

بررسی روند تغییرات کیفیت منابع آب آشامیدنی زیرزمینی: یک مطالعه موردی در لردگان

خلیل الله معینان^{۱*} (Ph.D)، سید ایمان موسوی فر^۲ (B.Sc)، طیبه راستگو^۱ (M.Sc)

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران

۲- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران

چکیده

هدف: پایش مداوم روند تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی ضروری است زیرا بهبود کیفیت و رفع آلودگی آن بسیار مشکل و پرهزینه است. هدف این مطالعه، تعیین روند تغییرات کیفی منابع آب شرب شهرستان لردگان طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰ بوده است.

مواد و روش‌ها: داده‌های مورد نیاز از نتایج آزمایش‌های ثبت شده در شهرستان لردگان طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۰ استخراج گردیده و با استفاده از آمار توصیفی و ضریب همبستگی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

یافته‌ها: هر چند غلظت اغلب شاخص‌ها با استاندارد کشور مطابقت دارد اما غلظت شاخص‌های مورد بررسی روندی صعودی و کیفیت آب روندی نزولی داشته است. تعداد نمونه‌های مثبت کلیفرم مدفوعی در سال مبدا (۱۳۸۱) ۹ مورد (۶/۲۵٪) و در سال مقصد (۱۳۹۰) ۱۴ مورد (۹/۷۲٪) بوده است. میانگین و انحراف معیار نیترات در سال مبدا و سال مقصد به ترتیب برابر ۱۶/۶±۶/۵۶ و ۲۱/۷±۱۰/۷۶ میلی‌گرم در لیتر، سختی بر حسب کربنات کلسیم برابر ۲۵۴±۴۷ و ۲۹۸±۳۴ میلی‌گرم در لیتر و هدایت الکتریکی برابر ۵۰۷±۹۲ و ۵۲۹±۹۸ میکروموس بر سانتی‌متر بوده است. بر اساس ضریب همبستگی اسپیرمن، روند افزایشی برخی شاخص‌ها با زمان در سطح $\alpha \leq 0.05$ معنی‌دار بوده است.

نتیجه‌گیری: غلظت تمامی متغیرها در طی دهه‌ی مورد بررسی سیر صعودی داشته است که نشانه‌ی افت تدریجی کیفیت منابع آب آشامیدنی است. ادامه‌ی این روند و افت کیفیت منابع آب به کم‌تر از استانداردها می‌تواند مخاطرات بهداشتی مهمی ایجاد نماید، بنابراین پیگیری روند تغییرات، بررسی دلایل آن و اقدامات پیشگیرانه دارای اهمیت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب آشامیدنی، آب زیرزمینی، روند تغییرات کیفیت شیمیایی، لردگان، منابع آب

مقدمه

است [۱]. منابع آب زیرزمینی به عنوان بزرگ‌ترین منبع آب شیرین قابل دسترس، کیفیتی پویا و متغیر دارند. استفاده از این منابع نسبت به منابع آب سطحی عموماً در اولویت قرار دارد چرا که هزینه و کاربری استفاده از منابع آب سطحی بیش‌تر است [۳،۲]. افت سطح آب‌های زیرزمینی به دلیل برداشت

سازمان جهانی بهداشت، آب آشامیدنی سالم و بی‌خطر را نیاز اساسی توسعه، بهداشت و سلامتی انسان دانسته و حق دسترسی به آب سالم و بی‌خطر در سطح بین‌المللی به عنوان یکی از حقوق پایه و اصلی انسان (حقوق بشر) پذیرفته شده

بیش از حد می تواند باعث افت کیفیت آب شده و در مناطق کم آب حتی امنیت غذایی جامعه را تهدید نماید بنابراین اتخاذ استراتژی های مناسب برای مدیریت منابع آب زیرزمینی در چهارچوب توسعه ی پایدار ضرورت دارد [۵،۴]. کیفیت آب زیرزمینی نه تنها متأثر از عوامل طبیعی مانند، شرایط آب و هوایی به خصوص درجه حرارت و میزان بارش ها، بافت زمین شناسی سفره ی آب، کیفیت آب ورودی به سفره و فعل و انفعال بین آب و خاک می باشد بلکه تحت تاثیر فعالیت های انسانی شامل دفع فاضلاب ها، شهرسازی، فعالیت های صنعتی و غیره نیز قرار می گیرد که می تواند هم از طریق ایجاد آلودگی و هم از طریق تغییر چرخه ی گردش آب باعث تغییر کیفیت آن شود [۸-۶،۱]. تغییر کیفیت منابع آب زیرزمینی و آلودگی آن می تواند انواع بیماری و مشکلات متعدد دیگر ایجاد نماید [۹،۷،۱]. از عوامل اصلی که حرکت آلاینده ها در زمین و انتقال آن ها به آب های زیرزمینی را تحت تاثیر قرار می دهند می توان از سطح ایستابی، مقدار آلاینده ها، نوع آن ها و بافت خاک نام برد [۱۰،۸،۶]. بر اساس قوانین و دستورالعمل های جدید اتحادیه ی اروپا در مورد منابع آب زیرزمینی، بررسی روند تغییرات آلودگی ها و تاثیر عواملی مانند کاربری زمین، استفاده از کود، سابقه ی آلودگی و تغییرات اقلیمی بر منابع آب ضروری می باشد [۱۱].

