

ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت کهریز و مقایسه روند تغییرات آن در طی سال‌های اخیر

رویا بهرامی‌نصب^۱، حسین پیرخراتی^{۲*}، علیرضا عباس‌فام^۳ و زهرا شیخی^۴

۱، ۲ و ۴- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه

۳- کارشناس ارشد سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان غربی، ارومیه

نویسنده مسئول: h.pirkharrati@urmia.ac.ir*

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۹۸/۹/۱۹

دریافت: ۹۸/۵/۸

چکیده

دشت کهریز در استان آذربایجان غربی و در امتداد دریاچه‌ی ارومیه واقع شده و جزء از حوضه‌ی آبریز دریاچه است. با توجه به نزدیکی این دشت به دریاچه و تغییرات سطح آب زیرزمینی در این منطقه، این پژوهش به منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی از نتایج ۱۲ ایستگاه نمونه‌برداری در طی سه دوره‌ی آبی ۸۸-۸۹، ۹۱-۹۲ و ۹۴-۹۵ دوره‌ی خشک (شهریور ماه) به صورت مقایسه‌ای استفاده شد. نتایج مطالعات نشان داد تیپ آب در دوره‌ی اول سدیک- منیزیک- کلراته بوده و به تیپ کلسیک-کربناته-کلراته تغییر نموده است که نشان از اثر متقابل- آب سنگ در منطقه است. کیفیت آب زیرزمینی برای آشامیدن و کشاورزی نشان داد که در هر سه دوره‌ی مذکور بخش شمالی و مناطق منتهی به دریاچه‌ی ارومیه به دلیل بالا بودن شوری و مقدار سدیم از کیفیت مطلوبی برخوردار نبوده و دارای محدودیت استفاده می‌باشند. جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه از سمت غرب به سمت دریاچه ارومیه بوده و به همین منوال مقدار هدایت الکتریکی و همگام با آن کل جامدات محلول نیز از سمت غرب به سمت دریاچه افزایش نشان می‌دهد. بیش‌ترین میزان همبستگی بین پارامترهای هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول مشاهده شد ($p < 0.05$ و $r > 0.9$) و هم‌چنین یون‌ها همبستگی بالایی نشان داده و دارای منشا مشترکی می‌باشند. بررسی شاخص‌های درصد سدیم، نسبت جذب سدیم، نفوذپذیری، خطر منیزیم و نسبت کیلی نشان دهنده‌ی محدودیت کم تا متوسط در استفاده از آب زیرزمینی در سامانه‌های آبیاری می‌باشند. از عوامل کنترل کننده‌ی کیفیت آب زیرزمینی براساس نسبت‌های ژئوشیمیایی اثر انحلال کانی‌های تخییری، تبخیر وسیع، احتمال نفوذ آب شور می‌باشد. از نظر هدایت الکتریکی ۲۵٪ نمونه‌ها در وضعیت نامطلوبی قرار گرفته و برای مناطق شمالی شامل اراضی گل‌تپه و اراضی جمال‌آباد، قوشچی و قولنجی محدودیت بالا تا متوسط را نشان می‌دهد. بنابراین بکار گرفتن روش‌های مختلف مانند آبشویی و اصلاح الگوی کشت مورد نیاز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کهریز، کیفیت آب زیرزمینی، دریاچه ارومیه، کشاورزی

۱- پیشگفتار

استفاده از منابع آب زیرزمینی برای اهداف مختلف توسط انسان به کیفیت آن وابسته است. کیفیت آب زیرزمینی وابسته به فاکتورهای مختلفی مانند لیتولوژی، اثر متقابل آب- سنگ، زمان ماندگاری، عمق آب زیرزمینی، فعالیت‌های انسانزاد و تغییرات اقلیم می‌باشد (خان و جریا، ۲۰۱۸). در کشورهای در حال توسعه؛ فشار افزایش جمعیت، توسعه‌ی شهرها، فعالیت‌های صنعتی، عدم مدیریت راهبردی صحیح در استفاده از مواد شیمیایی در اراضی کشاورزی و مراتع، عدم پایش صحیح منابع آب و استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی موجب تهدید کمیت و کیفیت این منابع ارزشمند شده است. تغییرات کیفیت آب زیرزمینی مورد استفاده در آبیاری و آشامیدن موجب بروز بیماری در انسان می‌گردد. بنابراین با هدف

حفظ و نگهداری کیفیت منابع آبی، ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی جهت نیل به هدف کاستن تاثیرات منفی موثر در کیفیت آب، ضروری می‌باشد (وگه و همکاران، ۲۰۱۹). بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی در سال‌های اخیر با توجه به لزوم اهمیت آن توسط محققان بسیاری صورت گرفته است.

الکاشوتی و همکاران (۲۰۱۹) از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای بررسی توزیع پارامترهای هیدروژئوشیمی در دلتای رود نیل (شمال مصر)، استفاده کردند. شبیر و احمد (۲۰۱۵) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و شاخص کیفیت آب، کیفیت آب‌های زیرزمینی در راولپندی و اسلام‌آباد را ارزیابی کرده و کیفیت آب‌های زیرزمینی برای فعالیت‌های کشاورزی مناسب دانستند. اسدزاده و همکاران (۱۳۹۶) روند تغییرات کیفی آب

۵۳/۶۱ درصد و میانگین بارندگی سالانه آن ۳۲۰ میلی متر می‌باشد (اصغری مقدم و محبی، ۱۳۹۴). ارتفاع دشت کهرئیز از سطح دریا به طور متوسط ۱۳۴۰ متر می‌باشد. براساس اقلیم نمای آمبرژه اقلیم آن سرد خشک محاسبه شده است. از نظر زمین‌ساختی این منطقه بخشی از زون ایران مرکزی بوده که انتهای زون تکتونیکی سنندج - سیرجان را در شمال باختر ایران تشکیل می‌دهد (آقانیاتی، ۱۳۸۳). حرکات کوهزایی پرکامبرین پسین موجب چین‌خوردگی و دگرگونی پی‌سنگ ناحیه شده است (اصغری مقدم و محبی، ۱۳۹۴). محدوده‌ی آبخوان شامل پهنه‌های نمکی، پهنه‌های رسی نمکی و پادگانه‌ها و نهشته‌های آبرفتی جوان دشت کواترنری را شامل می‌شود. رسوبات آبرفتی شامل آبرفت‌های رودخانه‌ای دانه درشت و واریزه‌های دامنه‌ای حاصل تخریب اطراف دشت می‌باشند. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه ارائه شده است.

۳- مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی هیدروژئوشیمی زیست‌محیطی منابع آب زیرزمینی و مشاهده روند تغییرات صورت گرفته در طی سال‌های اخیر از نتایج ۱۲ ایستگاه نمونه‌برداری شامل چاه عمیق، چاه نیمه عمیق و قنات تهیه شده از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی در طی سه دوره‌ی آبی ۸۹-۸۸، ۹۱-۹۲ و ۹۴-۹۵ (دوره‌ی اول، دوره‌ی دوم، دوره‌ی سوم) در شهریور ماه (دوره‌ی خشک) استفاده گردید. هم‌چنین جهت بررسی تغییرات تراز آب زیرزمینی از ۱۱ ایستگاه نمونه‌برداری طی دوره‌های آبی ۸۸-۸۹ و ۹۴-۹۵ استفاده شد (شکل ۲). نتایج حاصل از آنالیز یون‌های اصلی و برخی پارامترها شامل pH ، EC ، TDS و TH در این مطالعه بکار گرفته شدند. ایستگاه‌های نمونه‌برداری به گونه‌ای انتخاب شدند که برای کل محدوده مورد مطالعه همپوشانی مناسبی داشته باشند. در این نوشتار از روش‌های گرافیکی مانند نمودارهای ویلکاکس، پایپر، شولر، بررسی توزیع مکانی و شاخص‌های مختلف جهت تعیین کیفیت آب زیرزمینی و نسبت‌های ژئوشیمیایی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار $ArcGIS$ و $AqQa$ ، $Excel$ استفاده شد. نتایج آمار توصیفی نمونه‌ها و مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. در برآورد توزیع مکانی از

زیرزمینی دشت عجبشیر را در دو ماه خشک و تر برای مصارف کشاورزی براساس روش ویلکاکس مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که شوری در ماه خشک و تر به ترتیب ۴ و ۵/۰ کیلومتر مربع افزایش نشان داده و در نتیجه کیفیت منابع آبی برای کشاورزی نامطلوب گشته است. بشارتی و فضل‌نیا (۱۳۹۵) غلظت عناصر در آب‌های زیرزمینی منطقه آستانه اشرفیه-کوچصفهان را مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند تنها در دهکا میزان پتاسیم بیش از استانداردهای ایران و جهان می‌باشد. شکبیا و همکاران (۱۳۹۵) کیفیت آب‌های زیرزمینی روستای کیلک در بالادست محل دفن زباله‌های شهر سنندج از نظر شرب مناسب عنوان نمودند.

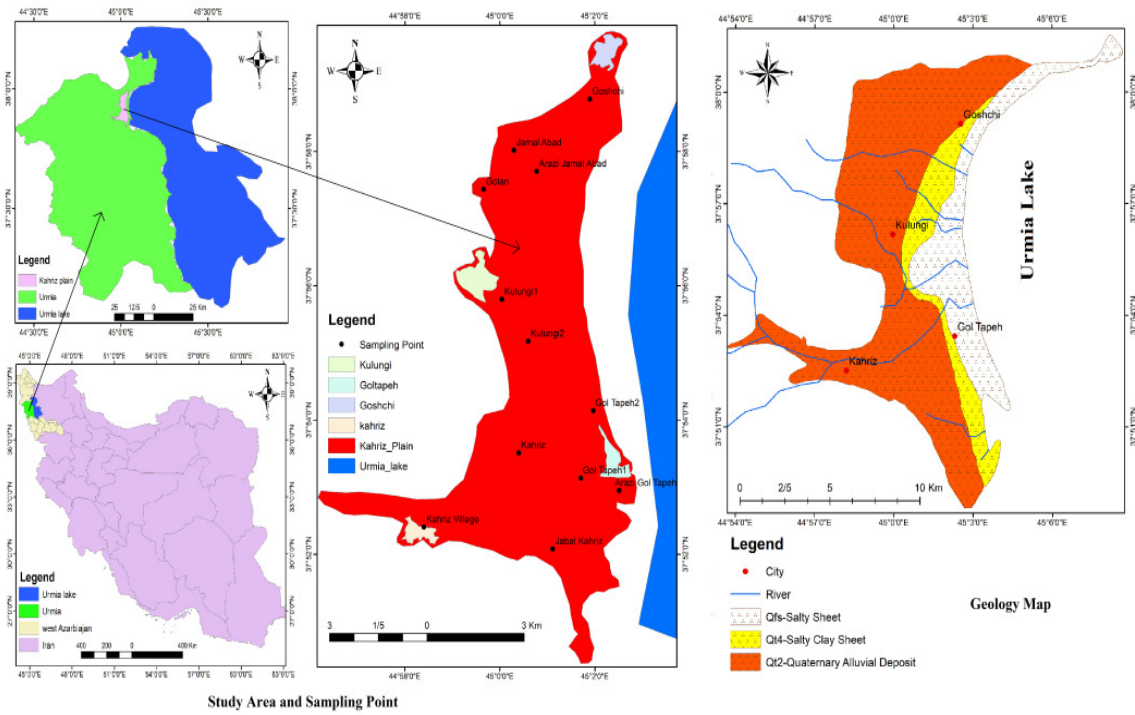
دشت کهرئیز در شمال غرب ایران در استان آذربایجان غربی قرار گرفته و جزو حوضه‌ی آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. دریاچه ارومیه شورترین دریاچه دائمی ایران است که در دو دهه‌ی اخیر عدم مدیریت صحیح منابع و عدم رعایت حق آبه‌ی هر یک از رودهای حوضه‌ی آبریز دریاچه موجب خشک شدن، افزایش شوری و کاهش شدید سطح تراز به میزان ۱۲۷۰ متر از سطح دریای آزاد طبق گزارش ستاد احیای دریاچه ارومیه در آذر ماه سال آبی ۹۶-۹۷ رسیده است. تیپ شورابه‌ای دریاچه ارومیه در دوره‌ی خشک $Mg^{2+}-Na^{+}-Cl^{-}$ می‌باشد (لک و خاتونی، ۱۳۹۵). کیفیت آب زیرزمینی دشت کهرئیز در مجاورت دریاچه ارومیه در نتیجه‌ی افزایش بهره‌برداری از آب چشمه، چاه و قنات، کاهش سطح تراز و گسترش سازندهای نمکی و رسی در وضعیت نیازمند پایش و بررسی می‌باشد. هدف اصلی از این پژوهش، ارزیابی کلی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت کهرئیز از دیدگاه هیدروژئوشیمی زیست‌محیطی، بررسی کیفیت آب برای کشاورزی و شرب و مقایسه روند تغییرات آن در طی سال‌های اخیر می‌باشد.

۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

دشت کهرئیز با مختصات ۳۷/۸۷ شمالی و ۴۴/۹۸ شرقی در شمال غرب ایران، در استان آذربایجان غربی در امتداد ساحل دریاچه ارومیه قرار گرفته و جزوی از حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. وسعت دشت کهرئیز تقریباً ۱۱۵ کیلومتر مربع با شیب متوسط ۶ درصد، میانگین دمای سالانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد، میانگین رطوبت نسبی

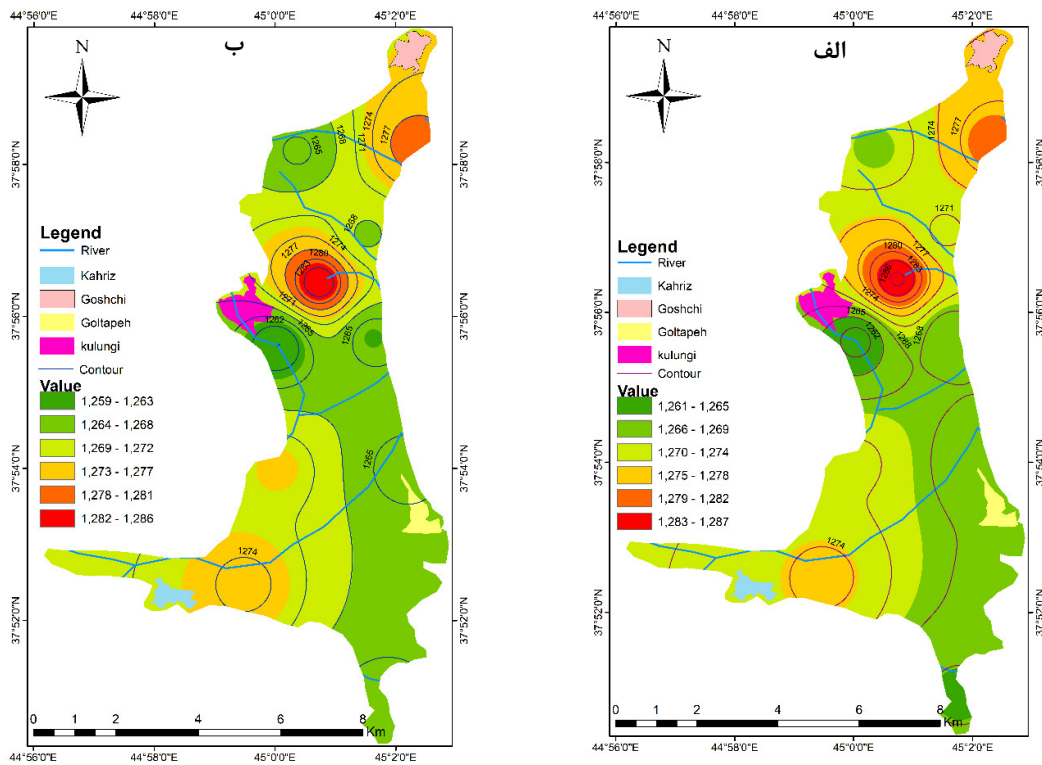
ریاضی می‌باشد (نجف‌پور و همکاران، ۱۳۹۷).

روش درون‌یابی عکس فاصله استفاده شد که یکی از روش‌های درون‌یابی قطعی و تنها با استفاده از توابع



Study Area and Sampling Point

شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی، نقاط نمونه‌برداری و زمین‌شناسی دشت کهریز (نقشه‌ی زمین‌شناسی دشت کهریز با اندکی تغییرات برگرفته از اصغری‌مقدم و محبی، ۱۳۹۵).



شکل ۲. تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در دوره‌ی آبی ۸۹-۸۸ (شهریور) در شکل (الف) و دوره‌ی آبی ۹۵-۹۴ (شهریور) در شکل (ب)

جدول ۱. توصیف آماری داده‌ها (یون‌ها و TDS بر حسب mg/l و EC بر حسب $\mu\text{s/cm}$)

Cl^-	HCO_3^-	SO_4^{2-}	pH	EC	TDS	TH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+		
۴۲/۶	۲۳/۱۸	۵۷/۶	۷/۶	۷۱۰	۴۶۱/۵	۲۹۵	۶۸	۱۹/۲	۰	۲۹/۹	کمترین	۹۴-۹۵
۱۷۰/۴	۳۹۶/۶	۲۵۴/۴	۸/۲	۵۶۴۰	۷۴۷۵	۳۴۵۰	۶۰۰	۴۶۸	۲۳/۴	۱۱۱۳/۲	بیش‌ترین	
۵۰۳/۷	۲۹۶/۴	۱۰۶/۸	۷/۸	۲۰۵۳	۱۸۹۶/۲	۹۸۹/۶	۲۱۸/۶	۱۰۶/۳	۵/۵	۲۱۸/۳	میانگین	
۴۶/۱	۱۱۲/۰	۳۸/۴	۷/۱	۵۷۰	۳۷۰/۵	۲۱۰	۵۰	۱۶/۸	۰	۲۹/۹	کمترین	۹۱-۹۲
۳۴۷۹	۲۸۶/۷	۲۴۰	۷/۸	۱۰۳۸۰	۶۷۴۷	۱۸۱۰	۳۹۰	۲۵۳/۲	۱۹/۵	۱۶۱۶/۹	بیش‌ترین	
۸۲۳/۹	۲۰۳/۵	۱۱۲/۲	۷/۴	۲۸۹۲/۷	۱۸۸۰/۲	۷۰۵/۹	۱۵۴/۷	۷۶/۵	۳/۹	۳۴۱/۸	میانگین	
۳۵/۵	۷۹/۳	۴/۸	۷/۱	۳۸۰	۲۴۷	۱۱۰	۲۲	۱۳/۲	۰	۲۹/۹	کمترین	۸۸-۸۹
۳۱۵۹	۲۴۴	۳۲۶/۴	۷/۷	۱۰۰۷۰	۶۵۴۵/۶	۱۷۶۰	۳۳۴	۲۸۲	۱۱/۷	۱۵۱۸	بیش‌ترین	
۸۳۲/۱	۱۳۳/۱	۱۳۰/۴	۷/۴	۲۷۹۵/۱	۱۷۹۳/۴	۶۵۱/۶	۱۲۷/۱	۸۰/۱	۴/۲	۳۲۸/۵	میانگین	

جدول ۲. مختصات جغرافیایی و علامت اختصاری نقاط نمونه‌برداری

علامت اختصاری	UTMY	UTMX	ایستگاه نمونه‌برداری
w1	۴۲۰۱۵۶۷	۵۰۱۱۳۹	اراضی جمال آباد
w2	۴۱۹۲۷۷۴	۵۰۳۶۸۶	اراضی گل‌تپه
w3	۴۱۹۱۱۶۸	۵۰۱۶۳۳	جبل کهریز
w4	۴۲۰۲۱۴۸	۵۰۰۴۳۸	جمال‌آباد
w5	۴۱۹۱۷۷۱	۴۹۷۶۵۷	روستای کهریز
w6	۴۲۰۳۵۶۰	۵۰۲۷۸۱	قوشچی
w7	۴۱۹۸۰۴۶	۵۰۰۰۶۸	قولنجی ۱
w8	۴۱۹۳۸۱۳	۵۰۰۵۸۶	کهریز
w9	۴۱۹۳۱۱۶	۵۰۲۵۰۴	گل‌تپه ۱
w10	۴۱۹۴۹۷۵	۵۰۲۸۸۷	گل‌تپه ۲
w11	۴۲۰۱۰۷۳	۴۹۹۴۹۵	گولان
w12	۴۱۹۶۸۸۹	۵۰۰۸۸۰	قولنجی ۲

۴- نتایج و بحث

برای تعیین دقت آنالیز نمونه‌ها از تعادل یونی نمونه آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود. بدین ترتیب نتایج آنالیزها به میلی‌اکی‌والان بر لیتر تغییر داده شده و خطای آن‌ها با تعیین مقدار اختلاف بین مجموع کاتیون‌ها و آنیون‌ها محاسبه می‌شود. با توجه به این مطلب محاسبه‌ی خطای حاصل از نمونه‌ها باید کمتر از ۵٪ باشد. نتایج محاسبه‌ی خطا نشان می‌دهد که در همه‌ی نمونه‌های مورد نظر در هر سه دوره‌ی مذکور درصد خطا کمتر از مقدار تعیین شده می‌باشند.

