرک مدل ۱۱۸ SQ به روش فتومتری تعیین گردید. شکل (۳) محل برداشت تعدادی از نمونه ها و غلظت فسفر را در هر محل نشان می دهد. همان طوری که در این شکل ملاحظه می شود غلظت فسفر در چاههایی که خارج از محدوده شهری قرار دارند مانند چاههای ۳٤، ۳۲، ۲٦ و ٦ میزان فسفر بین ۰/۰۲تا ۰/۰٤ میلی گرم در لیتر می باشد. در صورتیکه در چاههای واقع در محدوده شهری مثل چاههای شماره ۲۸، ۲٤، ۲۰، ۱۳، ١٦ و ۱۹ عموماً میزان فسفر بالاتر از ۰/۰٤ میلی گرم در لیتر است. بالاترین مقدار فسفر در چاه شماره ۱۹ مشاهده شده است که برابر با ۰/۱ میلیگرم در لیتر می باشد. این چاه در



شکل ۳- غلظت فسفر بر حسب p، اعداد در این شکل دلالت بر شماره چاه دارد که توسط مولف داده شده است

نزدیکی یک مجتمع مسکونی قرار دارد که جمعیت زیادی را در خود جای می دهد و بالاترین غلظت فسفر ممکن است نشانه آلودگی سفره به فاضلاب خانگی در این منطقه باشد.

به طور کلی می توان نتیجه گرفت که گسترش شهری بر روی سفره آب زیرزمینی زاهدان باعث افزایش میزان ترکیبات فسفر آن گردیده است که خود نشانه آلوده شدن آبخوان به فاضلاب شهری است.

۲- ترکیبات ازت

آلودگی آب زیرزمینی به ترکیبات ازت یک مسئله رو به تزاید می باشد و تهدید بزرگی است برای مناطقی که برای تامین آب به آب های زیرزمینی متکی هستند اگرچه نیترات (NO_3^-) اصلی ترین ترکیب نیتروژن در آب های زیرزمینی است، اما نیتروژن محلول به صورت آمونیوم (NH_4^+)، آمونیاک (NH_3)، نیتریت (No_2)، نیتروژن (N_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و نیتروژن آلی هم وجود دارد.

از نقطه نظر کیفیت آب، غلظت بیش از ۵۰ میلیگرم در لیتر نیترات برای مصرف توسط انسان نامناسب است و مقدار توصیه شده کمتر از ۲۵ میلیگرم در لیتر می باشد [۱۶]. غلظت بالای نیترات در آب آشامیدنی برای سلامتی مضر بوده و ممکن است تحت تاثیر یک فرایند شیمیایی به نیتریت تبدیل شود که باعث بیماری متموگلوبینمیا [1] در نوزادان گردد [۱۷]. بنا به نظر سماواتی [۷]، اگر مقدار نیترات آب از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر بالاتررود ممکن است برای انسان سرطان زا هم باشد. اگر مقدار نیترات بیشتر از ۴۵۰ میلیگرم در لیتر باشد برای مصرف چهارپایان اهلی هم نامناسب می باشد [۱۸]. سازمان بهداشت جهانی حداکثر غلظت مجاز نیتریت در آب آشامیدنی را برابر با ۰/۱ میلی گرم در لیتر تعیین نموده است [۱۶]. مقدار حداکثر مجاز آمونیوم (NH_4^+) در آب آشامیدنی بر اساس استاندارد اروپایی برابر ۰/۵ میلی گرم در لیتر تعیین شده است [۱۴]. اگر مقدار آمونیوم (NH_4^+) از این حد بالاتر رود ممکن است نشان دهنده ورود مستقیم فاضلاب به سفره آب زیرزمینی باشد [۸]. مقدار مجاز آمونیاک در آب آشامیدنی بر اساس استاندارد آب آشامیدنی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برابر با ۰/۵ میلی گرم در لیتر می باشد [۹].

برای تعیین غلظت ترکیبات ازت درآبخوان زاهدان از ۳۲ نمونه آب برداشت شده از همان محل و همان روش به کار گرفته شده برای تعیین فسفر استفاده گردیده است.

