مجله مهندسی بهداشت محیط، پاییز ۱۳۹۸، سال ۷، شماره ۱: ۲۹-۴۱

بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب رودخانه دوغ و تاثیر چاه‌های فلمن مجاور در کاهش این پارامترها در شهرستان کلاله طی سال‌های ۹۱-۹۵

منیره مجلسی[۱]، نادعلی علوی[۱]، علی عطاملکی[۱،۲]، مصطفی سید[۳]، نجم الدین سهیلی[۴،*]

[۱] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
[۲] کمیته تحقیقات و فناوری دانشجویان، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
[۳] شرکت آب و فاضلاب گنبد کاووس، گلستان، ایران
[۴] گروه دوره‌های عالی بهداشت عمومی (MPH)، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۸/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳

چکیده

زمینه و هدف: مدیریت منابع آب به منظور حفظ و تأمین آب با کیفیت نقش مهمی در سلامت جوامع ایفا می‌کند. بدین منظور بشر همواره از روش‌های مختلفی برای تأمین آب با کیفیت استفاده نموده است. یکی از این روش‌ها بکارگیری چاه‌های فلمن می‌باشد. در این مطالعه سعی شده است تا تاثیر چاه‌های فلمن بر کیفیت میکروبی و فیزیکوشیمیایی آب رودخانه دوغ در طی ۵ سال مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه برخی از پارامترهای کیفی رودخانه دوغ و چاه فلمن مجاورت آن مورد بررسی قرار گرفته اند. این چاه کسری آب شرب شهر گنبد کاووس واقع در استان گلستان را تامین می‌نماید. بدین منظور نمونه‌های ماهانه در طول سال‌های ۹۱ تا ۹۵ از رودخانه و چاه مجاور آن جمع آوری گردید، سپس پارامترهایی از قبیل نیترات، فسفات، کدورت، دما، pH و کلیفرم‌های مدفوعی اندازه‌گیری شدند. در نهایت اثر تغییرات زمان و نفوذ آب از رودخانه به درون چاه بر پارامترهای کیفی مورد انالیز قرار گرفتند.

یافته ها: طبق نتایج بدست آمده، نیترات، فسفات، کدورت، pH، و کلیفرم‌های مدفوعی بصورت معناداری در طول مسیر کاهش یافتند (P-Value <۰/۰۵). علاوه بر این تغییرات زمانی نیترات، فسفات، کدورت، دما و کلیفرم‌های مدفوعی اختلاف معناداری نشان داد.

نتیجه گیری: اطلاعات بدست آمده اثبات نمود که چاه فلمن راندمان مناسبی جهت کاهش پارامترهای اندازه‌گیری شده داشته است. همچنین تغییرات ماهانه و فصلی می‌تواند اثر قابل توجهی بر کیفیت منابع آب داشته باشد.

کلمات کلیدی: منابع آب، کیفیت آب، رودخانه، چاه فلمن، گلستان

[*] **نویسنده مسئول:** دانشجوی کارشناسی ارشد MPH، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
ایمیل: Najm_soh@yahoo.com - تلفن تماس: ۰۹۳۶۲۷۳۳۸۲۷

مقدمه

آب یک ماده حیاتی و ضروری برای انسان و تمامی اکوسیستم‌ها است. بحران آب که نتیجه افزایش مصرف بی رویه آن، تغییرات اقلیمی و توزیع نامنظم است، در برخی مناطق دنیا رو به افزایش می‌باشد. همچنین فعالیت‌های انسانی و تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی نیز منجر به ورود آلاینده‌های بیشماری به منابع آب می‌شود که آلودگی آن‌ها را در پی خواهد داشت [۱،۲]. کیفیت منابع آب معمولاً بوسیله پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی تعیین می‌شود. کاهش این کیفیت سالانه منجر به بیماری و مرگ و میر تعداد زیادی از انسان‌ها می‌شود؛ بنابراین دسترسی به آب با کیفیت برای سلامتی و بهداشت یک ضرورت تلقی می‌شود [۳-۵]. کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی همواره در مناطق و فصول مختلف متفاوت است. در این میان، تغییرات کیفیت منابع آب‌های سطحی نسبت به آب‌های زیر زمینی به علت عواملی همچون بارندگی و فعالیت‌های انسانی بیشتر است [۶]. در مطالعه ای که بر روی منابع آب روستاهای شهر چابهار در استان سیستان و بلوچستان صورت گرفت، ۲۵ درصد از منابع آب از کیفیت مناسبی برخوردار نبودند [۷]. علاوه بر این، در مطالعه ای که توسط سادات نوری و همکاران در سفره زیر زمینی ساوه نوبران صورت گرفت، نتایج حاکی از کیفیت شیمیایی پایین آب در ٦٥ درصد نمونه‌های حاصل از چاه‌ها بود [۸].

رودخانه‌ها یکی از منابع مهم جهت تامین مصارف انسان، کشاورزی و صنعت هستند. بنابراین داشتن اطلاعات در مورد کیفیت آب آن‌ها بخصوص در ایران که یک کشور نیمه خشک است و با مسئله کمبود آب روبروست، اهمیت زیادی در بحث مدیریت آب دارد. معمولاً جهت سنجش کیفیت آب، پارامترهای مختلفی در دوره‌های زمانی مختلف اندازه‌گیری می‌شوند. همچنین تعیین عامل تغییرات کیفیت منبع آب (انسانی یا طبیعی) یک مسئله مهم در پایش آن به حساب می‌آید [۹]. در مطالعه ای که توسط پژمان و همکاران صورت گرفت، پارامترهای جامدات کل و نیترات بیشترین رابطه را با تغییرات فصلی در رودخانه هراز نشان دادند [۱۰]. همچنین در مطالعه طبری و همکاران که بر روی کیفیت آب رودخانه مارون انجام شد، افزایش غلظت برخی از پارامترهای کیفی آب را در فصول بهار و زمستان مشاهده شد [۱۱]. ترکیب شیمیایی و سایر خصوصیات آب‌های سطحی در مناطق مختلف تابع عواملی همچون بارندگی، فرسایش خاک، فعالیت‌های انسانی و ... می‌باشد [۱۲]. نیترات و فسفات دو پارامتر شیمیایی مهم در بحث کیفیت آب هستند که ورود آن‌ها به آب‌های سطحی منجر به ایجاد پدیده اوتروفیکاسیون شده که خود منجر به ایجاد جلبک در آب و تولید سموم می‌شود [۱۳-۱۵]. علاوه بر این، مشکلاتی از قبیل سرطان، متهموگلوبینمیا، سقط جنین و ... نیز به نیترات نسبت داده شده است [۱٦]. فسفات نیز یک آلاینده مهم در منابع آب محسوب می‌شود و انتقال آن از زمین‌های زراعی به آب‌های سطحی و زیرزمینی از طریق روان آب‌ها و زهکشی‌های زیر سطحی صورت می‌گیرد [۱۳]. در مطالعه ای که توسط عطاملکی و همکاران در طول رودخانه چناران شهرستان بجنورد انجام گرفت، غلظت نیترات در اسفند ماه و در ۳ ایستگاه پایین دست رودخانه، فراتر از حد مجاز سازمان محیط زیست ایالات متحده آمریکا (۱۰ میلی گرم بر لیتر)، اندازه‌گیری شد و علت آن به مصرف کودهای نیتراته در زمین‌های زراعی اطراف رودخانه نسبت داده شد [۱۷]. آلودگی میکروبی آب پارامتری دیگر در بحث کیفیت منابع آب محسوب می‌شود که معمولاً در کشورهای در حال توسعه بعلت ورود مدفوع انسان و حیوان به منابع آب منجر به انتقال پاتوژن‌های بیماری زا به انسان از طریق صورت می‌گیرد [۳].

