Archive of SID

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۰ شماره ۳صفحه‌های ۷۵ تا ۹۱ / سال ۱۳۹۹

بررسی کیفیت و کمیت آب‌زیرزمینی و ارتباط آن با سازندهای زمین‌شناسی (مطالعه موردی: دشت یزد–اردکان)

آزاده دهقان[۱]، ابوالفضل عزیزیان[۲*]، نجمه یرمی[۲]، مهدی تازه[۳]، محمدعلی امیر بیگی[٤]

تاریخ دریافت: ۹۷/۰٤/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۰۷

۱–دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه اردکان
۲–استادیار علوم و مهندسی آب، دانشگاه اردکان
۳–استادیار مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه اردکان
٤–کارشناس شرکت آب منطقه‌ای یزد
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: aazizian@ardakan.ac.ir

چکیده

این پژوهش به بررسی کیفی و کمی منابع آب‌زیرزمینی و ارتباط آنها با سازندهای زمین‌شناسی در دشت یزد–اردکان پرداخته است. برای این منظور ابتدا داده‌های کیفی آب چاه‌های دشت در دو دهه ۸۰ و ۹۰ (قبل و بعد از انتقال آب حوزه زاینده رود به یزد) بررسی شد. سپس نقشه سازندهای موجود در منطقه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی وتصاویر Google-Earth تهیه شد. سپس تیپ آب مشخص و کیفیت آب از نظر کشاورزی و شرب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دشت مذکور در ناحیه بزرگی از بخش جنوبی و مرکزی آن (ارتفاع کم) دارای تیپ آب کلروره بوده که با توجه به نقشه‌های پهنه بندی، تیپ کلروره در دهه ۹۰ نسبت به دهه ۸۰ گسترش داشته است. نتایج پهنه‌بندی داده‌های کیفی نشان داد هدایت الکتریکی (EC) از دهه ۸۰ به ۹۰ دارای روند صعودی بوده است و به طور متوسط حدود ۳dS m^{-1} افزایش یافته است. همچنین میزان EC از جنوب به سمت شمال دشت در حال افزایش بوده است. نتایج حاصل از پهنه‌بندی کمی نشان داد که میزان تراز ارتفاعی آب‌زیرزمینی دشت در امتداد جنوب به شمال در حال کاهش است و عمق آب در چاه‌ها از دهه ۸۰ به ۹۰ به طور متوسط ۱۰ متر افت داشته است. نتایج نشان داد که چاه‌ها بیشتر روی سازندهای آبرفتی قرار دارند. همچنین تحلیل همبستگی درصد وجود سازندها با کیفیت آب‌زیرزمینی نشان داد که در سازندهای آهکی (با همبستگی ۰/۹۹) انتظار EC بیشتری وجود دارد. برعکس EC کمتر در سنگ اسیدی ولکانیک (با همبستگی ۰/۰۷) مشاهده شده است.

واژه‌های کلیدی: پهنه بندی، تیپ و رخساره آب، سازندهای زمین‌شناسی، کیفیت و کمیت آب، منابع آب‌زیرزمینی

www.SID.ir

Archive of SID

Investigation of the Quality and Quantity of Groundwater Resources and their Relationship with the Geological Formations (Case Study: Yazd-Ardakan Basin)

A Dehghan1, A Azizian2*, N Yarami2, M Tazeh3, MA Amirbeygi4

Received: July 22, 2018 Accepted: April 26, 2020

[1]M.Sc. Graduate of Watershed Management, Ardakan University, Ardakan, Iran
[2]Assist. Prof. of Water Science and Engineering, Ardakan University, Ardakan, Iran
[۳]Assist. Prof. of Alid Land and Desert Manegment, Ardakan University, Ardakan, Iran
[۴]Regional Water Company of yazd, Yazd, Iran
*Corresponding Author, Email: aazizian@ardakan.ac.ir