[1] Methemoglobinemia

بررسی نتایج حاصل نشان می‌دهد که از چهار نمونه گرفته شده از خارج از محدوده شهری غلظت نیترات کمتر از حد مجاز (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بوده و در بعضی نقاط کمتر از ۸ میلی‌گرم در لیتر و حتی غیر قابل اندازه‌گیری بود. از نمونه‌های گرفته شده در داخل محدوده شهری در همه آنها غلظت نیترات بیشتر از حد مجاز بوده است. به طور کلی میزان نیترات در حاشیه شهر کمتر از بقیه قسمتهای شهرمی‌باشد. از ۲۸ نمونه گرفته شده در محدوده شهری در ۷۸/۶٪ آنها غلظت نیترات بیش از دو برابر حد مجاز، ۴۲/۸ درصد نمونه‌ها بیش از چهار برابر حد مجاز و ۱۰/۷ درصد نمونه‌ها غلظت نیتراتی بیش از ۵ برابر حد مجاز داشتند. بیشترین میزان نیترات برابر با ۲۹۸ میلی‌گرم در لیتر در چاه شماره ۲۰ (شکل ۳) تعیین شده است. بالا بودن حجم فاضلاب و قابلیت نفوذ نسبتا" زیاد آبرفت در این منطقه سبب افزایش غلظت نیترات به این حد شده است.

بررسی غلظت آمونیم (NH_4^+) نشان می‌دهد که اکثر چاههای واقع در محدوه شهری غلظتی بیش از ۰/۴ میلی‌گرم در لیتر دارند. میزان غلظت آمونیم در دو چاه برابر ۰/۶ میلی‌گرم در لیتر است که دلالت بر ورود مستقیم فاضلاب به این چاهها دارد [۸]. بازدیدهای صحرایی هم تأیید می‌نماید که این چاهها در فاصله بسیار کمی از چاههای جذبی قرار دارند. به علاوه بررسی غلظت نیتریت هم نشان می‌دهد که غلظت آن در همین چاهها برابر ۰/۱۶۵ و ۱/۲۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که بیش از حد مجاز بوده و دلالت بر تازه بودن آلودگی آب زیرزمینی به ترکیبات ازت دارد. غلظت نیتریت در بقیه چاهها کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیترمی‌باشد.

به طور کلی می‌توان گفت که آبخوان زیرزمینی زاهدان در اثر هدایت فاضلاب چاههای جاذب در محدوده شهری به طور نگران کننده‌ای آلوده به ترکیبات ازت شده است.

۳- آلودگی میکروبی

کیفیت میکروبی منابع آب معمولا" بر اساس تعدد و تکرر انواع خاصی از باکتری‌ها تعیین می‌گردد. کلیفرم‌ها به عنوان عمده‌ترین شاخص کیفیت میکروبی منابع آب می‌باشد که به وفور در مدفوع انسان و سایر حیوانات خون گرم یافت می‌شود. متداولترین باکتری در گروه کلیفرم را اشریشیاکلی تشکیل می‌دهد که شاخص آلودگی مدفوعی آب است [۷].

به طور کلی در خلال بارندگی، ذوب برفها و بقیه انواع بارش، اشریشیاکلی ممکن است شسته شود و به رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آبهای زیرزمینی برسد. هدایت فاضلاب‌های خانگی به چاههای جاذب می‌تواند منبعی برای آلودگی آب‌های زیرزمینی به باکتری اشریشیاکلی باشد. میزان آلودگی بستگی به آسیب‌پذیری سفره و مقدار و نوع فاضلاب هدایت شده دارد [۱۹]. میزان و شدت آسیب‌پذیری سفره بستگی به عمق سطح آب زیرزمینی، نوع مواد تشکیل دهنده آن، نوع و میزان منابع آلوده کننده و آب و هوای منطقه دارد [۱۱ و ۱۸].

برای بررسی وضعیت آلودگی میکروبی آبهای زیرزمینی سفره زاهدان تعداد ۲۷ نمونه آب در آذرماه ۱۳۷۹ از چاهها با پراکندگی مناسب و مطابق روش‌های توصیه شده به وسیله مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران [۱۲] جمع‌آوری گردید. این نمونه‌ها در آزمایشگاه آب و فاضلاب مرکز بهداشت استان سیستان و بلوچستان با استفاده از روش تخمیر چندلوله‌ای بر حسب (MPN/100ml) مورد آزمایش میکروبی قرار گرفت. در این راستا ابتدا نمونه‌ها برای احتمال وجود باکتری مورد بررسی قرار گرفت و سپس روی نمونه‌های مثبت آزمایش برای مجموع کلیفرمها وکلیفرمهای مدفوعی (اشیریشیاکلی) انجام گردید.