در جدول ۱ مشاهده می‌شود نسبت به سال آبی ۹۴-۹۵ در دوره‌های قبل‌تر Cl^- ، Na^+ ، SO_4^{2-} و EC روند کاهشی دارند. در حالی مقادیر سایر پارامترها روند افزایشی را نشان می‌دهد. کاهش مشاهده شده در مقدار میانگین سدیم و کلر را می‌توان به ته‌نشینی سدیم به فرم کلراید از آب زیرزمینی و فوق‌اشباع شدن آب از سدیم نسبت

داد. بیش‌ترین مقدار سدیم در ایستگاه‌های نمونه‌برداری قولنجی ۱ و ۲ به ترتیب (۱۱۱۳ و ۵۰۱ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد (سال آبی ۹۵-۹۴). بدلیل تاثیر قابل‌توجه شرایط کیفی آب آبیاری در خاک و گیاهان، بررسی پارامترهای موثر ضروری است (خان و جریا، ۲۰۱۸). با توجه به جدول ۱ ترتیب فراوانی کاتیون‌های اصلی در دشت کهریز در سال آبی ۹۴-۹۵ به ترتیب $Ca^{2+} = Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{2-}$ و آنیون‌های اصلی $Na^+ > Mg^{2+} > K^+$ می‌باشد. هم‌چنین ترتیب فراوانی کاتیون‌های اصلی در سال آبی ۹۱-۹۲ و ۸۸-۸۹ $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+$ و آنیون‌های اصلی $Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{2-}$ می‌باشد.

۴-۱- سطح تراز آب زیرزمینی

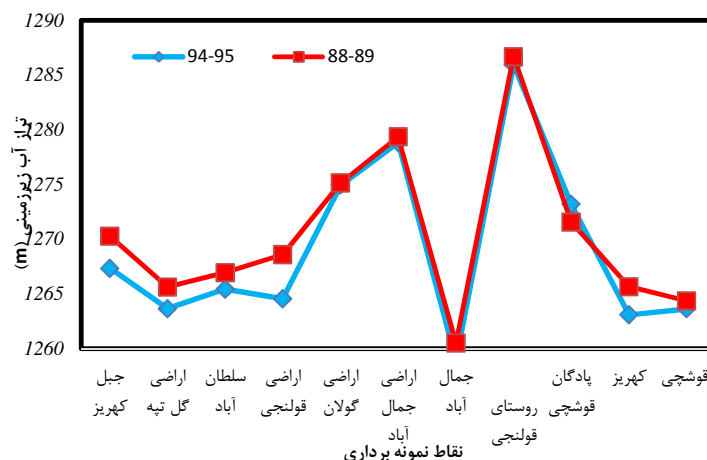
تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی نسبت به منطقه‌ی مورد مطالعه در دوره‌ی آبی ۸۹-۸۸ و ۹۴-۹۵ (شهریورماه) در شکل ۲ (الف و ب) ارائه شده است. هم‌چنین در شکل ۳

بخش مثلثی سمت راست و آنیون‌ها Cl^- ، HCO_3^- و SO_4^{2-} در بخش مثلثی سمت چپ بررسی می‌شوند. بعد از پلات کردن کاتیون‌ها و آنیون‌ها و ادامه دادن آن‌ها در بخش لوزی شکل تیپ آب به دست می‌آید. در شکل ۴ دیگرام پایپر برای سه دوره‌ی ذکر شده تهیه شده است. تیپ آنیونی آب زیرزمینی دشت کهرئز در دوره‌ی اول Cl^- (60% و 40%) بوده و در دوره‌ی دوم Cl^- و HCO_3^- تغییر نموده‌اند. در حالی که در دوره‌ی سوم با نسبت مساوی تیپ آب Cl^- و HCO_3^- می‌باشد. تیپ کاتیونی آب در دوره‌ی اول و دوم Na^+ و Mg^{2+} بوده است. با این حال در دوره‌ی سوم تیپ کاتیونی در 80% نمونه‌ها Ca^{2+} می‌باشد. این تیپ آب زیرزمینی به دلیل قرار داشتن منطقه در پهنه‌های نمکی و رسی بوده و به دلیل گسترش نداشتن سازندهای سولفاته، تیپ سولفاته مشاهده نشد.

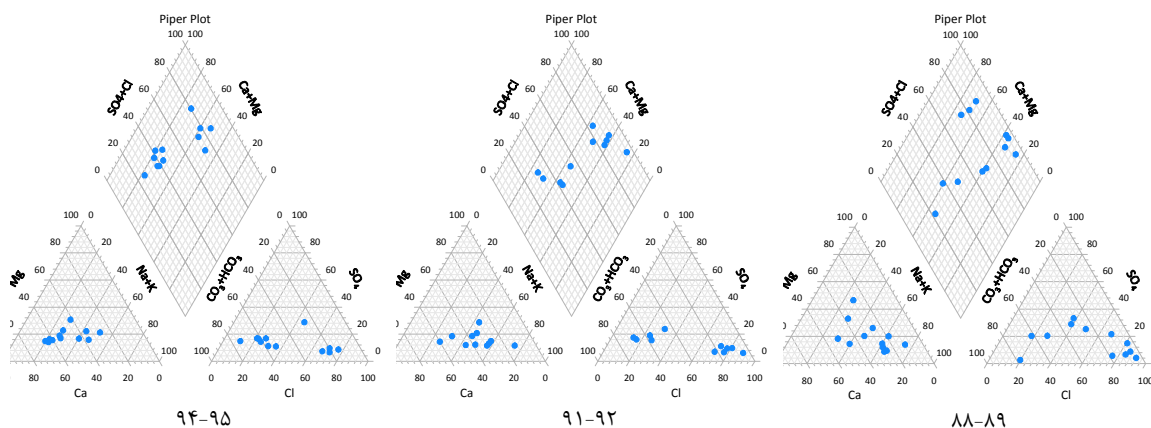
نمودار تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی نمایش داده شده است. تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی نشان دهنده‌ی کاهش آن نسبت به دوره‌ی اول در تمام نقاط می‌باشد. بیش‌ترین کاهش سطح تراز آب زیرزمینی به اندازه‌ی $4/1$ متر در شمال دشت کهرئز در روستای جمال‌آباد و $2/9$ متر در اراضی جمال‌آباد می‌باشد. کمترین مقدار کاهش سطح تراز $0/2$ متر در ایستگاه نمونه‌برداری کهرئز می‌باشد. با توجه به نقشه جهت جریان آب زیرزمینی از سمت غرب به سمت دریاچه می‌باشد.

۴-۲- تعیین تیپ و رخساره‌ی آب

جهت ارزیابی هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی دیگرام پایپر (۱۹۴۴) مورد استفاده قرار گرفت. پایپر برای تعیین تکامل ژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود. دیگرام پایپر شامل دو بخش مثلثی شکل و یک بخش لوزی شکل است. کاتیون‌ها (Ca^{2+} ، Na^+ ، Mg^{2+} و K^+) در



شکل ۳. نمودار تغییرات تراز آب زیرزمینی



شکل ۴. نمودار پایپر

عمودی عکس این مطلب صادق است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۶). مقایسه تغییرات در طی سه دوره نشان می‌دهد که در دوره اول میزان فلزات قلیایی و قلیایی خاکی با هم برابر بوده و در دوره دوم بیش‌تر به سمت فلزات قلیایی رفته، در حالی که در دوره سوم میزان فلزات قلیایی خاکی بیش‌تر می‌باشد. در هر سه دوره آنیون اسیدهای قوی بیش‌تر از آنیون اسیدهای ضعیف می‌باشد.

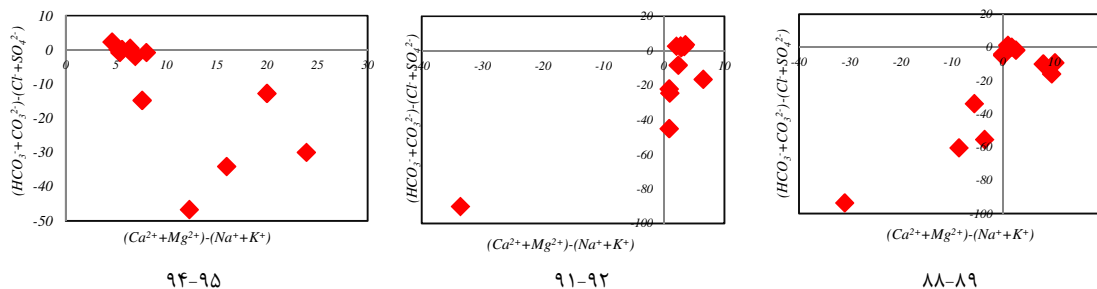
۴-۴- دیاگرام شولر

برای تعیین کیفیت آب شرب از دیاگرام شولر، یک دیاگرام نیمه لگاریتمی که کاتیون‌ها (Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، $Na^+ + K^+$) و آنیون‌ها (Cl^- ، HCO_3^- و SO_4^{2-}) در آن برحسب میلی‌گرم در لیتر جایگذاری شده‌اند، مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۶). گراف‌هایی که توسط اتصال غلظت پارامترها بدست می‌آید، نشان‌دهنده تفاوت در مقدار پارامترهاست (خان و جریا، ۲۰۱۸). همانطور که از شکل مشخص است، بیش‌ترین پارامترها مربوط به Cl^- و Na^+ بوده و کیفیت آب زیرزمینی با توجه به دیاگرام برای شرب در برخی نقاط در وضعیت مطلوب و در برخی نواحی شامل ایستگاه‌های نمونه‌برداری گل‌تپه، گولان، جمال‌آباد و اراضی جمال‌آباد نامطلوب می‌باشد.

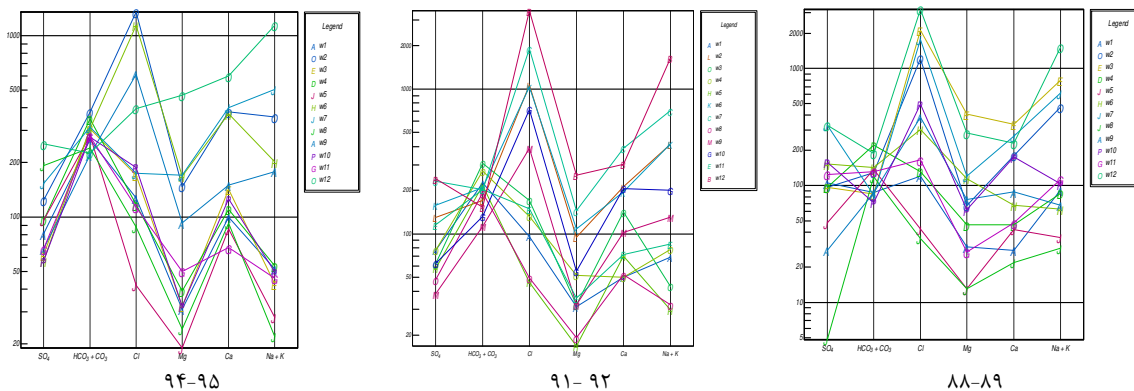
یوسفی و همکاران در سال ۹۶ تیپ آب $Ca^{2+} HCO_3^-$ را به نوع آب‌های ترکیبی نسبت می‌دهند که کیفیت کمتری داشته و در دسته آب‌های سخت قرار می‌گیرند. همچنین آب با رخساره‌ی $Na^+ - Cl^-$ را در دسته‌ی آب‌های شور مزه قرار داده که میزان HCO_3^- آن‌ها مانند نمونه‌های قبلی است. به طور خلاصه می‌توان گفت که تمرکز نمونه‌ها در محدوده‌ی آب‌های ترکیبی و شور مزه قرار دارند.

