

تأثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک بر کیفیت شیمیایی و فیزیکی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: شهرستان بندرگز)

حسین فرجی^۱، فرشاد گلبابایی کوتنایی*^۲

۱ کارشناس ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت محیط، دانشگاه تهران
۲ دانشجوی دکتری مهندسی محیط‌زیست، گرایش مهندسی آب و فاضلاب، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۰۷؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۴/۰۱)

چکیده

آب‌های زیرزمینی نقشی عمده را در تامین آب شرب به عهده دارند و پارامترهای ژئومورفولوژیک از عوامل تأثیرگذار بر کیفیت منابع آب است. کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب می‌تواند متأثر از سازندهای زمین‌شناسی و عوامل اکولوژیک نظیر فعالیت‌های انسانی، شامل فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهری باشد که تلفیق این موارد تحت عنوان اکوژئومورفولوژی بررسی می‌گردد. این تحقیق که یک مطالعه توصیفی-مقطعی می‌باشد، شامل تعداد ۴۸ نوبت نمونه‌برداری در سال ۹۱ می‌باشد. پارامترهای شیمیایی و فیزیکی EC، TDS، PH، رنگ، کدورت، سختی کل، مقادیر کاتیون‌ها (سدیم، کلسیم، آهن، منیزیم، پتاسیم و منگنز) و آنیون‌ها (فلوراید، کلر، نیتریت، نیترات، سولفات و کربنات) اندازه‌گیری گردید. هدف از این مطالعه تأثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک بر خواص فیزیکی و شیمیایی آب‌های زیرزمینی شهرستان بندرگز بوده است. نتایج نشان می‌دهد که از مجموع ۴۸ نوبت نمونه اخذ شده جهت آزمایشات فیزیکی و شیمیایی، با توجه به استاندارد مجاز کیفیت آب، غلظت یون‌ها در اکثریت نمونه‌ها در حد مطلوب بوده است. تنها در روستای گلفرا کدورت برابر ۲۲ واحد نفلومتریک بوده و میزان غلظت فلوراید در روستای لیوان برابر ۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر کمترین مقدار را دارد. با مطالعه نتایج این تحقیق و با توجه به میزان بارندگی منطقه، برنامه‌ریزی جهت پایش مستمر منابع آب، جلوگیری از توسعه فعالیت‌های انسانی و کشاورزی در حریم چاه‌ها، دفع بهداشتی فاضلاب در روستاها، عوامل مهم در مدیریت کیفیت منابع آب منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

کلید واژه‌ها: اکوژئومورفولوژیک، کیفیت فیزیکی و شیمیایی، منابع آب زیرزمینی، بندرگز

سرآغاز

آب به‌عنوان یک منبع قابل تجدید همواره به‌عنوان یک رکن اصلی برای ادامه حیات بشری و توسعه پایدار مطرح بوده است. با افزایش جمعیت و افزایش نیاز آب در بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب، بهداشت و صنعت و نهایتاً افزایش تولید و ایجاد پتانسیل‌های آلودگی، فشار زیادی به منابع آبی وارد شده است (کرامتی و محوی، ۱۳۸۷). مقایسه سرانه کل منابع آب شیرین قابل دسترسی در بین مناطق مختلف جهان تفاوت چشمگیری را نشان می‌دهد. بیش از یک میلیارد نفر از جمعیت جهان آب سالم ندارند، نیمی از مردم جهان سیستم فاضلاب مناسب ندارند و ۸۰ درصد کل بیماری‌ها در کشورهای در حال توسعه دارای منشاء آب ناسالم هستند. کیفیت آب زیرزمینی شامل بخش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد (شریعت پناهی، ۱۳۷۷). در اکثر شهرهای ایران که آب شرب از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود، باید به مسأله آلوده بودن این منابع به نیترات و سایر عناصر سمی توجه شود که ممکن است توسط چاه‌های فاضلاب یا آلودگی صنایع همراه با آب نفوذی به سفره‌های آب زیرزمینی برسد. جنس سازندهای زمین‌شناسی نیز در کیفیت آب‌های زیرزمینی موثر است. آبی را که می‌خواهیم به عنوان آب آشامیدنی استفاده نماییم، بایستی مطابق با استانداردهای موجود باشد، که از طرف سازمان‌های معتبر ملی یا جهانی ارایه می‌شود (منزوی، ۱۳۸۸). هدف اصلی بررسی‌های کیفی آب آشامیدنی، حفظ بهداشت عمومی و سلامت مصرف‌کنندگان می‌باشد (قاسمی و مصوری، ۱۳۸۶). کیفیت فیزیکی و شیمیایی این آب می‌تواند متأثر از لیتولوژی سازندهای موجود درحوضه آبریز، جنس رسوبات حمل شده به رودخانه و عوامل اکولوژیک، نظیر فعالیت‌های انسانی، شامل فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهری باشد (حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). پارامترهای ژئومورفولوژیک از عوامل تعیین‌کننده و تأثیرگذار بر کیفیت منابع آب، به‌خصوص آب‌های سطحی و زیرزمینی است. اکوژئومورفولوژی به معنی تلفیق نتایج بررسی‌های ژئولوژی، اکولوژی و بیولوژی است. این متغیرها معمولاً تابع عواملی، نظیر جنس سازندهای زمین‌شناسی، پساب‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی و بالاخره حدود تبادل آب‌های سطحی و زیرزمینی در حوضه آبریز آنها است (جداری و همکاران، ۱۳۸۹). شهرستان بندرگز در غربی‌ترین قسمت استان گلستان، در نوار ساحلی خلیج گرگان واقع شده است. از شمال به خلیج گرگان و جزیره میانکاله مازندران، از جنوب به دامنه شمالی رشته کوه البرز و بخش یانسر مازندران محدود می‌باشد (تماب، ۱۳۷۵). تغییر کیفیت آب‌های