Abstract

This research was an attempt to investigate the quality and quantity of groundwater resources in Yazd-Ardakan plain as the biggest watershed in Yazd Province and its relationships with the geological formations. For this purpose, qualitative data of the wells in the plain for the decades of 80 and 90 (according to the Iranian calender for the pre- and post-water transfer from Zayandehroud River to Yazd) were studied. Furthermore, the geological formations map of the region was prepared based on the geological maps and Google-Earth images. Then, the type and facies of water for each well was determined using Aq.QA 1.1 software. The suitability of water usage for agriculture and drinking purposes was also evaluated. Results showed that the chloride type of the groundwater was dominant in the southern and central parts of the watershed and also in 90s rather than 80s. Results of the qualitative zoning showed that the amount of EC was increased as 3 dSm^{-1} from 80s to 90s. Quantitative zoning of the groundwater showed that the elevation of the water surface decreased toward northern part of the watershed. The water depth in the wells was also decreased on the average of 10 m from 80s to 90s. Results also showed that the wells were dug often on the alluvium formations. Correlation analysis between water quality and frequency percentages of geologic formations revealed that the highest correlation (r=0.99) was observed between calcareous geologic (Ktl) unit and EC of the groundwater; whereas, there was the least correlation between Acidic volcanic rocks (Pc-cr) geologic unit and EC of the groundwater (r=0.07).

Keywords: Geological formations; Groundwater resources; Water quality and quantity; Water type and facies; Zoning

مقدمه

بررسی کمی و کیفی منابع آب در برنامه‌ریزی مدیریت این منابع نقش مهمی دارد. امروزه زوال کمیت و کیفیت منابع آبی از مخاطره های جدی رو به گسترش است. افزایش میزان هدایت الکتریکی[۱] (EC) و غلظت یون‌های سدیم، کلر، سولفات و نیترات در آب زیرزمینی بیشتر در اثر فعالیت‌های انسان مانند کشاورزی است (عبدلی و جلیلی قاضی زاده ۲۰۰۹). مطالعه همزمان کیفیت آب سطحی و زیرزمینی به منظور شناسایی عوامل آلودگی آب در رودخانه زاینده‌رود و دشت اصفهان توسط لاله زاری و همکاران (۲۰۰۹) و در رودخانه آجی‌جای و دشت تبریز توسط صادق‌زاده سادات و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد. در این بررسی‌ها با استفاده از نتایج آزمایش‌های شیمیایی و میکروبی علل این آلودگی در هر بخش از آبخوان تحلیل شد. اکرامی و همکاران (۲۰۱۲) وضعیت تغییرات کمی و کیفی منابع آب‌زیرمینی دشت یزد–اردکان را در دهه ۹۰ بررسی کردند و کاهش کیفی و کمی وضعیت آب این دشت را گزارش نمودند.

