



Original Research Paper

Assessment of Groundwater Quality in Gorgan Using the Groundwater Quality Index (GWQI)

Kazem Babaei Ziyarati¹, Behzad Rahnama^{2*}, Eisa Hajiradkouchak³, Hasan Nasrollahzadeh Saravi⁴, Ali Shahbazi⁵

¹MSc. student of Natural Resources Engineering-Environmental Science-Environmental Pollution, Department of Environmental Engineering, Golestan Higher Education Institute, Gorgan, Iran.

^{2*}Assistant prof, Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Mazandaran, Sari, Iran.

Email: rahnama.behzad@gmail.com

³Researcher of Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Mazandaran, Sari, Iran.

⁴Professor, Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Mazandaran, Sari, Iran.

⁵PhD, University of Tehran, Tehran, Iran.

Key Words	Abstract
Groundwater, Water quality, Drinking water, Water resources.	Water quality is a fundamental factor that influences all dimensions of ecosystems as well as public health. Numerous researchers emphasize that the provision of safe drinking water, proper sanitation, and efficient management constitute the three essential pillars of community health. Accordingly, the present study aimed to evaluate the groundwater quality index (GWQI) of rural drinking water resources in Gorgan County. A total of 13 sampling stations under the supervision of the Rural Water and Wastewater Company were investigated over a three-year period (2016–2018) to identify temporal trends in groundwater quality. Water samples were analyzed at the laboratories of the Rural Water and Wastewater Company and Golestan Institute of Higher Education using standard analytical methods. The GWQI index was employed to compare groundwater quality across the studied villages. Results revealed that Kaloo village exhibited the lowest GWQI value (37.41, classified as excellent), whereas Ghal'eh Mahmoud village showed the highest (277.39, classified as very poor). Overall, 49% of the groundwater samples were categorized as excellent, 46% as good, and 5% as poor to very poor in terms of drinking suitability. The findings highlight that groundwater in Ghal'eh Mahmoud requires treatment with respect to several chemical parameters, including hardness, turbidity, chloride, and sulfate. Concentrations of iron and fluoride in all drinking water sources remained below permissible limits. Nevertheless, the observed increase in certain parameters in recent years suggests the potential infiltration of wastewater, likely associated with the north-to-south topographic gradient of the region. In recent years, the increase in certain parameters indicates the potential infiltration of wastewater, likely influenced by the north-to-south slope of the area. This issue requires more comprehensive investigations.

* Corresponding Author's email: rahnama.behzad@gmail.com

Received: 07 October 2025; Reviewed: 12 November 2025; Revised: 12 December 2025; Accepted: 29 December 2025

(DOI): 10.70102/AEJ.2025.17.4.67

ارزیابی کیفیت آب‌های زیر زمینی شهرستان گرگان با شاخص کیفی آب زیرزمینی (GWQI)

کاظم بابایی زیارتی: کارشناسی ارشد، مهندسی منابع طبیعی-علوم محیطی-آلودگی های محیطی، گروه مهندسی محیط زیست، مؤسسه آموزش عالی گلستان، گرگان، ایران.

بهزاد رهنما*: استادیار پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مازندران، ساری، ایران.

عیسی حاجی رادکوچک: محقق پژوهشکده اکولوژی اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مازندران، ساری، ایران.

حسن نصرالهزاده ساروی: استاد پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مازندران، ساری، ایران.

علی شهبازی: دانش‌آموخته دکتری، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rahnama.behzad@gmail.com

واژه‌های کلیدی	چکیده
آب زیرزمینی کیفیت آب، آب شرب، منابع آب	های اکوسیستم و بهداشت تحت تأثیر قرار می دهد. بسیاری کیفیت آب عامل مهمی است که تمام جنبه از محققان و پژوهشگران معتقدند که تامین آب سالم، دفع بهداشتی و مدیریت بهینه، سه محور سلامت را تشکیل می دهند لذا این پژوهش با هدف بررسی شاخص کیفی آب زیرزمینی بر روی منابع آب شرب روستاهای تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب روستایی شهرستان گرگان شامل 13 ایستگاه جهت بررسی روند تغییرات داده‌های کیفیت آب روستاهای شهرستان گرگان در یک دوره سه ساله تا 1396 انجام شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب روستایی و موسسه آموزش 1398 عالی گلستان به روش استاندارد متد اندازه گیری شد. جهت مقایسه کیفیت آبهای زیرزمینی از شاخص استفاده شد. نتایج نشان داد میزان این شاخص برای روستای کلو کمترین میزان (GWQI) کیفی با کیفیت عالی و روستای قلعه محمود بیشترین میزان 39/277 با کیفیت خیلی ضعیف 41/37 می‌باشد. یعنی نمونه‌های آب زیرزمینی از نظر آشامیدن، 49% در کلاس عالی، 46% خوب و در کلاس ضعیف و خیلی ضعیف قرار گرفت. با توجه به نتایج منبع آب زیر زمینی قلعه محمود 5% از لحاظ پارامترهای شیمیایی شامل سختی، کدورت، کلراید و سولفات مورد تصفیه قرار گیرند. آهن و فلوراید در تمام منابع آب شرب کمتر از حد استاندارد می‌باشد. در سال‌های اخیر، افزایش برخی پارامترها نشان‌دهنده احتمال نفوذ فاضلاب است که به احتمال زیاد تحت تأثیر شیب شمالی به جنوبی منطقه قرار دارد. این موضوع نیازمند بررسی‌ها و مطالعات جامع‌تری است.

مقدمه

تحلیل کیفیت آب یکی از موضوعات کلیدی در مطالعات منابع آب زیرزمینی بوده (1) و بررسی کیفیت آب زیرزمینی نقشی اساسی در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، بهداشت عمومی و حتی سیاست‌های زیستمحیطی ایفا می‌کند (2). کمبود آب آشامیدنی سالم می‌تواند پیامدهای نامطلوبی بر سلامت جامعه و امید به زندگی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه داشته باشد (1، 2).

آب زیرزمینی در معرض آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی گوناگون نظیر کاربری‌های مسکونی، شهری، صنعتی، تجاری و کشاورزی است؛ عواملی که می‌توانند به شکل مستقیم یا غیرمستقیم بر کیفیت این منابع اثرگذار باشند (3). آلودگی آب زیرزمینی نه‌تنها منجر به افت کیفیت آب آشامیدنی می‌شود، بلکه پیامدهایی همچون از دست رفتن منابع، افزایش هزینه‌های تصفیه و جایگزینی و نیز تهدید سلامت عمومی را به دنبال دارد (4). از این رو، پایش و ارزیابی مستمر کیفیت آب برای پیشگیری از آلودگی‌های میکروبی و شیمیایی و نیز تضمین دسترسی ایمن و پایدار به آب آشامیدنی، امری حیاتی است (4).

کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب، از منظر پذیرش مصرف‌کننده، سلامت عمومی و پایداری شبکه‌های آبرسانی اهمیت ویژه‌ای دارد (5). در ترکیب آب، مجموعه‌ای از یون‌ها و

ترکیبات شیمیایی حضور دارند که هر یک می‌توانند بر کیفیت نهایی اثرگذار باشند. بررسی دقیق آنیون‌ها و کاتیون‌ها نه‌تنها ویژگی‌های اصلی آب را مشخص می‌کند بلکه امکان شناخت سایر خصوصیات شیمیایی آن را نیز فراهم می‌سازد (6). از میان مهم‌ترین پارامترهای شیمیایی می‌توان به فلوئور، کلراید، سدیم، سولفات، آهن، سختی کل و کل جامدات محلول اشاره کرد (7).

برای ارزیابی کیفیت آب، شاخص‌های متعددی توسط پژوهشگران ارائه شده که غالباً مبتنی بر استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) هستند. به عنوان نمونه، شاخص WQI با در نظر گرفتن ۱۲ پارامتر شامل pH، سختی کل، کلسیم، منیزیم، بیکربنات، کلراید، نیترات، سولفات، کل جامدات محلول، آهن، منگنز و فلوراید محاسبه می‌شود. این شاخص عددی در بازه‌ای از صفر تا بی‌نهایت تعریف شده و هرچه مقدار آن بیشتر باشد، کیفیت آب نامطلوب‌تر ارزیابی می‌گردد (8).

در میان شاخص‌های موجود، شاخص GWQI (Ground-water Quality Index) کاربرد گسترده‌تری دارد، چراکه در مقایسه با سایر مدل‌ها از سادگی، سهولت دسترسی و دقت بیشتری برخوردار است (9). این شاخص بر اساس مقادیر پارامترهایی همچون کل جامدات محلول، کلراید، کلسیم، pH، منیزیم، سولفات و سدیم محاسبه

مواد و روش‌ها

این مطالعه يك مطالعه مقطعي (Cross Sectional) با رویکرد توصیفی تحلیلی می باشد که به مدت 3 سال بر روی منابع آب زیرزمینی روستاهای شهرستان گرگان انجام شد. برای این منظور، عملیات نمونه برداری از آب تمامی این چاه ها به مدت سه سال به صورت شش ماه یکبار و در فاصله زمانی 1394 تا 1396 از طریق خروجی چاه صورت گرفت.

جمعیت مورد مطالعه منابع آب شرب روستاهای تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب روستایی شهرستان گرگان است که 13 روستا بصورت تصادفی انتخاب شد که در جدول 1 نشان داده شده است.

می شود و ماهیتی کاهشی دارد؛ بدین معنا که با افزایش سطح آلودگی، مقدار شاخص کاهش می یابد (10). در ایران، نبی زاده و همکاران در سال ۲۰۱۳ نرم افزار محاسبه شاخص GWQI را برای منابع آب زیرزمینی توسعه دادند که بر مبنای استاندارد ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی طراحی شده بود (11). با توجه به اهمیت روزافزون این موضوع، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کیفیت منابع آب شرب روستاهای شهرستان گرگان بر اساس شاخص GWQI انجام گرفته است.

جدول 1- مشخصات منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان

ردیف	شهرستان	بخش	روستا (مجتمع آبرسانی)	نوع منبع
1	گرگان	مرکزی	اصفهانکلاته	چاه
2	گرگان	مرکزی	امیرآباد	چاه
3	گرگان	بهاران	چهارچنار	چاه
4	گرگان	مرکزی	سیاهتلو	چاه
5	گرگان	مرکزی	سیستانی محله	چاه
6	گرگان	مرکزی	فیض آباد	چاه
7	گرگان	بهاران	قرق	چاه
8	گرگان	مرکزی	قلعه محمود	چاه
9	گرگان	مرکزی	کفشگیری	چاه
10	گرگان	مرکزی	کلو	چاه
11	گرگان	مرکزی	مامایی	چاه
12	گرگان	مرکزی	محمد آباد	چاه
13	گرگان	بهاران	والش آباد	چاه

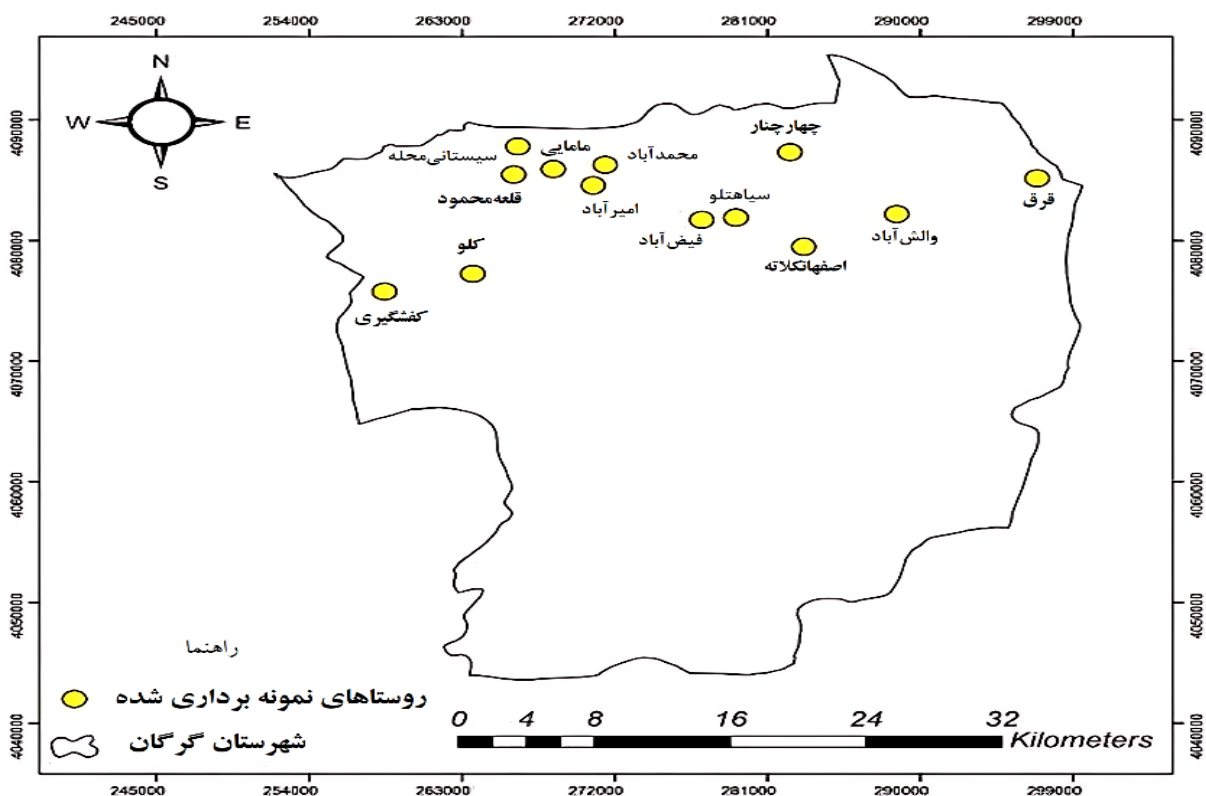
موقعیت جغرافیایی منطقه

شهر گرگان در بخش جنوبی استان گلستان واقع شده است. این شهرستان

از قسمت شمال به شهرستانهای آق قلا و ترکمن و از جنوب به استان سمنان و از شرق به شهرستان علی آباد و

از غرب به شهرستان کردکوی محدود می‌شود. وسعت شهرستان گرگان 1615/2 کیلومتر مربع (7/91 درصد از مساحت استان) می‌باشد و براساس تقسیمات

کشوری سال 89 از دو بخش مرکزی و بهاران و سه شهر گرگان، سرخنگلاته، جلین و قرق پنج دهستان و 98 روستا تشکیل شده است.



