بررسی کیفیت‌آب‌زیرزمینی دشت بردسیر با استفاده از شاخص کیفی CCME-WQI

مرجان سالاری[۱*]، فائزه غفاری[۲]

۱*- استادیار دانشکده مهندسی عمران ، دانشگاه صنعتی سیرجان

۲- دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان

* ایمیل نویسنده مسئول: salari.marjan@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲

چکیده

شاخص کیفیت آب بخش اساسی سیستم مدیریت منابع آب است که از آن به‌عنوان مقیاس عددی برای ارزیابی و طبقه‌بندی کیفیت‌آب برای مصارف مختلف استفاده می‌شود. پژوهش حاضر متمرکز بر کاربرد شاخص‌های کیفیت‌آب Water Quality Index (WQI) و Canadian Council of Ministers of the Environment Water (CCME) جهت بررسی کیفیت‌آب‌زیرزمینی دشت بردسیر برای مصارف آشامیدنی و کشاورزی مطابق استانداردهای Food and Agricultural Organization (FAO) ، World Health Organization (WHO) و Bureau of Indian Standards (BIS) انجام شده‌است. در این پژوهش۲۰ چاه نمونه‌برداری برای دوسال آبی (۹۸-۱۳۹۶) نمونه برداری گردید. پارامترهای کیفی مورد بررسی در این مطالعه عبارتند از ($EC, HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH$) می‌باشند. نمونه‌ی آب زیرزمینی در هر شاخص به پنج طبقه از عالی تا غیرقابل آشامیدن طبقه‌بندی شدند. طبق نتایج بدست آمده در سال (۹۷-۱۳۹۶) میانگین شاخص WQI مطابق استاندارد WHO برابر با ۶/۰۲۷ و طبق استاندارد FAO برابر با ۲/۲۶۱ برآورد گردید؛ همچنین میانگین نتایج شاخص CCME طبق استاندارد FAO برابر با ۷۹/۱۸۶ و طبق استاندارد BIS برابر ۶۴/۴۲۹ برآورد گردید. بر همین اساس نتایج بدست آمده در سال (۹۸-۱۳۹۷) نشان می‌دهد شاخص WQI طبق استاندارد WHO برابر با ۶/۹۰۵ و طبق استاندارد FAO برابر با۳/۱۳۰ محاسبه گردید؛ همچنین میانگین نتایج شاخص CCME طبق استاندارد FAO برابر با ۸۱/۹۶۶ و طبق استاندارد BIS برابر با ۶۴/۲۹۷ محاسبه گردید. بطور کلی نتایج بیانگر آن است که در شاخص WQI طبق استاندارد WHO, FAO کیفیت آب زیرزمینی تمام چاه‌های نمونه برداری شده در طبقه عالی قرار گرفتند و در شاخص CCME طبق استاندارد FAO, BIS کیفیت آب زیرزمینی اکثر چاه‌ها در طبقه عالی قرار دارند و فقط تعداد کمی در طبقه غیر قابل آشامیدن هستند که در بخش نتایج بصورت کامل شرح داده شده است.

کلمات کلیدی

"کیفیت آب زیرزمینی"، "دشت بردسیر"، "کیفیت آب"، "شاخص WQI"،"شاخص CCME".

۱- مقدمه

آب یکی از اساسی ترین مواد کره زمین به شمار می رود و زندگی تمامی موجودات زنده مانند انسان ها، جانوران و گیاهان به طور مستقیم به آب وابسته است. این ماده به دلیل قابلیت آن در حل مواد بسیار زیادی به عنوان حلال جهانی شناخته می‌شود. آب ماده رایجی است که در شرایط عادی کره زمین به صورت جامد مایع و گاز وجود دارد. از مهمترین منابع آب در کره زمین می توان به آبهای زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات)، آب های جوی (باران و برف)، آب های سطحی (رودخانه ،دریاچه، دریا و اقیانوس) اشاره کرد و همچنین بخشی از آب موجود در کره زمین به صورت بخار در اتمسفر و بخش دیگری به صورت جامد در یخچال های طبیعی وجود دارد. آب‌های زیرزمینی به عنوان منبع آب آشامیدنی، کشاورزی و صنعتی در مناطق مختلف جهان نقش دارند. وجود عناصر گوناگون با مقادیر مختلف در آب‌های زیرزمینی می تواند مفید یا مضر باشد؛ بنابراین با توجه به نوع استفاده از این منابع کیفیت آنها باید تحت بررسی و کنترل قرار گیرد (علی اکبری و همکاران،۱۳۹۳). کیفیت منابع آب زیرزمینی به عوامل مختلفی از جمله ریزش های جوی، منبع تغذیه کننده آبخوان، سطح آب سفره و فرایندهای ژئوشیمیایی زیر سطحی بستگی دارد (Reza & Singh., 2010). طبق گزارشات بهداشت جهانی حدود ۸۰ درصد از کل بیماری های موجود در انسان از طریق آب آلوده است (Diersing & Nancy., 2009). بنابراین نظارت منظم در کیفیت آب های زیرزمینی و استفاده از ابزارهایی برای محافظت از آن‌ها در برابر آلودگی امری ضروری است. کیفیت آب‌های زیرزمینی با استفاده از ویژگی‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن ارزیابی می‌شود (Panneerselvam et al., 2020). شاخص کیفیت آب یک روش سودمند می‌باشد که می‌تواند یک نماینده ساده از وضع کیفی آب بر مبنای پارامترهای بسیار مهم باشد، که از موثرترین ابزار برای ارزیابی و مدیریت آب‌های زیرزمینی به حساب می‌آید. در این مطالعه از دو شاخص WQI[۱] و CCME[۲] برای بررسی تناسب کیفیت آب زیرزمینی شهرستان بردسیر استفاده شد. در

1- Water Quality Index (WQI)

2 Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)

ادامه پارامترهای ($EC, HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+,$ $TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH$) طبق استانداردهای WHO[1]-FAO[2]-BIS[3] مورد بررسی قرار گرفتند.