[۱] Electrical Conductivity

www.SID.ir

Archive of SID

برای بررسی کیفیت هیدروشیمی آب زیرزمینی دشت چهاردولی قروه در غرب ایران ٦٦ نمونه در منطقه‌ای به وسعت ۳٤۱ کیلومتر مربع گرفته شد و آزمایش تعیین غلظت یون‌های اصلی، pH و EC انجام شد. نقشه توزیع مکانی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و به تبع آن EC نشان داد که تمرکز یون‌ها در مرکز دشت بیشتر است. آب-زیرزمینی دشت چهاردولی به علت غلظت بالای یون‌ها در محدوده مناسبی برای شرب قرار نگرفت. نوع غالب آب منطقه $Ca(HCO_3)_2$ است که رایج‌ترین نوع آب شیرین در ایران است (قادری و هزارخانی ۲۰۱۱). در بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب شرب زیرزمینی دشت شیراز با استفاده ازGIS نشان داده شد که میزان pH آب تمام مناطق در محدوده مطلوب ۷ تا ۸/٥ می‌باشد و کیفیت نهایی آب‌زیرزمینی از غرب دشت شیراز به طرف شرق در حال کاهش است. همچنین نقشه پهنه‌بندی این دشت نشان داد که منابع آب‌زیرزمینی تمام دشت شیراز در دسته بسیار سخت طبقه‌بندی می‌شود و بیشترین غلظت نیترات در بخش جنوب شرقی و مرکزی این دشت مشاهده می‌شود (بدیعی نژاد و همکاران ۲۰۱٤). در پژوهشی اثر کاربری اراضی و سنگ‌شناسی بر کیفیت آب چشمه‌های حوزه آبخیز پیرانشهر بررسی شد. نتایج تحلیل‌های آماری نمونه‌های آب چشمه‌ها نشان داد که پارامترهای Cl^-, HCO_3^-,CO_3^{2-},TDS,EC,Mg^{2+},Ca^{2+},TH در سازندهای مختلف منطقه مورد مطالعه اختلاف معنی داری دارند. همچنین کاربری اراضی فقط تأثیر معنی داری بر پارامترهای K^+,Cl^-, CO_3^{2-} داشت. بنابراین بیان شد که در اولویت اول عامل سنگ‌شناسی و در اولویت دوم عامل کاربری اراضی بر کیفیت آب چشمه‌های حوزه آبخیز پیرانشهر تاثیر معنی‌دار دارند (رحمتی و همکاران ۲۰۱٥). نتایج پژوهشی که به بررسی تغییرات زمانی نیترات در آب‌زیرزمینی منطقه کشاورزی هتوا در چین پرداخته است، نشان داد که شست و شوی کود-های نیتروژنی موجب آلودگی شدید نیتراتی این منطقه شده است. همچنین روش IDW به عنوان روش مناسبی برای تخمین نیترات آب زیرزمینی پیشنهاد گردید (ویدوری و همکاران ۲۰۰٤). به منظور ارزیابی رشد جمعیت و شهرنشینی بر کمیت و کیفیت آبخوان‌ها در منطقه آجمر هند از GIS وRS استفاده شد که نتایج بدست آمده حاکی از کاهش عمومی سطح آب زیرزمینی و افزایش اکسید نیتروژن (NO)، فلوئوراید (F)، سختی کل (TH) و کل نمک‌های محلول (TDS) در آب‌زیرزمینی در طی ۱۷ سال بود (جت و همکاران ۲۰۰۹). امبابی و البربری (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای پیرامون بررسی آبخوان دوران کواترنری برای مصارف کشاورزی در شمال غربی صحرای سینا در کشور مصر، به این نتیجه رسیدند که بخش شمال غربی منطقه دارای غلظت کلراید بالاتر از محدوده ۳۳٥ میلی‌گرم بر لیتر بوده و در نتیجه آب‌زیرزمینی این بخش از منطقه مورد مطالعه، به علت شوری زیاد ناشی از کلراید غیر قابل استفاده جهت مصارف کشاورزی و شرب می باشد. طهماسیان و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی کیفیت آب‌زیرزمینی دشت خرم آباد پرداختند و نشان دادند که کیفیت آب دشت مزبور به سمت خروجی حوزه (ارتفاع کمتر) افت پیدا می‌کند.

بررسی‌های کیفی و کمی منابع آب در طول زمان و شناسایی تغییرات آن‌ها نیز در مدیریت منابع آب اهمیت دارد. این مسأله زمانی که انتقال آب بین حوضه‌ای مطرح باشد (حوزه زاینده رود به حوزه کویر سیاه‌کوه در استان یزد) قبل و بعد از انتقال می‌تواند اطلاعات مناسبی در اختیار مدیران قرار دهد. هدف از این تحقیق بررسی کیفی و کمی منابع آب‌زیرزمینی در دو دهه متوالی (با توجه به داده‌های موجود) و بررسی ارتباط آن با سازندهای زمین‌شناسی در دشت یزد-اردکان بود. نکته قابل ذکر در این مطالعه آن است که از ابتدای دهه ۸۰ انتقال آب از حوزه زاینده‌رود به یزد شروع شده است.

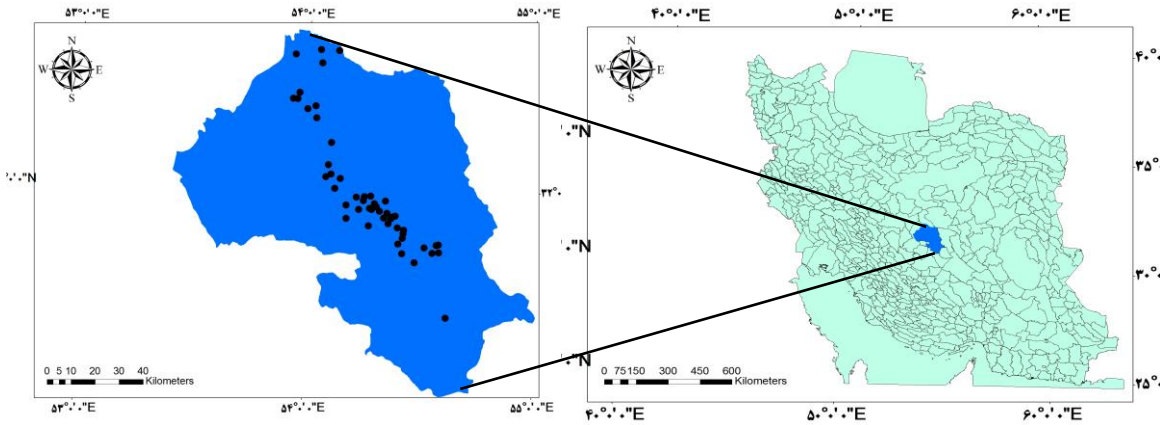
مواد و روش‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