بشر به منظور دستیابی به یک آب با کیفیت همواره از سازه‌های مختلفی استفاده نموده است. یکی از این سازه‌ها چاه‌های فلمن می‌باشد که با نام‌های Ranney Well و Radial

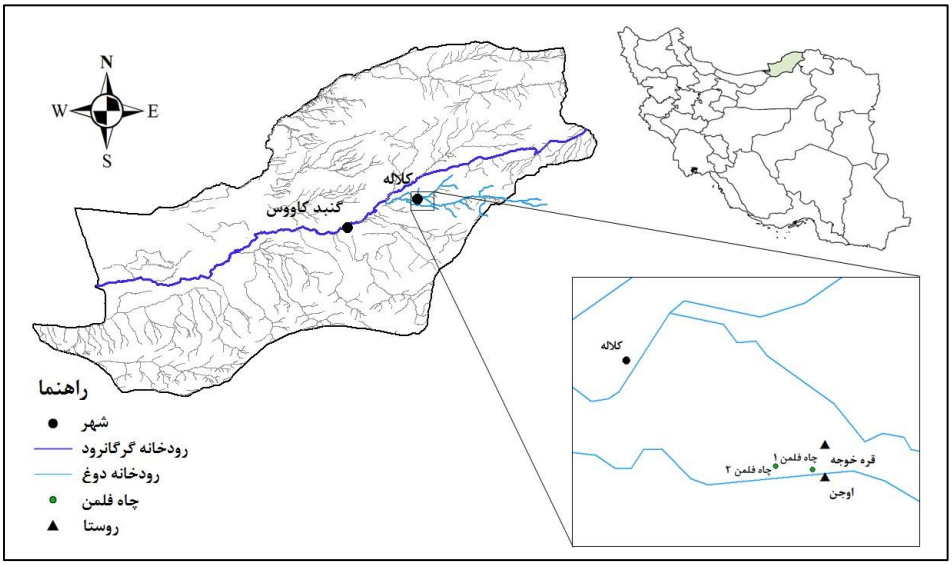
Collector well نیز شناخته می‌شود. فلمن سازه ای است که معمولاً جهت جمع آوری آب زیرزمینی حاصل از رودخانه‌ها و در مجاورت آن‌ها طراحی و ساخته می‌شوند. این چاه‌ها از یک مخزن مرکزی و چند لوله شعاعی تشکیل شده اند که در آن‌ها قطر مخزن بین ۳ تا ٦ متر و حتی بیشتر در نظر گرفته می‌شود. آب‌های زیرزمینی از طریق انشعابات یا لوله‌های شعاعی وارد مخزن مرکزی شده و پمپاژ می‌شوند [۱۸-۲۰].

استان گلستان با مساحتی بالغ بر ۲۰۰۰۰ کیلومتر مربع، با عرض جغرافیایی ´۳٦°۰۵ تا ´۳٦°۲٤ و طول جغرافیایی ´۵۳°۵۱ تا ´۵٦°۰٤ در شمال شرق ایران واقع شده است (شکل ۱). این استان دارای جمعیت ۱٤۲٦۲۸۸ نفر می‌باشد که ۵۰ درصد آن را جمعیت روستایی تشکیل می‌دهد [۲۱]. گنبد کاووس دومین شهرستان استان گلستان با جمعیتی درحدود ۳۲۵۷۸۹ نفر (براساس سرشماری نفوس ومسکن سال ۹۰) است [۲۲]. میانگین بارش سالانه در این شهرستان حدود ۵۰۰ میلی متر بوده و ارتفاع آن ازسطح دریا ۵۲ متر می‌باشد. آب آشامیدنی شهر گنبد کاووس از منابع آب زیر زمینی (۲٤ حلقه چاه عمیق) فراهم می‌شود و هم اکنون بر اساس اعلام شرکت آب و فاضلاب شهری، کسری آب این شهر از طریق دو حلقه چاه فلمن واقع در مجاورت رودخانه دوغ در شهر کلاله (یکی از رودهای تغذیه کننده گرگانرود)، تامین می‌شود. با توجه به کمبود اطلاعات کیفیی منابع آب در شهرهای کوچک، و همچنین تاثیر شدید تغییرات فصلی بر رواناب‌های سطحی و جریان‌های زیرزمینی که منجر به تغییر در دبی جریان و در نتیجه غلظت ترکیبات منابع می‌شود [۱۲،٦]، در این مطالعه سعی شده است تا با مقایسه کیفیت آب بین رودخانه دوغ و چاه‌های فلمن مجاور آن، تغییرات برخی از پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی (نیترات، فسفات، کلیفرم مدفوعی، کدورت، pH و دما) و در نتیجه راندمان این چاه‌ها در طول سال‌های ۹۱ تا ۹۵ مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

محل نمونه‌برداری

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، محل نمونه‌برداری در جنوب شرقی شهرستان کلاله و بین دو روستای اوجن و قره خوجه قرار گرفته است.



شکل ۱: موقعیت محل نمونه‌برداری

در این منطقه دو حلقه چاه فلمن با دبی ۲۰۰ لیتر ثانیه در نزدیکی یکدیگر و در مجاورت رودخانه دوغ حفر گردیده اند تا کسری آب شهر گنبد کاووس را تامین نمایند. رودخانه دوغ به گرگان رود ملحق شده و در نهایت به دریاچه خزر وارد می‌شوند. عمق هریک از این چاه‌ها ۲۰ متر و قطر آن‌ها ۳ متر می‌باشد. همچنین ۱۲ گالری شعاعی با طول تقریبی ۳۰ متر در انتهای هر یک از آن‌ها نصب شده اند. آب این دو حلقه چاه پس از کلرزنی در مخازن، ذخیره و بصورت پمپاژ وارد شبکه توزیع می‌شود.