۲-روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

شهرستان بردسیر یکی از شهرستان‌های خوش آب و هوای استان کرمان در جنوب شرق ایران واقع شده است. فاصله این شهر تا کرمان ۶۵ کیلومتر است. آب و هوای شهر بردسیر معتدل کوهستانی است به گونه ای که تابستان‌های خنک و ملایم و زمستان‌های سرد و برفی دارد. ارتفاع مرکز شهر بردسیر از سطح دریا ۲،۰۴۴ متر است. این شهرستان از چهار بخش مرکزی، نگار، لاله زار وگلزار تشکیل شده است. طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ این شهرستان برابر با ۸۱،۹۸۳ نفراست.

جمعیت شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

- **انتخاب نقاط نمونه برداری**

در این مطالعه از داده‌های کیفیت‌آب زیرزمینی جمع آوری شده از تعدادی حلقه چاه که در جدول ۱ نام برده شده طی دوسال آماری (۹۸-۱۳۹۶) توسط سازمان آب منطقه ای شهرستان بردسیر برداشت گردیده، استفاده شده است. تعدادی پارامتر جهت تجزیه و تحلیل های آماری منطقه انتخاب شدند. پارامترهای کیفی مورد بررسی عبارتند از: ($EC, HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+,$ $TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH$) که مقادیر اندازه گیری شده آن توسط سازمان‌منابع آب در دوسال آماری (۹۸-۱۳۹۶) در جداول ۲و۳ ارائه شده است. مهمترین عامل در تعیین شاخص کیفی WQI مشخص کردن پارامترهای کیفی آب می‌باشد. تاثیر این پارامترها بر آلودگی آب وابسته به حدود استانداردی است که توسط سازمان‌های بین‌المللی و منطقه‌ای ارائه می‌شود.

1 World Health Organization (WHO)
2 Food and Agricultural Organization (FAO)
3 Bureau of Indian Standards (BIS)

جدول ۱- وضعیت جغرافیایی چاه‌های مطالعاتی در شهرستان بردسیر

شماره چاه	نام چاه	مختصات عرضی چاه	مختصات طولی چاه
W1	اسلام آباد	۴۷۸۰۱۵	۳۲۸۶۷۸۰
W2	امیرآباد	۴۸۳۲۳۱	۳۳۰۳۳۸۴
W3	باب شگفت	۴۶۰۵۳۸	۳۳۱۲۰۰۸
W4	بیژن آباد	۴۷۱۶۵۹	۳۳۰۵۳۴۶
W5	جلال آباد	۴۵۷۲۵۷	۳۳۰۳۸۵۷
W6	جنگل آقاتقی	۴۷۳۸۸۵	۳۳۰۱۰۹۷
W7	حنبفیه	۴۶۱۰۵۳	۳۳۰۸۵۹۱
W8	درونوئیه	۴۵۷۱۲۶	۳۳۰۷۵۷۸
W9	ده بابک	۴۶۴۹۶۲	۳۲۹۹۳۴۸
W10	رشیدآباد	۴۴۱۷۰۸	۳۳۱۰۹۵۱
W11	زافریه	۴۶۷۴۱۰	۳۳۰۵۰۹۱
W12	عرب بهرامجرد	۴۹۱۷۲۷	۳۳۰۶۰۳۵
W13	علی آبادنگار	۴۸۱۵۸۴	۳۲۹۶۹۳۴
W14	غرب عیش آباد	۴۵۲۵۵۷	۳۳۱۰۶۶۲
W15	فرخدشت	۴۶۲۱۵۱	۳۳۰۲۰۱۱
W16	گل کوهیه	۴۸۲۶۱۱	۳۲۹۰۵۱۴
W17	مزرعه خداداد	۴۹۵۳۲۹	۳۲۹۷۴۳۶
W18	مومن آباد	۴۴۶۷۹۰	۳۳۰۸۹۷۲
W19	نارپ	۴۶۹۸۷۰	۳۲۹۳۴۲۱
W20	هجین	۴۴۴۵۴۴	۳۳۲۵۷۶۸

جدول ۲- تجزیه وتحلیل آماری پارامترهای کیفیت آب‌زیرزمینی سال آبی۹۷-۱۳۹۶

شماره ایستگاه	pH -	Cl^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	TH (mg/l)	TDS (mg/l)	Na^+ (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	EC (µS/cm)
w1	۷,۰۰	۲,۸۰	۴,۵۰	۴۳۵,۰۰	۷۳۱,۰۰	۳,۰۰	۲,۷۰	۶,۰۰	۴,۴۰	۱۱۲۵,۰۰
w2	۷,۲۰	۶,۴۸	۴,۲۹	۴۳۰,۰۰	۸۸۰,۳۸	۴,۹۸	۲,۴۸	۶,۱۳	۲,۸۱	۱۴۹۲,۰۰
w3	۷,۵۰	۱۴,۰۰	۳,۵۰	۶۵۰,۰۰	۱۷۷۵,۰۰	۱۵,۰۰	۹,۵۰	۳,۵۰	۱۰,۵۰	۲۷۳۰,۰۰
w4	۷,۱۵	۱۷,۰۰	۴,۴۵	۲۷۵,۰۰	۱۷۴۳,۵۰	۲۱,۵۵	۲,۷۵	۲,۷۵	۵,۶۰	۲۶۹۰,۰۰
w5	۶,۷۵	۶,۶۰	۱۵,۹۵	۱۱۲۰,۰۰	۱۳۱۱,۵۰	۴,۹۵	۹,۱۰	۱۳,۳۰	۴,۸۰	۲۰۲۵,۰۰
w6	۷,۲۰	۶,۵۰	۴,۶۵	۳۴۰,۰۰	۱۰۵۳,۵۰	۱۰,۴۰	۴,۰۰	۲,۸۰	۵,۸۰	۱۶۲۱,۰۰
w7	۷,۷۰	۱,۵۰	۱,۳۰	۱۵۰,۰۰	۳۹۰,۰۰	۳,۳۰	۱,۲۰	۱,۸۰	۳,۵۰	۶۰۰,۰۰
w8	۶,۹۰	۵,۰۰	۶,۱۵	۴۸۰,۰۰	۸۸۵,۵۰	۴,۳۰	۲,۸۰	۶,۸۰	۲,۷۵	۱۳۶۵,۰۰
w9	۷,۵۰	۱,۳۵	۱,۷۵	۱۸۰,۰۰	۳۷۴,۰۰	۲,۴۰	۱,۰۰	۲,۶۰	۲,۹۰	۵۷۵,۰۰
w10	۷,۵۳	۴,۶۰	۱,۴۷	۲۰۰,۰۰	۷۲۶,۰۰	۷,۱۳	۱,۵۰	۳,۰۰	۵,۴۰	۱۱۳۷,۰۰