۴-۳- طبقه‌بندی آب زیرزمینی

از نمودار چادها (۱۹۹۹) برای طبقه‌بندی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه استفاده شد. شکل ۵ بررسی این نمودار در دوره‌های مذکور بر طبق دو محور متعامد می‌باشد. در محور x $(Ca^{2+} + Mg^{2+}) - (K^+ + Na^+)$ و در محور y $(Cl^- + SO_4^{2-}) - (HCO_3^- + CO_3^{2-})$ برحسب میلی‌اکی‌والان در لیتر در نظر گرفته شده‌اند. سمت راست محور افقی نشان می‌دهد که فلزات قلیایی خاکی بیش‌تر از فلزات قلیایی بوده و سمت چپ برعکس نشان دهنده‌ی بیش‌تر بودن فلزات قلیایی است. قسمت بالایی محور عمودی نشان می‌دهد که آنیون با اسید ضعیف بیش‌تر از آنیون با اسید قوی است و قسمت پایینی محور



شکل ۵. نمودار چادها



شکل ۶. دیاگرام شولر

۴-۵- کشاورزی

آب ممکن است در نتیجه‌ی فعالیت‌های آنتروپوژنیک و ژئوژنیک اجزای شیمیایی قابل حل را با خود حمل کند. نمک‌های محلول طبیعتاً روی کیفیت آب تاثیر گذاشته و استفاده از آن را در هنگام آبیاری اراضی کشاورزی با محدودیت‌هایی مواجه می‌کند. چرا که روی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تاثیر گذاشته و رشد محصولات با مشکل روبه رو خواهد گردید. بر این اساس توسعه‌ی پایدار اراضی کشاورزی نیازمند تخمین و ارزیابی پایداری کیفیت آب به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای موثر می‌باشد (نیر و همکاران، ۲۰۱۸؛ احیا و سعیدی، ۲۰۱۸). برای تعیین کیفیت آب زیرزمینی دشت کههریز جهت استفاده در سامانه‌های آبیاری از شاخص‌ها و پارامترهای مختلف شامل EC ، نسبت جذب سدیم (SAR)، نفوذپذیری (PI)، درصد سدیم (Na)، کل جامدات محلول (TDS)، خطر منیزیم (MAR)، نسبت کیلی (KR)، pH و دیاگرام ویلکاکس استفاده گردید. در شکل ۷ نقشه‌ی توزیع مکانی پارامترهای مذکور و در جدول ۳ کلاس‌بندی آن‌ها به همراه شاخص‌های مربوطه برای شناسایی کیفیت آب مورد استفاده در کشاورزی ارائه شده است.

pH نقش مهمی در شیمی آب زیرزمینی ایفا می‌کند. در دشت کههریز میانگین pH در سال آبی ۸۹-۸۸، ۷/۸ در سال آبی ۹۱-۹۲، ۷/۴ و در سال آبی ۹۴-۹۵، ۷/۴ و مشخص کننده‌ی شرایط قلیایی آب زیرزمینی می‌باشد. با توجه به جدول ۱ علت بازه کم تغییرات مقدار pH در دشت کههریز را می‌توان بالا بودن مقدار املاح در آب زیرزمینی به دلیل وفور کانی‌های تبخیری در منطقه و خاصیت بافری آب دانست (عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۴). براساس استاندارد WHO (۲۰۱۱) حدود استاندارد pH برای آب زیرزمینی بین ۶/۵-۸/۵ متغیر است و نمونه‌های آب در رنج استاندارد قرار گرفته‌اند.

EC یا هدایت الکتریکی نشان‌دهنده‌ی مقدار یون‌های محلول در آب بوده و یکی از مهم‌ترین پارامترها جهت بررسی کیفیت آب می‌باشد. افزایش مقدار EC آب با خطر شوری خاک مرتبط می‌باشد (احیا و سعیدی، ۲۰۱۸). شوری از این جهت در بررسی کیفیت آب موثر است که روی نفوذپذیری، هوادهی و ساختار خاک تاثیر بسزایی دارد. رشد بهینه‌ی محصولات به میزان زهکشی خاک

وابسته است، چرا که با زهکشی کمتر خاک رشد محصولات کاهش می‌یابد (خان و جریا، ۲۰۱۸). بر این اساس در سال آبی ۹۵-۹۴ در مجموع ۲۵٪ نمونه‌ها در وضعیت نامطلوب و نامناسب و در محدودیت جدی قرار دارند. براساس نقشه‌ی توزیع مکانی، روند EC افزایش قابل‌توجهی از سمت دشت به سمت دریاچه نشان می‌دهد. با توجه به قابلیت انحلال سنگ‌ها و کانی‌ها در مسیر آب زیرزمینی، مقدار TDS که نشان‌دهنده‌ی کل نمک‌های معدنی محلول در آب می‌باشد، متفاوت است. بدین ترتیب که با افزایش قابلیت انحلال کانی‌ها و سنگ‌های در مسیر جریان مانند کانی‌های تبخیری، مقدار TDS نیز افزایش نشان می‌دهد (خان و جریا، ۲۰۱۸). به دلیل اینکه TDS رابطه‌ی مستقیمی با EC دارد، بنابراین در بررسی کیفیت آب نقش مهمی دارد (فرخ‌نژاد، ۱۳۹۷). TDS بین ۱۰۰۰-۱۰۰۰۰ mg/l در طبقه‌ی نسبتاً شور دسته‌بندی می‌شود که ۴۱/۶٪ نمونه‌ها هر سه دوره در این طبقه قرار دارند. توزیع مکانی TDS از سمت دشت به سمت دریاچه افزایش نشان می‌دهد. همچنین طبق شکل ۸، روند تغییرات TDS مشابه روند تغییرات EC و غالباً در جهت جریان آب زیرزمینی مقدار آن‌ها افزایش می‌یابد.

بر مبنای WHO (۲۰۰۳) Na^+ یکی از مهم‌ترین کاتیون‌های مورد نیاز می‌باشد و در همه‌ی منابع از جمله در آب و غذا وجود دارد. افزایش غلظت Na^+ در آب مورد استفاده در سامانه‌های آبیاری موجب قلیایی شدن خاک شده و pH آب را به حد خنثی نزدیک می‌کند (عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۴). مقادیر بالایی از سدیم در خاک شرایط نامطلوب برای رشد گیاه، کاهش نفوذپذیری و هوادهی به لایه‌های زیرین را به دلیل کلوخه‌ای شدن خاک موجب می‌شود. برحسب استاندارد WHO (۲۰۱۱) میزان مجاز Na^+ در آب زیرزمینی ۲۰۰ mg/l می‌باشد. بر این اساس در سال آبی ۹۵-۹۴ (میانگین ۲۱۸/۳ mg/l) ۳۱ درصد نمونه‌ها در وضعیت نامناسبی قرار دارند.

شاخص‌های SAR ، Na و PI خطر دراز مدت سدیم آب آبیاری را نسبت به خاک (کاهش نفوذپذیری و انسداد سطحی خاک) نشان می‌دهند. Na به معنای درصد سدیم قابل حل می‌باشد. نتایج محاسبه Na برای سال آبی ۹۵-۹۴ نشان می‌دهد، ۸/۳۳٪ نمونه‌ها در وضعیت مجاز و بقیه در وضعیت خوب و عالی قرار دارند. در حالی

مربوطی، ۲۰۱۸). طبق این شاخص ۲۵ درصد نمونه‌ها در وضعیت نامناسب قرار گرفته‌اند. شاخص KR از شاخص‌های مطرح در زمینه‌ی ارزیابی تاثیر غلظت Na^+ در مقابل غلظت Ca^{2+} و Mg^{2+} در کیفیت آب آبیاری می‌باشد. در این مطالعه تمامی نمونه‌ها در وضعیت مناسب بودند (روابط ۵-۱).

$$\%Na = \frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+} \times 100$$

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{Ca^{2+} + Mg^{2+}}/2}$$

$$PI = \frac{(Na^+ + \sqrt{HCO_3^-})}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+} \times 100$$

$$MAR = \frac{Mg^{2+}}{Mg^{2+} + Ca^{2+}} \times 100$$

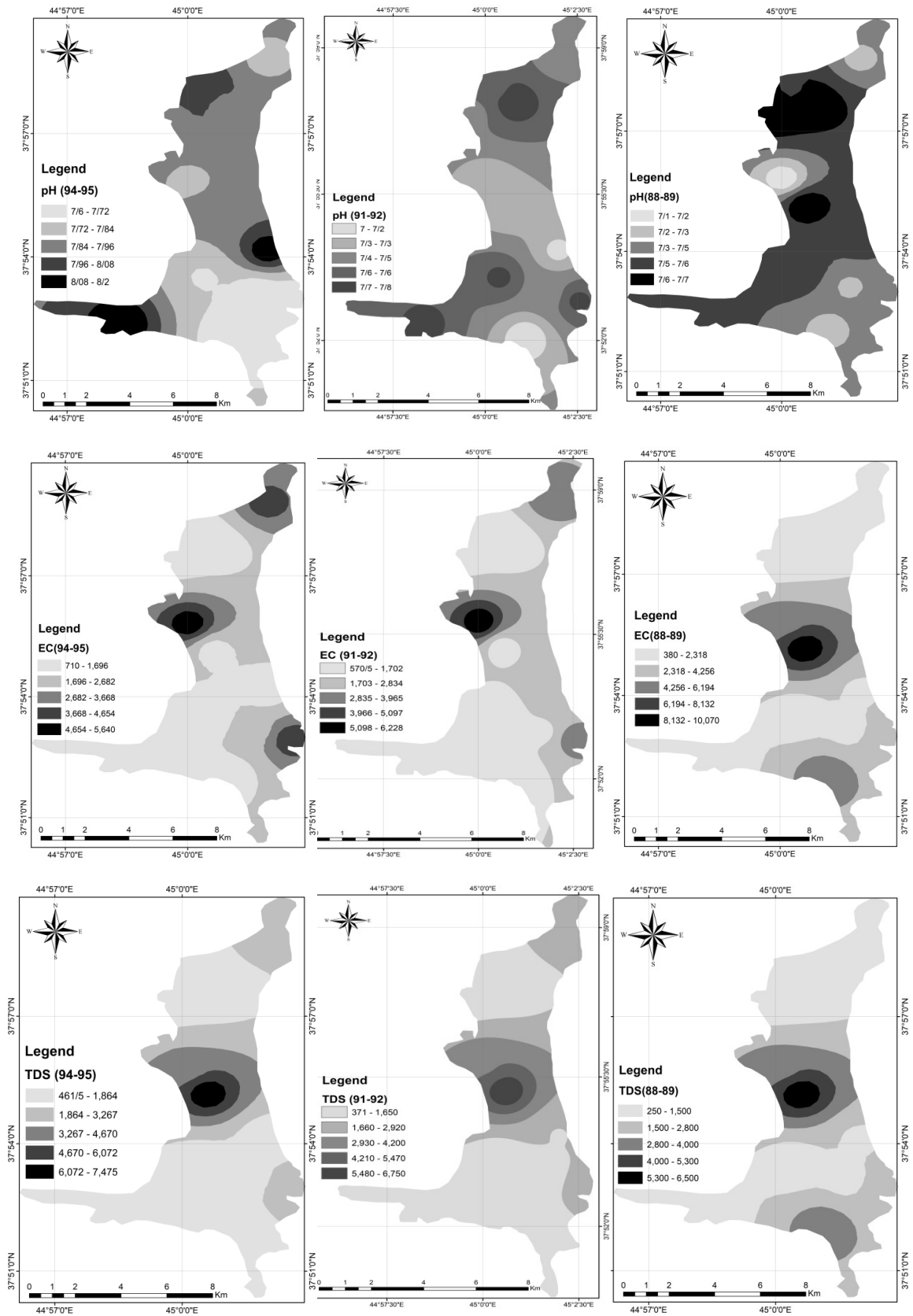
$$KR = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$$

تمامی روابط برحسب میلی اکی والان بر لیتر می‌باشند.