چندین پارامتر میکروبی، فیزیکی و شیمیایی مهم تعیین شده اند که در تعیین قابل شرب بودن یا نبودن آب ها نقش اساسی ایفا می نمایند. پارامترهایی که در مورد تغییرات کیفیت آب های زیرزمینی مورد بررسی قرار میگیرند عموماً عبارتند از: کلیفرم، شمارش بشقابی باکتری ها، کدورت، هدایت الکتریکی، کلرید، نیترات، نیتریت، غلظت املاح محلول، سختی، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، آهن، فلزات سنگین، سولفات، بیکربنات، اسیدیتته و فلوراید [۱۵-۱۲،۱۰،۷،۶،۲،۱]. آلودگی آب های زیرزمینی بعد از تشخیص آلودگی چاه های آب شرب تشخیص داده می شود و این بدان معنی است که آلودگی آبخوان اتفاق افتاده و رفع آلودگی آن بسیار مشکل و یا تقریباً در کوتاه مدت غیر ممکن است بنابراین،

اقدامات پیشگیرانه در جهت حفاظت منابع آب و بررسی آسیب پذیری سفره های آب زیرزمینی از اهمیت زیادی برخوردار است [۱۵]. در مناطقی که آب شامیدنی آن ها از منابع زیرزمینی تأمین می شود ارزیابی کیفیت و تعیین روند تغییرات این منابع در شناسایی میزان خطر آلودگی بسیار کمک کننده می باشد.

افزایش جمعیت و ارتقاء سطح زندگی باعث رشد مصرف سرانه ی آب شده و تقاضا برای برداشت بی رویه از منابع آب و از جمله آب های زیرزمینی را به شدت افزایش می دهد. از طرفی تغییرات آب و هوایی، تغییر میزان و زمان بارش ها، و خشک سالی های پی در پی باعث کاهش میزان تغذیه ی مجدد منابع آب می گردد. عوامل مذکور به همراه افزایش ورود آلاینده ها به منابع آب باعث می شود تا هم کمیت منابع آشامیدنی در دسترس روندی کاهشی داشته و هم کیفیت منابع موجود شاهد روندی نزولی باشد به گونه ای که تامین آب شرب بهداشتی به یکی از دغدغه های اساسی تبدیل شود. بی توجهی و حتی کم توجهی به موضوع و عدم توجه به اقدامات پیشگیرانه، منجر به بروز بحران آب خواهد شد [۱۷،۱۶].

نتایج مطالعه ی دانشور و همکاران (۱۳۹۱) بر روی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل نشان داده است که روند تغییرات غلظت تمام متغیرهای کیفی آب در همه ایستگاه ها افزایشی بوده است. بیشترین روند مثبت معنی دار متعلق به کل مواد جامد محلول بوده است و در حالت کلی کیفیت آب زیرزمینی این دشت طی سال های اخیر، افت شدیدی کرده است [۱۴].

در مطالعه ی انتظاری و همکاران (۱۳۹۲) بر کیفیت آب زیرزمینی دشت مشهد، اطلاعات ۶۰ حلقه چاه از نظر مواد جامد محلول، سختی کل، کلر، سدیم و سولفات طی یک دهه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج به دست آمده روند نزولی افت کیفیت و وضعیت نامطلوب به خصوص در قسمت های جنوبی دشت را نشان داده است. این مطالعه نتیجه گرفته است که باید

از برداشت بی‌رویه و نشت فاضلاب‌های خانگی و صنعتی به منابع آب زیرزمینی جلوگیری نمود [۱۸].

در مطالعه‌ی ملکوتیان و همکاران (۱۳۹۱) کیفیت میکروبی و شیمیایی آب شرب شهرستان بردسیر در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۸ بررسی و با استانداردهای ایران و رهنمودهای WHO مقایسه گردید. پارامترهای خوردگی شامل اندیس‌های لانزلیه، رایزرنر، تهاجمی، غلظت نیترات و نیتريت، تعداد کلیفرم مدفوعی و کلر باقی‌مانده مورد پایش قرار گرفت. پیشنهاد شده است که اگرچه کیفیت میکروبی و شیمیایی با استانداردها مطابقت دارد ولی با توجه به شرایط و پتانسیل‌های آلودگی در منطقه، پایش کیفیت آب ضرورت دارد [۱۹].

در پژوهشی که توسط موسوی و همکاران (۱۳۹۲) در مورد برخی از پارامترهای کیفی آب شرب آبدانان شامل نیترات، کلرور، سولفات و هدایت الکتریکی با استفاده از داده‌های موجود یک دوره‌ی ۵ ساله انجام گردید مقدار کلیه پارامترهای مورد بررسی روندی افزایشی را نشان داده است. بر اساس آن مطالعه، میزان سولفات و هدایت الکتریکی از حد مجاز بهداشتی کشور ایران تجاوز نموده و نقش آلاینده‌های کشاورزی، آلاینده‌های شهری و روستایی و آلاینده‌های صنعتی به ترتیب ۸۲، ۱۶/۵ و ۱/۵٪ تعیین شده و با توجه به یافته‌ها، تکمیل شبکه جمع‌آوری فاضلاب پیشنهاد شده است [۱۶].

در پژوهش احمدی و همکاران (۱۳۹۲)، کیفیت آب‌های زیرزمینی در ۱۶ چاه و ۲۴ چشمه در روستاهای تحت پوشش شهرستان ماکو از توابع استان آذربایجان غربی از نظر هجده پارامتر مورد بررسی قرار گرفته است که مقادیر فلئور، منیزیم، سدیم، آهن و سختی در برخی از منابع، بالاتر از حد مجاز تعیین شده است. با توجه به چالش‌هایی که در مسیر تأمین آب شرب روستاها وجود دارد مدیریت منابع آبی، بایستی از طریق آموزش افراد روستایی در اولویت برنامه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی قرار گیرد [۱۷].