زیرزمینی و شور شدن منابع آب در حال حاضر خطری بزرگ در راه توسعه کشاورزی کشور بخصوص در اراضی خشک می‌باشد (سرور، ۱۳۸۹). Chatterjee و همکاران کیفیت آب زیرزمینی منطقه هندباد و هارخند هند را با استفاده از GIS مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که کلسیم و منیزیم، کاتیون غالب و سولفات و بی‌کربنات، آنیون‌های غالب در این مناطق بوده‌اند (Chatterjee et al., 2009). در تحقیقی تحت عنوان «مدل‌های آماری برای ارزیابی آلودگی نیترات در آب زیرزمینی مناطقی از شهر سئول»، نتایج حاکی از آن است که غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی منطقه در فصول پرباران، چاه‌های کم عمق و مناطق کشاورزی و علفزارها، به ترتیب نسبت به فصول کم باران، چاه‌های عمیق و مناطق مسکونی و تجاری بیشتر است (Lee et al., 2003). احسانی و همکاران، نیترات و TDS آب‌های شرب زیرزمینی دشت همدان را با استفاده از GIS مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که اکثر مناطق با غلظت نیترات بالا در قسمت‌های جنوبی و در مکان‌هایی که کشت آبی و باغی انجام می‌دهند قرار دارند و هرچه به مناطق مرکزی و شمال‌شرقی دشت حرکت کنیم مقدار نیترات کاهش می‌یابد (Ehsani, 2006). نخعی و اشرافی کیفیت آب زیرزمینی دشت قوچان را با استفاده از GIS مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که میزان TDS در شمال قوچان، غرب حسن‌آباد و جنوب شرق روستای تیتکانلو بیشترین مقدار را داشته و در منطقه شرق فاروج میزان TDS به کمترین مقدار خود رسیده است. میزان کلر در اطراف قوچان پائین و با حرکت به سمت شمال غرب (خروجی دشت)، میزان آن افزایش یافته است (نخعی و اشرافی، ۱۳۸۴). افشاری و عبادی کیفیت آب زیرزمینی دشت دامغان را برای هدف آبیاری با استفاده از GIS مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که PH تمایل به قلیایی دارد و کلسیم، کلر و هدایت الکتریکی، پارامترهای مهم و تأثیرگذار بر روی کیفیت آب هستند (Afshari & Ebadi, 2011). نوری و همکاران نقشه‌های کیفیت منابع آب شاهرود را با استفاده از GIS در سال ۱۳۸۹ تهیه کرده و به این نتیجه رسیدند که نیترات چاه‌های آب افزایش یافته و شاخص‌های سولفات و کلرور دارای تغییراتی بوده است (نوری، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای دیگر با عنوان «شبیه‌سازی اثر پیشروی آب شور بر تخلیه آلاینده‌ها در آبخوان ساحلی زیرحوضه تالار»، نتایج شبیه‌سازی پیشروی آب شور در زیرحوضه تالار نشان داد که در ناحیه غربی زیرحوضه، ارتفاع فصل مشترک به سمت بالا حرکت کرده است و سبب تشکیل مخروط رو به بالا شده است، بدین

۳۳۰ کیلومتر مربع خشکی، ۱۵۰ کیلومتر مربع آبی و ۱۸۰ کیلومتر مربع جنگلی است.

شهرستان بندرگز در غربی‌ترین قسمت استان گلستان، در نوار ساحلی خلیج گرگان واقع شده است. از شمال به خلیج گرگان و جزیره میانکاله مازندران، از جنوب به دامنه شمالی رشته کوه البرز و بخش یانسر مازندران محدود می‌باشد. آب و هوای آن معتدل و مرطوب بوده و رطوبت نسبی هوا بالا می‌باشد و عمدتاً با فاصله گرفتن از دریای خزر و کاهش ریزش جوی در محدوده مورد مطالعه تحت تأثیر مستقیم کلی جوی و توده‌های باران‌زایی است که عمدتاً منشأ خزری دارند (تماب، ۱۳۷۵). بیشترین بارش در محدوده شهرستان بندرگز با ۱۸۶ میلی‌متر می‌باشد. منابع تامین آب منطقه شامل ۱۵ عدد چاه و ۲ چشمه می‌باشد.