شکل 1- موقعیت مکانی منابع آب مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده

جهت بررسی روند تغییرات داده‌های کیفیت آب روستاهای شهرستان گرگان در یک دوره سه ساله با همکاری از شرکت آب و فاضلاب روستایی و موسسه آموزش عالی بهاران گرفته شد. نمونه‌ها طبق روش استاندارد (جدول 2) در آزمایشگاه شرکت آب و

فاضلاب روستایی به روش استاندارد متد اندازه گیری شد.

حجم نمونه برداشت شده از هرکدام از منابع تامین حدود یک لیتر بود که در ظروف پلاستیکی یک لیتر برداشت و در کنار یخ به سرعت به آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب روستایی استان گلستان منتقل شد.

جدول 2- روش اندازه گیری پارامترهای کیفی آب

ردیف	فاکتورها	روش یا وسیله اندازه گیری
1	pH	pH متر دستگاه مولتی پارامتر Lovibond
2	هدایت الکتریکی	کانداکتیومتر دستگاه مولتی پارامتر Lovibond
3	قلیائیت	تیتراسیون با اسید

4	سختی	تیتراسیون با EDTA
5	کل جامدات محلول	گراویمتری
6	کدورت	نفلومتر (کدورت سنج)
7	فلوراید	روش اسپادنس- اسپکتروفتومتری
8	کلرور	آرژانتومتری موهر
9	سولفات	توربیدومتری- اسپکتروفتومتری
10	نیتрат	اسپکتروفتومتری
11	کلسیم	حجم سنجی
12	منیزیم	حجم سنجی
13	آهن	حجم سنجی
14	منگنز	حجم سنجی پرسولفات
15	آمونیم	اسپکتروفتومتری
16	سدیم	فیلم فتومتری

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

با توجه به ماهیت داده‌ها و رویکرد مطالعه، شاخص‌های مرکزی و پراکندگی برای متغیرهای وابسته مورد محاسبه قرار گرفت. نمودارها و شاخص مورد نظر توسط نرم افزار فرمول نویسی شده Excel رسم و تجزیه و تحلیل آماری نیز از نرم افزار spss16 محاسبه شد.

محاسبه شاخص کیفی آب

از پرکاربردترین شاخص جهت پهنه بندی کیفی آب‌ها شاخص GWQI (Ground Water Quality Index) است که نسبت به سایر شاخص‌ها یا مدل‌ها مشکلات کمتری داشته و به دلیل راحتی و قابل دسترسی آسان در مطالعات دانشمندان و محققان استفاده می‌گردد (9). روش تعیین شاخص بر پایه مقادیر شاخص های جامدات محلول کل، کلرور، کلسیم، pH، منیزیم، سولفاتو سدیم می باشد و این شاخص از مدل شاخص با مقیاس کاهشی است یعنی با مقدار

آلودگی رابطه معکوس داشته که با افزایش مقدار آلودگی آب، مقدار شاخص کاهش می یابد (10).

در ایران نبی زاده و همکاران در سال 2013 شاخص GWQI و نرم افزار آن را برای منابع آب های زیرزمینی بر اساس استاندارد 1053 موسسه استاندارد تحقیقات صنعتی طراحی نمودند. در این مطالعه از نرم افزار طراحی شده توسط نبی زاده و همکاران جهت محاسبه شاخص استفاده شد (11).

برای محاسبه شاخص کیفی آب ابتدا باید وزن پارامترهای مورد مطالعه مشخص کرد. برای مشخص کردن وزن هر پارامتر از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

که در آن W_i وزن نسبی و w_i وزن پارامتر و n تعداد پارامترها می‌باشد.

پس از محاسبه وزن ها در مرحله

بعد محدود کیفی از رابطه زیر
مشخص می‌گردد:

$$GWQI = \sum SI_i$$

نتایج

$$q_i = \frac{C_i}{S_i} \times 100$$

بررسی شاخص GWQI

که در آن C_i مقدار پارامتر و S_i مقدار استاندارد آن می‌باشد. سپس میزان شاخص کیفی از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$SI_i = W_i \times q_i$$

پارامترهای مورد استفاده و وزن آنها و میزان استاندارد بر اساس استاندارد 1053 سازمان ملی استاندارد در جدول 3 نشان داده شده است. شاخص عددی GWQI در جدول 4 نشان داده شده است.