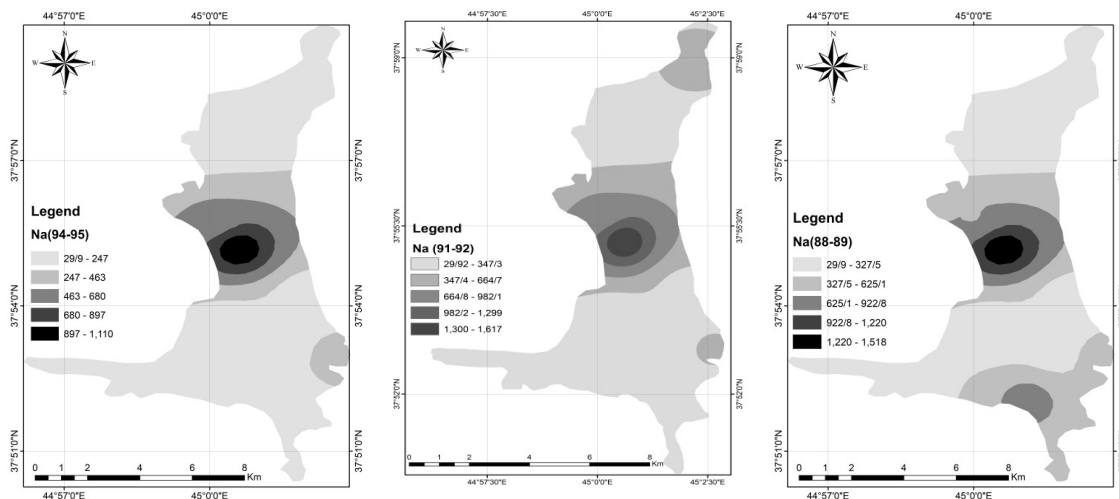
که در دوره‌های اول و دوم بیش از ۴۰٪ نمونه‌ها در وضعیت مجاز بودند و این امر بهبود وضعیت آب را از نظر این شاخص نشان می‌دهد. SAR نشان‌دهنده‌ی جذب Na^+ توسط ذرات خاک در صورت افزایش Na^+ قابل حل است که موجب قلیایی شدن خاک و کاهش رشد محصولات می‌شود. طبق رابطه‌ی ۲ با افزایش مقدار Ca^{2+} و Mg^{2+} خطر سدیمی کاهش می‌یابد. محاسبه‌ی شاخص SAR نشان می‌دهد در هر سه دوره در دشت کهریز محدودیتی وجود ندارد. شاخص PI ، شاخص محاسبه‌ی نفوذپذیری براساس واکنش تبدیلی کاتیون‌هاست و نشان‌دهنده‌ی تاثیر ادامه‌ی آبیاری بر روی خاک می‌باشد. محاسبه‌ی این شاخص نشان می‌دهد که اغلب نمونه‌ها در وضعیت مطلوب قرار گرفته‌اند. شاخص MAR خطر منیزیم آب آبیاری به این دلیل که مقادیر بالای Mg^{2+} نسبت به Ca^{2+} آب در سامانه‌ی آبیاری روی کیفیت خاک تاثیر منفی گذاشته و خاک را به سمت قلیایی شدن پیش می‌برد، بیان می‌کند (احیا و

جدول ۳. بررسی شاخص‌های تاثیر گذار در کیفیت آب مورد استفاده در سامانه‌های آبیاری

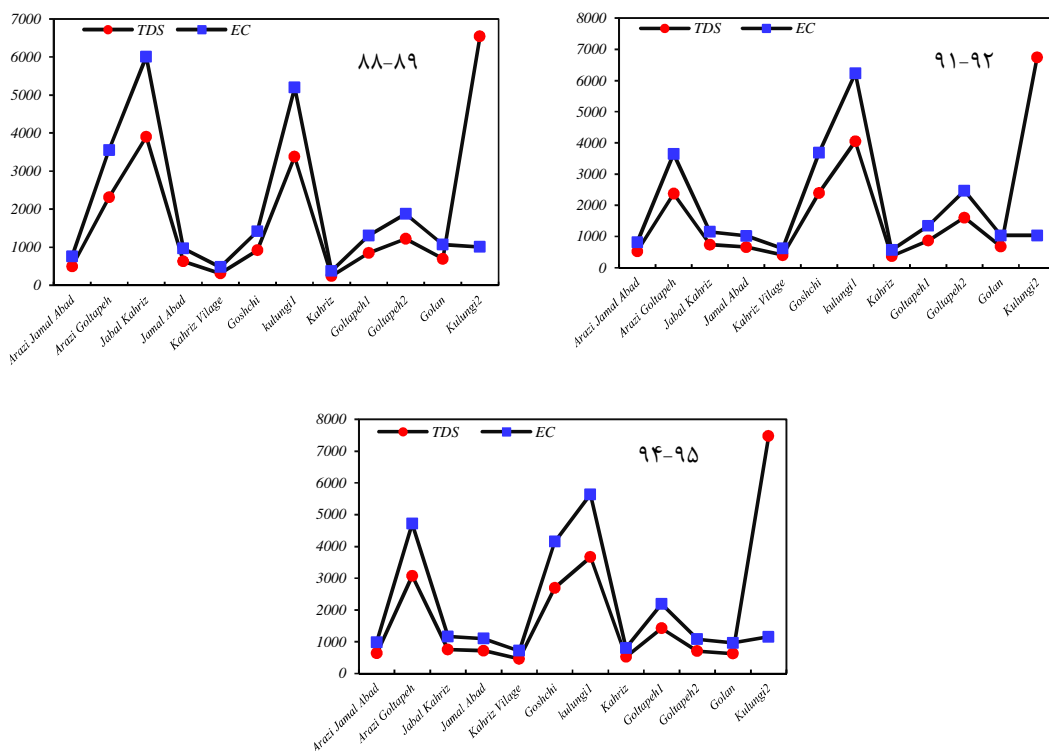
پارامتر	منابع	دامنه	طبقه بندی	۸۸-۸۹	۹۱-۹۲	۹۴-۹۵
EC ($\mu s/cm$)	ویلکاکس، ۱۹۵۸	<۲۵۰	عالی	۱۶/۶	۱۶/۶	۸/۴
		۲۵۰-۷۵۰	خوب	۵۰	۴۱/۶	۶۶/۶
		۷۵۰-۲۲۵۰	مجاز	۸/۴	۲۵	۱۶/۶
TDS	هم، ۱۹۷۰	>۵۰۰۰	نامناسب	۲۵	۱۶/۶	۸/۴
		<۱۰۰۰	آب شیرین	۵۸/۳	۵۸/۳	۵۸/۳
		۱۰۰۰-۱۰۰۰۰	نسبتا شور	۴۱/۶	۴۱/۶	۴۱/۶
$\%Na$	اسکوفیلد، ۱۹۳۶	۱۰۰۰۰-۳۵۰۰۰	بسیار شور			
		>۳۵۰۰۰	شور			
		۲۰-۴۰	عالی	۸/۴	۸/۴	۳۳/۳
SAR	کیلی، ۱۹۴۰	۲۰-۴۰	خوب	۴۱/۶	۴۱/۶	۵۸/۳
		۴۰-۶۰	مجاز	۸/۴	۵۰	۸/۴
		۶۰-۸۰	مشکوک			
PI	پالی وال، ۱۹۷۲	>۸۰	نامناسب			
		<۱۰	کم	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
		۱۰-۱۸	متوسط			
KR	پالی وال، ۱۹۷۲	۱۸-۲۶	زیاد			
		>۲۶	خیلی زیاد			
		>۷۵	خوب	۵۸/۳	۵۰	۳۳/۳
MAR	پالی وال، ۱۹۷۲	۷۵-۲۵	مناسب	۴۱/۶	۵۰	۶۶/۶
		<۲۵	نامناسب			
		>۱	مناسب	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
MAR	پالی وال، ۱۹۷۲	<۱	نامناسب			
		>۵۰	مناسب	۵۸/۳	۷۵	۷۵
		<۵۰	نامناسب	۴۱/۶	۲۵	۲۵



شکل ۷. نقشه توزیع مکانی پارامترها



ادمه شکل ۷. نقشه توزیع مکانی پارامترها



شکل ۸. بررسی تغییرات EC در مقابل TDS

زیاد و بسیار زیاد هستند. در مجموع ۱۶ کلاس مختلف از نظر کیفیت آب می‌توان تعیین کرد، که در ۴ گروه تفکیک می‌شوند. این طبقه بندی در جدول ۴ نشان داده شده است (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۷). مطابق این روش و با در نظر گرفتن میانگین مقادیر شوری و نسبت جذب سدیم، میانگین کلاس کیفی آب برای نمونه‌های برداشت

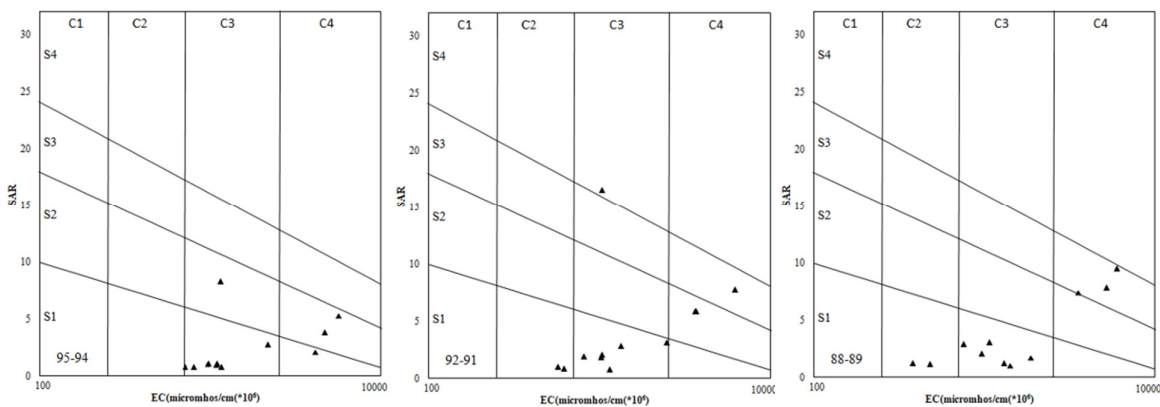
در تحقیق حاضر از روش طبقه‌بندی ویلکاکس (۱۹۵۸) به منظور بررسی محدودیت‌های کیفیت آب آبیاری استفاده شد. در دیاگرام Wilcox محور افقی مشخص کننده شوری آب بوده و با علامت C و محور عمودی برای طبقه‌بندی آب از نظر SAR بوده و با علامت S مشخص می‌شود. مقادیر ۱-۴ نشان‌دهنده کم، متوسط،

دارد (شور و خیلی‌شور)، ولی از نظر SAR این دشت محدودیتی ندارد. با این حال آب زیرزمینی این دشت قابل استفاده برای کشاورزی می‌باشد.