از نظر بافت زمین‌شناسی شیت‌های گرگان شامل فیلیت، سرسیت، کلریت، شیت و کوارتزیت می‌باشد که به طور گسسته در ارتفاعات مشرف به شهرهای کردکوی و گرگان وجود دارد. سری رسوبی دوران فروزوتیک در استان گلستان از سنگ‌های آهکی سازند الیکا شروع شده و به سنگ آهن گلوکونی‌دار کرتاسه انتهایی ختم می‌شود (تماب، ۱۳۷۶). سنگ‌های کربناته در استان گلستان حدود ۱۷۸۴ کیلومتر مربع وسعت دارند که حدود ۲۸٪ از گستره سازنده‌های سخت را شامل می‌شود. لیتولوژی کلی این سازند در استان گلستان شامل لایه‌های نازک تا ضخیم سنگ آهک، سنگ آهک تخریبی گلوکونی‌دار، ماسه سنگ، شیل خاکستر و مارن می‌باشد که دارای وسعتی معادل ۹۲۰ کیلومتر مربع می‌باشد. در شکل (۱) موقعیت مکانی چاه‌های مورد مطالعه نمایش داده شده است.

یافته‌ها

در این مطالعه، در مجموع ۴۸ نوبت نمونه آب در طی یک سال اخذ گردیده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای هر نمونه ۱۹ پارامتر کیفی سنجیده گردید که پس از تعیین میانگین در جدول (۱) ارائه گردیده است.

از مجموع ۴۸ نمونه آب اخذ شده در سال ۹۱ در فصول کم باران و پر باران که برای آنالیز فیزیکی و شیمیایی در دشت بندرگز مشاهده گردید میانگین غلظت جامدات محلول آب (TDS)^(۱)، pH، رنگ، کدورت، سدیم (Na)، منگنز (Mn)، پتاسیم (K)، فلوراید (F)، کلر (Cl)، بی‌کربنات (HCO₃)، نیترات (NO₃)، نیتريت (NO₂)، سختی کل، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سولفات (SO₄) و هدایت الکتریکی (EC)^(۲) آب‌های زیرزمینی

معنی که آبخوان در این ناحیه مورد هجوم آب شور دریا قرار گرفته است (فاطمی و عطایی، ۱۳۹۰). هدف از تحقیق حاضر، تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت بندرگز از نظر پارامترهای شیمیایی و فیزیکی و تأثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک در تغییر این پارامترها می‌باشد.

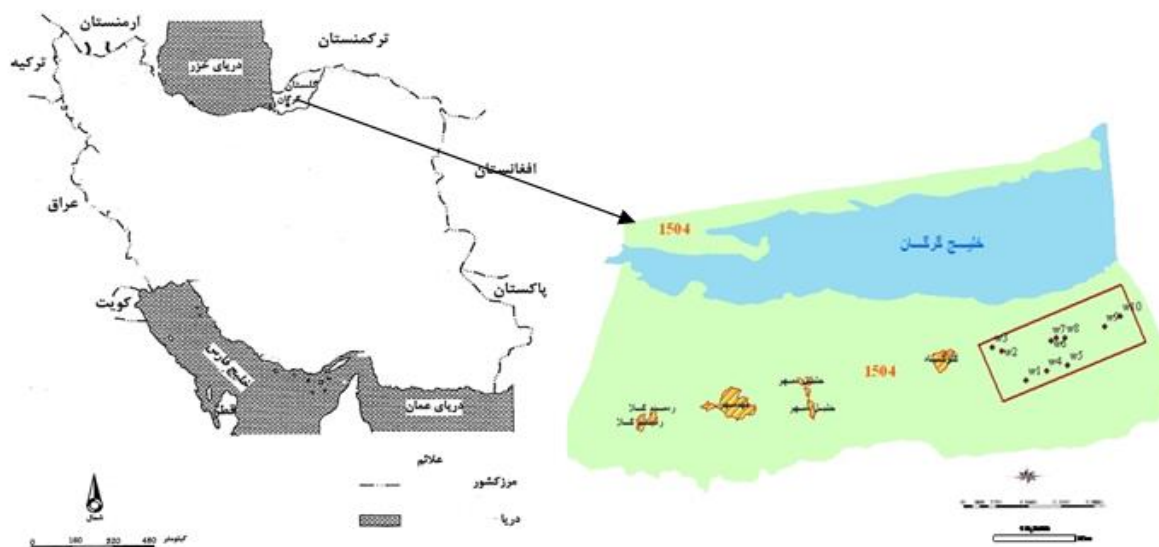
مواد و روش‌ها

در این مطالعه که به روش توصیفی-مقطعی انجام گرفته است، با توجه به مساحت منطقه به طور تصادفی از ۱۰ ایستگاه در سال ۹۱ نمونه‌برداری گردید. محل نمونه‌گیری، از خط برداشت نزدیک‌ترین قسمت به منبع آبی، بوده است. تعداد نمونه‌های برداشت شده، در مجموع ۴۸ نوبت نمونه برداشت گردید. نمونه‌ها با حفظ شرایط استاندارد به آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی گرگان منتقل و آنالیز شیمیایی و فیزیکی شامل TDS, EC, PH, رنگ، کدورت، سختی کل، مقادیر کاتیون‌ها (سدیم، کلسیم، آهن، منیزیم، پتاسیم و منگنز) و آنیون‌ها (فلوراید، کلر، نیتريت، نیترات، سولفات و کربنات) روی نمونه‌ها انجام گردید. آزمایشات در دو دسته کلی آزمایش‌های دستگاهی و آزمایش‌های تیترومتری صورت گرفته است. آزمایش‌های تیترومتری مشتمل بر سختی موقت و دائم، کلسیم و منیزیم، قلیائیت و کلور بود که بر اساس روش‌های استاندارد صورت گرفته است (APHA, 2005). آزمایش‌های دستگاهی نیز شامل سنجش EC و TDS با دستگاه EC متر مدل CD20 با نشان Aqualytic با دقت ۰/۰۱ ساخت کشور آلمان، کدورت، با دستگاه کدورت‌سنج مدل P2012 با نشان HACH ساخت کشور آمریکا با دقت ۰/۰۱ و Ph با دستگاه pH متر مدل ۶۵۴ با نشان Meterohm ساخت کشور سوئیس می‌باشد. آنیون‌ها و کاتیون‌ها فلوتور، آهن، سدیم، نیتريت، نیترات، با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل 7000 با نشان Palintest ساخت انگلستان سنجش شده است. جهت آنالیز نتایج از شاخص‌های مرکزی و نرم‌افزار Spss 18 استفاده گردید. نهایتاً تأثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک بر خواص فیزیکی و شیمیایی آب‌های زیرزمینی شهرستان بندرگز بررسی شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی شامل منابع آب زیرزمینی شهرستان بندرگز می‌باشد. مساحت منطقه حدود ۶۶۰ کیلومتر مربع بوده که مقدار