w11	۷,۳۵	۲,۱۰	۱,۳۵	۱۴۵,۰۰	۵۴۷,۵۰	۴,۲۵	۱,۰۰	۱,۹۰	۳,۷۰	۸۳۷,۵۰
w12	۶,۸۵	۲۵,۰۰	۵,۰۵	۱۱۳۷,۵۰	۲۰۴۷,۵۰	۹,۸۰	۵,۲۵	۱۷,۵۰	۲,۵۰	۳۱۵۰,۰۰
w13	۷,۰۰	۱۲,۲۵	۲,۳۰	۴۵۵,۰۰	۱۱۹۲,۵۰	۸,۸۵	۴,۱۰	۵,۰۰	۳,۴۰	۱۸۳۴,۰۰
w14	۶,۲۰	۸,۷۵	۲,۵۵	۶۲۵,۰۰	۱۴۳۰,۰۰	۱۰,۳۵	۳,۵۰	۹,۰۰	۱۱,۵۵	۲۲۰۰,۰۰
w15	۷,۱۵	۲,۸۰	۱,۸۰	۲۸۷,۵۰	۵۲۳,۰۰	۲,۱۵	۱,۷۵	۴,۰۰	۳,۳۰	۸۰۴,۵۰
w16	۶,۲۰	۷,۵۰	۲,۰۰	۴۱۰,۰۰	۱۲۹۴,۰۰	۱۲,۳۰	۲,۲۰	۶,۰۰	۱۱,۰۰	۱۹۹۰,۰۰
w17	۷,۳۰	۱,۶۰	۳,۱۵	۲۴۵,۰۰	۴۹۴,۵۰	۲,۵۰	۱,۰۰	۳,۹۰	۲,۶۵	۷۶۰,۰۰
w18	۷,۰۷	۲۴,۳۳	۱۱,۷۷	۸۷۳,۳۳	۲۳۲۷,۰۰	۲۳,۰۷	۸,۰۰	۹,۴۷	۴,۴۳	۳۵۸۰,۰۰
w19	۶,۶۰	۳,۵۰	۱,۷۰	۳۵۰,۰۰	۷۹۶,۰۰	۵,۷۰	۲,۰۰	۵,۰۰	۷,۵۰	۱۲۲۴,۰۰
w20	۶,۰۰	۲۵,۳۳	۵,۲۰	۱۰۰۰,۰۰	۲۸۲۱,۰۰	۲۶,۲۰	۹,۳۳	۱۰,۶۷	۱۵,۶۷	۴۳۴۰,۰۰
Max	۷,۷۰	۲۵,۳۳	۱۵,۹۵	۱۱۳۷,۵۰	۲۸۲۱,۰۰	۲۶,۲۰	۹,۵۰	۱۷,۵۰	۱۵,۶۷	۴۳۴۰,۰۰
Mean	۷,۰۱	۸,۹۵	۴,۲۴	۴۸۹,۴۲	۱۱۶۷,۱۷	۹,۱۱	۳,۷۶	۶,۰۶	۵,۷۱	۱۸۰۴,۰۰
Min	۶,۰۰	۱,۳۵	۱,۳۰	۱۴۵,۰۰	۳۷۴,۰۰	۲,۱۵	۱,۰۰	۱,۸۰	۲,۵۰	۵۷۵,۰۰

جدول ۳- تجزیه وتحلیل آماری پارامترهای کیفیت‌آب‌زیرزمینی سال آبی ۹۸-۱۳۹۷

شماره ایستگاه	pH -	Cl^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	TH (mg/l)	TDS (mg/l)	Na^+ (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	EC (µS/cm)
w1	۷,۱۵	۳,۶۰	۲,۴۵	۳۹۰,۰۰	۶۶۵,۵۰	۲,۵۰	۳,۶۰	۴,۲۰	۴,۲۵	۱۰۲۴,۰۰
w2	۷,۴۰	۷,۶۵	۴,۹۲	۴۵۷,۵۰	۸۵۲,۵۰	۵,۴۳	۲,۳۸	۶,۷۷	۲,۰۲	۱۳۱۱,۵۰
w3	۶,۶۰	۱۴,۰۰	۳,۶۰	۶۵۰,۰۰	۱۶۹۰,۰۰	۱۵,۶۰	۹,۰۰	۴,۰۰	۱۱,۰۰	۲۶۰۰,۰۰
w4	۷,۳۰	۸,۹۰	۲۷,۹۵	۱۲۶۰,۰۰	۱۴۵۱,۵۰	۱۷,۹۰	۱,۹۵	۲۳,۲۵	۶,۲۵	۲۲۳۳,۰۰
w5	۶,۳۰	۵,۷۵	۶,۳۰	۶۸۰,۰۰	۱۱۵۴,۵۰	۵,۳۵	۵,۳۰	۸,۳۰	۶,۹۰	۱۷۷۶,۵۰
w6	۷,۴۵	۵,۴۵	۱,۷۰	۲۵۵,۰۰	۸۰۸,۰۰	۷,۵۰	۲,۸۵	۲,۲۵	۵,۳۵	۱۲۴۲,۵۰
w7	۷,۳۰	۱,۴۰	۱,۶۰	۱۱۰,۰۰	۳۸۴,۰۰	۴,۰۰	۰,۷۰	۱,۵۰	۳,۲۰	۵۹۰,۰۰
w8	۷,۰۵	۵,۳۵	۵,۱۰	۴۷۷,۵۰	۸۸۰,۱۰	۳,۹۰	۴,۹۰	۴,۶۵	۳,۰۰	۱۳۵۴,۰۰
w9	۷,۳۵	۲,۴۰	۱,۱۰	۱۹۵,۰۰	۴۱۲,۳۰	۲,۱۵	۰,۶۵	۳,۲۵	۲,۵۵	۶۳۴,۵۰
w10	۷,۸۵	۵,۹۰	۱,۸۵	۲۷۰,۰۰	۷۷۹,۰۰	۷,۱۵	۱,۴۵	۳,۹۵	۴,۸۰	۱۲۲۹,۰۰
w11	۷,۳۰	۲,۹۰	۰,۷۵	۱۵۷,۰۰	۴۸۶,۱۵	۴,۴۰	۱,۵۵	۱,۶۰	۳,۹۰	۷۴۷,۵۰
w12	۶,۸۵	۱۷,۲۵	۹,۱۰	۱۰۱۰,۰۰	۱۹۵۳,۵۰	۹,۳۵	۳,۱۰	۱۷,۱۰	۳,۲۰	۳۰۰۵,۰۰
w13	۷,۱۰	۱۰,۷۵	۴,۳۵	۴۹۲,۵۰	۱۲۲۰,۵۰	۸,۸۵	۳,۷۵	۶,۱۰	۳,۶۰	۱۸۷۷,۵۰