بررسی نتایج آزمایش نشان داد که از ۲۷ نمونه آب برداشت شده تعداد ۹ نمونه یعنی حدود ۳۳ درصد نمونه‌ها از نظر مجموع کلیفرمها مثبت بودند که از این تعداد سه نمونه یعنی حدود ۱۱ درصد دارای کلیفرم مدفوعی هستند. همه چاههای آلوده به کلیفرم مدفوعی در پایین‌دست سفره یعنی در محدوده چاه شماره ۲ (شکل۳) واقع شده‌اند. همان طوری که در شکل ۱ مشخص است عمق سطح آب زیرزمینی در این ناحیه کمتر از ۲۵ متر است. به علاوه بازدیدهای صحرایی نشان داد که در هیچ یک از این چاهها، حریم آنها از چاههای فاضلاب رعایت نشده است، به طوری که فاصله آنها از چاههای فاضلاب کمتر از ۲۰ متر می‌باشد. قابل ذکر است که در محدوده این چاهها، آبرفت قابلیت نسبتا"

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که رشدبی‌رویه و گسترش شهری بر روی سفره آب زیرزمینی زاهدان و هدایت فاضلاب شهری به چاههای جذبی سبب شده است که غلظت ترکیبات فسفر در داخل محدوده شهری افزایش یابد. به علاوه غلظت نیترات آب زیرزمینی در محدوده گسترش شهری به مراتب بیش از حد استاندارد می‌باشد. به طوری که در بعضی از نواحی غلظت آن به حدود ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هم رسیده است. افزایش غلظت آمونیم به ۰/٦ میلی‌گرم در لیتر و نیتریت به ۱/۲۵ میلی‌گرم در لیتر در بعضی نقاط دلالت بر احتمال ورود مستقیم فاضلاب تازه به سفره از طریق چاههای جذبی دارد. همچنین رعایت نکردن حریم چاهها و عدم بهسازی و حفاظت بهداشتی آنها باعث آلودگی سفره به کلیفرم شده است.

ملاحظه می‌شود که با وجود اهمیت حیاتی آبهای زیرزمینی در زاهدان، گسترش شهری باعث شده است که سفره به طور گسترده‌ای آلوده گردد. چنانچه اقدامات سریعی از طرف مسئولین در باره کنترل آلودگی آب زیرزمینی که تنها منبع تأمین آب برای مصارف مختلف شهر است و حیات شهر بستگی به آن دارد صورت نگیرد، دیری نخواهد پایید که نه تنها این منبع به عنوان سرچشمه حیات محسوب نخواهد شد، بلکه این منبع به سرچشمه بروز بیماری‌ها و فاجعه‌ای زیست محیطی و اجتماعی تبدیل خواهد شد.

خوبی دارد و هیچ یک از این چاهها از نظر بهداشتی محافظت و بهسازی نشده‌اند.

بررسی نتایج آزمایش‌های انجام شده توسط شرکت آب و فاضلاب شهرستان زاهدان که از چاه شماره ١٤(شکل ۳) گرفته شده است نشان می‌دهد که از ۱۰ نمونه آب که در ماههای مختلف سال ۱۳۷۹ برداشت شده، تعداد ٦ نمونه که تا تاریخ ۷۹/۳/۱ گرفته شده‌اند، به جز یک نمونه بقیه علاوه بر مجموع کلیفرمها دارای کلیفرم مدفوعی نیز می‌باشند و چهار نمونه دیگر که از تاریخ ۷۹/۳/۲۳ به بعد گرفته شده‌اند هیچ گونه باکتری کلیفرم را نشان نمی‌دهند (جدول ۲). این نتایج نشان می‌دهد که چاه شماره ١٤ آلوده به فاضلاب خانگی بوده و به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی و در دو ماهه اول سال ۱۳۷۹ باکتری‌های مدفوعی هم وارد آب زیرزمینی شده‌اند. اما از اول خرداد به علت گرمای شدید و عدم بارندگی، سطح آب زیرزمینی به طور سریعی شروع به افت کرده و از دسترسی فاضلاب خانگی و باکتری‌های آن خارج گردیده است.

همان طوری که ملاحظه می‌شود آب زیرزمینی سفره زاهدان به دلیل عدم رعایت حریم چاهها، بالا بودن سطح آب زیرزمینی در بعضی نواحی و نفوذپذیری بالای آبرفت و عدم بهسازی و حفاظت بهداشتی چاهها به طور گسترده‌ای از نظر آلودگی میکروبی آسیب‌پذیر است.