جدول 3- پارامترهای معیار، وزن فاکتورها و حدود مجاز برای تنظیم کردن شاخص

GWQI

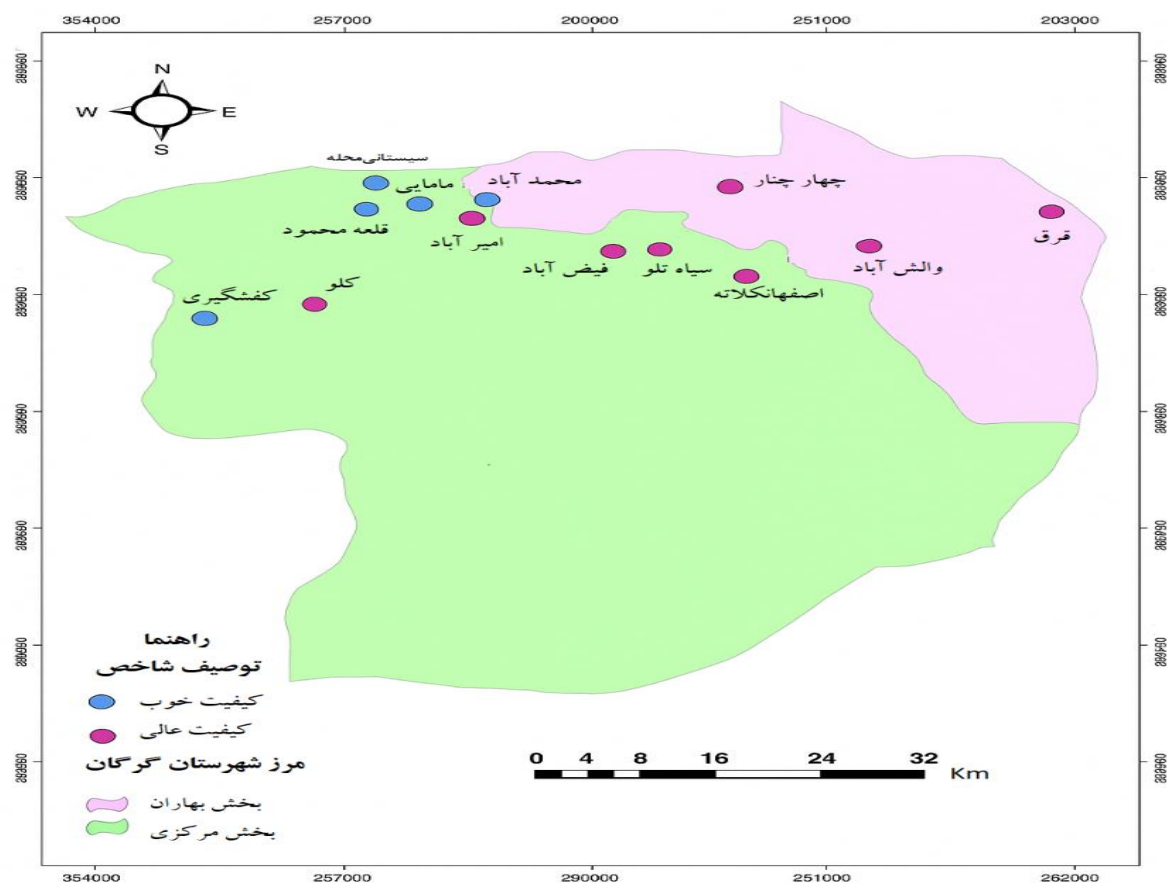
پارامتر معیار	وزن	حدود مجاز
pH	4	6/5-8/5
کلسیم	2	300
منیزیم	2	30
کلراید	3	250
TDS	4	1000
فلوراید	4	1/5
منگنز	4	0/1
نیتрат	5	50
آهن	4	0/3
سولفات	4	250
آمونیم	3	1/5
سدیم	3	200
کدورت	4	5

جدول 4- تقسیم‌بندی کیفیت آب زیرزمینی بر اساس مقادیر GWQI

مقدار GWQI	توصیف
کمتر از 50	عالی
50-100	خوب
100-200	ضعیف
200-300	خیلی ضعیف
بیشتر از 300	غیرقابل شرب

مورد مطالعه هشت روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی و پنج روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب برای شرب می‌باشد.

همانطور که جدول 5 نشان می‌دهد میزان شاخص GWQI منابع آب آشامیدنی روستاهای گرگان در سال 94 بین 42/17 تا 67/60 می‌باشد که دارای کیفیت عالی تا خوب می‌باشد. هیچکدام از منابع آب در محدوده ضعیف قرار نگرفتند. از 13 روستا

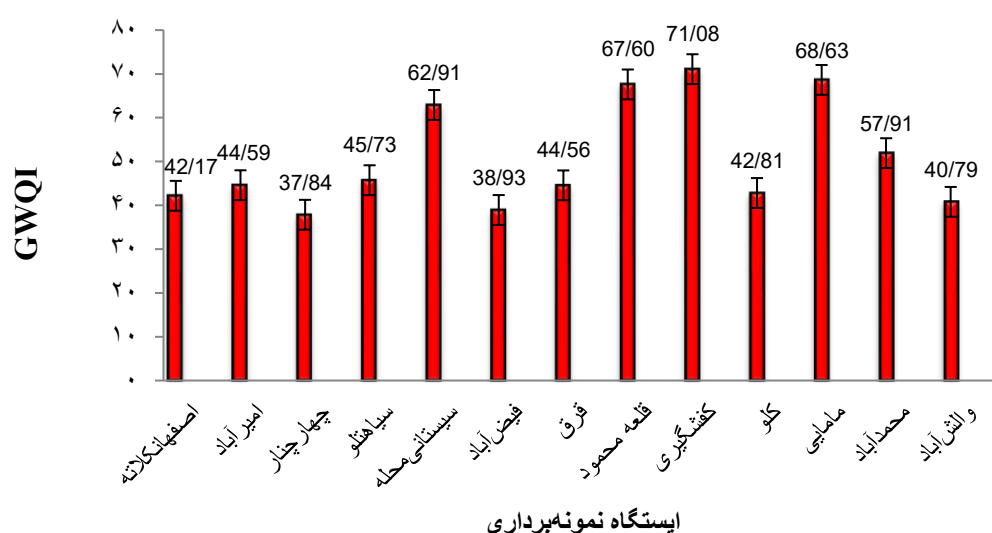


شکل 2- موقعیت جغرافیایی منابع آب با کیفیت عالی و خوب در سال 1394

جدول 5- مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال 1394

روستا (مجتمع آبرسانی)	مقدار شاخص	توصیف
اصفهانکلاته	17/42	عالی
امیرآباد	44/59	عالی
چهارچنار	37/84	عالی
سیاه‌تلو	45/73	عالی
سیستانی‌محله	62/91	خوب

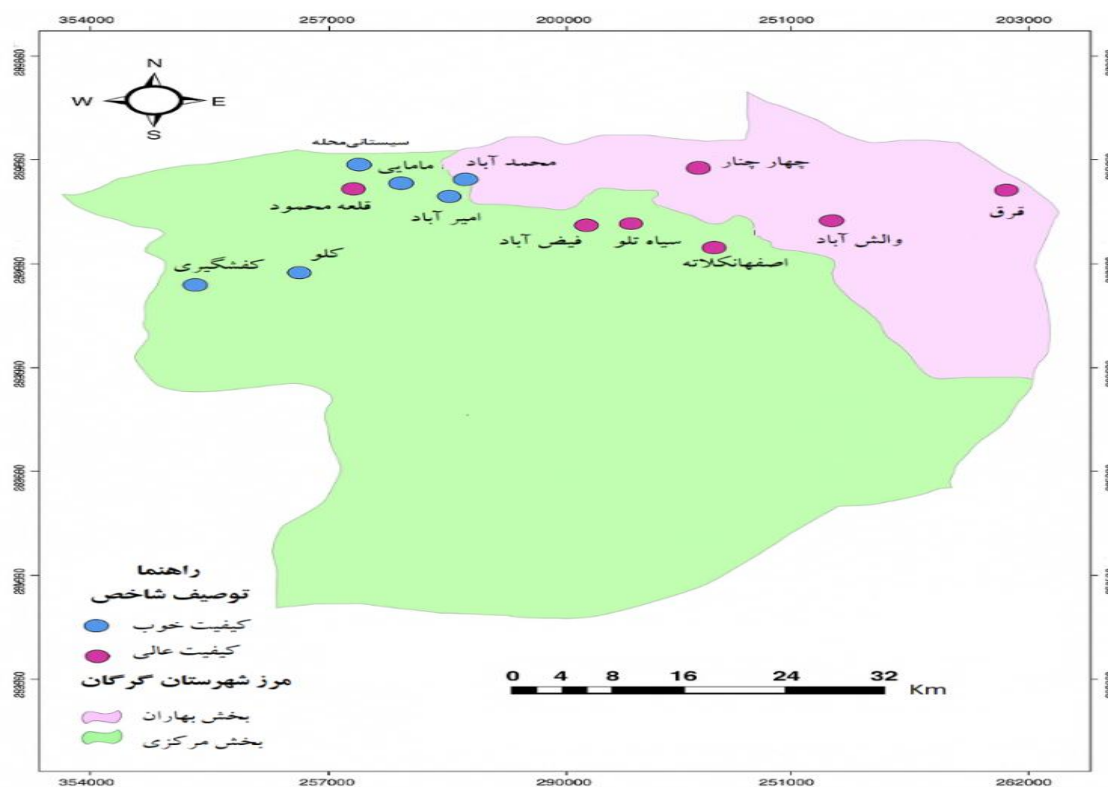
فیض آباد	38/93	عالی
قرق	44/56	عالی
قلعه محمود	67/60	خوب
کفشگیری	71/08	خوب
کلو	42/81	عالی
مامایی	68/63	خوب
محمد آباد	51/91	خوب
والش آباد	40/79	عالی