کم شدن آبدهی برخی از منابع آب شرب شهرستان لردگان و نیز عدم رضایت مردم از کیفیت آب‌ها باعث شده است که

برای تامین آب آشامیدنی مناسب برای بخش‌هایی از جمعیت شهرستان لردگان از تانکرهای انتقال آب استفاده گردد لذا در این مطالعه روند تغییرات کیفیت آب بخش‌هایی از شهرستان لردگان مورد بررسی قرار گرفته است تا از این طریق میزان و روند تغییرات ایجاد شده بر غلظت پارامترهای کیفیت آب مورد مطالعه قرار گیرد. منطقه‌ی مورد بررسی منطقه‌ی تحت پوشش یکی از مراکز بهداشتی-درمانی شهرستان لردگان (استان چهارمحال و بختیاری) واقع در محور اصلی اصفهان-خوزستان بوده است. این مرکز در مجموع دوازده روستا با جمعیتی بالغ بر ۹۰۰۰ نفر را تحت پوشش خود داشته و برای تامین آب ساکنین آن از ۷ منبع تامین آب (چاه و چشمه) و ۸ مخزن ذخیره‌سازی استفاده می‌شود. هدف این بررسی تعیین روند تغییرات کیفیت منابع تامین آب منطقه‌ی مورد نظر در طی دهه‌ی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌های لازم برای این پژوهش از نتایج آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی که بر روی نمونه‌های آب شبکه‌ی توزیع یا منابع آب در سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۰ در شبکه‌ی بهداشت و درمان و شرکت آب و فاضلاب منطقه‌ی مورد مطالعه انجام و ثبت شده استخراج گردیده است. شاخص‌های کیفیت میکروبی آب شامل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی بوده و نتایج مورد استفاده از آزمایشات ماهیانه‌ی انجام شده بر روی شبکه‌ی توزیع استخراج شده است. شاخص‌های کیفیت فیزیکی و شیمیایی شامل کدورت، هدایت الکتریکی، pH، سختی دائم، سختی موقت، سختی کل، قلیايت کل، نیترات، نیتريت و فلئور بوده است که از آزمایشات سالیانه‌ی انجام شده بر روی منابع آب در دهه‌ی مورد نظر به دست آمده است. آزمایشات متناسب با نوع نمونه و بر اساس روش‌های استاندارد مورد نظر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (ابلاغ شده به دانشگاه‌های علوم پزشکی) و وزارت نیرو (ابلاغ شده به شرکت‌های آب و فاضلاب) انجام شده بوده است. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی

۲۱ با استفاده از روش‌های توصیفی و آزمون‌های تحلیلی ناپارامتری، تجزیه و تحلیل شده‌اند.

نتایج

جدول ۱ برخی ویژگی‌های کیفیت آب در دهه‌ی مورد بررسی را ارائه نموده و با استانداردهای حال حاضر ایران مقایسه نموده است. به استثنای کلیفرم مدفوعی که در مواردی فراتر از استاندارد و فلئوئور که در تمامی موارد کم‌تر از حداقل لازم بوده است در بقیه‌ی موارد مطابقت با استانداردها مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج مربوط به کیفیت میکروبی آب، از ۱۴۴۰ مورد کشت کلیفرم کل انجام شده در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۱، در ۱۳۵۴ مورد آن (۹۴/۰٪ موارد) نتیجه‌ی کشت میکروبی منفی شده و محتمل‌ترین تعداد (MPN) کلیفرم کل، صفر گزارش شده است (که در واقع بر اساس جدول MPN، کوچک‌تر مساوی ۲ می‌باشد). در بین موارد کشت مثبت، بزرگ‌ترین MPN به دست آمده برابر ۲۶ و بیش‌ترین فراوانی (مُد) مربوط به $MPN=2/1$ بوده است. هم‌چنین در ۴۳ مورد

(۳/۰٪ موارد) از کل کشت‌ها، کلیفرم مدفوعی مثبت شده و از استاندارد تجاوز کرده است که بزرگ‌ترین MPN به دست آمده برابر ۲۰ و بیش‌ترین فراوانی (مُد) مربوط به $MPN=3/6$ بوده است. بعلاوه بیش‌ترین موارد مثبت و بزرگ‌ترین MPN مشاهده شده چه در مورد کلیفرم کل و چه در مورد کلیفرم مدفوعی در فصل بهار و ماه اردیبهشت به دست آمده است.

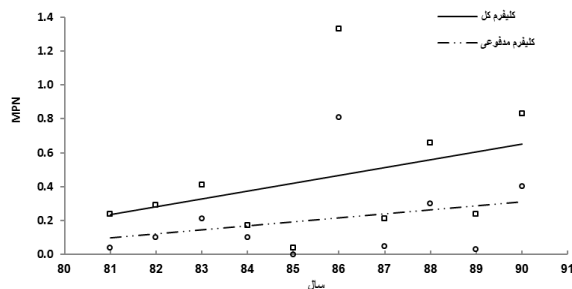
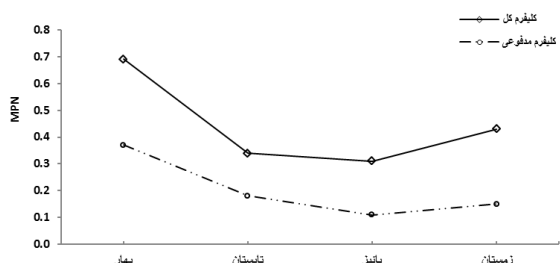
جدول ۲ نیز میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های آب شرب به تفکیک منابع تامین آب در سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۰ را نشان می‌دهد. بدترین کیفیت میکروبی در دهه‌ی مورد بررسی به ترتیب مربوط به منابع "۸" و "۵" می‌باشد که نشان می‌دهد این منابع به بررسی میدانی و مراقبت بیش‌تری نیاز دارند. نکته‌ی جالب توجه این‌که بیش‌ترین میزان کدورت نیز در همین منابع مشاهده شده است. هم‌چنین بیش‌ترین میزان نیترات به ترتیب در منابع "۷" و "۴" مشاهده شده است و در کیفیت آب منابع از نظر فلئوئور تفاوت چندانی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۱: ویژگی‌های آب شرب تحت پوشش مرکز بهداشتی درمانی شهرستان لردگان در سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۰