دشت یزد–اردکان وسیع‌ترین واحد هیدرولوژیک استان یزد می‌باشد و شهرهای اردکان، میبد، اشکذر، مهریز و یزد را در بر می‌گیرد. این منطقه جزء کمربند خشک فلات مرکزی ایران به شمار می‌رود. مختصات این دشت بین طولهای ۵۳ و ٤٥َ و ٥٤ و ٥٠َ و عرض‌های شمالی ۳۱ و ١٥َ و ۳۲ و ۳٠َ تقریباً در مرکز استان یزد واقع شده است. مساحت دشت حدود ۱۱٦۳۱ کیلومتر مربع بوده (شکل۱) و بزرگترین ذخیره آبی استان در این دشت قرار دارد. متوسط بارندگی دشت بالغ بر ۱۰٦ میلی‌متر می‌باشد. عمق سطح ایستابی در پاره‌ای از نواحی جنوبی دشت بیش از ۱۰۰ متر و در نواحی شمالی به کمتر از ۱۰ متر می‌رسد. لازم به ذکر است که در این دشت فقط منابع آب‌زیرزمینی در دسترس است و منابع آب سطحی وجود ندارد. از لحاظ زمین‌شناسی دشت یزد–اردکان در عمق، عمدتاً از سنگ‌های دوران سوم، به ویژه سازندهای نئوژن تشکیل شده‌است و روی این سنگ‌ها را کنگلومرا و رسوبات آبرفتی سیلابی کواترنر می‌پوشاند. سازندهای محدوده مورد مطالعه متنوع می‌باشد جوان‌ترین سازندهای مربوط به این محدوده، مربوط به کواترنر بوده که قسمت اعظم مساحت محدوده را نیز دربرگرفته است. شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی مشرف بر دشت را نمایش می دهد.

آمار پارامترهای کمی و کیفی آب‌زیرزمینی دشت یزد–اردکان (مربوط به دهه‌های ۸۰ و ۹۰) از شرکت آب منطقه‌ای استان یزد دریافت و بررسی های اولیه بر روی آن‌ها انجام گرفت. با توجه به تغییرات کیفی و کمی متفاوت در طول زمان، داده‌ها به دو بازه زمانی ۱۰ ساله تقسیم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در نهایت به منظور بررسی کیفیت آب از آمار پارامترهای سولفات، سدیم، کلر، کل مواد جامد محلول، سختی کل، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم و برای مطالعه کمیت آب تغییرات سطح تراز آب در چاه‌های موجود استفاده گردید. لازم به ذکر است از اسفند ۱۳۷۹ خط اول انتقال آب از سرشاخه‌های زاینده‌رود به یزد بهره‌برداری شد. به منظور تعیین پراکنش مکانی پارامترهای کیفی و کمی آب‌زیرزمینی در دشت یزد–اردکان نقشه پهنه‌بندی عمق و شوری آب‌زیرزمینی دشت با استفاده از ArcGIS و روش معکوس فاصله وزنی (IDW) تهیه شد. شایان ذکر است برای ارائه نقشه‌های پهنه‌بندی محدوده‌ای از دشت که چاه‌های نمونه‌برداری در آن قرار داشت انتخاب شد.



شکل ۱- موقعیت دشت و چاه‌های دشت یزد–اردکان.