روش نمونه‌برداری

این مطالعه توصیفی- مقطعی در طی سال‌های ۹۱ تا ۹۵ در دو نقطه انجام گرفت (چاه فلمن شماره ۱ و رودخانه مجاور آن). با توجه به اینکه چاه های فلمن در نزدیکی و به فاصله کمی از یکدیگر قرار دارند، یکی از این چاه‌ها جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید. نمونه‌برداری بصورت مرکب و ماهیانه در طی ۵ سال (٦٠ نمونه برای هر محل) انجام شد و اندازه‌گیری مقادیر پارامترها طبق روش‌های استاندارد [۲۳] صورت گرفت. نمونه‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی بترتیب در ظروف پلاستیکی و شیشه ای استریل که عاری از هرگونه آلودگی بودند، جمع آوری شده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و در دمای ٤ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. قابل ذکر است پارامترهایی از قبیل دما و pH در محل نمونه‌برداری بلافاضله اندازه‌گیری شدند.

دستگاه‌ها و روش های اندازه گیری

جهت سنجش و مقایسه کیفیت آب رودخانه و چاه فلمن، پارامترهای دما، کدورت، pH، نیترات، فسفات و کلیفرم‌های مدفوعی مورد سنجش قرار گرفت. اندازه گیری پارامترهای دما و کدورت به ترتیب توسط دماسنج الکلی و دستگاه کدورت سنج HACH (مدل ۲۱۰۰ P) انجام شد. همچنین اندازه گیری پارامترهای نیترات و فسفات توسط دستگاه اسپکتروفتومتر HACH (مدل DR/۲۰۰۰) به ترتیب با روش های استاندارد، احیاء کادمیوم و آسکوربیک اسید با طول موج های ۵۰۰ و ۸۹۰ نانومتر انجام شد.

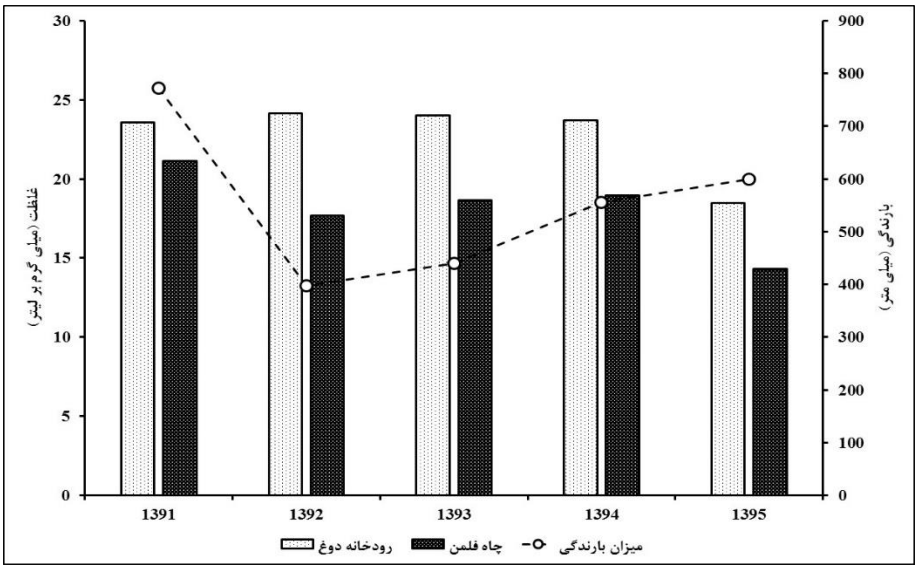
آنالیز آماری

جهت رسم نمودار و انجام آنالیزهای آماری بترتیب نرم افزارهای Excel نسخه ۲۰۱۰ و SPSS نسخه ١٦ مورد استفاده قرار گرفتند. از آنالیز واریانس یک طرفه نیز جهت مقایسه داده‌ها به تفکیک زمان (ماه و سال) و مکان نمونه‌برداری (چاه و رودخانه) و همچنین اثر همبستگی آن‌ها با هم استفاده شد.

یافته‌ها

نیترات

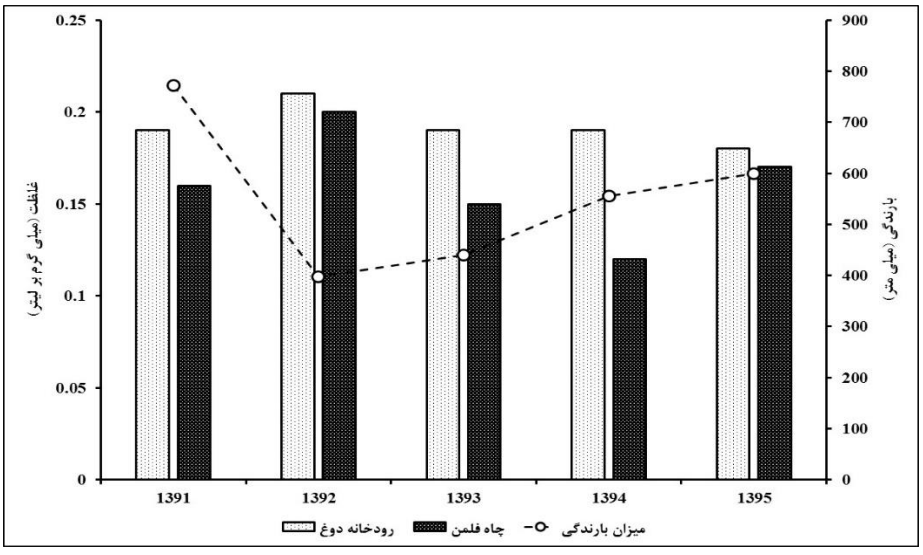
طبق آنالیزهای انجام شده در طول مطالعه، میانگین کلی غلظت نیترات در رودخانه ٢/٤ ± ٢٢/٧ میلی گرم بر لیتر و در چاه ٢/٥ ± ١٨/١ میلی گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. عبور آب از مسیر رودخانه به چاه منجر به کاهش معنادار نیترات (P-Value < ٠/٠٠١) به میزان۲۰ درصد شده است. حداکثر غلظت نیترات در رودخانه در خرداد ماه (۲۵/۲۲ میلی گرم برلیتر) و حداکثر آن در چاه فلمن در مهر ماه (۲۰/۳۸ میلی گرم بر لیتر) مشاهده شد. حداقل غلظت نیترات نیز در رودخانه و چاه در اسفند ماه بترتیب ۱۹/۳۷ میلی گرم بر لیتر و ۱۳/۸۳ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقادیر نیترات هم در رودخانه و هم در چاه بترتیب در فصول پاییز و زمستان بدست آمده است. همچنین طبق آنالیز واریانس، تغییرات نیترات در طول زمان (ماه و سال) معنادار بوده است (P-Value <٠/٠٠١). نمودار تغییرات سالانه غلظت نیترات در چاه و رودخانه در شکل ۲ نشان داده شده است.