پارامتر	تعداد نمونه	کمینه	بیشینه	مُد	میانگین	انحراف معیار		استاندارد حال حاضر
						حداکثر مجاز	حداکثر مجاز	
کلیفرم کل، MPN	۱۴۴۰	≤ 2	۲۶	≤ 2	۰/۴۴	۲/۲۹	به شرایط بستگی دارد	
کلیفرم مدفوعی، MPN	۱۴۴۰	≤ 2	۲۰	≤ 2	۰/۲۰	۱/۳۶	.	
کدورت، NTU	۷۰	۰/۴	۲/۶۰	۰/۷۰	۰/۸۷	۰/۵۱	≤ 1	۵
هدایت الکتریکی، $\mu\text{s/cm}$	۷۰	۴۱۰	۷۶۱	۵۴۳	۵۴۵	۹۰	-	-
PH	۷۰	۷/۴۳	۷/۹۸	۷/۵۶	۷/۷۱	۰/۱۵	۷-۸/۵	۶/۵-۹
سختی کل، mg/l CaCO_3	۷۰	۱۶۵	۳۹۲	۲۵۰	۲۷۲	۵۰	۲۰۰	۵۰۰
سختی دائم، mg/l CaCO_3	۷۰	۳۲	۱۶۰	۱۰۰	۸۷	۳۰	-	-
سختی موقت، mg/l CaCO_3	۷۰	۷۸	۳۰۵	۲۰۰	۱۸۵	۴۶	-	-
قلیائیت کل، mg/l CaCO_3	۷۰	۱۱۷	۳۵۵	۳۱۰	۲۰۸	۵۵	-	-
قلیائیت فنل فتالین، mg/l	۷۰
نیترات، mg/l NO_3	۷۰	۴/۶۵	۴۶	۱۵	۱۸	۸/۷۰	.	۵۰
نیتریت، mg/l NO_3	۷۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۵۹۰	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۷۳	.	۳
فلئوئور، mg/l	۷۰	۰/۰۵	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۱۴۹	۰/۰۲۵	۰/۵	۱/۵

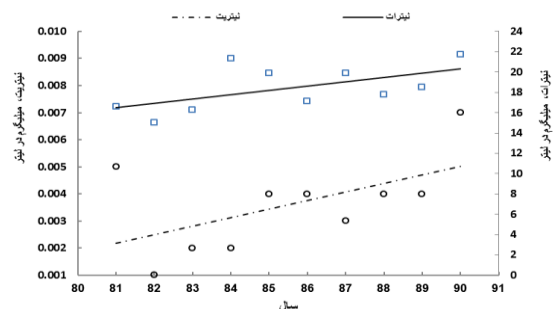
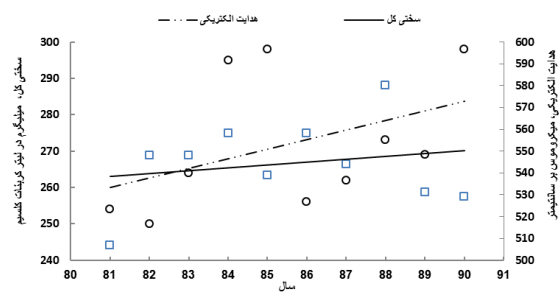
جدول ۲. میانگین و انحراف معیار ویژگی های آب شرب تحت پوشش مرکز بهداشتی درمانی شهرستان لردگان در سال های ۱۳۹۰-۱۳۸۱ به تفکیک منبع آب

پارامتر	منبع آب							
	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
کلیفرم کل، MPN	۱/۱۰±۳/۳۹	۰/۲۷±۱/۲۸	۰/۱۷±۱/۴۲	۰/۹۵±۴/۱۰	۰/۶۴±۲/۴۱	۰/۲۵±۱/۴۹	۰/۷۳±۳/۳۷	۰/۲۳±۱/۳۵
کلیفرم مدفوعی، MPN	۰/۳۳±۱/۱۷	۰/۲۰±۱/۰۷	۰/۱۳±۱/۳۷	۰/۴۸±۲/۱۷	۰/۳۰±۱/۶۷	۰/۱۲±۱/۰۷	۰/۲۳±۱/۷۵	۰/۱۷±۱/۲۵
کدورت، NTU	۱/۳۳±۰/۶۱	۰/۵۶±۰/۰۶	۰/۶۸±۰/۰۳	۱/۵۴±۰/۷۳	۰/۷۱±۰/۰۳	-	۰/۶۱±۰/۱۴	۰/۶۳±۰/۱۰
هدایت الکتریکی، $\mu\text{mho/cm}$	۴۶۳±۵۰	۵۴۲±۳۰	۵۳۵±۱۲	۴۴۳±۴۷	۵۴۴±۱۵	-	۶۰۸±۱۰۳	۶۷۷±۴۸
PH	۷/۶۸±۰/۱۶	۷/۷۰±۰/۱۵	۷/۶۸±۰/۱۳	۷/۵۸±۰/۱۱	۷/۸۱±۰/۰۹	-	۷/۸۳±۰/۱۴	۷/۷۱±۰/۱۴
سختی کل، mg/l CaCO_3	۱۹۸±۲۶	۲۷۳±۱۹	۲۹۲±۳۹	۲۷۰±۵۱	۲۳۵±۳۰	-	۳۱۹±۱۷	۳۱۸±۱۱
قلیائیت کل، mg/lCaCO_3	۱۴۶±۱۶	۲۰۰±۸	۲۲۴±۴۲	۲۱۲±۷۰	۱۷۸±۳۴	-	۲۷۷±۴۰	۲۲۱±۵۰
نیتрат، mg/l NO_3	۱۷/۹±۵/۳	۳۲/۲±۸/۵	۱۱/۹±۵/۸	۸/۳±۴/۲	۲۳/۷±۳/۶	-	۱۷/۰±۲/۳	۱۸/۰±۲/۲
نیتريت، mg/l NO_3	۰/۰۰۶±۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۵±۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۹±۰/۰۱۷۸	۰/۰۰۴±۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۴±۰/۰۰۲۰	-	۰/۰۰۱±۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۵±۰/۰۰۳۸
فلوئور، mg/l	۰/۱۵±۰/۰۰۲	۰/۱۴±۰/۰۰۱	۰/۱۵±۰/۰۰۱	۰/۱۵±۰/۰۰۴	۰/۱۴±۰/۰۰۳	-	۰/۱۶±۰/۰۰۲	۰/۱۵±۰/۰۰۲