شده کلاس C3-S1 برای هر سه دوره‌ی مذکور می‌باشد که در شکل ۹ نشان داده شده است. لذا طبق نتایج بدست آمده می‌توان اظهار داشت که در بیش‌تر نقاط دشت کهریز، محدودیت متوسطی از نظر شوری وجود

جدول ۴. طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی (بوسفی و همکاران، ۱۳۹۷)

کیفیت آب برای کشاورزی	کلاس
شیرین- برای کشاورزی کاملاً بی‌اثر	C1S1
کمی شور- برای کشاورزی تقریباً مناسب	C1S2- C2S2- C2S1
شور- برای کشاورزی با اعمال تمهیدات لازم مناسب	C1S3- C2S3- C3S1- C3S2- C3S3
بسیار شور- مضر برای کشاورزی	C4S4- C4S1- C1S4- C2S4- C3S4- C4S3- C4S2



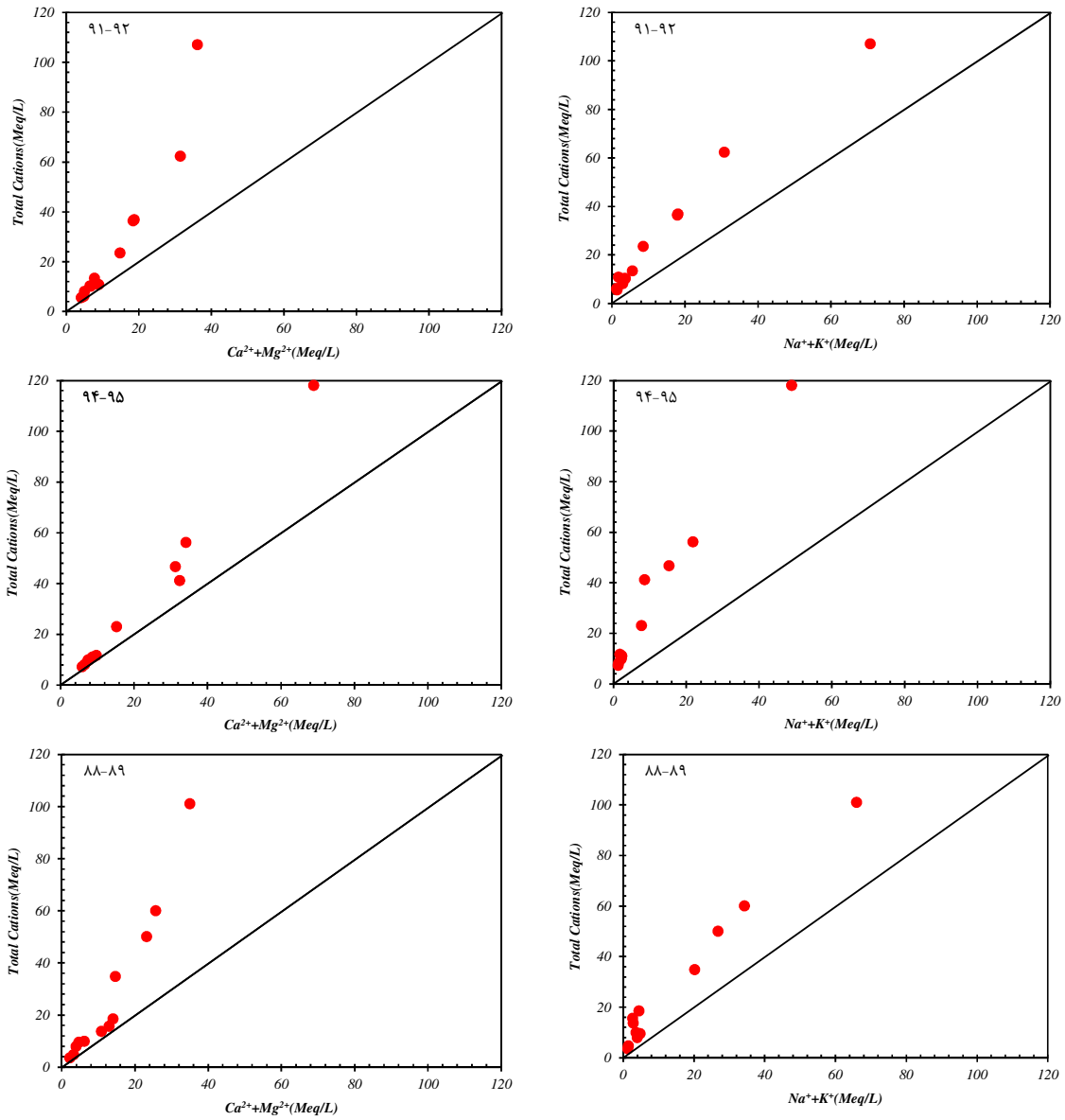
شکل ۹. دیاگرام ویلکاکس

شکل ۱۱ نسبت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی را نشان می‌دهد. جهت بررسی منشا Ca^{2+} و Mg^{2+} در آب زیرزمینی در هر سه دوره‌ی مذکور از نمودار پراکندگی $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ در مقابل $HCO_3^- + SO_4^{2-}$ استفاده شد. طبق شکل اکثر نمونه‌ها در زیر خط ۱:۱ قرار گرفته‌اند. در شکل ۱۲ نمودار Na^+ در مقابل Ca^{2+} و Cl^- در هر سه دوره‌ی مورد مطالعه ارائه شده است. در سال ۹۴-۹۵ مقادیر نسبت Na^+ در مقابل Ca^{2+} بین ۰/۲ تا ۱/۴، در سال ۹۱-۹۲ بین ۰/۲ تا ۴/۶ و در سال ۸۸-۸۹ بین ۰/۵ تا ۵/۷ متغیر بوده و اکثر نمونه‌ی آب‌های زیرزمینی در هر سه دوره با این نسبت در زیر و نزدیک به خط ۱:۱ قرار می‌گیرند. نسبت Na^+ در مقابل Cl^- در سال ۹۴-۹۵ بین ۰/۲ تا ۴/۳، در سال ۹۱-۹۲ بین ۰/۵ تا ۱/۱ و در سال ۸۸-۸۹ بین ۰/۳ تا ۱/۳ تغییر می‌نماید. موقعیت اکثر نمونه بر روی نمودار Na^+ نسبت به Cl^- به خط ۱:۱ نزدیک یا پایین خط می‌باشد.

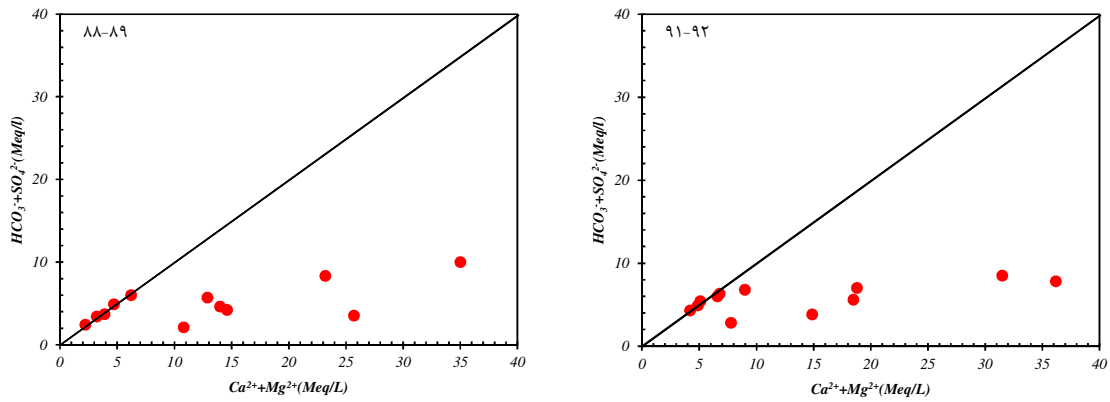
۴-۶- محاسبه نسبت‌های یونی و بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی

غلظت یون‌های اصلی موجود در ترکیب آب‌های زیرزمینی، می‌تواند به‌عنوان ردیاب مناسب برای تعیین منشأ و ارزیابی تأثیر تماس آب با سنگ‌های دربرگیرنده در حین نفوذ و جریان مورد استفاده قرار گیرند. در این مطالعه به منظور تعیین فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی غالب و مکانیسم حاکم بر شیمی آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، از نمودارهای ژئوشیمیایی و نسبت‌های مختلف یونی استفاده شد. در شکل ۱۰ جهت مقایسه برای هر سه دوره‌ی مذکور فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی غالب بررسی شد. بررسی غلظت $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ و $Na^+ + K^+$ نسبت به مجموع کاتیون‌ها (TA^1) در هر سه دوره‌ی مذکور نشان می‌دهد که تمامی نمونه آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در بالای خط ۱:۱ قرار گرفته‌اند.