در مقایسه با استاندارد سازمان ملی حفاظت از محیط‌زیست در جدول (۱) آمده است.



شکل (۱): موقعیت مکانی منابع آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

جدول (۱): نتایج سنجش غلظت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شرب شهرستان بندرگز در سال ۹۱

حداکثر مجاز	حداقل مقدار		حداکثر مقدار		میانگین		واحد	پارامتر
	شش ماه دوم ۹۱	شش ماه اول ۹۱	شش ماه دوم ۹۱	شش ماه اول ۹۱	شش ماه دوم ۹۱	شش ماه اول ۹۱		
۱/۵	۰/۲	۰/۱۵	۰/۶۳	۰/۶	۰/۱۸±۰/۳۶	۰/۱۴±۰/۳۴	mg/l	فلوراید
۶/۵-۹	۷/۱	۷/۱	۷/۶	۷/۴	۰/۲۹±۷/۴	۷/۲±۰/۲۸	-	PH
۲۰۰۰	۴۵۰	۴۸۸	۹۵۰	۹۸۶	۶۲۵±۱۲۰	۶۴۵±۱۰۴	μs	EC
۵۰۰	۲۱۰	۲۴۸	۳۰۰	۳۵۲	۵۳±۲۶۱	۴۰±۳۰۵	mg/l	سختی کل
۲۵۰	۶۲/۵	۷۶/۹۵	۱۰۴	۱۰۵	۱۵±۷۴	۱۶/۶±۸۶	mg/l	کلسیم
۵۰	۸/۶	۱۱/۶۶	۲۲/۲۷	۲۵/۵	۴/۶±۱۸	۵/۸±۲۲	mg/l	منیزیم
۲۰۰	۷/۶	۵/۵	۱۰۰	۸۵	۵±۲۳	۴±۲۷	mg/l	سدیم
۱۲	۰/۲	۰/۳	۱/۷۵	۱/۷۶	۰/۲۱±۰/۵۲	۰/۲۴±۰/۶	mg/l	پتاسیم
۰/۵	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۳۱	۰/۰۰۱±۰/۰۰۴	۰/۰۰۱±۰/۰۰۵	mg/l	منگنز
۰/۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۰۷±۰/۰۱	۰/۰۰۲۴±۰/۰۱	mg/l	آهن
۴۰۰	۱۲	۱۸	۳۳	۴۰	۵/۳±۱۹	۵±۲۴	mg/l	سولفات
۴۰۰	۱۰	۶	۶۲	۶۰	۶±۳۲	۵±۳۶	mg/l	کلرور
۵۰	۵	۷/۵	۱۰/۹۴	۱۴/۴۶	۴/۳±۸/۹	۲/۵±۱۱/۷	mg/l	نیترات
۳	۰	۰	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۵۸±۰/۰۱	۰/۰۰۵۸±۰/۰۱	mg/l	نیتریت
-	۰	۰	۱۹	۲۲	۳/۹۴±۱/۵	۳/۳۱±۳/۵	CU	رنگ
۵	۰/۱۳	۰	۰/۶۲	۲/۶	۱/۴±۰/۵۳	۰/۲۱±۰/۶۵	NTU	کدورت
۱۵۰	۱۸۰	۱۹۵	۳۶۸	۴۰۰	۶۲±۲۶۰	۶۴±۲۸۲	mg/l	بیکربنات
۲۰۰۰	۲۶۱	۲۰۱	۴۱۰	۳۷۸	۶۳±۳۱۸	۷۴±۳۶۲	mg/l	TDS
۷	۰/۰۵	۰/۵۵	۰/۰۴	۰/۹۵	۰/۲۶±۰/۶۴	۰/۳۲±۰/۷۲	mg/l	فسفات

بحث

نوع و میزان غلظت عوامل فیزیکی و شیمیایی و میکروبی آب، تعیین کننده کیفیت آب است (شریعت پناهی، ۱۳۷۷). با آنالیز فیزیکی و شیمیایی آبخوان دشت بندرگز در سال ۹۱، تغییرات کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب زیرزمینی بندرگز به شرح ذیل بررسی شده است:

جامدات محلول کل و هدایت الکتریکی

میزان قابلیت هدایت الکتریکی (EC) و مجموع جامدات محلول (TDS) رابطه مستقیم دارند. میزان قابلیت هدایت الکتریکی (EC) و مجموع مواد محلول (TDS) بر اساس جدول (۱)، در چاه‌های شهر بندرگز در فصول پرباران بیشتر از فصول کم باران می‌باشد. بر اساس نتایج آنالیزها، میزان این دو پارامتر در کلیه چاه‌ها کمتر از حد استاندارد بوده است. میزان تغییرات هدایت الکتریکی بین ۹۳۹ و ۴۶۹ میلی‌گرم بر لیتر و TDS حدود ۳۳۱ و ۳۹۴ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمده است. مقادیر EC و TDS به طرف شمال در محدوده زون گسل خزر نسبت به سایر نقاط بیشتر می‌باشد. به طوری که در چاه شماره ۶ به طرف مسیر شمال مقادیر EC و TDS به ترتیب ۷۰۵ و ۳۵۱ می‌باشد و در شمال محدوده زون گسل خزر در چاه شماره ۷ مقادیر به ترتیب ۹۸۶ و ۳۷۸ افزایش یافته است. در فصول پرباران میزان EC نسبت به فصل کم باران کمتر می‌شود که به دلیل ورود باران (که آبی تقریباً خالص است) به داخل چاه‌ها می‌باشد که مطالعه ناصری موید این مطلب است (ناصری، ۱۳۸۴).

رنگ و کدورت

افزایش میزان تغییرات رنگ و کدورت در فصول پرباران به دلیل ورود خاک‌های رسی به منابع آب زیرزمینی می‌باشد که مطالعه شعبانی موید این مطلب است (شعبانی، ۱۳۸۸).

pH

میانگین pH در تمامی نمونه‌ها بیش از ۷ می‌باشد و در محدوده زون گسل میانگین pH کمتر از قسمت‌های شمالی است، که این امر بدلیل وجود لایه‌های آهکی در بالای سفره آب زیرزمینی در این منطقه و ورود مواد آهکی و رسوبات کربنات کلسیم که باعث افزایش pH می‌شود، می‌باشد. با وجود این که pH اثر مستقیم بر سلامتی انسان ندارد ولی مقدار زیاد آن تشکیل رسوب را در دستگاه‌های گرمایشی افزایش می‌دهد (شعبانی، ۱۳۸۷).

فسفات

میانگین غلظت فسفات در این آبخوان برابر با ۰/۶۵ می‌باشد و علت افزایش میزان فسفات در بعضی چاه‌ها وجود دامداری‌های سنتی و صنعتی و ورود فاضلاب حیوانی و کشاورزی و انسانی در فصول کم باران به منابع آب است که با مطالعه فتیحی در شهرکرد همخوانی دارد. (فتیحی، ۱۳۹۰)

نیتريت و نیترات

میزان تغییرات نیترات بین ۶/۲۵ تا ۱۴/۲ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. نتایج نشان داد که در فصل کم باران میزان نیترات از فصول پرباران بیشتر است. علت افزایش نیتريت و نیترات در فصول بهار و تابستان نسبت به فصل پر باران در برخی چاه‌ها، قرار گرفتن چاه‌های آب شرب این مناطق در پایین دست زمین‌های کشاورزی و باغی می‌باشد. مقدار نیترات در طی فصول کم باران و پاییز در اثر مساعد بودن شرایط آب و هوایی برای میکروارگانیسم‌ها، تجزیه مواد آلی و کمبود بارندگی، نیترات در خاک تجمع می‌یابد و با شروع فصل بارندگی در اواخر پاییز و زمستان آبشویی انجام می‌شود (زرولی، ۱۳۸۸). احسانی و همکاران در تحقیقاتی، پهنه‌بندی نیترات آب‌های شرب زیرزمینی دشت همدان را با استفاده از GIS نشان انجام دادند که مشخص گردید که اکثر مناطق با نیترات بالا در قسمت‌های پائین دست مناطقی که کشت آبی و باغی انجام می‌دهند، قرار دارند (غلامی، ۱۳۸۴). همچنین در مطالعه یوسفی و همکاران که نیترات چاه‌های روستایی شهر آمل را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که میزان نیترات چاه عمیق به مراتب کمتر از چاه کم عمق بوده است (Yosefi & Naeji, 2007). در مطالعه Mandalos و همکاران، اثر فعالیت‌های کشاورزی را بر روی کیفیت آب در یونان شمالی با استفاده از GIS مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که سطح نیترات، سولفات و فسفات به ترتیب در ۶/۲۵، ۴/۷ و ۹/۳۸ درصد از نمونه‌ها از حد استاندارد بیشتر بوده و نیتريت آمونیوم در رنج استاندارد بوده است. همچنین نشان دادند که شاخص آلودگی آب در مناطقی که از کودهای شیمیایی استفاده می‌کنند، بیشتر است (Nikolaidis et al., 2012). Babiker و Hiyama کیفیت آب زیرزمینی را در ناسونو ژاپن با استفاده از GIS مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که کیفیت آب زیرزمینی از شمال غربی به جنوب شرقی به خاطر کاهش عمق آب و افزایش ورود کود از زمین‌های کشاورزی برنج و افزایش تراکم جمعیت کاهش می‌یابد (Babiker et al., 2007). Christophoridis و Fytianos نیترات را توسط GIS

کلسیم موجب افزایش بی‌کربنات در منابع آب می‌شود. رسوبات حاوی کربنات، بی‌کربنات و سولفات کلسیم و منیزیم، کلرورهای سدیم و پتاسیم و املاح دیگر بر اثر شسته شدن توسط نزولات جوی به صورت محلول وارد منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شوند (شریعت پناهی، ۱۳۷۷).