w14	۶,۱۵	۱۰,۷۵	۲,۷۵	۶۹۲,۵۰	۱۷۲۹,۰۰	۱۲,۹۰	۶,۳۵	۷,۵۰	۱۳,۲۵	۲۶۶۰,۰۰
w15	۷,۲۰	۴,۲۵	۱,۸۵	۲۹۲,۵۰	۵۶۷,۵۰	۲,۶۵	۱,۵۵	۴,۳۰	۲,۴۰	۸۷۳,۰۰
w16	۷,۳۰	۷,۵۰	۲,۸۰	۳۰۰,۰۰	۱۱۵۷,۰۰	۱۲,۳۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۸,۰۰	۱۷۸۰,۰۰
w17	۷,۵۰	۳,۰۰	۱,۹۵	۲۵۲,۵۰	۵۳۱,۵۰	۲,۶۵	۱,۳۵	۳,۷۰	۲,۷۵	۸۱۷,۵۰
w18	۶,۹۰	۲۲,۶۷	۹,۷۳	۸۳۳,۳۳	۲۲۹۶,۸۳	۲۰,۵۳	۹,۲۰	۷,۴۷	۴,۸۰	۳۵۳۳,۵۰
w19	۶,۷۵	۴,۶۵	۱,۶۰	۳۶۲,۵۰	۸۲۴,۰۰	۵,۹۰	۳,۶۵	۳,۶۰	۶,۹۰	۱۲۶۷,۵۰
w20	۶,۰۰	۲۵,۲۰	۵,۱۵	۱۰۰۰,۰۰	۲۸۱۱,۵۰	۲۷,۳۵	۹,۷۵	۱۰,۲۵	۱۷,۰۰	۴۳۲۵,۰۰
Max	۷,۸۵	۲۵,۲۰	۲۷,۹۵	۱۲۶۰,۰۰	۲۸۱۱,۵۰	۲۷,۳۵	۹,۷۵	۲۳,۲۵	۱۷,۰۰	۴۳۲۵,۰۰
Mean	۷,۰۴	۸,۴۷	۴,۸۳	۵۰۶,۹۲	۱۱۳۳,۷۴	۸,۹۲	۳,۸۰	۶,۳۴	۵,۷۶	۱۷۴۴,۰۷
Min	۶,۰۰	۱,۴۰	۰,۷۵	۱۱۰,۰۰	۳۸۴,۰۰	۲,۱۵	۰,۶۵	۱,۵۰	۲,۰۲	۵۹۰,۰۰

- **تعیین شاخص WQI**

شاخص کیفیت‌آب برای مصارف آشامیدنی و یا آبیاری کیفیت کلی آب را از طریق یک عدد واحد در یک زمان و مکان مشخص بر اساس پارامترهای کیفی مختلف آب بیان می کند (Yogendra & Puttaiah., 2008). هدف از این تحقیق بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی در شهرستان بردسیر است. بدین منظور جهت محاسبه مقدار شاخص WQI از داده‌های کیفی آب سال آبی (۹۸-۱۳۹۶) که در طرح پایش و آزمایشات سازمان منابع آب ایران انجام شده‌است استفاده گردید. در این مطالعه از پارامترهای فیزیکو شیمیایی منابع آب زیرزمینی منطقه از قبیل (EC, HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH) استفاده شد. پارامترهای مورد نیاز تعیین شاخص در جدول ۴ گزارش شده‌است. از رابطه ۱ برای تعیین شاخص WQI منابع زیرزمینی شهرستان بردسیر استفاده شد. در این رابطه qi رتبه کیفیت‌آب را با توجه به غلظت پارامتر iنشان می‌دهد و wi فاکتور وزن می‌باشد که بستگی و اهمیت پارامتر کیفی از نظر بهداشت و سلامتی دارد. وزن پارامترهای مختلف طبق استانداردهای مورد نظر در جدول ۴ گزارش شده‌است. با توجه به مقدار به دست آمده برای شاخص WQI و ارجاع به جدول ۵ می‌توان از وضعیت آب مورد نظر از نظر آشامیدن مطلع شد (Zahedi, 2017). به منظور تعیین qi از رابطه ۲ استفاده شد. va مقدار پارامتر i در زمان نمونه برداری، vi مقدار پارامتر i در حالت ایده آل (vi برای اکسیژن ۱۴,۷، برای pH برابر ۷ و برای سایر پارامترها مقدار صفر می‌باشد) و si مقدار پارامتر i در حالت استاندارد می‌باشد. همچنین برای ضریب وزنی wi از روابط ۲و۴ و همچنین جدول ۴ استفاده شده است (بهرامی وهمکاران، ۱۳۹۸).

$$WQI = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i \times w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad (۱)$$

$$q_i = \frac{V_a - V_i}{S_i - V_i} \quad (۲)$$

$$W = \frac{K}{S_i} \quad (۳)$$

$$K = {}^{1}/_{\Sigma({}^{1}/_{S_i})} \quad (۴)$$

جدول ٤- مقادیر استاندارد و ضریب وزنی کیفی ورودی به شاخص WQI و CCME

(بهرامی وهمکاران، ۲۰۱۹؛ Zahedi., 2017; Ram et al., 2021; Wagh et al., 2017)