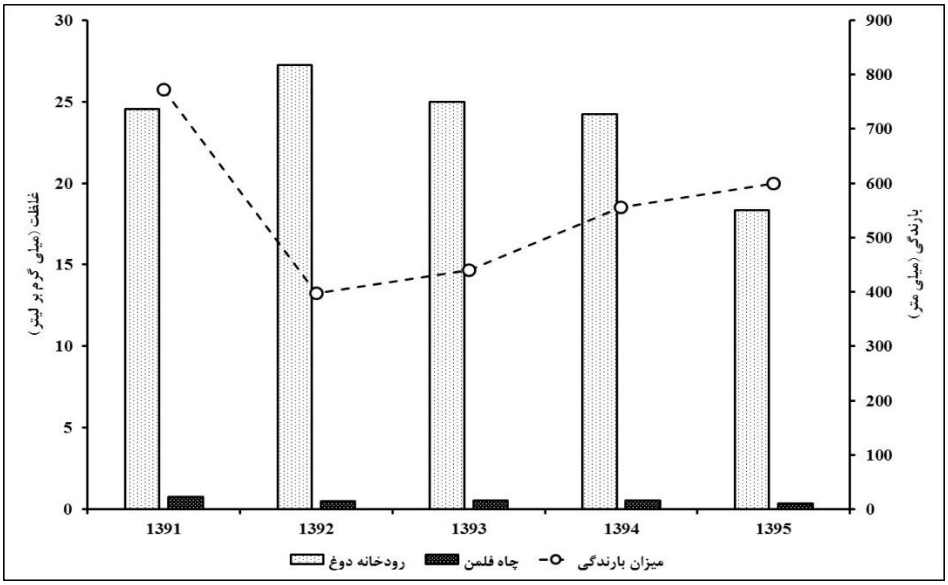
شکل ۲: نمودار تغییرات سالانه غلظت نیترات در رودخانه و چاه فلمن

سفات

بطور کلی مسیر انتقال آب از رودخانه به چاه منجر به کاهش ۱۶ درصدی فسفات شده است (P-Value <۰/۰۰۱). همچنین طبق آنالیز واریانس تغییرات ماهانه و سالانه (شکل ۳) غلظت فسفات معنادار بوده است (P-Value < ۰/۰۰۱). در مجموع میانگین فسفات در رودخانه دوغ ۰/۰۱ ± ۰/۱۹ میلی گرم بر لیتر و در چاه فلمن ۰/۰۲ ± ۰/۱۶ میلی گرم بر لیتر براورد گردید. حداکثر غلظت فسفات هم در رودخانه و هم در چاه در مهر ماه مشاهده شد (بترتیب ۰/۲۳ و ۰/۲ میلی گرم بر لیتر). همچنین حداقل غلظت این آلاینده در اسفند ماه در هر دو نقطه نمونه‌برداری بترتیب به میزان ۰/۱۵ و ۰/۱۳ میلی گرم بر لیتر اندازه‌گیری شدند. حداقل و حداکثر میزان فسفات در هر دو محل نمونه‌برداری بترتیب در زمستان و پاییز مشاهده شد.



شکل ۳: نمودار تغییرات سالانه غلظت فسفات در رودخانه و چاه فلمن



شکل ٤: نمودار تغییرات سالانه کدورت در رودخانه و چاه فلمن

کدورت

بطور کلی میزان کدورت در طول مسیر به میزان ۹۷ ٪ کاهش داشته است؛ به گونه ای که میانگین آن در رودخانه ۳/۳ ± ۲۳/۸ NTU و در چاه ۰/۱ ± ۰/۵ NTU اندازه‌گیری شد (P-Value < ۰/۰۰۱). در این مطالعه تغییرات کدورت با تغییرات ماهانه و فصلی رابطه معناداری داشته است (P-۰/۰۵ > Value)، اما این تغییرات بر حسب سال معنادار نبود (P-Value =۰/۱۵). حداکثر میزان کدورت برای رودخانه و چاه بترتیب ۳۵/۸ و ۰/۷٤ NTU در تیر ماه مشاهده شد. همچنین حداقل مقدار کدورت برای رودخانه در خرداد ماه به میزان ۹/۳ NTU و برای چاه در شهریور ماه به میزان ۰/٤۲ NTU اندازه‌گیری شد. هم رودخانه و هم چاه بیشترین و کمترین مقدار کدورت را بترتیب در تابستان و زمستان داشته اند. نمودار تغییرات سالانه کدورت در شکل ٤ نشان داده شده است.

pH و دما

طبق آنالیزهای صورت گرفته، میانگین pH برای رودخانه ۰/۰٤ ± ۹/۲ و برای چاه ۰/۰۵ ± ۷/۲ بدست آمد که حاکی از کاهش ۲۰ درصدی آن است (P-Value <۰/۰۰۱). تغییرات pH در طول زمان، هم بصورت ماهانه (P-Value =۰/۱۲) و هم بصورت سالانه (P-Value <۰/۰۰۱) معنادار نبود. بیشترین مقدار pH برای رودخانه و چاه بترتیت در فصل زمستان و تابستان مشاهده شد. اما کمترین مقدار فصلی برای pH در بهار به ثبت رسید. تغییرات دما در رودخانه ۹ تا ۲٤ درجه سانتیگراد و در چاه بین ۱۲ تا ۲۱ درجه سانتیگراد ثبت شده است. همچنین میانگین تغییرات دما در رودخانه ۱/۵ ± ۱٦/۲ درجه سانتیگراد و در چاه ۱ ± ۱٦/۸ درجه سانتیگراد حاصل شد که معنادار نبوده است (P-Value =۰/۱۷).

کلیفرم مدفوعی

مسیر عبور آب منجر به حذف ۹۹ درصدی کلیفرم مدفوعی شده است (P-Value <۰/۰۰۱)؛ به گونه ای که تعداد میانگین این پارامتر را در هر ۱۰۰ میلی لیتر نمونه از ۷۱/٦ ± ٦٤۳/۸ عدد در رودخانه به ۲/۵ ± ۳/٦ عدد در چاه رسانده است. بر خلاف تغییرات سالانه (P-Value =۰/۷)،