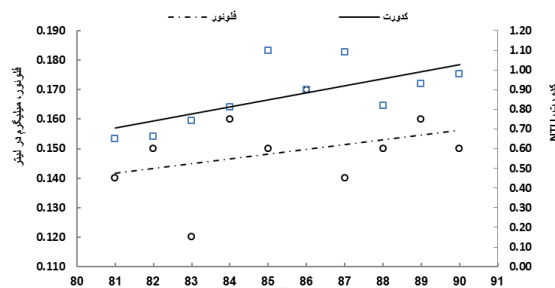
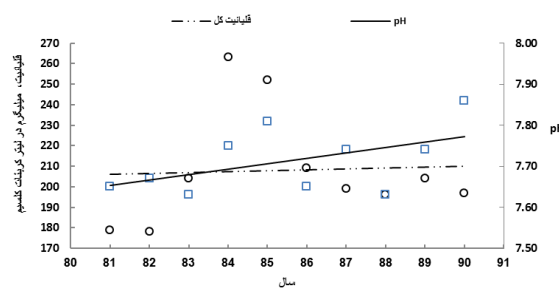
شکل ۲. تغییرات میانگین شاخص کیفیت میکروبی آب آشامیدنی با فصل در دهه ی ۱۳۹۰

شکل ۱. روند تغییرات میانگین سالیانه ی شاخص کیفیت میکروبی آب آشامیدنی در دهه ی ۱۳۹۰



شکل ۴. روند تغییرات میانگین سالیانه ی سختی و هدایت الکتریکی آب آشامیدنی در دهه ی ۱۳۹۰

شکل ۳. روند تغییرات میانگین سالیانه ی نیتريت و نیترات آب آشامیدنی در دهه ی ۱۳۹۰



شکل ۶. روند تغییرات میانگین سالیانه ی pH و قلیائیت آب آشامیدنی در دهه ی ۱۳۹۰

شکل ۵. روند تغییرات میانگین سالیانه ی فلوئور و کدورت آب آشامیدنی در دهه ی ۱۳۹۰

و اثر آن بر افزایش غلظت و یا ورود فاضلاب انسانی و یا حیوانی ارتباط داد [۱]. در مطالعه‌ی رحیمی و همکاران علت تغییرات کیفیت آب رودخانه‌ی مورد بررسی، تغییر کاربری‌ها، گسترش بیش‌تر کارخانجات، تخلیه فاضلاب و کود به منابع آب عنوان شده است [۲۰]. هم‌چنین بیش‌ترین موارد آلودگی مربوط به فصل بهار و ماه اردیبهشت بوده است (نمودار ۲) که علت آن را می‌توان افزایش میزان بارش‌ها و اثر آن بر انتقال آلودگی به منابع آب دانست.

به طور کلی آزمون آماری "من‌ویتنی" نشان داده است که تفاوت بین منابع آب از نظر کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی، کدورت، هدایت الکتریکی، سختی کل، قلیائیت کل و نیترات در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار و تفاوت بین منابع آب از نظر PH و فلئوئور در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد که بین منابع آب مورد بررسی از نظر اکثر پارامترهای کیفی مورد بررسی تفاوت وجود دارد که در صورت وجود شرایط انتخاب منبع، می‌توان منبع آب مناسب را انتخاب نمود.

هر چند همبستگی بین غلظت نیترات با زمان بر اساس ضریب همبستگی پیرسون و در سطح $\alpha \leq 0/05$ معنی‌دار نبوده است اما با توجه به نمودار ۳ غلظت نیترات در منابع آب سیر صعودی داشته و از $16/6 \pm 6/6$ میلی‌گرم در لیتر بر حسب نیترات در سال ۱۳۸۱ به $21/7 \pm 10/8$ در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است. همین روند صعودی در مورد نیتريت نیز صادق می‌باشد. نیترات یکی از شاخص‌های مهم شیمیایی منابع آب می‌باشد که ارتباط آن با بیماری سیانوزیس در کودکان به اثبات رسیده است [۱]. اهمیت روند افزایشی نیترات، حتی قبل از رسیدن به حد استاندارد، به این دلیل است که این یون یکی از شاخص‌های مهم آلودگی است که با بیماری‌هایی ناشی از نیتروآمین‌ها از جمله سرطان ارتباط دارد. مقدار نیترات منابع آب زیرزمینی را به عوامل متعددی از جمله شرایط هیدروژئولوژیک، بافت خاک، میزان بارندگی، فعالیت‌های انسانی، موقعیت مکانی، نوع، عمق و سن چاه ارتباط داده‌اند [۲۱]. مطالعه‌ی An و همکاران در کره‌ی جنوبی