کلر و سدیم

در چاه شماره ۶ مقدار کلر و سدیم به ترتیب ۸۶ و ۵۰ می‌باشند. در ادامه مسیر مقطع به طرف شمال با روند افزایشی غلظت، در چاه شماره ۲ این مقادیر به ترتیب ۱۵۱ و ۸۱ می‌رسند. افزایش روند تغییرات غلظت یون‌های سدیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات به دلیل انحلال کانی‌های موجود در این سازندها باشد. مطابقت نتایج مطالعات حاضر با مطالعه جلالی و همکاران بر روی تعیین عوامل موثر بر شوری آب زیرزمینی با مدل هیدروژئوشیمیایی دشت خوی در سال ۹۰ موید صحت تحقیقات انجام شده می‌باشد. غلظت یون‌های سولفات و کلر در آب زیرزمینی مناطق متأثر از سازند زمین شناسی از سایر یون‌ها بیشتر است (جلالی، ۱۳۹۰). همچنین Fytianos و همکاران، کلراید را در آب آشامیدنی روستاها توسط GIS مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که دلیل غلظت کلراید نشان‌دهنده ورود آب دریا به آب زیرزمینی می‌باشد (Fytianos & Christophoridis, 2004).

پتاسیم

میانگین تغییرات پتاسیم در مقایسه نتایج با استاندارد ملی نشان می‌دهد که در هیچ یک از چاه‌ها میزان پتاسیم از حد استاندارد بیشتر نمی‌باشد.

در طبقه‌بندی که در جدول (۲) آمده است، آب‌ها براساس کاتیون‌ها به سه رخساره منیزیک، کلسیک و سدیک و نیز برپایه آنیون‌ها به سه تیپ بی‌کربنات، سولفات و کلروره تقسیم‌بندی می‌شوند، تیپ شیمیایی آب شرب شهرستان بندرگز در چاه‌های شماره ۳ و ۴ و ۶ تیپ غالب از نوع کلسیک-منیزیک بی‌کربنات می‌باشد. در چاه‌های شماره ۱ و ۲ و ۵ تیپ غالب نمونه آب شرب سدیک-کلسیک تا کلروره بی‌کربنات می‌باشد. در چاه‌های شماره ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ تیپ غالب از نوع کلسیک-منیزیک بی‌کربنات کلروره می‌باشد.

فلوراید

آنالیزهای غلظت فلوراید در منابع آب منطقه نشان می‌دهد که تغییرات فلوراید از ۰/۶۱۵ تا ۰/۱۷۵ میلی‌گرم بر لیتر و میانگین

در آب آشامیدنی روستاها ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که در ۷/۷ درصد نمونه‌ها غلظت نترات آنها از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشتر بوده که دلیل آن استفاده از کودهای نیتروژنه در کشاورزی در قسمت‌های شمال غربی بوده است و ۷۰ درصد نمونه‌های برداشت شده از مناطقی که نزدیک ساحل بودند، غلظت کلراید از ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشتر بوده، اما در دیگر مناطق (غیر ساحلی)، غلظت ۳۲/۷ درصد نمونه‌ها از ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشتر بوده که نشان‌دهنده ورود آب دریا به آب زیرزمینی می‌باشد (Fytianos & Christophoridis, 2004).

کلسیم، منیزیم و سختی کل

میزان تغییرات کلسیم و منیزیم به ترتیب ۶۹/۷۲ تا ۱۰۴/۵ و ۹/۲۳ تا ۲۴/۸۸ میلی‌گرم بر لیتر و میانگین آنها به ترتیب ۷۹ و ۱۶/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. نتایج جدول (۱) نشان می‌دهد که میزان کلسیم و منیزیم در تمامی چاه‌ها در حد استاندارد می‌باشد. مجموع غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم را سختی کل می‌نامند (شریعت پناهی، ۱۳۷۷). میزان یون کلسیم در جنوبی‌ترین نقطه در چاه شماره ۶، ۸۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در ادامه مسیر مقطع بطرف شمال با کمی کاهش در جنوب گسل در چاه شماره ۴ مقدار آن به ۷۳/۶۵ میلی‌گرم بر لیتر رسیده و در ادامه در شمال گسل در چاه شماره ۷ با افزایش قابل توجهی نسبت به چاه‌های جنوبی مقدار کلسیم به ۴۳/۱۰۵ میلی‌گرم بر لیتر افزایش می‌یابد، در ادامه مسیر مقطع به طرف شمال در چاه شماره ۹ میزان آن به ۷۹ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافته و در نهایت با روند تقریباً ثابت و نزولی در شمالی‌ترین مقطع میزان این یون کاهش می‌یابد. سختی در فصول کم باران بیشتر از پرباران است که مطالعه ناصری، موید این مطلب است (ناصری، ۱۳۸۴).