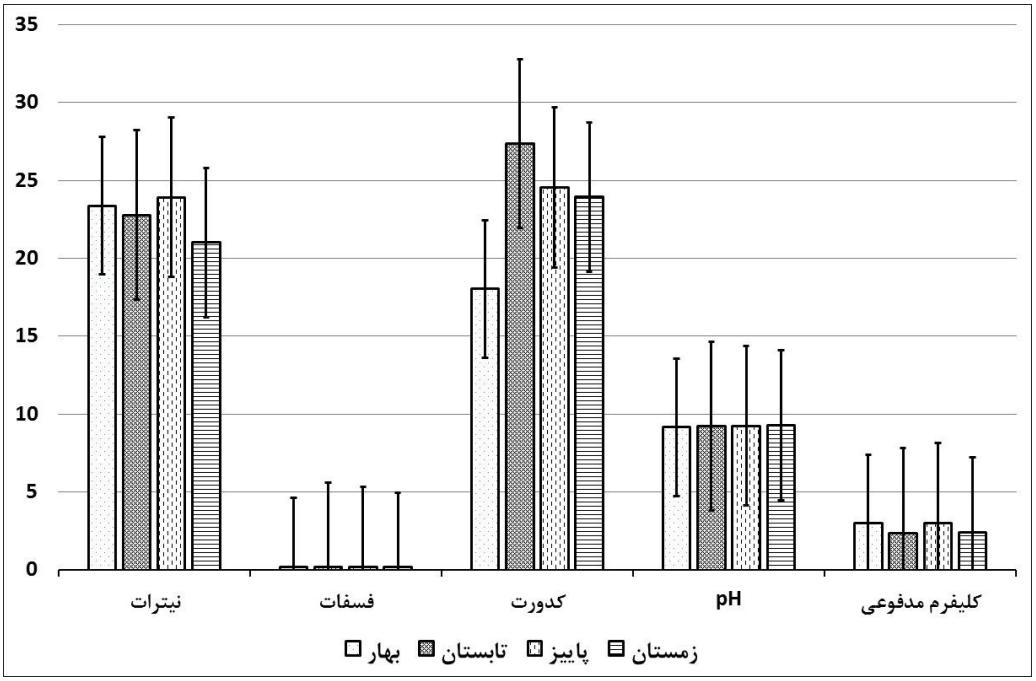
تغییرات ماهانه و فصلی این آلاینده معنادار بوده است (P-Value <۰/۰۰۱). بیشترین تعداد کلیفرم مدفوعی رودخانه در آبان و آذر ماه و در چاه در مهر ماه مشاهده شد. همچنین حداقل این تعداد هم در رودخانه و هم در چاه در مرداد ماه اندازه‌گیری شد. در فصل پاییز، میزان کلیفرم مدفوعی هم در چاه و هم در رودخانه به بیشترین مقدار خود رسیده است. اگرچه در فصل تابستان کمترین میزان کلیفرم مدفوعی هم در چاه و هم در رودخانه شمارش شده است.

اثر تغییرات فصلی بر پارامترهای اندازه‌گیری شده

نمودار تغییرات پارامترهای کیفی آب رودخانه دوغ طی فصول مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است. طبق نتایج آنالیز واریانس، پارامترهای نیترات (P-Value <۰/۰۵)، فسفات (P-Value <۰/۰۰۱)، کدورت (P-Value <۰/۰۵) و کلیفرم مدفوعی (P-Value <۰/۰۰۱) رابطه معناداری با تغییر فصول داشته‌اند. این در حالی است که pH رابطه معناداری از خود نشان نداده است (P-Value = ۰/۳۷).

همبستگی بین پارامترهای مورد مطالعه

رابطه پارامترهای مورد بررسی با یکدیگر در این مقاله از طریق آنالیز واریانس مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، در رودخانه کدورت با تعداد کلیفرم و فسفات با نیترات رابطه معناداری از خود نشان داده اند. همچنین در چاه این رابطه معنادار در کدورت با تعداد کلیفرم، نیترات با کلیفرم و فسفات با کلیفرم مشاهده شد.



شکل ۵: میانگین تغییرات پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده در طول فصول مختلف

جدول ۱: همبستگی بین پارامترهای مورد مطالعه

مکان نمونه‌برداری	پارامتر		MPN	فسفات	نیترات	کدورت	pH
رودخانه دوغ	دما	R	۰/۱۲۹	۰/۰۳۷	۰/۱۱۲	-۰/۰۶٤	-۰/۰۸۱
		P-Value	۰/۳۲۵	۰/۷۷۷	۰/۳۹۵	۰/٦۲۵	۰/۵۳۹
	pH	R	-۰/۰۸۱	۰/۰۲۵	-۰/۰٦٤	-۰/۰۱۷	
		P-Value	۰/۵۳۹	۰/۸۵۲	۰/٦۲۵	۰/۸۹۸	
	کدورت	R	**-۰/۳۳۳	-۰/۰۱٤	۰/۰۸۲		
		P-Value	۰/۰۰۹	۰/۲٦۸	۰/۵۳۳		
	نیترات	R	۰/۱۷۱	**۰/٤۳۰			
		P-Value	۰/۱۹۲	۰/۰۰۱			
	فسفات	R	**۰/٦۰۵				
		P-Value	۰				
چاه فلمن	دما	R	۰/۰٤	۰/۲۱	۰/۰۱۲	۰	-۰/۱۸۲
		P-Value	۰/۷۵۹	۰/۱۰۷	۰/۹۲۸	۰/۹۹۸	۰/۱٦٤
	pH	R	۰/۰۱۲	۰/۱۳	۰/۰٤۵	۰/۱۰۳	
		P-Value	۰/۹۲۵	۰/۳۲٤	۰/۷۳۲	۰/٤۳٤	
	کدورت	R	*۰/۲۵۷	-۰/۱٤٦	**۰/۵۵		
		P-Value	۰/۰٤۸	۰/۲٦٦	۰/۵۸۱		
	نیترات	R	۰/۲۳٦	-۰/۰۵۹			
		P-Value	۰/۰٦۹	۰/٦۵٦			
	فسفات	R	**۰/۵۱۸				
		P-Value	۰				

* P-Value < ۰/۰۵, ** P-Value < ۰/۰۱

بحث

مطالعه حاضر با هدف بررسی تغییرات اقلیمی بر کیفیت آب رودخانه دوغ و همچنین تعیین راندمان چاه‌های فلمن در حذف برخی از پارامترهای موثر بر کیفیت آب از طریق اندازه‌گیری و مقایسه آن‌ها در این دو نقطه در طی ۵ سال بصورت ماهانه (تعداد ٦۰ نمونه) انجام شد. در این مطالعه پارامترهای فیزیکی (دما و کدورت)، شیمیایی (فسفات و نیترات)، فیزیکوشیمیایی (pH) و میکروبی (تعداد کلیفرم مدفوعی) مورد بررسی قرار گرفت. در چاه فلمن که در نزدیکی رودخانه حفر می‌شود، آب در زیر زمین پس از عبور از مسیری وارد انشعابات این چاه شده و در نهایت به مخزن اصلی می‌رسد. در طول این مسیر، فرایندهای فیزیکی (به عنوان مثال غربالگری) و شیمیایی مختلفی بر روی آب اتفاق می‌افتد که منجر به حذف ناخالصی‌های آن می‌شود [۱۸، ۲٤]. همانطور که اشاره شد، پارامترهای نیترات، فسفات، کدورت، کلیفرم‌های میکروبی و pH در فاصله بین رودخانه و چاه دچار کاهش معناداری شدند. ترتیب کاهش پارامترها در طول مسیر عبارت است از: کلیفرم مدفوعی (۹۹٪) > کدورت (۹۷٪) > pH و نیترات (۲۰٪) > فسفات (۱٦٪). اولویت حذف آلاینده‌های فیزیکی و میکروبی طی فرایند غربالگری در متون قبلی به اثبات رسیده است. در این مطالعه نیز میزان و اولویت حذف آلاینده‌ها در طول مسیر مطابق با یافته‌های متون قبلی

است [۲۵،۲۶]. همانطور که اشاره شد، علاوه بر غربالگری، فرایندهای مختلفی در خاک در جهت حذف آلاینده‌ها و کاهش pH اتفاق می‌افتد. از جمله این فرایندها می‌توان به تجزیه بیولوژیکی، جذب، تعویض یون و دنیتریفیکاسیون بیولوژیکی اشاره نمود [۱۵،۲۷،۲۸]. طبق نتایج بدست آمده، انتقال آب از رودخانه به چاه فلمن در حذف کدورت و کلیفرم مدفوعی، راندمان بالایی داشته است (بترتیب ۹۵ و ۹۷ درصد).