پارامتر	WHO	FAO	BIS	ضریب وزنی Wi براساس WHO	ضریب وزنی Wi براساس FAO
pH	۸,۵	۸,۵	۸,۵	۰,۶۵۵	۰,۸۲۳
Cl^-	۲۵۰	۱۰۶۵	۲۵۰	۰,۰۲۲	۰,۰۰۶
SO_4^{2-}	۲۵۰	۱۹۲۰	۲۰۰	۰,۰۲۲	۰,۰۰۳
TH	۲۰۰	۷۱۲	۶۰۰	۰,۰۲۷	۰,۰۰۹
TDS	۵۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۰,۱۱۱	۰,۰۰۳
Na^+	۲۰۰	۹۲۰	–	۰,۰۲۷	۰,۰۰۷
Mg^{2+}	۵۰	۶۰	۳۰	۰,۱۱۱	۰,۱۱۶
Ca^{2+}	۷۵	۴۰۰	۷۵	۰,۰۷۴	۰,۰۱۷
HCO^{3-}	۱۲۰	۶۱۰	۳۰۰	۰,۰۴۶	۰,۰۱۱
EC	–	–	۳۰۰۰	–	–

جدول ۵- طبقه‌بندی کیفیت منبع آب با توجه به شاخص WQI (Zahedi., 2017)

وضعیت کیفی آب	دامنه شاخص
عالی	<۵۰
خوب	۹۹,۹۹-۵۰
بد	۱۹۹,۹۹-۱۰۰
خیلی بد	۲۹۹,۹۹-۲۰۰
غیر قابل آشامیدن	≥۳۰۰

با توجه به توضیحات ارائه‌شده شاخص WQI برای سال‌های (۹۸-۱۳۹۶) جهت ارزیابی آب زیرزمینی شهرستان بردسیر محاسبه و بر اساس جدول ۵ و دامنه شاخص WQI وضعیت کیفی مشخص و طبقه‌بندی انجام گردید. نتایج این بخش در ادامه ارائه شده است.

- **تعیین شاخص CCME**

در پژوهش حاضر از روش ارائه‌شده توسط وزارت محیط زیست کانادا تحت عنوان CCME برای تعیین وضعیت کیفیت آب‌زیرزمینی شهرستان بردسیر استفاده شد؛ در این روش برای رتبه‌بندی کیفی آب ابتدا باید سه پارامتر زیر را تعیین کرد(Al-Hamdani et al., 2021) :

۱-قلمروی (A_1): این پارامتر بیانگر تعداد متغیر هایی است که در محدوده استانداردهای کیفیت‌آب قرار نمی‌گیرند.

۲-تناوب (A_2): این پارامتر معرف درصد آزمایشات واحدی است که در محدوده استانداردها قرار نمی‌گیرند (آزمایشات ناموفق).

۳-فراوانی (A_3): بیانگر تعداد آزمایشات رد شده ای است که در محدوده استانداردها قرار نمی‌گیرند.

برای تعیین این پارامتر ها می‌توان از روابط زیر استفاده کرد:

۵
$$A_1 = \left[\frac{Number\ of\ failed\ variables}{Total\ numbers\ of\ variable}\right] \times 100.$$

۶
$$A_2 = \left[\frac{Number\ of\ failed\ variables}{Total\ numbers\ of\ tests}\right] \times 100$$

۷
$$A_3 = \left[\frac{nse}{0.01\ nse + 0.01}\right] - 1$$

۸
$$nse = \frac{\sum_{i=1}^{n} excusion}{Number\ of\ Test}$$

۹

$$CCME\ WQI = 100 - \left[\frac{\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}}{1.732}\right]$$

۱۰

$$\sqrt{100^2 + 100^2 + 100^2} = \sqrt{30000} = 173.2$$

در معادله nse : جمع نرمال شده گردش‌ها می‌باشد. گردش‌ها نشان دهنده تعداد دفعاتی است که غلظت خاص از میزان استاندارد بیشتر یا کمتر باشد و یا به عبارتی دیگر خارج از حدود استاندارد واقع گردد و در نهایت شاخص کیفیت آب را می‌توان در رابطه ۹ محاسبه نمود (Al-Hamdani et al., 2021):

در معادله ۹: عدد ۱,۷۳۲ برای قرار دادن شاخص بین صفر تا صد می‌باشد. به این دلیل که حداکثر مقدار برای عامل‌های هر شاخص ۱۰۰ می‌تواند باشد در نتیجه حداکثر طول بردار ۱۷۳,۲ می‌باشد (Al-Hamdani et al., 2021). حدود استاندارد هر پارامتر بر اساس استاندارد سازمان غذا و داروی ایالات متحده آمریکا (FAO) در جدول ۴ آورده شده‌است.

جدول ٦- طبقه‌بندی کیفیت منبع آب با توجه به شاخص CCME (غفوریان و نوشادی، ۱۳۹۵)

وضعیت کیفی آب	دامنه شاخص
عالی	۱۰۰-۹۵
خوب	۹۴,۹-۸۰
بد	۷۹,۹-۶۵
خیلی بد	۶۴,۹-۴۵
غیر قابل آشامیدن	۴۴,۹-۰

سپس بر اساس جدول ۶ و دامنه شاخصCCME وضعیت کیفی مشخص و طبقه‌بندی انجام گردید.

۳- نتایج

- **نتایج شاخص WQI**
- **نتایج شاخص WQI مطابق استاندارد WHO**

در جدول ۷ نتایج حاصل از پارامترهای مختلف اندازه‌گیری شده (HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH) در چاه‌های مورد نظر در سال‌های (۹۸-۱۳۹۶) درج شده‌است. با توجه به جدول ۷ کمترین مقدار شاخص WQI در سال ۱۳۹۶ طبق استاندارد مربوط به W9 (چاه ده بابک) با وضعیت‌عالی از نظر کیفیت و بالاترین مقدار شاخص WQI در W12 (چاه عرب بهرامجرد) با وضعیت‌عالی محاسبه گردید و همچنین مشاهده شد که در سال ۱۳۹۶ تمام مناطق مورد مطالعه در وضعیت‌عالی قرار دارند. با توجه به جدول ۷ کمترین مقدار شاخص WQIدر سال ۱۳۹۷مربوط به W7 (چاه حنیفیه) با وضعیت‌عالی از نظر کیفیت و بالاترین مقدار شاخص WQI در W12 (چاه عرب بهرامجرد) با وضعیت‌عالی است و همچنین مشاهده شد که در سال ۱۳۹۷ تمام مناطق مورد مطالعه در وضعیت عالی قرار دارند. مقایسه عددی شاخص WQI در دو سال (۹۸-۱۳۹۶) نشان داد که میانگین شاخص کیفیت‌آب در سال ۱۳۹۶ اندکی بیشتر از سال ۱۳۹۷ است.