شکل 3- مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال 1394

همانطور که جدول 6 نشان می دهد میزان شاخص GWQI منابع آب آشامیدنی روستاهای گرگان در سال 95 بین 38/98 تا 277/39 می باشد که دارای کیفیت عالی ، خوب و خیلی ضعیف می باشد. هیچکدام از منابع آب در محدوده غیر قابل شرب قرار نگرفتند.

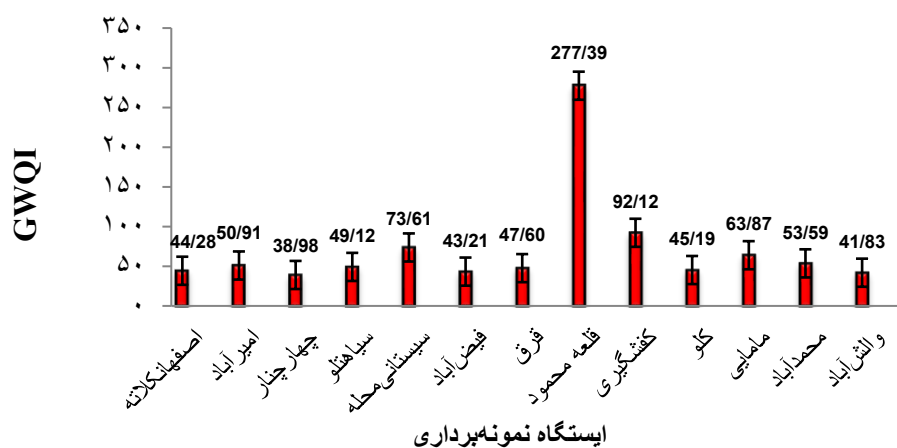
از 13 روستا مورد مطالعه هفت روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی و پنج روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب و یک روستا (قلعه محمود) دارای کیفیت خیلی ضعیف (با شاخص کیفی 277/39) برای شرب می باشد.



شکل 4- موقعیت جغرافیایی منابع آب با کیفیت های مختلف سال 1395

جدول 6- مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال 1395

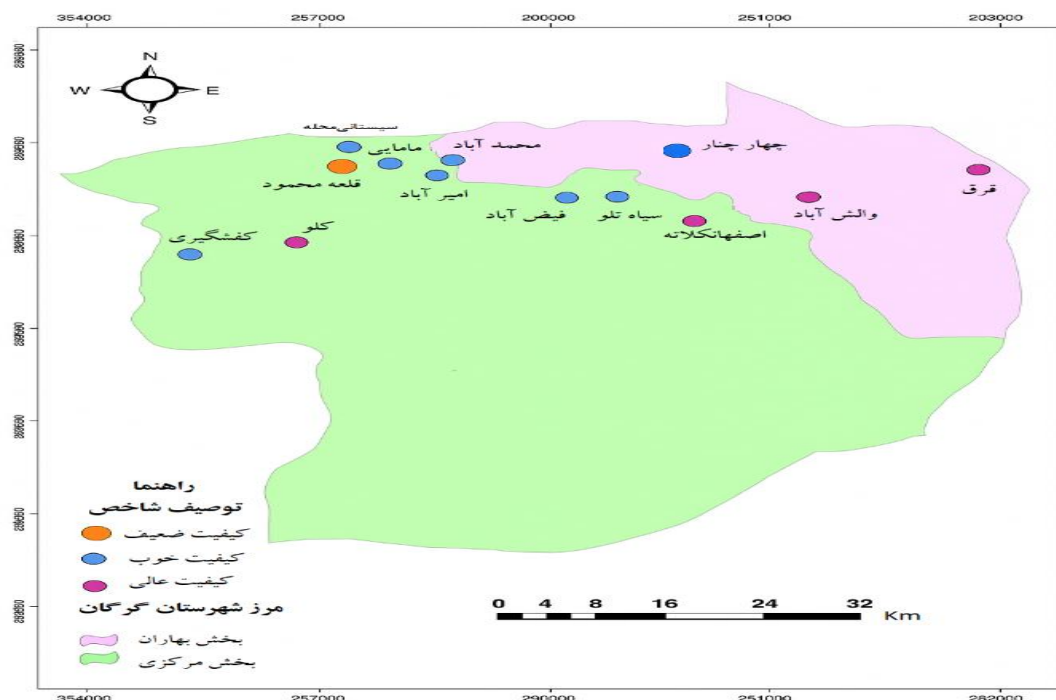
روستا (مجتمع آبرسانی)	مقدار شاخص	توصیف
اصفهانکلاته	44/28	عالی
امیرآباد	50/91	خوب
چهارچنار	38/98	عالی
سیاهتلو	49/12	عالی
سیستانی محله	73/61	خوب
فیض آباد	43/21	عالی
قرق	47/60	عالی
قلعه محمود	277/39	خیلی ضعیف
کفشگیری	92/12	خوب
کلو	45/19	عالی
مامایی	63/87	خوب
محمد آباد	53/59	خوب
والش آباد	41/83	عالی



شکل 5- مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال 1395

همانطور که جدول 4-16 نشان می دهد میزان شاخص GWQI منابع آب آشامیدنی روستاهای گرگان در سال 96 بین 37/21 تا 155/19 می باشد که دارای کیفیت عالی ، خوب و ضعیف می باشد. هیچکدام از منابع آب در محدوده خیلی ضعیف قرار نگرفتند.