بر خلاف تغییرات سالانه، تغییرات فصلی و ماهانه کدورت معنادار بود (P-Value <۰/۰۵) که علت آن را می‌توان به تغییرات الگوهای بارندگی و در نتیجه دبی رودخانه نسبت داد. مقادیر این پارامتر در رودخانه بطور متوسط ۲۳ NTU بدست آمد که بالاتر از استاندارد EPA (۵ NTU) می‌باشد. اما در اثر انتقال به چاه، این پارامتر بطور متوسط به ۰/۵ NTU کاهش پیدا کرده است که قابل قبول می‌باشد. طبق آنالیزهای صورت گرفته، هم در رودخانه و هم در چاه، کدورت با کلیفرم مدفوعی رابطه معناداری از خود نشان داده است. این رابطه در متون قبلی به اثبات رسیده است، به گونه ای که با افزایش کدورت، میزان مقاومت میکروبی در آب افزایش یافته که خود مانع از گندزدایی مناسب در مراحل بعد می‌شود [۲۵،۲۶]. همچنین در مطالعه Drewry و همکاران، رابطه معناداری میان ذرات معلق با نیتروژن و فسفر کل مشاهده گردید [۲۹]. بیشترین مقدار کدورت در فصل تابستان مشاهده شد که با نتایج مطالعه پژمان و همکاران مطابقت دارد [۱۰]. علت این افزایش را می‌توان کاهش بارندگی و درنتیجه کاهش دبی رودخانه در این فصل دانست.

تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه برای نیترات و فسفات معنا دار بوده است. تغییرات معنادار فصلی فسفات و نیترات در سایر مطالعات نیز به اثبات رسیده است [۳۰،۳۱]. در این مطالعه حداکثر میزان فسفات در مهر ماه (اواخر سپتامبر) مشاهده شد که با نتایج مطالعه Jonnalagadda و Mhere مطابقت دارد [۱۴،۳۲]. همچنین حداکثر غلظت نیترات در رودخانه در خرداد ماه (ژوئن) مشاهده شد. در مطالعه ای که توسط Garg و همکاران صورت گرفت، بیشترین میزان نیترات در ماه ژوئن در منابع آب مشاهده شد [۳۳]. همانطور که گفته شد، نیترات ورودی به آب‌های سطحی معمولاً ناشی از کودها و سموم بکارگرفته شده در زمین‌های مجاور و فسفات ورودی نیز علاوه بر دو عامل قبل معمولاً در اثر تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و خانگی به آب‌های سطحی وارد می‌شوند [۳۴]. همچنین در تغییرات بلند مدت (سالانه)، علاوه بر نقش انسان می‌توان تغییرات اقلیم را عاملی دیگر بر غلظت نیترات و فسفات در آب‌های سطحی و به تبع آن در آب‌های زیر زمینی دانست. به گونه ای که با تغییرات رژیم بارندگی در طی سال‌های مختلف، نوع کاشت، مقدار محصول و نوع زهکشی در مزارع کشاورزی، میزان انتقال این مغذی‌ها به داخل آب دچار تغییرات قابل توجهی می‌شود. به عنوان مثال، وقوع خشکسالی در سال ۱۹۷۶ در شمال اروپا، منجر به افزایش ناگهانی غلظت نیترات در آب‌های سطحی شد [۳۵]. همانطور که در شکل‌های ۲، ۳ و ٤ مشاهده می‌شود، پارامترهای نیترات، فسفات و کدورت در طول سال‌های اندازه‌گیری با میزان بارندگی سالانه رابطه متناسبی داشته اند. بنابراین می‌توان میزان رژیم بارندگی را به عنوان عامل اصلی در تغییرات سالانه مغذی‌ها و کدورت در نظر گرفت.

طبق جدول ۱، غلظت فسفات و نیترات در رودخانه رابطه معناداری با یکدیگر داشته اند که خود دلیلی بر تایید منشأ مشترک و انتقال آن‌ها به آب‌های سطحی است. در مطالعه Zhang و همکاران ارتباط بین این دو پارامتر به اثبات رسیده است [۱۴]. بنابراین الگوی کشت و استفاده از سموم و کودها در فصول معین می‌تواند نقش مهمی در این تغییرات داشته باشد. همچنین در نمونه‌های جمع آوری شده از چاه، نیترات هم با کدورت و هم با کلیفرم مدفوعی رابطه معناداری نشان داده است. فسفات نیز رابطه معناداری با کلیفرم مدفوعی از

خود نشان داده است. با توجه به اینکه این رابطه معنادار میان فسفات و نیترات با کلیفرم مدفوعی در آب‌های سطحی نشان داده نشده است، بنابراین آلودگی اولیه آب نقشی در این ارتباط نداشته و طبق توضیحات مذکور، می‌توان اذعان نمود فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی محیط خاک در طول انتقال آب از رودخانه به چاه می‌تواند عامل اصلی این ارتباط باشد. غلظت نیترات در طول مسیر (رودخانه به چاه) کاهشی ۲۰ درصدی داشته است، اما در هر دو نقطه غلظت این ماده بالاتر از استانداردهای سازمان محیط زیست ایالات متحده (USEPA) بوده است (۱۰ میلی گرم بر لیتر) [۳۶]. در مطالعه ای که توسط جلالی در تویسرکان صورت گرفت، ۵۳ درصد نمونه‌ها دارای غلظت نیتراتی بین ۲۰ تا ۵۰ میلی گرم بر لیتر بوده اند [۳۷].