شکل‌های ۱ تا ۶ نیز روند تغییرات برخی از پارامترها را در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۱ نشان می‌دهند. در مورد کیفیت میکروبی و شاخص‌های کلیفرم و کلیفرم مدفوعی، اگرچه تفاوت بین میانگین مقادیر در سال‌های مختلف از نظر عددی چندان زیاد نیست اما در هر حال روندی صعودی را نشان می‌دهد که می‌تواند به عنوان نشانه‌ی تشدید آلودگی میکروبی و افت کیفیت در نظر گرفته شود. همین روند در مورد سختی، هدایت الکتریکی، نیتريت و نیترات، کدورت، فلئوئور، PH و قلیائیت نیز مشاهده می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

منطقه‌ی مورد مطالعه تحت پوشش شهرستان لردگان در محور اصلی اصفهان به خوزستان واقع بوده و دارای آب و هوای گرم و خشک می‌باشد. در این بررسی اطلاعات موجود یک دهه (۱۳۹۰-۱۳۸۱) مربوط به پایش کیفیت آب آشامیدنی استحصالی از ۷ منبع آب زیرزمینی (چاه و چشمه) که از طریق ۸ مخزن ذخیره بین ۱۲ روستا با جمعیت حدود ۹۰۰۰ نفر توزیع می‌شده استفاده شده است. نتایج ارائه شده در این مقاله حاصل جمع‌بندی ۱۴۴۰ نمونه‌ی میکروبی و ۷۰ نمونه برای هر کدام از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بوده است.

مهم‌ترین ویژگی آب‌های آشامیدنی که از نظر سلامتی و بهداشت مردم در اولویت اول قرار دارد کیفیت میکروبی آن است که از طریق شاخص‌های میکروبی کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی مورد ارزیابی و پایش مستمر قرار می‌گیرد. به دلیل ماهیت منابع آب‌های زیرزمینی و آب شبکه‌ی توزیع، آلودگی کلیفرمی مشاهده شده در این منابع عموماً منشأ فاضلابی خواهند داشت. بر اساس نتایج به دست آمده، ۶٪ نمونه‌ها آلودگی کلیفرم کل و ۳٪ نمونه‌ها آلودگی به کلیفرم مدفوعی داشته‌اند که نشان می‌دهد ۵۰٪ موارد آلودگی، ناشی از آلودگی به فاضلاب بوده است. روند تعداد کلیفرم موجود در منابع آب با زمان سیر صعودی داشته است (نمودار ۱). افزایش غلظت و تعداد شاخص‌های مذکور با زمان را می‌توان به افت سطح آب

در مورد روند تغییرات کیفیت منابع آب زیرزمینی نشان داده است که غلظت نیترات در اغلب چاه‌های مورد بررسی روندی صعودی داشته و در مورد عمق‌های مختلف می‌توان به روندهای متفاوتی دست یافت [۲۲]. هم‌چنین مطالعه‌ی Lim و همکاران نشان داده است که به رغم وجود فعالیت‌های کشاورزی و نیز دفن اجساد حیوانات بیمار در اطراف چاه‌های آب، غلظت نیترات به دلیل اقدامات مدیریتی اعمال شده روندی کاهش داشته است [۲۳].

در مورد سختی کل و هدایت الکتریکی که از شاخص‌های مهم گوارایی آب بوده و میزان رضایت مصرف‌کنندگان به شدت به آن‌ها وابسته است نیز در طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۱ روندی افزایشی طی شده است (نمودار ۴). هر چند بر اساس آزمون ضریب همبستگی پیرسون، همبستگی بین هر کدام از ویژگی‌های سختی کل و هدایت الکتریکی با زمان در سطح $\alpha \leq 0.05$ معنی‌دار نبوده است اما ضریب همبستگی بین سختی کل و هدایت الکتریکی معادل 0.461 و در سطح $\alpha \leq 0.001$ معنی‌دار می‌باشد. میزان سختی در گستره‌ی ۱۶۵ تا ۳۹۲ با میانگین ۲۷۲ میلی‌گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم و میزان هدایت الکتریکی در گستره‌ی ۴۱۰ تا ۷۶۱ با میانگین ۵۴۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده است. میانگین هدایت الکتریکی و سختی منابع آب نشان می‌دهد که این منابع آب از نظر هدایت الکتریکی جزء منابع آب "خوب" و از نظر سختی جزء منابع آب "سخت" قرار می‌گیرند [۲]. تفاوت بین میزان سختی و هدایت الکتریکی منابع آب را می‌توان به ساختار و بافت خاک ارتباط داد. روند و سرعت افزایش هدایت الکتریکی بیش‌تر از سختی است (نمودار ۴) که نشان‌دهنده‌ی آن است که غیر از فلزات ایجادکننده‌ی سختی، فلزات دیگری نیز (مثلاً سدیم) به منابع آب اضافه می‌گردند. سختی آب علاوه بر تاثیر بر گوارایی آب، آثار اقتصادی مهمی از نظر مصرف انرژی و کارایی و مصرف صابون نیز خواهد داشت [۱]. نتایج مطالعه‌ی کلاهدوزان و همکاران در منابع آب زیرزمینی دشت میاندوآب نشان داده است که میزان EC با افت سطح آب زیرزمینی روند صعودی را طی کرده و حتی در

دوره‌ی پر آب، مقدار آن در هر سال حدود ۲۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش داشته است [۲۴]. مطالعه‌ی بختیان و همکاران بر روی منابع آب زیرزمینی (مطالعه‌ی موردی در منطقه‌ی راور کرمان) نشان داده است که میزان کل جامدات محلول منابع آب مورد بررسی که با سختی و هدایت الکتریکی ارتباط تنگاتنگی دارد طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲ از ۵۰۳۰ میلی‌گرم در لیتر به ۵۴۴۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافته و کیفیت آب را برای آشامیدن نامناسب نموده است [۳].