سولفات

میزان سولفات در جنوبی‌ترین چاه (شماره ۶) ۲۴ میلی‌گرم می‌باشد. در ادامه مسیر مقطع به طرف شمال در چاه شماره ۷ مقدار آن به ۲۶ افزایش یافته و در نهایت با روند تقریباً ثابت و نزولی در شمالی‌ترین نقطه مقطع میزان یون سولفات کاهش می‌یابد. وجود سازندهای آهکی بر اثر فرسایش و انحلال کربنات

نشان می‌دهد که مقدار فلئور در هر دو مطالعه پایین‌تر از حد استاندارد بوده و نیاز به افزودن فلوراید می‌باشد. نتایج تحقیق رحیم‌زاده و همکاران در تعیین میزان فلئور موجود در منابع آب شرب روستاهای شهر گرگان نتایج این مطالعه را تأیید می‌نمایند (رحیم‌زاده، ۱۳۸۵).

آن در دوره نمونه‌برداری برابر با ۰/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که پایین‌تر از حد استاندارد ملی است. مطالعه صادقی و روح‌الهی نشان می‌دهد که میانگین غلظت فلئور آب شرب شهر اردبیل حدود ۰/۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در مطالعه حاضر نیز مقدار فلوراید حدود ۰/۴۸ می‌باشد. نتایج دو مطالعه مذکور مشابه بوده و

جدول (۲): تیپ آب شهرستان بندرگز

شماره چاه	شهرستان	غلظت آنیون‌ها	غلظت کاتیون‌ها	تیپ آب	رخساره آب	تیپ و رخساره
۱	بندرگز	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$	$\text{Ca} > \text{Na} + \text{K} > \text{Mg}$	بی‌کربناته	کلسیک	بی‌کربناته کلسیک
۲	بندرگز	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$	$\text{Ca} > \text{Na} + \text{K} > \text{Mg}$	بی‌کربناته	کلسیک	بی‌کربناته کلسیک
۳	بندرگز	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$	$\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} + \text{K}$	بی‌کربناته	کلسیک	بی‌کربناته کلسیک
۴	بندرگز	$\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$	$\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} + \text{K}$	بی‌کربناته	کلسیک	بی‌کربناته کلسیک
۵	بندرگز	$\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$	$\text{Ca} > \text{Na} + \text{K} > \text{Mg}$	بی‌کربناته	کلسیک	بی‌کربناته کلسیک
۶	بندرگز	$\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$	$\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} + \text{K}$	بی‌کربناته	کلسیک	بی‌کربناته کلسیک
۷	بندرگز	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$	$\text{Ca} > \text{Na} + \text{K} > \text{Mg}$	بی‌کربناته	کلسیک	بی‌کربناته کلسیک
۸	بندرگز	$\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$	$\text{Ca} > \text{Na} + \text{K} > \text{Mg}$	بی‌کربناته	کلسیک	بی‌کربناته کلسیک
۹	بندرگز	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$	$\text{Ca} > \text{Na} + \text{K} > \text{Mg}$	بی‌کربناته	کلسیک	بی‌کربناته کلسیک
۱۰	بندرگز	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$	$\text{Ca} > \text{Na} + \text{K} > \text{Mg}$	بی‌کربناته	کلسیک	بی‌کربناته کلسیک

کاهش مقادیر کلسیم و منیزیم در این ناحیه می‌تواند شیبست گرگان باشد. سازندهای زمین‌شناسی، اثر اقلیم و فعالیت‌های انسانی و کشاورزی سه عامل اصلی بر کیفیت شیمیایی و فیزیکی آب زیرزمینی دشت بندرگز می‌باشد. جلوگیری از توسعه فعالیت‌های انسانی و کشاورزی در حریم چاه‌ها، احداث شبکه جمع‌آوری و تصفیه‌خانه فاضلاب عوامل مهم در مدیریت کیفیت منابع آب منطقه می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از حمایت مالی معاونت بهداشتی دانشگاه علوم گلستان و شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان که در انجام این پروژه همکاری نموده‌اند، تقدیر و تشکر می‌گردد.

یادداشت‌ها

1. Total Dissolved Solids (TDS)
2. Electro Conductivity (EC)

آهن و منگنز

تغییرات آهن و منگنز در این آبخوان به ترتیب ۰/۰۳۸ و ۰/۰۲۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که این دو کاتیون در تمامی نمونه‌ها کمتر از حد استاندارد بوده است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که با توجه به استاندارد مجاز کیفیت آب، غلظت کلیه یون‌های موجود در آب زیرزمینی بندرگز به غیر از فلوراید همگی در حد استاندارد هستند. تغییرات EC و TDS به لحاظ روند تغییرات در دو سال تقریباً روندی یکان نشان می‌دهند. مقادیر این دو پارامتر در محدوده زون گسل خزر افزایش و پس از خروج از گسل یاد شده بطرف شمال مجدداً کاهش نشان می‌دهند. منحنی‌های کلر و سدیم به لحاظ روند تغییرات در دو سال در محدوده زون گسل خزر و سپس با خروج از زون گسل یاد شده بطرف شمال، کاهش نشان می‌دهند. برای اغلب پارامترها بیشترین میانگین مربوط به فصل پاییز و کمترین میانگینی مربوط به فصل بهار می‌باشد. یکی از دلایل اصلی

فهرست منابع

- تماب، ۱۳۷۵. گزارش تلفیق مطالعات منابع آب حوضه آبریز رودخانه‌های مازندران جلد دوم.
تماب، ۱۳۷۶. گزارش تلفیق مطالعات منابع آب حوضه آبریز قره سو و گرگانرود جلد دوم بررسی‌ها و مشخصات عمومی.