آب‌های غیر آلوده معمولاً دارای pH خنثی تا کمی قلیایی هستند [۳۲]. در این مطالعه، میانگین pH رودخانه ۹/۲ ثبت شده است که بالاتر از رنج استاندارد EPA (۶/۵-۸/۵) است. با توجه به اینکه این پارامتر با سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده رابطه معناداری از خود نشان نداده است، می‌توان علت آن را به حضور سایر آلاینده‌ها در آب یا تاثیر جنس بستر رودخانه نسبت داد. در مطالعه ای که توسط Ouyang و همکاران صورت گرفت، pH با تمامی پارامترهای کیفی آب بجز فسفات رابطه معناداری نشان نداد [۳۸]. مقدار pH پس از ورود به چاه بطور متوسط از ۹/۲ به ۷/۲ کاهش یافته است که در رنج استاندارد EPA [۳۶] است و می‌تواند ناشی از وقوع واکنش‌های بیولوژیک و شیمیایی (Redox) در طول مسیر انتقال از آب رودخانه به چاه باشد [۳۹]. در مطالعه ای که توسط Subba Rao بر روی کیفیت ۴۰ حلقه چاه در کشور هندوستان انجام داد، محدوده pH اندازه‌گیری شده بین ۶/۹ تا ۸/۵ اندازه‌گیری شد [۴۰]. طبق نتایج بدست آمده (جدول ۱)، پارامتر دما علاوه بر محل نمونه‌برداری، با هیچ یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده رابطه معناداری نشان نداده است.

در مطالعه Ouyang و همکاران [۳۸] و همچنین Bengraine و Marhab [۴۱] نیز پارامتر دما در اکثر موارد با هیچ یک از پارامترهای کیفی آب سطحی رابطه معناداری نشان نداده است. با توجه به اینکه فاصله چاه و رودخانه ناچیز است، تغییرات دمایی می‌تواند تنها ناشی از تغییرات فصلی و در نتیجه تغییرات دما باشد و ارتباطی با موقعیت جغرافیایی ندارد. در این مطالعه تغییرات فصلی و ماهانه برای کلیفرم مدفوعی معنادار بوده است. به گونه ای که در فصل پاییز بیشترین مقدار آن هم در چاه و هم در رودخانه مشاهده شد که علت آن می‌تواند ناشی از ورود رواناب‌ها در این فصل از سایر مناطق حوضه آبریز به درون رودخانه باشد [۴۲]. در سایر مطالعات نیز نشان داده شده است که تغییرات کلیفرم مدفوعی رابطه معناداری با تغییرات فصلی دارد [۳۰، ۳۱].

نتیجه‌گیری

در مجموع می‌توان اذعان نمود که چاه فلمن راندمان مناسبی در افزایش کیفیت آب نسب به رودخانه دوغ داشته است. با توجه به نحوه عملکرد این سازه و خصوصیات ظاهری پارامترهای فیزیکی (کدورت) و میکروبی (کلیفرم مدفوعی) نسبت به پارامترهای شیمیایی (نیترات و فسفات)، مسیر انتقال راندمان حذف بالاتری برای آن‌ها از خود نشان داد به گونه ای که ترتیب حذف این پارامترها عبارت بود از: کلیفرم مدفوعی > کدورت > pH و نیترات > فسفات. تغییرات فصلی و ماهانه بر خلاف سالانه یک عامل مهم در تغییرات پارامترهای کیفی آب به حساب می‌آید که می‌تواند متاثر از رژیم بارندگی، دمای آب، الگوی کشت و ... باشد. با توجه به نیاز آبی مناطق شهری پیشنهاد می گردد در مناطقی که از آب رودخانه برای مصارف شرب استفاده می شود در صورت وجود بستر شنی و ماسه ای، برداشت غیرمستقیم آب از طریق حفر چاه های فلمن انجام گیرد زیرا می تواند باعث کوچکتر شدن تصفیه خانه های آب و کاهش هزینه های

اقتصادی از نقطه نظر فیلتراسیون (کاهش کدورت) و مصرف مواد گندزدا (کاهش بار میکروبی) گردد. همچنین جهت جلوگیری از کاهش بار میکروبی و ارتقای سطح کیفیت آب رودخانه و چاه فلمن پیشنهاد می گردد طرح جمع آوری فاضلاب روستا های بالادست اجراء گردد.

تشکر و سپاسگزاری

بدینوسیله از دانشکده بهداشت و ایمنی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و همچنین سازمان آب و فاضلاب شهری استان گلستان تشکر و قدردانی می‌گردد. این مطالعه منتج از پایان نامه دوره عالی بهداشت عمومی (MPH) می باشد.

References

1. Sousa JCG, Ribeiro AR, Barbosa MO, et al. A review on environmental monitoring of water organic pollutants identified by EU guidelines. J Hazard Mater. 2018;344: 146-62.
2. Atamaleki A, Mostafaii G, Miranzadeh MB, et al. Application of dissolved air flotation process for industrial sludge thickening: A laboratory-scale study. IJHS. 2017;4(1): 22.
3. Kayser GL, Amjad U, Dalcanale F, et al. Drinking water quality governance: a comparative case study of Brazil, Ecuador, and Malawi. Environ Sci Policy. 2015;48: 186-95.
4. Abtahi M, Golchinpour N, Yaghmaeian K, et al. A modified drinking water quality index (DWQI) for assessing drinking source water quality in rural communities of Khuzestan Province, Iran. Ecol Indic. 2015;53: 283-91.
5. Montaseri M, Ghavidel SZZ, Sanikhani. Water quality variations in different climates of Iran: toward modeling total dissolved solid using soft computing techniques. Stoch Env Res Risk A. 2018;32(8): 2253-73.
6. Scheili A, Rodriguez M, Sadiq R.Seasonal and spatial variations of source and drinking water quality in small municipal systems of two Canadian regions. Sci Total Environ. 2015;508: 514-24.
7. Abbasnia A, Alimohammadi M, Mahvi AH, et al. Assessment of groundwater quality and evaluation of scaling and corrosiveness potential of drinking water samples in villages of Chabahr city, Sistan and Baluchistan province in Iran. Data brief. 2018;16: 182-92.
8. Sadat-Noori SM, Ebrahimi K, Liaghat AM. Groundwater quality assessment using the Water Quality Index and GIS in Saveh-Nobaran aquifer, Iran. Environ Earth Sci. 2014;71(9): 3827-43.
9. Razmkhah H, Abrishamchi A, Torkian A. Evaluation of spatial and temporal variation in water quality by pattern recognition techniques: A case study on Jajrood River (Tehran, Iran). Journal of Environmental Management 2010;91(4): 852-60.
10. Pejman AH, Bidhendi GRN, Karbassi AR, et al. Evaluation of spatial and seasonal variations in surface water quality using multivariate statistical techniques. IJEST. 2009;6(3): 467-76.
11. Tabari H, Marofi S, Ahmadi M. Long-term variations of water quality parameters in the Maroon River, Iran. Environ Monit Assess. 2011;177(1): 273-87.
12. Garizi AZ, Sheikh V, Sadoddin A. Assessment of seasonal variations of chemical characteristics in surface water using multivariate statistical methods. International Journal of IJEST. 2011;8(3): 581-92.
13. Hua G, Salo MW, Schmit CG, Hay CH. Nitrate and phosphate removal from agricultural subsurface drainage using laboratory woodchip bioreactors and recycled steel byproduct filters. Water Res. 2016;102: 180-9.
14. Zhang W, Jin X, Liu D, et al. Temporal and spatial variation of nitrogen and phosphorus and eutrophication assessment for a typical arid river — Fuyang River in northern China. J Environ Sci. 2017;55: 41-8.
15. Wang J, Chu L. Biological nitrate removal from water and wastewater by solid-phase denitrification process. Biotechnol Adv. 2016;34(6): 1103-12.
16. Ward M, Jones R, Brender J, et al. Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2018;15(7): 1557.
17. Atamalaki A, Sadeghi S, Dolati M, et al. Measuring and monitoring of organic matter and nutrients along Chenaran River of Bojnurd. Safety Promot. Inj. Prev. 2015;3(1): 74-67.
18. Huang C-S, Tsou P-R, Yeh H-D. An analytical solution for a radial collector well near a stream with a low-permeability streambed. J Hydrol. 2012;446-447: 48-58.
19. Bakker M, Kelson VA, Luther. Multilayer analytic element modeling of radial collector wells. KHJG. 2005;43(6): 926-34.
20. Spiridonoff SV. Design and use of radial collector wells. J Am Water Works Ass. 1964;56(6): 689-98.