در مورد تغییرات غلظت فلوراید در طول سالیان مورد بررسی، روندی افزایشی مشاهده می‌شود (نمودار ۵). همان‌گونه که قبلاً و در مورد پارامترهای دیگر بیان شد علت آن می‌تواند افت سطح آب و اثر آن بر افزایش غلظت باشد. از آنجایی که میزان فلوراید منابع آب مورد بررسی بسیار کم‌تر از حد استاندارد آب آشامیدنی است این روند افزایش مطلوب می‌باشد.

pH منابع آب مورد بررسی در گستره‌ی ۷/۴۳ تا ۷/۹۸ بوده و میانگین ۷/۷۱ داشته است که نشان می‌دهد کمی قلیایی است اما با استانداردهای آب آشامیدنی کشور مطابقت دارد. میانگین آن به طور کلی روندی افزایشی داشته و از ۷/۶۵ در سال ۸۱ به ۷/۸۶ در سال ۹۰ افزایش یافته است. بر اساس ضریب همبستگی پیرسون (۰/۲۶۶)، همبستگی مثبت ضعیفی بین pH و زمان در سطح $\alpha \leq 0.05$ معنی‌دار بوده است. هم‌چنین میزان قلیائیت نیز در گستره‌ی ۱۱۷ تا ۳۵۵ بوده و میانگین ۲۰۸ میلی‌گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم داشته است. تفاوت زیاد بین میزان قلیائیت منابع آب را می‌توان به تشکیلات خاک‌شناسی منطقه ارتباط داد [۴]. هر چند بر اساس ضریب همبستگی پیرسون، همبستگی بین قلیائیت و زمان در سطح $\alpha \leq 0.05$ معنی‌دار نبوده است اما با توجه به روند تغییرات pH، میزان قلیائیت نیز روندی افزایشی و مورد انتظار داشته است [۲۶، ۲۵] (نمودار ۶). تغییرات pH منابع آب به تعادل پویای غلظت کلسیم، بی‌کربنات، هیدروکسید و هیدروکسیل وابسته است [۱۲].

[8] MacDonald A, Bonsor H, Ahmed K, Burgess W, Basharat M, Calow R, et al. Groundwater quality and depletion in the Indo-Gangetic Basin mapped from in situ observations. *Nature Geoscience* 2016; 9: 762-766.

[9] Li Q, Jia RL, Zhou JL. The groundwater quality evaluation and analysis of its changing trend in major cities of Xinjiang. *Applied Mechanics and Materials* 2013; 256: 2583-2588.

[10] Selvam S, Manimaran G, Sivasubramanian P. Hydrochemical characteristics and GIS-based assessment of groundwater quality in the coastal aquifers of Tuticorin corporation, Tamilnadu, India. *Appl Water Sci* 2013; 3: 145-159.

[11] Oliva F, Vegas E, Civit S, Garrido T, Fraile J, Munné A. Trend assessment for groundwater pollutants: a brief review and some remarks. experiences from ground, coastal and transitional water quality monitoring: Springer; 2015. p. 25-62.

[12] Joshua W, Thushyanthy M, Nanthagoban N. Seasonal variation of water table and groundwater quality of the karst aquifer of the Jaffna Peninsula-Sri Lanka. *J Nat Sci Found Sri Lanka* 2013; 41: 3-12.

[13] Humbarde SV, Panaskar D, Pawar R. Evaluation of the seasonal variation in the hydrogeochemical parameters and quality assessment of the groundwater in the proximity of Parli Thermal power plant, Beed, Maharashtra, India. *Adv Appl Sci Res* 2014; 5.

[14] Daneshvar Vosoughi F, Dinpajooch Y. Investigate changes in groundwater quality Ardabil using spearman. *J Environ Stud* 2013; 38: 17-28.

[15] Azizi F, Mohammad Zadeh H. Aquifer vulnerability and evaluation of groundwater quality spatial variations in gachsaran emamzadeh Jaafar plain using drastic model and gwqi index. *J Water Res Eng* 2012; 5: 1-16. (Persian).

[16] Moosavi SZ, Eslamian SS, Abedi Koopae J. Identificatin of contaminat sources and survey on Abadan vilages drinking water quality changes (arvandkenar county). Sixteenth Nat Conf Environ Health Iran 2013. (Persian).

[17] Ahmadi M, Jafari Nejad H, Heydari B, Abbaszadeh J. Survey on quality of groundwater of Maku villages to determine its quality for drinking. Sixteenth Nat Conf Environ Health Iran 2013. (Persian).

[18] Entezari A, Akbari E, Myvanh F. Evaluation of the quality of drinking water extracted from Mashhad plain groundwater resources on human disease over the last decade. *Appl Res Sci GIS (Geographical Sciences)* 2013; 3: 157-172. (Persian).

[19] Malakootian M, Momeni J. Quality survey of drinking water in bardsir, Iran 2009-2010. *J Rafsenjan Univ Med Sci* 2012; 11: 403-410. (Persian).

[20] Rahimi L, Dehghani AA, Ghorbani K. Comparison of total flow, base flow and water-quality characteristics trend in Arazkuseh hydrometric station. *J Water Manag Res* 2016; 7: 83-91. (Persian).

[21] Moeinian K, Hosseinnjad H, Rastgoo T. Concentration of nitrate, nitrite and some other parameters in drinking water wells, Talesh (Northern IRAN), 2011. *J Guilan Univ Med Sci* 2014; 22: 26-33. (Persian).