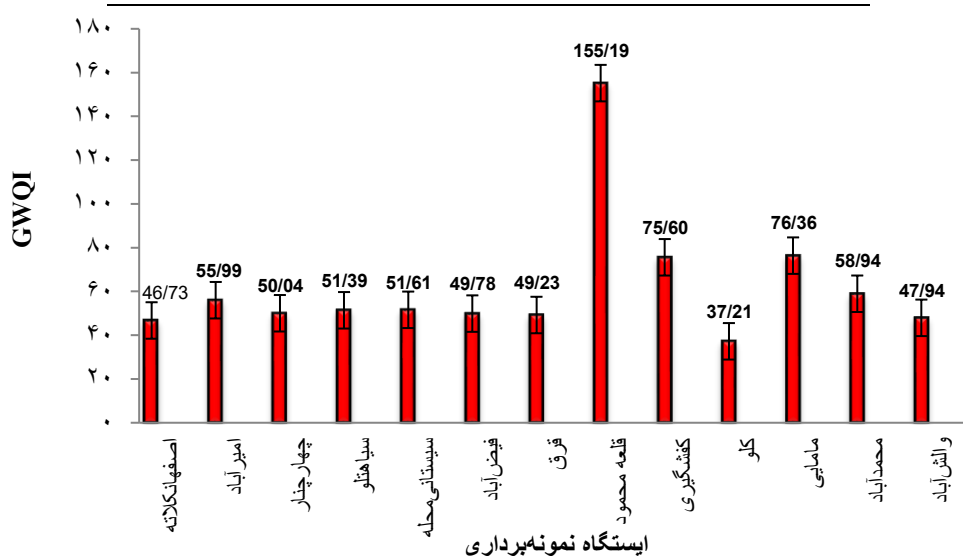
از 13 روستا مورد مطالعه چهار روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی و هشت روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب و یک روستا (قلعه محمود) دارای کیفیت ضعیف (با شاخص کیفی 155/19) برای شرب می باشد



شکل 6- موقعیت جغرافیایی منابع آب با کیفیت های مختلف سال 1396

جدول 7- مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال 1396

روستا (مجمع آبرسانی)	مقدار شاخص	توصیف
اصفهانکلاته	46/73	عالی
امیرآباد	55/99	خوب
چهارچنار	50/04	خوب
سیاهتلو	51/39	خوب
سیستانی محله	51/61	خوب
فیض آباد	50	خوب
قرق	49/23	عالی
قلعه محمود	155/19	ضیف
کفشگیری	75/60	خوب
کلو	37/21	عالی
مامایی	76/36	خوب
محمدآباد	58/94	خوب
والش آباد	47/94	عالی



شکل 7- مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال 1396

بحث

این مطالعه مقطعی با رویکرد توصیفی تحلیلی می باشد که به مدت سه سال بر روی منابع آب زیرزمینی روستاهای شهرستان گرگان انجام شد. دسترسی به منابع آب آشامیدنی سالم در بسیاری از کشورهای دنیا به خصوص

در نواحی روستایی مساله ای مهم می باشد. سازمان جهانی بهداشت گزارش نمود که سالانه 1/1 میلیارد نفر در جهان به منابع مطمئن آب سالم دسترسی ندارند (12). بدین منظور این مطالعه با هدف بررسی کیفیت پارامترهای فیزیکی و

روستاهای شهرستان گرگان نشان داد اکثر مناطق دارای شرایط مطلوب می‌باشند (14). تعیین بهترین شاخص ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی استان گیلان، با استفاده از شاخص های (WQI American و CWQI) برای آبهای زیرزمینی محاسبه شد که شاخص WQI کیفیت آب را متوسط، CWQI کیفیت آب را بد و شاخص WQI American نیز کیفیت آب را خوب نشان داد (15). در تحقیق انجام شده با استفاده از شاخص (GWQI) وضعیت کیفی آبهای زیرزمینی شهرستان گرمی، که نتایج بیانگر این بود که میزان شاخص GWQI در محدوده 41/37 تا 44/86 بوده و کیفیت آب در محدوده خوب می‌باشد. میزان شاخص GWQI برای چاه ارانچی، کمترین (41/37) مقدار عدد بوده که نشان‌دهنده بالاترین کیفیت آب و این مقدار برای چاه گوده کهریز، بیشترین مقدار (44/86) بوده که نشان‌دهنده کیفیت پایین آب می‌باشد. در مقایسه با آن نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار شاخص (GWQI) در روستاهای گرگان بین 37/21 تا 277/39 می‌باشد و آب مناطق مورد مطالعه در محدوده عالی، خوب، ضعیف و خیلی ضعیف قرار دارد. همچنین این شاخص برای روستای کلو، کمترین میزان (37/41) با کیفیت عالی و روستای قلعه محمود، بیشترین میزان (277/39) با کیفیت خیلی ضیف می‌باشد (Javid et al., 2016). کیفیت آب در نتایج مطالعه‌ای محدوده حوضه Ratmao-Pathri Rao در کشور هندوستان با استفاده از شاخص (WQI) نشان داد که از نمونه‌های آب

شیمیایی و تعیین کیفیت شاخص (GWQI) آب شرب روستاهای شهر گرگان صورت گرفت. با توجه به اینکه مطالعات کمی در زمینه بررسی فیزیکی شیمیایی آبهای زیر زمینی در روستاهای شهر گرگان صورت گرفته است این مطالعه سعی دارد اطلاعاتی در این زمینه به‌ما آشکار سازد. که‌براین اساس کمیت ناکافی، ارزیابی و نظارت بر کیفیت آب‌ها برای جلوگیری از آلودگی و اشاعه بیماری‌های منطقه از آب و برای اطمینان از استفاده مداوم و ایمن از این منابع برای شرب بررسی شد. تغییرات نیترات و کل جامدات محلول در آب‌های شرب زیرزمینی دشت همدان نشان داد که براساس نتایج به‌دست آمده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در مورد نیترات، میانگین سالیانه 38/09 میلی گرم در لیتر بوده که بالاتر از استاندارد می‌باشد و کل جامدات محلول در حد استاندارد بوده است. نتایج مطالعات این پژوهش طی سه سال نشان داد که میانگین نیترات 14/26 و میانگین کل جامدات محلول (TDS) 646/68 میلی گرم در لیتر رو به افزایش بوده که کل جامدات محلول بالاتر از استاندارد جهانی و نیترات دارای حداکثر استاندارد مجاز می‌باشد (13). بررسی ارزیابی شاخص کیفیت آب (WQI) منابع آب زیرزمینی استان کرمان نشان داد که اکثر مناطق مورد مطالعه دارای شرایط نامطلوب می‌باشند. اما نتایج مطالعه این پژوهش در ارزیابی شاخص کیفی (GWQI) منابع آب زیر زمینی

این روستا قبل از مصرف باید کنترل و از خطرات آلودگی محافظت شود. میانگین کدورت در منابع آب نشان می‌دهد که کدورت در چند سال کاهش و افزایش یافته است.