21. Keshavarzi B, Moore F, Najmeddin A, et al. Quality of drinking water and high incidence rate of esophageal cancer in Golestan province of Iran: a probable link. Environ Geochem Hlth. 2012;34(1): 15-26.

22. Iran SCo. Iran statistical year book of 2016 2016. Available from: https://www.amar.org.ir/english.

23. Association APH. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: CHIZINE PUBN; 2017.

24. Maroney CL, Rehmann CR. Stream depletion rate for a radial collector well in an unconfined aquifer near a fully penetrating river. J Hydrol 2017;547: 732-41.

25. Brandt MJ, Johnson KM, Elphinston AJ, Ratnayaka DD. Twort's Water Supply: IWA Publishing; 2017.

26. Association AWW, Edzwald JK. Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water: McGraw-Hill Education; 2010.

27. Liu R, Chi L, Wang X, et al. Review of metal (hydr)oxide and other adsorptive materials for phosphate removal from water. JECE. 2018;6(4): 5269-86.

28. Shaaban M, Wu Y, Khalid MS, et al. Reduction in soil N2O emissions by pH manipulation and enhanced nosZ gene transcription under different water regimes. Environ Pollut. 2018;235: 625-31.

29. Drewry J, Newham L, Croke BJJoem. Suspended sediment, nitrogen and phosphorus concentrations and exports during storm-events to the Tuross estuary, Australia. J Environ Manage. 2009;90(2): 879-87.

30. Sliva L, Dudley Williams D. Buffer Zone versus Whole Catchment Approaches to Studying Land Use Impact on River Water Quality. Water Res. 2001;35(14): 3462-72.

31. Singh KP, Malik A, Sinha S. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques—a case study. Anal Chim Acta. 2005;538(1): 355-74.

32. Jonnalagadda SB, Mhere G. Water quality of the odzi river in the eastern highlands of zimbabwe. Water Res. 2001;35(10): 2371-6

33. Garg R, Rao R, Uchchariya D, et al. Seasonal variations in water quality and major threats to Ramsagar reservoir, India. AJOL. 2010;4(2).

34. Vega M, Pardo R, Barrado E, Debán L. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. Water Res. 1998;32(12): 3581-92.

35. Gascuel-Odoux C, Aurousseau P, Durand P, et al. The role of climate on inter-annual variation in stream nitrate fluxes and concentrations. Sci Total Environ. 2010;408(23): 5657-66.

36. EPA. Water Quality Standards: Regulations and Resources: EPA; 2017. Available from: https://www.epa.gov/wqs-tech.

37. Jalali M. Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, western Iran. ENVIRON EARTH SCI. 2011;62(5): 907-13.

38. Ouyang Y, Nkedi-Kizza P, Wu Q, et al. Assessment of seasonal variations in surface water quality. Water Res. 2006;40(20): 3800-10.

39. Blöthe M, Roden EEJA, microbiology e. Microbial iron redox cycling in a circumneutral-pH groundwater seep. Appl Environ Microbiol. 2009;75(2): 468-73.

40. Subba Rao N. Seasonal variation of groundwater quality in a part of Guntur District, Andhra Pradesh, India. Environ Geol. 2006;49(3): 413-29.

41. Bengraïne K, Marhaba TFJJoHM. Using principal component analysis to monitor spatial and temporal changes in water quality. J Hazard Mater. 2003;100(1-3): 179-95.

42. Pednekar AM, Grant SB, Jeong Y, et al. Influence of climate change, tidal mixing, and watershed urbanization on historical water quality in Newport Bay, a saltwater wetland and tidal embayment in southern California. Environ Sci Technol. 2005;39(23): 9071-82.

Journal of Environmental Health Engineering, November 2019; Vol. 7, No. 1: 29-41

Investigation of Physicochemical and Microbial Parameters of Doogh River Water and the Effect of Adjacent Felman Wells on Decreasing These Parameters in Kalaleh city During 2012-2016

Monireh Majlesi[1], Nadali Alavi[1], Ali Atamaleki[1,2], Mostafa Seyyed[3], Najmeddin Soheili[4]*

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Student Research Committee, Department and Faculty of Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. Water and Wastewater company of Gonbad Kavous, Golestan, Iran
4. Department of MPH, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**** E-mail: najm_soh@yahoo.com***

Received: 23 Oct 2018 ; Accepted: 12 Feb 2019

ABSTRACT

Background: Water resource management in order to preserving and supplying of high-quality water, plays an important role on communities health. For this reason, humans have always used different methods to provide high-quality water. One of these methods is the use of Radial Collector wells. In this study, the effect of Radial Collector wells on the microbial and physicochemical quality of Doogh River during 5 years has been investigated.

Methods: In this study, we assessed some water quality parameters on Dough River (DR) and its adjacent Radial Collector Well (RCW) which supplies water shortage of Gonbad Kavous city, Golestan province, Iran. For this purpose, monthly samples during 2012 to 2016 were collected from DR and RCW, then parameters included nitrate, phosphate, turbidity, pH, fecal coliform, and temperature were measured. Finally, effect of time variation and infiltration of water from DR to RCW on qualitative parameters was analyzed.

Results: According to the results, nitrate, phosphate, turbidity, pH, and fecal coliforms significantly decreased during infiltration process (P-Value <0.05). In addition, the time variation of nitrate, phosphate, turbidity, temperature, and fecal coliforms had significant difference.

Conclusion: The present dataset demonstrated that RCW has a good efficiency for reduction of measured parameters. Also, monthly variations can be effective on water quality of resources.

Keywords: Water resources, Water quality, River, Radial collector well, Golestan