جدول ۷- طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی با توجه به شاخص WQI طبق استاندارد WHO درسال های (۹۸-۱۳۹٦)

شماره ایستگاه	WQI	CLASS	WQI	CLASS
W1	۳,۸۵	عالی	۳,۵۸	عالی
W 2	۵,۶۵	عالی	۵,۷۳	عالی
W 3	۷,۶۰	عالی	۶,۸۴	عالی

W 4	۵,۲۹	عالی	۱۰,۰۴	عالی
W 5	۸,۵۷	عالی	۵,۵۹	عالی
W6	۴,۲۰	عالی	۳,۳۹	عالی
W7	۲,۱۰	عالی	۱,۶۱	عالی
W8	۴,۳۴	عالی	۴,۴۳	عالی
W9	۲,۰۸	عالی	۲,۱۴	عالی
W10	۲,۹۸	عالی	۳,۷۰	عالی
W11	۲,۱۶	عالی	۲,۰۸	عالی
W12	۲۷,۶۰	عالی	۴۳,۵۱	عالی
W13	۴,۹۴	عالی	۵,۲۶	عالی
W14	۵,۸۳	عالی	۶,۸۱	عالی
W15	۲,۷۳	عالی	۲,۸۸	عالی
W16	۴,۴۲	عالی	۴,۲۸	عالی
W17	۲,۵۴	عالی	۲,۷۹	عالی
W18	۹,۶۵	عالی	۹,۲۵	عالی
W19	۳,۲۹	عالی	۳,۵۳	عالی
W20	۱۰,۶۹	عالی	۱۰,۶۹	عالی

- **نتایج شاخص WQI مطابق استاندارد FAO**

در جدول ۸ نتایج حاصل از پارامترهای مختلف اندازه گیری شده (HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH) در چاه‌های مورد نظر در سال‌های (۹۸-۱۳۹۶) درج شده‌است. با توجه به جدول ۸ کمترین مقدار شاخص WQI در سال ۱۳۹۶طبق استاندارد مربوط به W19 (چاه نارپ) با وضعیت‌عالی از نظر کیفیت و بالاترین مقدار شاخص WQI در W12(چاه عرب بهرامجرد) با وضعیت‌عالی محاسبه گردید و همچنین مشاهده شد که در سال ۱۳۹۶ تمام مناطق مورد مطالعه در وضعیت‌عالی قرار دارند. با توجه به جدول ۸ کمترین مقدار شاخص WQI در سال ۱۳۹۷ مربوط به W7 (چاه حنیفیه) با وضعیت‌عالی از نظر کیفیت و بالاترین مقدار شاخص WQIدر W12 (چاه عرب بهرامجرد) با وضعیت‌عالی است و همچنین مشاهده شد که در سال ۱۳۹۷ تمام مناطق مورد مطالعه در وضعیت‌عالی قرار دارند. مقایسه عددی شاخص WQI در سال های (۹۸-۱۳۹۶) نشان داد که میانگین شاخص کیفیت‌آب در سال ۱۳۹۶ اندکی بیشتر از سال ۱۳۹۷ است.

جدول ۸- طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی با توجه به شاخص WQI طبق استاندارد FAO درسال های (۱۳۹۶-۹۸)

شماره ایستگاه	WQI	CLASS	WQI	CLASS
W1	۳,۸۵	عالی	۳,۵۸	عالی
W 2	۵,۶۵	عالی	۵,۷۳	عالی
W 3	۷,۶۰	عالی	۶,۸۴	عالی
W 4	۵,۲۹	عالی	۱۰,۰۴	عالی
W 5	۸,۵۷	عالی	۵,۵۹	عالی
W6	۴,۲۰	عالی	۳,۳۹	عالی
W7	۲,۱۰	عالی	۱,۶۱	عالی
W8	۴,۳۴	عالی	۴,۴۳	عالی
W9	۲,۰۸	عالی	۲,۱۴	عالی
W10	۲,۹۸	عالی	۳,۷۰	عالی
W11	۲,۱۶	عالی	۲,۰۸	عالی
W12	۲۷,۶۰	عالی	۴۳,۵۱	عالی

W13	۴,۹۴	عالی	۵,۲۶	عالی
W14	۵,۸۳	عالی	۶,۸۱	عالی
W15	۲,۷۳	عالی	۲,۸۸	عالی
W16	۴,۴۲	عالی	۴,۲۸	عالی
W17	۲,۵۴	عالی	۲,۷۹	عالی
W18	۹,۶۵	عالی	۹,۲۵	عالی
W19	۳,۲۹	عالی	۳,۵۳	عالی
W20	۱۰,۶۹	عالی	۱۰,۶۹	عالی

- **نتایج شاخص CCME**
- **نتایج شاخص CCME مطابق استاندارد FAO**

در جدول ۹ نتایج حاصل از پارامترهای مختلف اندازه گیری شده (HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH) در چاه های مورد نظر در سال‌های (۹۸-۱۳۹۶) درج شده‌است. با توجه به جدول ۹ کمترین مقدار شاخص CCME در سال۱۳۹۶ طبق استاندارد مربوط به W20 (چاه هجین) با وضعیت‌غیرقابل‌آشامیدن از نظر کیفیت و بالاترین مقدار شاخص CCME در W1-W2-W3-W4-W6-W7-W8-W9-W10-W11-W13-W14-W15-W16-W17-W19 با وضعیت‌عالی است. با توجه به جدول ۹ کمترین مقدار شاخص CCME در سال ۱۳۹۷ مربوط به W20(چاه هجین) با وضعیت‌غیرقابل‌آشامیدن از نظر کیفیت و بالاترین مقدار شاخص CCME مربوط به W1-W2-W3-W5-W6-W7-W8-W9-W10-W11-W13-W14-W15-W16-W17-W19 با وضعیت‌عالی است. مقایسه عددی شاخص CCME در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ نشان داد که میانگین شاخص کیفیت آب در سال ۱۳۹۷ اندکی بیشتر از سال ۱۳۹۶ است.