با توجه به تحقیق سه سال اخیر در مورد شاخص GWQI در روستاهای مورد مطالعه نتایج بدست آمده نشان می‌دهد تغییرات چشمگیری در بعضی فاکتورها داشته است. این امر سبب می‌شود نیاز به پایش و رسد منابع روستایی باید بطور پیوسته مورد بررسی قرار گیرد. لذا احتمال نفوذ کود شیمیایی کشاورزی به آبهای زیر زمینی و نفوذ فاضلاب ها با توجه به شیب منطقه از شمال به جنوب می‌باشد. که روستاهای مورد مطالعه از جمله اصفهانکلاته، امیرآباد، چهارچنار، سیاhtلو، فیض آباد، قرق، مامایی، محمدآباد و والش آباد را در بر می‌گیرد.

در یک بررسی با عنوان ارزیابی کیفیت آب قره‌سو با استفاده از شاخص IRWQIsc توسط حاجی‌رادکوچک و همکاران با توجه به تحقیق انجام شده، پیشنهاد دادند که منابع آلاینده ورودی به رودخانه قره‌سو از ابتدا تا انتهای رودخانه مشخص گردد و کیفیت میکروبی از نظر میکروارگانیسم‌های پاتوژن و کیفیت شیمیایی از لحاظ عناصر فلزات سنگین و سموم بررسی و رودخانه به صورت دوره زمانی مشخص جهت تعیین وضعیت کیفی طبق دستورالعمل پایش شود.

همچنین کیفیت آب روستاهای قلعه محمود، سیستمی محله، کفشگیری و

زیرزمینی 49 درصد در کلاسه عالی، 46 درصد خوب و 5 درصد در کلاسه خیلی بد از نظر آشامیدن قرار دارند (Gebrehiwot et al., 2011). در تحقیقی که به بررسی کیفی آب شرب زیرزمینی آبخوان Hantebet در شمال Ethiopia با روش (WQI) با استفاده از پارامترهای شامل: pH، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، کلرید، بی کربنات، سولفات، نیترات، جامدات جامد محلول، نتایج نشان داد، تغییرات شاخص WQI در نمونه‌های آب زیرزمینی، در محدوده 41/54 درصد تا 24/86 درصد قرار داشته و تمام نمونه‌های آب زیرزمینی در محدوده خوب بوده و به منظور شرب در سطح مناسب می‌باشند. در مطالعات این پژوهش با شاخص (GWQI) از 13 پارامتر: pH، کلسیم، منیزیم، کلرور، TDS، فلوراید، منگنز، نیترات، آهن، سولفات، آمونیوم، سدیم و کدورت استفاده شده است (Al-hadithi, 2012). نتایج مطالعه با مطالعات (Sadeghi et al., 2015) در منطقه مورد مطالعه انجام شده است مطابقت دارد. نتایج این مطالعات نشان داد که استفاده از کودهای شیمیایی و سموم بر میزان کیفیت آب تأثیر گذاشته و در سالهای اخیر باعث کاهش کیفیت منابع آب شده است (Arsham et al., 2018; Sadeghi et al., 2015). نتایج مطالعه حاضر در طی سه سال 1396-1394 نشان داد که 48 درصد از نمونه‌های آب زیرزمینی در رده عالی، 48 درصد در رده خوب و 4 درصد در رده ضعیف و خیلی ضعیف از نظر آشامیدن قرار دارد که تنها یک روستا را در بر می‌گیرد که آب شرب

منابع آب در محدوده غیر قابل شرب قرار نگرفتند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از بررسی سه ساله شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI) در روستاهای شهرستان گرگان طی سالهای ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ نشان داد که مقدار این شاخص در دامنه‌ای بین 39.21 تا 277.39 متغیر بوده است. بر اساس طبقه‌بندی انجام‌شده، 49 درصد از کل نمونه‌ها در رده عالی، 46 درصد در رده خوب و 5 درصد در رده ضعیف و خیلی ضعیف قرار گرفتند. به‌طور کلی در این دوره تنها یک روستا (قلعه محمود) دارای کیفیت نامطلوب بود و سایر روستاها کیفیت مناسب تا عالی را نشان دادند. این نتایج نشان‌دهنده وضعیت نسبتاً مطلوب منابع آب زیرزمینی در اغلب روستاهای مورد بررسی است، هرچند تغییرات مشاهده‌شده در برخی نقاط اهمیت توجه به مدیریت و پایش مستمر را برجسته می‌سازد.

در سال ۱۳۹۴ نتایج نشان داد که از ۱۴ روستای مورد مطالعه، هشت روستا دارای کیفیت عالی و پنج روستا دارای کیفیت خوب بودند و شاخص GWQI در این سال بین 39.21 تا 130.38 متغیر بود. در سال ۱۳۹۵ کیفیت آب روستاها در دامنه‌ای بین 40.04 تا 277.39 قرار گرفت و کاهش محسوسی در برخی نقاط مشاهده شد؛ به‌ویژه روستای قلعه محمود که شاخص کیفیت آن از مرز 200 فراتر رفت و در رده بسیار ضعیف قرار گرفت. در سال

کلو در سال 96 رو به بهبود بوده است که می‌تواند بعثت دفع بهداشتی فاضلاب‌ها و کمتر استفاده کردن کودهای کشاورزی در بالا دست باشد.

از 13 روستا مورد مطالعه در سال 94 هشت روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی و پنج روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب می‌باشد. در سال 95 هفت روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی، پنج روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب و یک روستا قلعه محمود دارای کیفیت خیلی ضعیف برای شرب (میزان شاخص بالای 200) می‌باشد. در سال 96 چهار روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی، هشت روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب و یک روستا قلعه محمود دارای کیفیت ضعیف برای شرب (میزان شاخص بالای 100) می‌باشد.

به‌طور کلی در طی 3 سال نتایج نشان داد میزان شاخص GWQI منابع آب آشامیدنی روستاهای گرگان بین 37/21 تا 277/39 می‌باشد که با این شاخص کیفیت آب برای روستای کلو در سال 96 کمترین میزان 37/21 با (کیفیت عالی) و روستای قلعه محمود در سال 95 بیشترین میزان 277/39 با (کیفیت خیلی ضعیف) مشخص شد. یعنی نمونه‌های آب زیرزمینی از نظر آشامیدن، 49% در کلاس عالی، 46% خوب و 5% در کلاس ضعیف و خیلی ضعیف قرار گرفت که تنها یک روستا را در بر می‌گیرد، آب شرب این روستا قبل از مصرف باید کنترل و از خطرات آلودگی محافظت شود و هیچکدام از

۱۳۹۶ کیفیت آب در محدوده 43.26 تا 233.59 قرار داشت که بر اساس آن پنج روستا در رده عالی، هفت روستا در رده خوب و یک روستا (قلعه محمود) در رده ضعیف دسته‌بندی شدند. این روند نشان داد که هرچند کیفیت کلی منابع آب نسبتاً پایدار باقی مانده است، اما نوسانات سالانه در برخی مناطق وجود داشته که بیانگر تأثیر مستقیم عوامل محیطی و انسانی بر کیفیت آب زیرزمینی است.