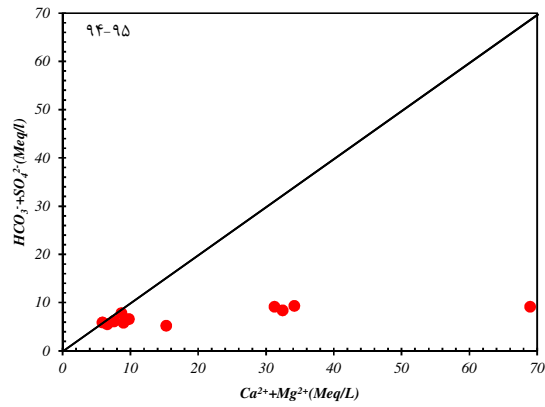
¹Total Cation



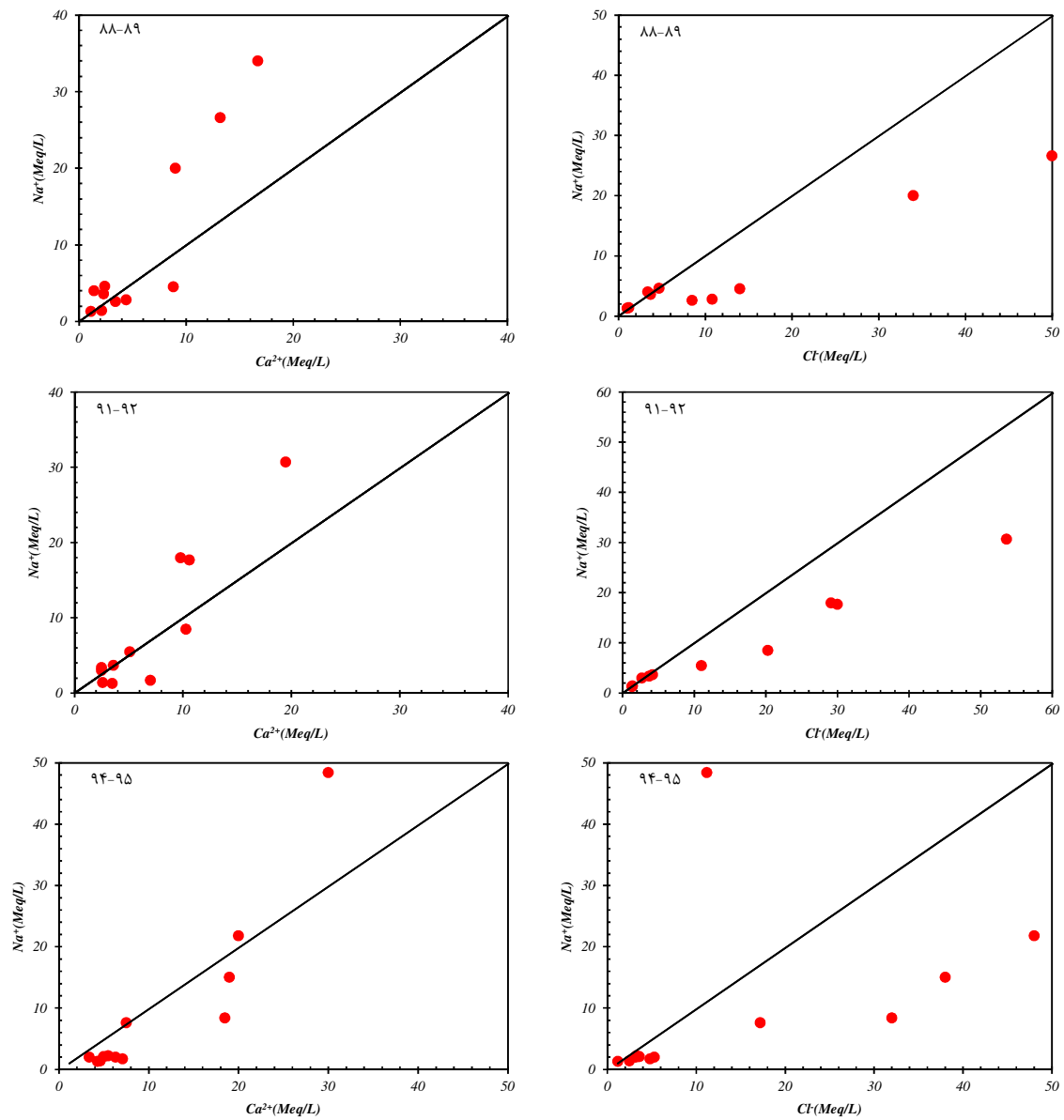
شکل ۱۰. نمودارهای پراکنش هیدروشیمیایی



شکل ۱۱. نسبت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی



ادامه شکل ۱۱. نسبت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی



شکل ۱۲. نمودار Na^+ در مقابل Ca^{2+} و Cl^-

۷-۴- همبستگی پیرسون

آنالیز ضریب همبستگی بین دو متغیر برای توصیف ارتباط پارامترهای هیدروشیمیایی، تشابه حل شدن یون‌ها و شناسایی منشا آن‌ها بکار برده می‌شود. در واقع میزان ضریب همبستگی بیانگر وجود یا عدم وجود ارتباط بین دو متغیر است. ضریب همبستگی (r) بالا (+۱ یا -۱) به معنی همبستگی خوب بین دو جفت متغیر می‌باشد و مقادیر نزدیک به صفر بیانگر عدم ارتباط بین دو متغیر در یک سطح معنی‌دار ($p < 0.05$) است. به طور کلی می‌توان گفت پارامترهایی که $r > 0.7$ را نشان می‌دهند، به صورت همبستگی قوی، $0.7 < r < 0.9$ همبستگی متوسط و $r < 0.5$ همبستگی ضعیف در نظر گرفته می‌شوند.

استفاده از ضریب همبستگی پیرسون در جدول ۵ در دوره‌ی آبی ۹۵-۹۴ در نظر گرفته شده در این مطالعه نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان همبستگی بین EC و TDS بوده ($r > 0.9$) و بنابراین با افزایش یکی دیگری نیز افزایش می‌یابد. همچنین EC با Na^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} و K^+ و SO_4^{2-} نیز همبستگی مثبت و بالایی نشان می‌دهد ($r > 0.9$). سولفات با برخی از یون‌ها نسبتاً همبستگی بالایی نشان می‌دهد. همچنین همبستگی بین EC و pH نیز مقداری منفی می‌باشد که نشان از عدم وجود رابطه مستقیم بین آن دو است و با افزایش مقدار یکی از آن دو، مقدار دیگری کاهش می‌یابد.

جدول ۵. همبستگی پیرسون (سال آبی ۹۵-۹۴)

Cl^-	HCO_3^-	SO_4^{2-}	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	TDS	pH	EC	EC
.۴۸۷	-.۰۹۸	.۰۹۵۴**	.۰۹۱۴**	.۰۹۸۷**	.۰۹۸۸**	.۰۹۶۵**	.۰۹۹۸**	-	۱	
								.۱۸۷		pH
-.۴۳۶	-.۰۳۸	-.۱۱۴	-.۱۴۹	-.۱۴۶	-.۱۵۸	-.۲۵۷	-.۰۱۸۷	۱		TDS
.۰۹۶۵**	.۰۹۸۸**	.۰۹۸۷**	.۰۹۱۴**	.۰۹۵۴**	-.۰۹۸	.۰۴۸۷	۱			Ca^{2+}
.۰۶۵۷*	.۰۸۹	.۰۹۵۱**	.۰۸۷۵**	.۰۹۱۵**	.۰۹۳۰**	۱				Mg^{2+}
.۰۳۸۵	-.۱۹۲	.۰۹۲۸**	.۰۹۲۵**	.۰۹۷۷**	۱					Na^+
.۰۴۰۱	-.۱۸۰	.۰۹۲۶**	.۰۸۹۳**	۱						K^+
.۰۲۸۹	-.۰۴۰	.۰۸۱۵**	۱							SO_4^{2-}
.۰۵۶۷	.۰۰۹	۱								HCO_3^-
.۰۴۵۰	۱									Cl^-
۱										

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

۵- نتیجه‌گیری

برای بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت کهرئز با وسعت ۱۱۵ کیلومتر مربع، واقع در امتداد دریاچه‌ی ارومیه که جزوی از حوضه آبریز دریاچه ارومیه بوده و بررسی کیفیت آب برای کشاورزی و شرب از نتایج ۱۲ ایستگاه نمونه‌برداری در طی دوره‌های آبی ۹۵-۹۴، ۹۲-۹۱ و ۸۹-۸۸ استفاده گردید. سطح تراز آب زیرزمینی در دوره‌ی آبی ۸۸-۸۹ نسبت به دوره‌ی آبی ۹۴-۹۵ در دشت کهرئز، کاهش نشان داد.

ترتیب فراوانی کاتیون‌های اصلی در دشت کهرئز در سال آبی ۹۴-۹۵ به ترتیب $K^+ > Mg^{2+} > Na^+ = Ca^{2+}$ و آنیون‌های اصلی $Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{2-}$ بود. دی‌گرام پاپیر تغییرات تیپ آب زیرزمینی را در دوره‌ی اول $Cl^- - Mg^{2+}$

Na^+ دوره‌ی دوم $Na^+ - Mg^{2+} - Cl^- - HCO_3^-$ و دوره‌ی سوم $Ca^{2+} - Cl^- - HCO_3^-$ نشان داد. می‌توان چنین استنباط کرد که در گذشته به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی در دشت کهرئز نسبت به موقعیت کنونی انحلال از پهنه‌های نمکی بیش‌تر بوده و تیپ غالب آب $Cl^- - Na^+$ می‌باشد. با گذشت زمان و کاهش سطح تراز آب زیرزمینی، میزان املاح محلول در آب افزایش یافته است. در عین حال تماس آب با پهنه‌های نمکی و رسی کمتر شده و یا آب اشباع از $Cl^- - Na^+$ منجر به ته‌نشینی به فرم $NaCl$ شده و در نهایت در سال‌های اخیر تیپ آب به $Ca^{2+} - HCO_3^-$ تغییر نموده است و نیز می‌توان چنین استنباط کرد که اثر متقابل آب-سنگ دلیل عمده تغییر در هیدروشیمی آب زیرزمینی می‌باشد.

ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که با توجه به اینکه در دشت کهریز هوازگی و انحلال تنها فرآیند هیدروشمیایی غالب بر کیفیت و شیمی آب‌های منطقه نیست. بنابراین می‌توان تاثیر سایر فرایندها من جمله تبخیر وسیع، نفوذ آب شور از سمت دریاچه و انحلال کانی‌های تبخیری کنترل‌کننده شیمی آب‌های زیرزمینی منطقه نام برد. هم‌چنین نمودار پراکندگی $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ در مقابل $HCO_3^-+SO_4^{2-}$ نشان می‌دهد که منشا Ca^{2+} و Mg^{2+} با هوازگی کانی‌های کربناته مرتبط بوده و نسبت Na^+ در مقابل Ca^{2+} و Cl^- نشان‌دهنده‌ی عدم تبادل یونی بین آب و محیط است.

استفاده از ضریب همبستگی پیرسون در سه دوره‌ی آبی در نظر گرفته شده در این مطالعه نشان می‌دهد که EC با TDS ، Na^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} و K^+ و SO_4^{2-} همبستگی مثبت و بالایی نشان می‌دهد. SO_4^{2-} با برخی از یون‌ها نسبتاً همبستگی خوبی نشان می‌دهد که بیش‌تر فعالیت‌های انسانی از قبیل فعالیت‌های صنعتی، فاضلاب‌ها و یا وجود شیرابه‌های مربوط به زباله‌ها می‌توانند باعث افزایش غلظت این یون در آب‌های زیرزمینی محل مورد مطالعه شوند. با توجه به اینکه کاتیون‌ها با هم همبستگی مثبت و بالایی نشان می‌دهند، بنابراین منشا مشترک آن‌ها را می‌توان انحلال کانی‌های تبخیری نام برد.

بررسی‌ها نشان داد که به طور کلی کیفیت آب زیرزمینی در بخش‌های شمالی و مناطق نزدیک به دریاچه کاهش نشان می‌دهد و بدین ترتیب نیازمند اصلاح روش‌های کشت و اجرای تمهیدات لازم می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از داوران محترم این نشریه که در جهت ارتقای کیفیت این مقاله، پیشنهادات ارزنده‌ای ارائه نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

آقائباتی، ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۵۸۶ ص.
اسدزاده، ف.، شکیب، س.، و کاک، م (۱۳۹۶) ارزیابی و تحلیل روند کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت عجبشیر برای مصارف کشاورزی. نشریه یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره ۱۱، شماره ۲۱، ص ۱۱۴-۱۲۴.