در این مطالعه برای تعیین تیپ و رخساره آب چاه‌ها از داده‌های کیفی و نرم‌افزار Aq.QA استفاده گردید. معمولا تیپ آب بر اساس اولویت غلظتی یکی از آنیون‌ها و رخساره آن بر اساس اولویت غلظتی یکی از کاتیون‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

مشخص می شود. برای تعیین تیپ و رخساره آب از نمودارهای کالینز، رادیکال، پایپر، دورو و استیف استفاده می‌شود. در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار اشاره شده برای تعیین تیپ و رخساره آب، نمودار استیف[2] (استیف ۱۹۵۱) ترسیم شد. از این نمودار در کارهای هیدروشیمی و هیدروژئولوژی جهت نمایش ترکیب یون‌های آب در طرفین یک محور عمودی استفاده می شود. در این بررسی علاوه بر تیپ و رخساره آب هر چاه، تیپ و رخساره آب چاه‌هایی که بر روی یک سازند خاص واقع شده بود نیز به طور جداگانه تعیین گردید. برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی و شرب، داده‌ها وارد نرم افزار Chemistry گردید و دیاگرام ویلکاکس و شولر نیز رسم شد و در نهایت میزان مطلوبیت آب مورد ارزیابی قرار گرفت.

در این بررسی برای تعیین سازندهای موثر بر کیفیت آب چاه‌ها ابتدا با توجه به نقشه تراز آب در چاه‌ها و نقشه آبراهه‌ها و همچنین با استفاده از نرم افزار Arc Hydro جهت جریان مشخص گردید. سپس درصد وجود سازندهای مختلف در جهت جریان به سمت چاه مشخص گردید. پس از آن همبستگی فراوانی وجود درصد سازندها با ترکیبات شیمیایی آب در هر چاه تعیین گردید.

نتایج و بحث

بررسی پراکنش مکانی کیفیت و کمیت آب های زیرزمینی دشت یزد-اردکان

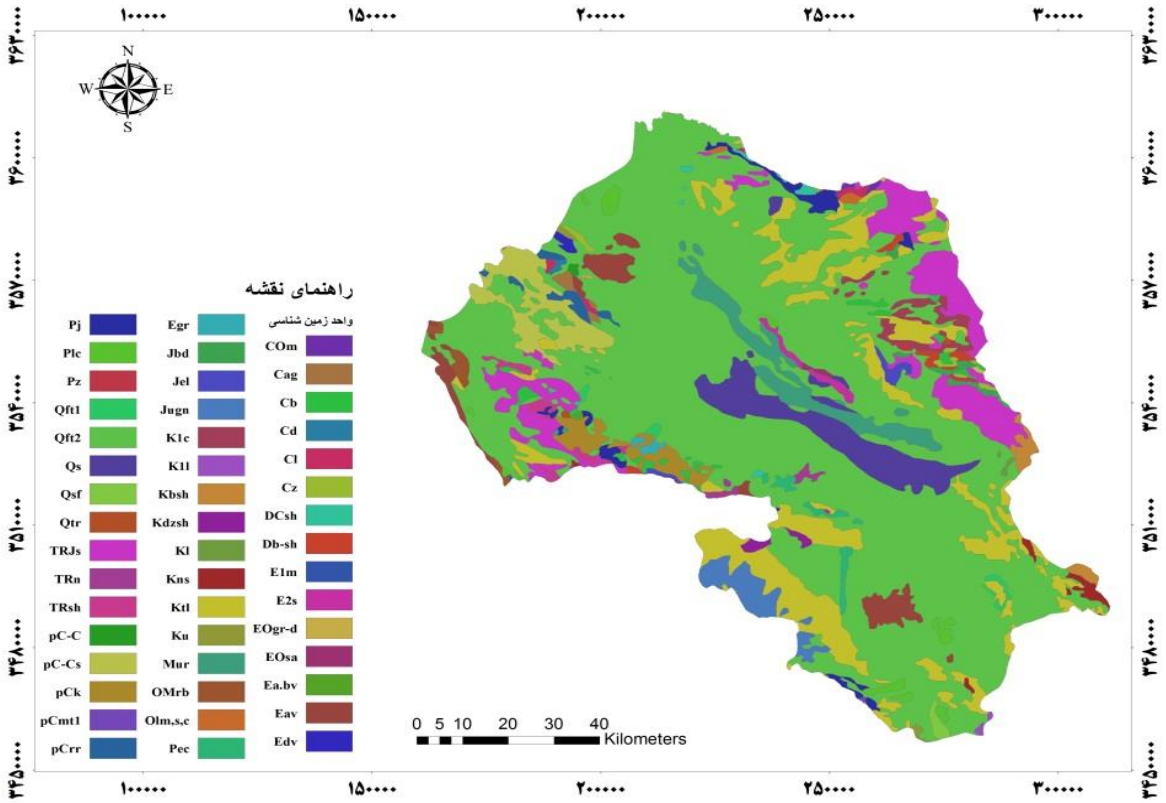
با استفاده از نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه و همچنین محیط گوگل ارث[3]، نقشه‌ی سازندهایی که چاه‌های منطقه روی آن قرار دارند مشخص شد. سپس نقشه سازندهایی که بر روی چاه‌ها در جهت جریان اثر گذار بوده است تهیه شد. همچنین مساحت سازندهایی که در محل قرارگیری چاه‌ها بوده‌اند و سازندهایی که در جهت جریان اثر گذار بوده‌اند تعیین گردید (جدول ۱ و ۲). مطابق این نتایج چاه‌ها در دشت یزد-اردکان بیشتر روی سازندهای آبرفتی واقع شده‌اند. همچنین سازندهای آبرفتی بیشترین تأثیر را بر آب چاه‌های دشت دارند. پس از آن سازند آهکی کرتاسه تأثیر گذاری بیشتری بر آب چاه‌ها دارد زیرا در جهت جریان آب گسترش بیشتری داشته است.