جدول ۹- طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی با توجه به شاخص CCME طبق استاندارد FAO در سال های (۹۸-۱۳۹۶)

شماره ایستگاه	CCME	CLASS	CCME	CLASS
w1	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w2	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w3	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w4	۱۰۰,۰۰	عالی	۳۶,۲۴	غیرقابل آشامیدن
w5	۳۷,۷۳	غیرقابل آشامیدن	۱۰۰,۰۰	عالی
w6	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w7	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w8	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w9	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w10	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w11	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w12	-۱۸,۰۱	غیرقابل آشامیدن	۳۸,۹۷	غیرقابل آشامیدن
w13	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w14	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی

w15	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w16	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w17	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w18	-۱۷,۶۰	غیرقابل آشامیدن	-۱۷,۴۹	غیرقابل آشامیدن
w19	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w20	-۱۸,۴۰	غیرقابل آشامیدن	-۱۸,۳۹	غیرقابل آشامیدن

- **نتایج شاخص CCME مطابق استاندارد BIS**

در جدول ۱۰ نتایج حاصل از پارامترهای مختلف اندازه گیری شده($EC, HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH$) در چاه های مورد نظر در سال های (۹۸-۱۳۹۶) درج شده‌است. با توجه به جدول۱۰ کمترین مقدار شاخص CCMEدر سال۱۳۹۶ طبق استاندارد مربوط به‌w20 (چاه هجین) با وضعیت‌غیرقابل‌آشامیدن از نظر کیفیت و بالاترین مقدار شاخصCCME در-w1-w2-w3-w4-w6-w7-w8-w9-w10-w11-w13-w14-w15-w16-w17-w19با وضعیت‌عالی است. با توجه به جدول ۱۰ کمترین مقدار شاخصCCME در سال ۱۳۹۷ مربوط به‌w20 (چاه هجین) با وضعیت‌غیرقابل‌آشامیدن از نظر کیفیت و بالاترین مقدار شاخصCCME مربوط به-w1-w2 -w6-w7-w8-w9-w10-w11-w13- w15-w16-w17-w19با وضعیت‌عالی است. مقایسه عددی شاخص CCMEدر سالهای (۹۸-۱۳۹۶) نشان داد که میانگین شاخص کیفیت‌آب در سال ۱۳۹۶ اندکی بیشتر از سال ۱۳۹۷ است.

جدول ۱۰- طبقه بندی کیفیت آب زیرزمینی با توجه به شاخص CCME طبق استاندارد BIS درسال های (۱۳۹۶-۹۸)

شماره ایستگاه	CCME	CLASS	CCME	CLASS
w1	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w2	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w3	۴۱,۲۲	غیرقابل آشامیدن	۴۱,۲۲	غیرقابل آشامیدن
w4	۱۰۰,۰۰	عالی	۳۴,۰۵	غیرقابل آشامیدن
w5	35/55	غیرقابل آشامیدن	۴۱,۰۰	غیرقابل آشامیدن
w6	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w7	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w8	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w9	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w10	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w11	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w12	-۷۶,۳۹	غیرقابل آشامیدن	-۱۸,۱۴	غیرقابل آشامیدن
w13	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w14	۴۱,۳۵	غیرقابل آشامیدن	۴۰,۸۹	غیرقابل آشامیدن
w15	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w16	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w17	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی

w18	-۷۶,۲۶	غیرقابل آشامیدن	-۷۶,۱۸	غیرقابل آشامیدن
w19	۱۰۰,۰۰	عالی	۱۰۰,۰۰	عالی
w20	-۷۶,۹۰	غیرقابل آشامیدن	-۷۶,۸۹	غیرقابل آشامیدن

٤- نتیجه‌گیری

در این مطالعه کیفیت منابع آب زیرزمینی شهرستان بردسیر بر اساس شاخص کیفیت‌آب WQI طبق استاندارد WHO برای پارامترهای (HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH) و طبق استاندارد FAO برای پارامترهای (HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH) ؛ همچنین بر اساس شاخص کیفیت آب CCME طبق استاندارد FAO برای پارامتر (HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH) و استاندارد BIS برای پارامترهای (EC, HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^-, pH) مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصله در شاخص WQI و استانداردهای WHO,FAO کیفیت آب‌زیرزمینی تمام چاه‌ها در وضعیت عالی قرار دارند و از لحاظ شاخص CCME و استانداردهای FAO,BIS کیفیت‌آب‌زیرزمینی اکثر چاه ها در وضعیت عالی قرار دارند و فقط تعداد کمی در وضعیت غیر قابل آشامیدن قرار گرفتند.

منابع

- بهرامی، فرشته و دستورانی، مهدی. (۱۳۹۸). "ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت سرایان با استفاده از شاخص کیفی WQI" . نشریه آبیاری و زهکشی ایران. دوره ۱۳، شماره ۴، ۱۰۷۴-۱۰۶۴.
- علی اکبری، پروین، خزیمه نژاد، حسین و صادقی طبس، صادق. (۱۳۹۳). "برررسی تغییرات کیفت منابع آب زیرزمینی آبخوان قائن جهت مصرف شرب براساس شاخص WQI ". دومین همایش بحران ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب ومحیط زیست). شهریور ماه، دانشگاه شهر کرد.
- Al-Hamdani, A. S. A., Kaplan, A. Y. H., & Al-Saffawi, A. Y. T. (2021, September). Assessment of groundwater quality using CCME water quality index in Caracosh distract, northeastern of Mosul city, Iraq. In Journal of PHysics: Conference Series (Vol. 1999, No. 1, p. 012028). IOP Publishing.
- Diersing, N., & Nancy, F. (2009). Water quality: Frequently asked questions. Florida Brooks National Marine Sanctuary, Key West, FL, 5-137.
- Panneerselvam, B., Paramasivam, S. K., Karuppannan, S., Ravichandran, N., & Selvaraj, P. (2020). A GIS-based evaluation of hydrochemical characterisation of groundwater in hard rock region, South Tamil Nadu, India. Arabian Journal of Geosciences, 13(17), 1-22.
- Ram, A., Tiwari, S. K., Pandey, H. K., Chaurasia, A. K., Singh, S., & Singh, Y. V. (2021). Groundwater quality assessment using water quality index (WQI) under GIS framework. Applied Water Science, 11(2), 1-20.
- Reza, R., & Singh, G. (2010). Assessment of ground water quality status by using Water Quality Index method in Orissa, India. World Appl Sci J, 9(12), 1392-1397.
- Wagh, V. M., Panaskar, D. B., Muley, A. A., & Mukate, S. V. (2017). Groundwater suitability evaluation by CCME WQI model for Kadava river basin, Nashik, Maharashtra, India. Modeling Earth Systems and Environment, 3(2), 557-565.
- Yogendra, K., & Puttaiah, E. T. (2008). Determination of water quality index and suitability of an urban waterbody in Shimoga Town, Karnataka. In Proceedings of Taal2007: The 12th world lake conference (Vol. 342, p. 346).
- Zahedi, S. (2017). Modification of expected conflicts between drinking water quality index and irrigation water quality index in water quality ranking of shared extraction wells using multi criteria decision making techniques. Ecological Indicators, 83, 368-379.