- جداری، ج؛ مقیمی، ا؛ یمانی، م. و عیسانی، ا. ۱۳۸۹. تأثیر عوامل ژئومورفولوژیک بر کیفیت شیمیایی آب رودخانه کر و دریاچه سد درودزن، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره ۱، ۱۷-۳۲.
- جلالی، ل. ۱۳۹۰. تعیین عوامل موثر بر شوری آب زیرزمینی با مدل هیدروژئوشیمیایی دشت خوی، مجموعه مقالات سومین گردهمایی علوم زمین. حسن‌زاده، ر؛ عباس‌نژاد، ا. و حمزه، م. ۱۳۸۹. ارزیابی آلودگی آب‌های زیرزمینی محدوده شهر کرمان، محیط‌شناسی، سال ۳۶، شماره ۵۶، ۱۰۱-۱۱۰.
- رحیم‌زاده، ه. ۱۳۸۵. تعیین میزان فلوئور موجود در منابع آب شرب روستاهای شهر گرگان، دهمین همایش ملی بهداشت محیط. ززولی، م. ۱۳۸۸. بررسی غلظت نیتریت و نیترات در چاه‌های آب روستاهای ساری در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷، دوازدهمین کنفرانس ملی بهداشت محیط. سرور، ع. ۱۳۸۹. نقش گسل خزر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب‌های زیرزمینی مطالعه موردی: محدوده ساری-گرگان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. شریعت پناهی، م. ۱۳۷۷. اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب، انتشارات دانشگاه تهران.
- شعبانی، م. ۱۳۸۷. تهیه نقشه تغییرات TDS و pH تعیین مناسب‌ترین روش زمین آمار در آب‌های زیرزمینی دشت ارسنجان، مجله مهندسی آب، سال اول، شماره ۲، ۲۷-۳۶.
- شعبانی، م. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت ارسنجان، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ۶۷، ۷۶-۸۹.
- غلامی، ب. ۱۳۸۴. بررسی اثرات رسوبگذاری رسوبات بالادست، در پائین دست حوزه آبخیز هراز، مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب. فاطمی، ا. و عطایی، ب. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی پیشروی آب شور تخلیه آلاینده‌ها در آبخوان ساحلی زری حوضه تالار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف.
- فتحی، پ. ۱۳۹۰. بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی کرمانشاه با استفاده از نرم‌افزار GIS، پنجمین کنفرانس ملی مهندسی محیط‌زیست، تهران. قاسمی، م. و مصوری، ف. ۱۳۸۶. تأثیر صفحه خزر بر زمین ساخت البرز، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کرامتی، ح. و محوی، م. ۱۳۸۷. بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب شرب شهر گناباد، یازدهمین همایش بهداشت محیط. منزوی، م. ۱۳۸۸. تصفیه آب و فاضلاب، انتشارات دانشگاه تهران.
- ناصری، ح. ۱۳۸۴. نقش گسل خزر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب‌های زیرزمینی، نهمین کنفرانس ملی ژئولوژی، دانشگاه تربیت معلم تهران. نخعی، م. و اشراقی، م. ۱۳۸۴. بررسی و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت قوچان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، هفتمین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران.
- نوری، م. ۱۳۸۹. تهیه نقشه‌های کیفیت منابع آب شاهرود با استفاده از سامانه اطلاعاتی جغرافیایی، هشتمین همایش بهداشت محیط.
- Afshari, H. & Ebadi, A. 2011. Application of GIS for determination of groundwater quality suitable in crops influenced by irrigation water in the Damghan region of Iran, *Int. J. Physic. Sci.*, 2(5), 78-89.
- APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed, American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- Babiker, I.; Mohamed, M. & Hiyama, T. 2007. Assessing groundwater quality using GIS, *Water Res. Manage.*, 21(4), 699-715.
- Chatterjee, R.; Tarafder, G. & Paul, S. 2009. Groundwater quality assessment of Dhanbad district, Jharkhand, India, *Bullet. Eng. Geo. Env.*, 69(1), 137-141.
- Ehsani, H. 2006. The concentrations of nitrate and nitrite in surveying water wells of Hamadan, 10th National Conference on Environmental Health, Isfahan.
- Fytianos, K. & Christophoridis, C. 2004. Nitrate, arsenic and chloride pollution of drinking water in Northern Greece, Elaboration by applying GIS, *Environmental monitoring and assessment*, 93, 55-67.
- Lee, S.; Min, K. & Woo, N. 2003. Statistical models for the assessment of nitrate contamination in urban groundwater using GIS, *Environ. Geo.*, 44(2), 210-221.
- Nikolaidis, C.; Mandalos, P. & Vantarakis, A. 2012. Impact of intensive agricultural practices on drinking water quality in the EVROS Region (NE GREECE) by GIS analysis, *Environ. Monitor. Assess.*, 143(1-3), 43-50.
- Yosefi, Z. & Naeji, O. 2007. The concentrations of nitrate and nitrite in Surveying water wells of villages of Amol, *Journal of mzandaran university of Medical Science*, 61(17), 161-165.