براساس استاندارد WHO نمونه‌های آب از نظر pH در رنج استاندارد قرار گرفته‌اند و بر مبنای EC ، ۲۵٪ نمونه‌ها شامل ایستگاه‌های نمونه‌برداری قولنجی ۱، قوشچی و اراضی گل تپه در وضعیت نامطلوب و نامناسب قرار گرفته و روند تغییرات EC به سمت دریاچه در حال افزایش است. بنابراین در این منطقه با توجه به نزدیکی به دریاچه ارومیه، پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی و در نتیجه نفوذ آب شور از سمت دریا و انحلال کانی‌های نمکی را می‌توان محتمل دانست. براساس میزان TDS ، ۴۱/۶٪ نمونه‌ها هر سه دوره شامل نقاط نمونه‌برداری اراضی گل تپه، قوشچی، قولنجی ۱ و ۲ و گل تپه ۲ در رده‌ی نسبتاً شور قرار دارند. روند تغییرات TDS مشابه روند تغییرات EC و غالباً در جهت جریان آب زیرزمینی مقدار آن‌ها افزایش می‌یابد. می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر فرایندهای طبیعی در تغییر شیمی آب بسیار موثرتر از فعالیت‌های انسانی بوده است. برحسب زمین‌شناسی دشت کهریز، پهنه‌های رسی در منطقه گسترده بوده و احتمال جایگزینی Na^+ به جای Ca^{2+} و Mg^{2+} در شبکه کانی‌های رسی وجود دارد. با این حال در ایستگاه‌های نمونه‌برداری قولنجی ۱ و ۲ میزان سدیم بیش از ۱۰۰۰ mg/l می‌باشد که در محدودیت جدی از نظر میزان Na قرار دارند. دیگرام ویلکاکس نشان داد که در بیش‌تر نقاط دشت کهریز، محدودیت متوسطی از نظر شوری وجود دارد، ولی از نظر SAR این دشت محدودیتی ندارد و آب زیرزمینی قابل استفاده برای کشاورزی می‌باشد. بخش‌های شمالی (اراضی جمال‌آباد، اراضی گل تپه و قولنجی ۱) و مناطق نزدیک به دریاچه (با توجه به روند جریان آب زیرزمینی) میزان شوری و Na^+ بالاتری دارند و بنابراین با توجه به اینکه خطر شوری در دشت مورد مطالعه قابل ملاحظه است، در نظر گرفتن تمهیدات جدی از جمله آیشویی و اصلاح الگوی کشت ضروری است.

نتایج محاسبه Na نشان‌دهنده‌ی بهبود وضعیت آب را از نظر این شاخص است. شاخص PI و KR نیز وضعیت مطلوبی نشان دادند. تنها شاخص MAR خطر منیزیم آب آبیاری را برای ۲۵٪ نمونه‌ها بالا نشان داد که روی کیفیت خاک تاثیر منفی دارد. ایستگاه‌های نمونه‌برداری گل تپه، جمال‌آباد و گولان و اراضی جمال‌آباد از نظر شرب نامناسب بوده و دارای محدودیت استفاده می‌باشند. طبق نتایج بدست آمده از نتایج حاصل از محاسبه‌ی نسبت‌های

- purposes in the Behbahan Plain, SW Iran. *Water Practice and Technology*, 13(1): 62-78.
- Ehya, F., Saeedi, F (2018) Assessment of groundwater quality in the Garmez area (Southeastern Khuzestan province, SW Iran) for drinking and irrigation uses. *Carbonates and Evaporites*, 1-12.
- ElKashouty, M (2019) Groundwater quality distribution by geostatistical investigation (GIS), Nile Delta, Northern Egypt, *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 11(1): 1-21.
- Hem, J. D (1970) *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water* (No. 1473). US Government Printing Office.
- Kelly, W. P (1940) Permissible composition and concentration of irrigated waters. *Amer. Soc. Civ. Engin. Trans*, 106: 849-855.
- Khan, R., Jhariya, D. C (2018) *Hydrogeochemistry and Groundwater Quality Assessment for Drinking and Irrigation Purpose of Raipur City, Chhattisgarh*. *Journal of the Geological Society of India*, 91(4): 475-482.
- Nair, H. C., Padmalal, D., Joseph, A., Gopinthan, V. P (2018) *Hydrogeochemistry and water quality assessment of shallow aquifers in the western flanks of Southern Western Ghats, SW India*. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(4): 73.
- Paliwal, K. V (1972) *Irrigation with Saline Water*. In: *Monogram no. 2 (new series)*. IARI, New Delhi, p. 198.
- Piper, A. M (1944) A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 25(6): 914-928.
- Scofield, C. S (1936) *The Salinity of Irrigation Water*. *Smithsonian Institute, Annual Report, 1935, Washington DC*, pp. 275-287.
- Shabbir, R., Ahmad, S. S (2015) Use of geographic information system and water quality index to assess groundwater quality in Rawalpindi and Islamabad. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(7): 2033-2047.
- Wagh, V. M., Panaskar, D. B., Jacobs, J. A., Mukate, S. V., Muley, A. A., Kadam, A. K (2019) Influence of hydro-geochemical processes on groundwater quality through geostatistical techniques in Kadava River basin, Western India. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(1): 7.
- Wilcox, L. V (1958) *Determining the quality of irrigation water*. Dept. of Agriculture, USA, pp. 6.
- World Health Organization (2011) *Guidelines for drinking water quality, 4th edn*. World Health Organization, Geneva.
- World Health Organization (2003) *Arsenic in drinking-water: background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality* (No. WHO/SDE/WSH/03.04/75). World Health Organization.
- اصغری‌مقدم، ا.، و محبی، ی (۱۳۹۵) ارزیابی عوامل موثر بر کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی دشت کهرئیز با استفاده از روش‌های آماری و هیدروشیمیایی. نشریه هیدروژئولوژی، سال اول، شماره ۱، ص ۷۶-۹۲.
- بشارتی، ک.، و فضل‌نیا، ع (۱۳۹۵) بررسی میزان غلظت عناصر در آب‌های زیرزمینی منطقه آستانه اشرفیه-کوچصفهان. نشریه یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره ۱۰، شماره ۱۹، ص ۴۰-۵۰.
- شکیبا، س.، نوین‌پور، ا.، حسینی، م.، و اکبریور، ر (۱۳۹۵) ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی روستای کیلک در بالا دست محل دفن زباله‌های شهر سنجند از نظر مصرف شرب. نشریه یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره ۱۰، شماره ۱۹، ص ۹۲-۱۰۴.
- عبداللهی، م.، قشلاقی، ا.، و عباس‌نژاد، ا (۱۳۹۴) هیدروژئوشیمی زیست‌محیطی منابع آب زیرزمینی دشت راور (شمال استان کرمان). نشریه محیط شناسی، ۴۱(۱)، ص ۸۱-۹۵.
- فرخ‌نژاد، ل (۱۳۹۷) ارزیابی هیدروژئوشیمیایی کیفیت آب زیرزمینی شهرستان نقده در فصل کم آبی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه ارومیه، ۸۶ ص.
- لک، ر.، و درویشی‌خاتونی، ج (۱۳۹۵) مطالعه محیط‌های رسوبی و ترکیب شورابه دریاچه ارومیه با نگرشی بر ارائه راهکار مناسب جهت احیا. نشریه محیط زیست طبیعی، ۳(۳)، ص ۸۳۵-۸۵۱.
- رضایی، م.، زبوری، ر.، اشجاری، ج.، و کابلی، ع (۱۳۹۶) فرایندهای ژئوشیمیایی مؤثر در شیمی آب زیرزمینی در سازند کرینانه خوش‌بیلان، شمال ایران. محیط شناسی، ۴۳(۲)، ص ۲۱۹-۲۳۱.
- نجفیپور، ن.، ترابی پوده، ح.، و یونس، ح (۱۳۹۷) ارزیابی روش‌های زمین آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی در تحلیل تغییرات مکانی و طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی (یادداشت فنی). تحقیقات منابع آب ایران، سال چهاردهم، شماره ۱، ص ۲۵۷-۲۶۲.
- یوسفی، ح.، کاشکی، ع.، کرمی، م.، حسین‌زاده، ا.، و ریحانی، ا (۱۳۹۷) مقایسه‌ی و پهنه‌بندی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت بجنورد طی دوره‌های خشکسالی و ترسالی با استفاده از شاخص‌های *SPI*، *RAI* و *PN*. نشریه اکوهیدروژئولوژی، دوره ۵، شماره ۳، ص ۹۹۳-۱۰۰۵.
- Chadha, D. K (1999) A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data. *Hydrogeology journal*, 7(5): 431-439.
- Ehya, F., Marbouti, Z (2018) *Groundwater quality assessment and its suitability for agricultural*

Assessment of the groundwater quality resources in the Kahriz plain and comparing its trend over recent years

R. Bahrami Nasab¹, H. Pirkharrati^{2*}, A. R. Abasfam³ and Z. Sheikhi⁴

*1, 2, 4- Dept., of Geology, Faculty of sciences, Urmia University, Urmia
3- M. Sc., of Science in Regional Water Organization of West Azarbaijan, Urmia*

** h.pirkharrati@urmia.ac.ir*

Recieved: 2019/7/30 Accepted: 2019/12/10

Abstract

Kahriz Plain is located in the West Azarbaijan province along Urmia Lake and is part of the Urmia Lake catchment. Given the proximity of this plain to Urmia Lake and changes in groundwater level in this region, this study aimed to investigate the quality of groundwater from the results of 12 sampling stations during three dry periods (September) of 88-89, 91-92 and 95-94 was used for comparison. The results showed that the water type was Calcic-Magnesium-Chlorate in the first period and changed to Calcic-Carbonate-Chlorate type indicating the interaction of water-rock in the region. Groundwater quality for drinking and agriculture showed that due to high salinity and sodium content in all three periods, the northern part and areas leading to Urmia Lake were not of good quality and had limited use. The direction of groundwater flow in the region is from west to Urmia Lake, and thus the amount of electrical conductivity along with the total soluble solids increases from west to lake. The highest correlation was observed between electrical conductivity parameters and total soluble solids ($p < 0.05$ and $r = 0.9$) and ions were highly correlated and had a common origin. Investigation of indices of sodium percent, sodium uptake ratio, permeability, magnesium risk and Kelly ratio indicate low to moderate limitations in groundwater use in irrigation systems. Groundwater quality based on geochemical ratios is one of the factors controlling the effect of evaporative minerals dissolution, extensive evaporation, and probability of saline water infiltration. In terms of electrical conductivity, 25% of the samples are in poor condition and show high to medium restriction for northern areas including Goltapeh and Jamalabad, Ghushchi and Qolghani areas. Therefore, different methods such as leaching and modification of the cropping pattern are needed.

Keywords: Kahriz, ground water quality, Urmia Lake, agriculture