بررسی دقیق‌تر تغییرات بین سال‌ها نشان داد که کیفیت آب در روستاهای کفشگیری، کلو و سیستانی‌محله در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال‌های قبل بهبود یافته است. این بهبود می‌تواند ناشی از کاهش مصرف کودهای شیمیایی، بهبود نسبی مدیریت فاضلاب یا تغییر در الگوهای آبیاری و بارندگی در این سال باشد. در مقابل، روستای قلعه محمود در تمامی سال‌ها شرایط نامناسبی داشت و کیفیت آب آن از ضعیف تا بسیار ضعیف در نوسان بود. علت اصلی می‌تواند به نبود سیستم جمع‌آوری و دفع مناسب فاضلاب، مصرف بی‌رویه کودهای ازته و همچنین شرایط هیدروژئولوژیک منطقه مربوط باشد که امکان نفوذ آلاینده‌ها به سفره‌های آب زیرزمینی را افزایش داده است.

نوسانات مشاهده‌شده در کیفیت آب نشان‌دهنده تأثیر سه عامل کلیدی است: ۱) مصرف کودها و سموم کشاورزی که به‌ویژه بر افزایش نیترات و کل جامدات محلول اثرگذار است؛ ۲) نبود سیستم‌های جمع‌آوری و دفع

بهداشتی فاضلاب که در بسیاری از روستاها منجر به نفوذ مستقیم پساب به آبخوان‌ها می‌شود؛ و ۳) ویژگی‌های جغرافیایی و هیدروژئولوژیک منطقه که با توجه به شیب زمین و شرایط نفوذپذیری خاک، امکان انتقال و تجمع آلاینده‌ها را فراهم می‌سازد. در این میان، نقش کشاورزی و استفاده مداوم از کودهای شیمیایی بیش از سایر عوامل برجسته بوده است.

بنابراین، یافته‌های این تحقیق علاوه بر نشان‌دادن وضعیت موجود، اهمیت مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی را نیز تأکید می‌کند. برای جلوگیری از کاهش کیفیت آب و تأمین پایدار آب شرب روستاها، پیشنهاد می‌شود اقداماتی نظیر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی آن با کودهای آلی، ایجاد و توسعه سیستم‌های دفع بهداشتی فاضلاب روستایی، کنترل آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و پایش مستمر کیفیت آب در سطح منطقه در دستور کار قرار گیرد.

سپاسگزاری

این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان بررسی روند تغییرات کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب شرب روستاهای شهر گرگان با شاخص کیفی آب زیرزمینی (GWQI) از مؤسسه آموزش عالی گلستان و بهاران استخراج گردیده است.

همچنین از اساتید پژوهشگر
اکولوژی دریای خزر کمال تشکر
داریم.

References

1. **Nasseri, S., Ghaneian, M. 2002.** Quality management of lakes and rivers. First ed. Tehran: Nas; pp: 10-80. [IN Persian]
2. **Pourzamani, H.R., Kargar, M., Mahmoudian, H. 2011.** Environmental Health Book. First ed, Esfahan: Danesh Pajooan Barin ; pp:31-70. [Persian]
3. **Chapman, D. 1996.** Water Quality Assessments, 2nd ed, London: Published by E. & F.N. Spon: pp:50-550.
4. **Bitton, G. 2005.** Wastewater microbiology, 3rd ed, Canada: published by John Wiley and Sons: pp: 15-110.
5. **Drinking water –Microbiological specifications (ISIRI 1011), 2007.** Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 6th.Revision, [Persian]
6. **Drinking water-Physical and chemical specifications, (ISIRI 1053), 2009.** Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 5th.Revision. ICS:13.060.020.
http://mboh.umsha.ac.ir/uploads/fiziki_shi_miyai.pdf. [Persian]
7. **Kawamura S. 2000.** Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities, 2nd ed, Canada: John Wiley & Sons Inc. pp:10-120.
8. **Ramakrishnaiah C., Sadashivaiah C, Ranganna, G. 2009.** Assessment of water quality index for the groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. *Journal of Chemistry* 6(2):523-30.
9. **Tomaszkiewicz M., AbouNajm M., El-Fadel M. 2014.** Development of a ground water quality index for seawater intrusion in coastal aquifers. *Environ Model Soft* 57: 13-26.
10. **Javid A, Ghomimaghsad N, Roudbari A. 2016.** Evaluation of Groundwater Quality with GWQI Index and Preparing of Zoning Map in GIS. *Journal of Knowledge & Health* 10(4):48-56. [Persian]
11. **Nabizadeh R, Amin MV, Alimohammadi M, Naddafi K, Mahvi AH, Yousefzadeh S. 2013.** Development of innovative computer software to facilitate the setup and computation of water quality index. *Journal of Environmental Health Science and Engineering* 11(1):19-28.
12. **World Health Organization. 2006.** World in danger of missing sanitation target; drinking-water target also at risk, new report shows. Geneva: WHO.
13. **Ehsani HR, Javid A, Hasani A. 2007.** Investigation of the process of changes of nitrate and total soluble solids in groundwater drinking water of Hamedan-Bahar plain using Geographic Information System (GIS). 10th National Congress on Environmental Health. [Persian]
14. **Eslami F, Shokoohi R, Mazloomi S, Darvish Motevalli M, Salari M. 2017.** Evaluation of Water Quality Index (WQI) of Groundwater Supplies in Kerman Province. *Occupational and Environmental Health* 3 (1):48-58. [Persian]
15. **Tavabian M, Yousefi S, Vareki M, Ghodsi M. 2014.** Determine the Best Indicator of Groundwater Quality Assessment in Guilan Province. The first National Conference on Challenges on

- Water Resources and Agriculture. Khorasgan Azad University. pp:1-10
16. **Gebrehiwot, A. B., Tadesse, N., Jigar, E. 2011.** Application of Water Quality Index to Assess Suitability of Groundwater Quality for Drinking Purposes in Hantebet watershed, Tigray, Northern Ethiopia, *Journal of Food and Agriculture Science* 1(1): 22-30.
 17. **Al-hadithi, M. 2012.** Application of Water Quality Index to Assess Suitability of Groundwater Quality for Drinking Purposes in Ratmao- PathriRao watershed, Haridwar District India. *Journal of Scientific and Industrial Research* 26:395-402.
 18. **Arsham A, Sadeghi M, Sadeghi M. 2018.** Evaluation of the Physicochemical Properties of Water in AqQala City (Golestan Province), 2005-2015. *Journal of Environment and Health Sustain Development* 3 (1):454-463.
 19. **Sadeghi M, Bay A, Bay N, Soflaie N , Mehdinejad M, Mallah M. 2015.** The effect of agriculture drainage on water quality of the Zaringol in Golestan Province by the water quality index. *Research in Environmental Health* 1(3):177-85.
 20. **Hajiradkouchak E, Rahnama B, Nasrollahzadeh Saravi H, Shahbazi A, Raeji R, Babaei ziyarati K. 2024.** Water quality assessment of Qarasu River using IRWQIsc index. *Journal of Engineering Geology* 2024; 18 (3) :365-381.