در شکل ۳ تراز آب‌زیرزمینی دشت در دو دهه نمایش داده شده است. مطابق این شکل تراز آب در امتداد شمال به جنوب افزایش یافته است که این تغییر تراز آب، با تغییرات ارتفاعی زمین هماهنگ بوده است. کمترین تراز ۹۰۰ (حوالی سیاه کوه) و بیشترین تراز بیشتر از ۱۴۰۰ (محدوده فهرج در جنوب شرق دشت) بوده است. نتایج پژوهش مروتی و همکاران (۲۰۱۱) مؤید این یافته ها است. علیرغم ورود آب سرچشمه‌های زاینده‌رود در دهه ۹۰-۸۰ به دشت یزد اردکان که به عنوان آب شرب و صنعت مصرف می‌شود (از اواخر اسفند ۷۹)، تراز ارتفاعی آب نسبت به دهه قبل با کاهش ۱۰۰ متری مواجه بوده است که وجود خشکسالی و برداشت‌های بی‌رویه را می توان دلیل کاهش تراز ارتفاعی دانست. این کاهش تراز در ناحیه شمالی دشت که کویر سیاه‌کوه می باشد به ۱۰۰ متر بالغ می شود.

[2] Stiff diagram
[3] Google earth

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی مشرف بر دشت یزد-اردکان (علائم اختصاری سازندها در جدول ۱ تشریح شده است).

جدول ۱- مساحت سازند های موجود در جهت جریان آب‌زیرزمینی دشت یزد-اردکان.