[22] An H, Jeon SW, Hyun Y, Lee SJ, Yoon H, Kim RH, editors. Trend analysis for groundwater quality at different depths for national groundwater quality monitoring network of Korea. EGU General Assembly Conf Abs 2015; 17: 4265.

[23] Lim JW, Lee KK, editors. Trend in groundwater quality near FMD burials in agricultural region, South Korea. EGU General Assembly Conference Abstracts; 2015, Apr :Vol. 17, p. 4417.

به طور کلی یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که غلظت تمامی متغیرهای مورد بررسی در طی یک دهه (سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۱) سیر صعودی داشته است که نشانه‌ی افت تدریجی کیفیت آب‌های آشامیدنی است. هر چند در حال حاضر غلظت اکثر متغیرهای مورد بررسی در محدوده‌ی استانداردهای کشور ایران قرار دارد اما ادامه‌ی این روند و افت کیفیت منابع آب به کم‌تر از استانداردها می‌تواند به تهدید سلامتی مردم منجر گردد بنابراین پیگیری روند تغییرات، بررسی دلایل آن و اقدامات پیشگیرانه دارای اهمیت می‌باشد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با پشتیبانی دانشگاه علوم پزشکی سمنان- دانشکده بهداشت دامغان، مرکز بهداشت و شرکت آب و فاضلاب شهرستان لردگان انجام شده است لذا نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از سازمان متبوع اعلام می‌نمایند.

منابع

[1] Thomas DR, Sunil B, Latha C. Assessment of seasonal variation on physicochemical and Microbiological quality of drinking water at mannuthy, Kerala. *Int J Chem Environ Pharm Res* 2011; 2: 135-140.

[2] Nag S, Ghosh P. Variation in groundwater levels and water quality in chhatna block, bankura district, West Bengal—a GIS approach. *J Geolog Soc India* 2013; 81: 261-280.

[3] Babakhani M, Zehtabian G, Keshtkar AR, Khosravi H. Trend of groundwater quality changes, using geo statistics (case study: ravar plain). *Pollution* 2016; 2: 115-129. (Persian).

[4] Rahman AS, Kamruzzama M, Jahan CS, Mazumder QH. Long-term trend analysis of water table using 'MAKESENS' model and sustainability of groundwater resources in drought prone Barind area, NW Bangladesh. *J Geol Soc India* 2016; 87: 179-193.

[5] An H, Jee SW, Lee SJ, Hyun Y, Yoon H, Kim RH. Suggestion of a Groundwater Quality Management Framework Using Threshold Values and Trend Analysis. *Journal of Soil and Groundwater Environment*. 2015;20: 112-20.

[6] Driss B, Radouane E, Abdelkader C. Variation of groundwater quality in the poultry farming using cluster and multivariate factor analysis: a case study from middle atlas area, Morocco. *Int J Biosci (IJB)* 2013; 3: 140-147.

[7] Tizro Taheri A, Voudouris K, Vahedi S. Spatial variation of groundwater quality parameters: a case study from a semiarid region of Iran. *Int Bull Water Res Dev* 2014; 1: 1-14.

the proximity of Parli Thermal power plant, Beed, Maharashtra, India. Adv Appl Sci Res 2014; 5: 24-34.

[26] Lamture S, Ghorade I, Patil S. Groundwater quality assessment of kunkalika dam command area, beed district (Maharashtra). Gold Res Thoughts 2014; 3: 1-5.

[24] Kolahdouzan A, Dinpashoh Y, Poor DA, Ghorbanian M. Study of groundwater qualitative changes trend in miandoab plain using the mann-kendall method. J Soil Water Sci 2015; 25: 221-235.

[25] Humbarde SV, Panaskar D, Pawar R. Evaluation of the seasonal variation in the hydrogeochemical parameters and quality assessment of the groundwater in

Survey on trend changes of drinking groundwater resources quality: A case study in Lordegan

Khalilollah Moeinian (Ph.D)^{1*}, Seyed Iman Moosavifar (B.Sc)², Tayyabeh Rastgou (M.Sc)¹

1- Dept. of Environmental Health Engineering, School of Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

2 - Student Research Committee, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

(Received: 17 Sep 2016; Accepted: 16 Nov 2016)

Introduction: Groundwater is the main source of drinking water and the life of many human societies depend on it. Continuous monitoring and assessment of groundwater quality changes are necessary because improvement and decontamination of polluted groundwater is very difficult and costly. The aim of this study was to determine the groundwater quality trend changes in Lordegan city (Iran) during one decade (2002-2012).

Materials and Methods: The required data were collected from the results recorded in the years 2002-2012 and analyzed by descriptive and analytical statistics (correlation coefficients).

Results: changes of all of them were ascending. In the first and end year of the study period, the number of fecal coliform positive samples were 9(6.25%) and 14(9.75%) and the mean±SD of fecal coliform's MPN in positive samples were 0.24±0.04 and 0.83±0.40 respectively. Also the mean±SD of nitrate (as nitrate, mg/l), total hardness (as calcium carbonate, mg/l) and electrical conductivity (as micromhos/cm) in the first and end year of the study period were 16.6±6.56 and 21.7±10.76, 254±47 and 298±34 and 507±92 and 529±98 respectively. On the basis of spearman's correlation coefficient, the ascending trend of some parameters concentration with time was significant at the level of 95% of confidence limits ($\alpha \leq 0.05$).

Conclusion: The ascending trend of concentration of all the parameters shows gradual declining of drinking water resources quality. Continuing the ascending trend of the parameters concentration and declining the quality of water resources and incompatibility with Iranian drinking water standard can lead to significant health risks, therefore, tracking the trend changes, investigating the reasons and preventive measures are important.

Keywords: Drinking water, Groundwater, Lordegan, Trend changes, Water resources

* Corresponding author. Tel: +98 9133105012

khalilollah@yahoo.com