جدول ۲- نتایج آزمایش باکتریولوژیکی نمونه‌های آب از چاه شماره ١٤ شهر زاهدان
(آرشیو آب و فاضلاب زاهدان)

تاریخ نمونه‌برداری	مجموع کلیفرم‌ها	تعداد کلیفرم‌های مدفوعی
۱۳۷۹/۱/۱٦	۲/۲	۲/۲
۱۳۷۹/۱/۲۱	۲/۲	۲/۲
۱۳۷۹/۱/۲۸	۲/۲	۲/۲
۱۳۷۹/۲/٤	۲/۲	صفر
۱۳۷۹/۲/۱۷	۹/۱	۹/۱
۱۳۷۹/۳/۱	۲/۲	۲/۲
۱۳۷۹/۳/۲۳	صفر	صفر
۱۳۷۹/٤/۱۳	صفر	صفر
۱۳۷۹/۸/۱	صفر	صفر
۱۳۷۹/۹/۱۰	صفر	صفر

سپاسگزاری

از دانشگاه سیستان و بلوچستان به خاطر تأمین بودجه تحقیق و مطالعه تأثیر گسترش شهری بر روی سفره آب زیرزمینی زاهدان که مقاله حاضر بخشی از این تحقیقات می‌باشد صمیمانه تشکر می‌شود. همچنین از آب و فاضلاب شهری و روستایی استان و مرکز بهداشت استان سپاسگزاری می‌گردد.

منابع و مراجع

۱- مرکز آمار ایران.، (۱۳۷۵)، " نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن"

۲- سازمان جغرافیایی کشور، (۱۳٤۹).، " نقشه‌های شماره K8148 II, K8148 I".

۳- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، (۱۳٦۷).، " نقشه‌های شماره K8148 II, K8148 I"

٤- مهندسین مشاور شهر و خانه، (۱۳٦۸).، " مرحله اول طرح توسعه و عمران و حوزه نفوذ و تفصیلی زاهدان "، جلد ۵ و ٦

۵- مهندسین مشاور بنداب، (۱۳٦٦).، " تأمین آب آشامیدنی زاهدان". مطالعه آب زیرزمینی، جلد اول.

٦- شرکت آب و فاضلاب استان سیستان و بلوچستان، (۱۳۷۸).، " آمار ماهیانه و سالیانه تولید آب".

۷- سماواتی، ع.، (۱۳۷۳).، " ترکیبات نیتروژن در آب (قسمت دوم) ". آب و محیط زیست، شماره نهم، مردادماه.

۸- سماواتی، ع.، (۱۳۷۲).، " ترکیبات نیتروژن در آب ". آب و محیط زیست، شماره هفتم، آذرماه.

۹- شریعت پناهی، م.، (۱۳۷۵).، " اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب". انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم.

۱۰- محوی، ا. وعیسی لو، م.، (۱۳۷۱).، " مهندسی بهداشت محیط در مناطق گرمسیری"، جهاد دانشگاهی علوم پزشکی تهران.

۱۱- حکیم‌پور، ک. و ناصری، س.، (۱۳۷۸).، " آلودگی آب زیرزمینی غرب تهران و طرح توسعه پایدار منابع آب منطقه "، انسان و محیط زیست، شماره ۵ و ٦، صفحه ٦٦-٤۹.

۱۲- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (۱۳۷٦).، شماره‌های ٤۲۰۷ و ٤۲۰۸.

13- Foster, s.s., Morris, B. L. and Chilton, P.J.,(1999), " *Groundwater in Urban Development : A Reiwe of Linkage and Concerns* ", IAHS Publication No. 259.

14- Chapman, D. (1992), " *Water Quality Assessments* ", E and FN Spon.

15- Matcalf & Eddy, Inc. (1979), " *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Resuse* ", McGraw Hill, Co., New York.

16- Applo, C.A.J. and Postma, D., (1996), " *Geochemistry of Groundwater and Pollution*", Balkema Publ., Inc.

17- Bitton, G. and Gerba, C.P. (1984), " *Groundwater Pollution Microbiology*" , John Wiley & Sons.

18- Freeze, R. A. and Cherry, J. (1979), " *Groundwater* ", Prentice Hall, N.Y.

19- El - Arabi, N. (1999), " *Problems of Groundwater Quality Related to the Urban Environmental in Greater Cairo* ", IAHS Publication No.259