Study on the groundwater quality of Bardsir using the CCME-WQI quality index

Marjan Salari[1*], Faezeh Ghaffari[2]
1* -Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Sirjan University of Technology
2 -Undergraduate student, Faculty of Civil Engineering, Sirjan University of Technology
*Email Address : salari.marjan@gmail.com

Abstract
The water quality index is a crucial part of the water resource management system, and it is the Richter scale used to evaluate the water quality and categorize various water consumptions. In this study, we employed the Water Quality Index (WQI) and the Canadian Council of Ministers of the Environment Water (CCME) to evaluate the groundwater quality of Bardsir for drinking and agricultural purposes following the standards of the Food and Agricultural Organization (FAO), World Health Organization (WHO), and Bureau of Indian Standards (BIS). Samples were taken from 20 wells for two water years (2017-19). This research aims to study the qualitative parameters EC, HCO^{3-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^{-}, and pH. The groundwater samples are categorized into 5 categories (from perfect to undrinkable). The results show that the WQI average is estimated at 6/027 following WHO standards and 2/261 following FAO standards in 2017-18; in addition, the CCME average is estimated at 79/186 following FAO standards, and 64/429 following BIS standards. These results also exhibit that the WQI is 6/905 following WHO standards and 3/130 following FAO standards in 2018-19; the CCME average is 81/966 following FAO standards and 64/297 following BIS standards. The overall results show that the quality of the groundwater in all the sampling wells is categorized as perfect considering WQI and based on FAO and WHO standards; considering the CCME and based on BIS, and FAO, the groundwater quality of most wells were categorized as perfect, and only a few were categorized as undrinkable. This will be discussed thoroughly in the conclusion.

Introduction
Water is one of the most vital substances on earth and the lives of all living creatures such as humans, animals, and plants depend on it. Water is known as a universal solvent because of its capacity for solubility. Water is a common substance that exists in solid, liquid, and gas forms. The most significant water resources on earth are groundwaters (wells, springs, and aqueducts), meteoric waters (rain and snow), and surface waters (rivers, lakes, seas, and oceans); some are in the form of atmospheric water vapor, and others are in the solid form found in natural glaciers. Groundwaters are used for drinking, agricultural, and industrial purposes in the world. Various elements exist in groundwaters in different measures which can be beneficial or harmful; therefore, the quality of these resources should be studied and categorized. The quality of groundwaters depends on various factors like precipitation, aquifer power supply resources, water table surface, and geochemical processes. The World Health Organization reported that approximately 80 percent of diseases originate from polluted water. Therefore, continuous monitoring of the quality of groundwaters and preventing any kind of pollution is vital. The quality of groundwaters is evaluated through their physical, chemical, and biological traits. The water quality index is a beneficial agent in demonstrating the water quality through significant parameters CCME, and WQI which are among the most practical tools for the evaluation and management of groundwaters. WQI and CCME were employed to study the quality of groundwaters in Bardsir. Parameters EC, HCO^{3-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^{-}, and pH were studied following WHO -FAO - BIS standards.

Methodology

Bardsir is a city with a pleasant climate, located in Kerman province, southeast of Iran. There is a 65 kilometers distance from Bardsir to Kerman. The climate is temperate and alpine, which means sad the summers of Bardsir are breezy and winters are cold and snowy. It is 2044 meters above sea level. This city has four central sections called Negar, Lale-zar, and Gol-zar. The population of Bardsir is estimated at 81,983 according to the 2016 census.

Selection of sampling areas

The data on the quality of groundwater used in this research was gathered from several wells during two statistical years (2017-19) by Bardsir's regional water authority (presented in table 1). A few parameters were employed for the statistical analysis of the area and they are EC, HCO^{3-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^{-}, and pH (the measurements are presented in tables 2 and 3). Determining the qualitative parameters is the most important factor in assessing WQI. The effects of these parameters on water pollution depend on the standards presented by international and regional organizations.

• WQI Index

The water quality index for drinking or irrigation purposes expresses the overall water quality through a single number at a specific time and place based on different water quality parameters (Yogendra & Puttaiah, 2008).

• CCME Index

In the current research, the method provided by the Canadian Ministry of Environment under the title of CCME was used to determine the condition of the underground water quality of Bardsir city; In this method, for water quality rating, the following three parameters should be determined first (Al-Hamdani et al., 2021):

1- Territory (A_1) : This parameter indicates the number of variables that are not within the scope of water quality standards.

2- Frequency (A_2): This parameter represents the percentage of unit tests that do not fall within the range of standards (unsuccessful tests).

3-Frequency (A_3): It shows the number of rejected tests that do not fall within the scope of the standards.

Conclusion

In this research, the quality of groundwater in Bardsir was evaluated based on WQI following WHO standards for parameters (HCO^{3-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^{-}, pH), and following FAO standards for parameters (HCO^{3-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^{-}, pH); additionally, based on CCME following FAO standards for parameters (HCO^{3-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^{-}, pH), and following BIS for parameters (EC, HCO^{3-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, TDS, TH, SO_4^{2-}, Cl^{-}, pH). The results show that the water quality of all wells is categorized as perfect based on WQI and following WHO, and FAO standards; and based on CCME and following BIS and FAO standards, the water quality of the majority of wells is perfect and only a few are categorized as undrinkable.

Keywords

"Groundwater Quality", "Bardsir Plain", "Water Quality", "WQI Index", "CCME Index".