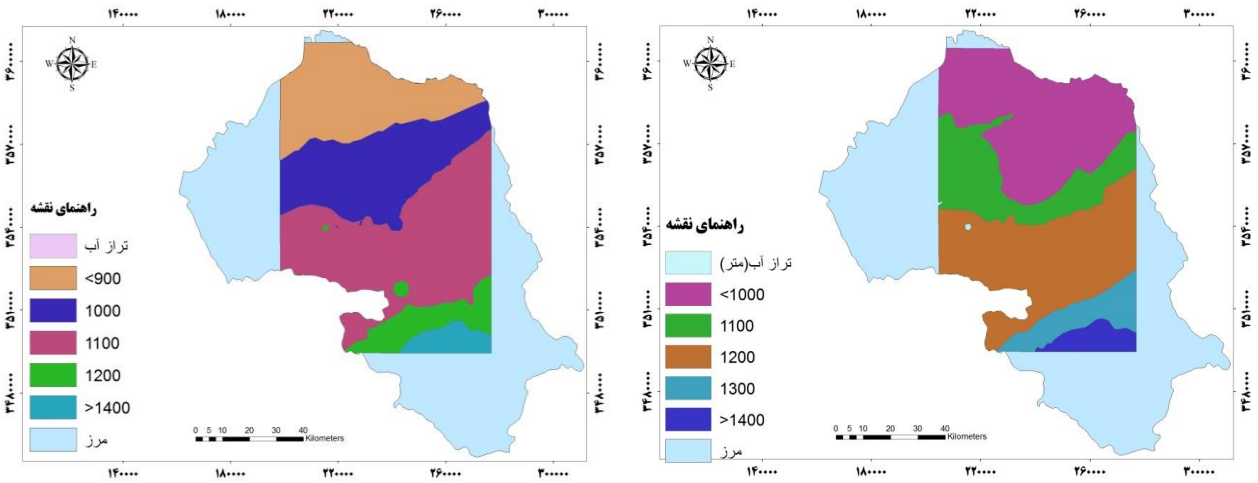
علامت	نوع سازند یا سنگ	مساحت(km^2)	درصد مساحت
Cag	سازند عقدا	۲۱/٤٥	۰/۲۰
Cd	سازند درنجال	٦/۷٦	۰/۰٦
Cl	سازند لالون	۲۷/۷۸	۰/۲٦
Cz	سازند زایگون	۲۸/۲۱	۰/۲٦
DCsh	سازند شیشتو	۲۱/۱۰	۰/۲۰
Eav	آندزیت (آتشفشانی)	۲۳۰/٤۰	۲/۱٦
Edv	ریولیت (آتشفشانی)	۱۳/٦۲	۰/۱۳
Ktl	آهک کرتاسه	۱۲٥۷/٥۷	۱۱/۸۰
Ku	آهک کرتاسه	۱۰۱۲	۰/۱۱
Mur	سازند قرمز بالایی	۲۱۱/۰٤	۲/۹۲
pC-Cs	سازند سلطانیه	۳۰۰/۳۰	۲/۸۲
pCrr	سنگ ولکانیک اسیدی	٥۱/٦۳	۰/٤۸
Pec	سازند جمال	٥٦/٤۰	۰/٥۳
Pj	کنگلومرا	۱۱۹/٥۹	۱/۱۲
Plc	آبرفتی	۸٦/٦٤	۰/۸۱
Qft2	آبرفتی	٦۸۹۳/۱٥	٦٤/٦٦
Qs	آبرفتی	٤٦٦/۹۲	٤/۳۸
Qsf	سازند شمشک	۲۲/۱۲	۰/۲۱

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- مساحت سازندهایی که چاه بر روی آن قرار دارد.

درصد مساحت	مساحت(km^2)	نوع سازند یا سنگ	علامت
٤/٠٥	٣١١/٠٤	سازند قرمز بالایی	Mur
٨٩/٨٥	٦٨٩٣/١٥	آبرفتی	Qft2
٦/١٠	٤٧١/٥٩	آبرفتی	Qs



(ب) (الف)

شکل ۳- نقشه‌ی هم تراز آب در چاه‌های دشت یزد-اردکان، (الف) دهه ۷۰-۸۰ و (ب) دهه ۹۰-۸۰.

مطابق شکل ٤ عمق برخورد به آب در چاه‌های دشت، در دو دهه نیز از شمال به جنوب در حال افزایش می‌باشد. با توجه به این داده‌ها در دهه۹۰-۸۰ عمق برخورد به آب در چاه‌ها نسبت به یک دهه قبل به میزان ۱۰ متر افزایش یافته است. کم‌ترین میزان این عمق در بخش شمالی دشت (حاشیه کویر سیاه کوه) و بیشترین میزان عمق برخورد به آب در چاه‌ها، درقسمت جنوبی دشت (اطراف شیرکوه) اندازه‌گیری شده است. بیشتر بودن عمق برخورد به آب در قسمت جنوبی می تواند ناشی از واقع شدن چاه‌های جنوبی در ارتفاعات بالاتر و نیز برداشت بی‌رویه و خشکسالی‌های اخیر باشد. هیدروگراف آب‌زیرزمینی دشت یزد-اردکان به طور متوسط در طی دو دهه بررسی شده مطابق شکل ٥ بوده است. مطابق این شکل تراز آب دشت از ١١٦٦ متر در سال ۷۰ به ۱۰٤۳ متر در سال ۹۰ کاهش یافته است که حاکی از بیلان منفی مداوم در دشت می‌باشد. اکرامی و همکاران (۲۰۱۲) نیز افزایش پیوسته عمق سطح آب زیرزمینی دشت یزد اردکان در دهه ۹۰ را متأثر از اضافه برداشت گزارش کردند. شایان ذکر است که افزوده شدن آب ناشی از خط اول انتقال آب از سرشاخه های زاینده‌رود به حوزه (از سال ۱۳۷۹) تأثیر آشکاری بر کنترل افت سطح آب‌زیرزمینی دشت نداشته است.

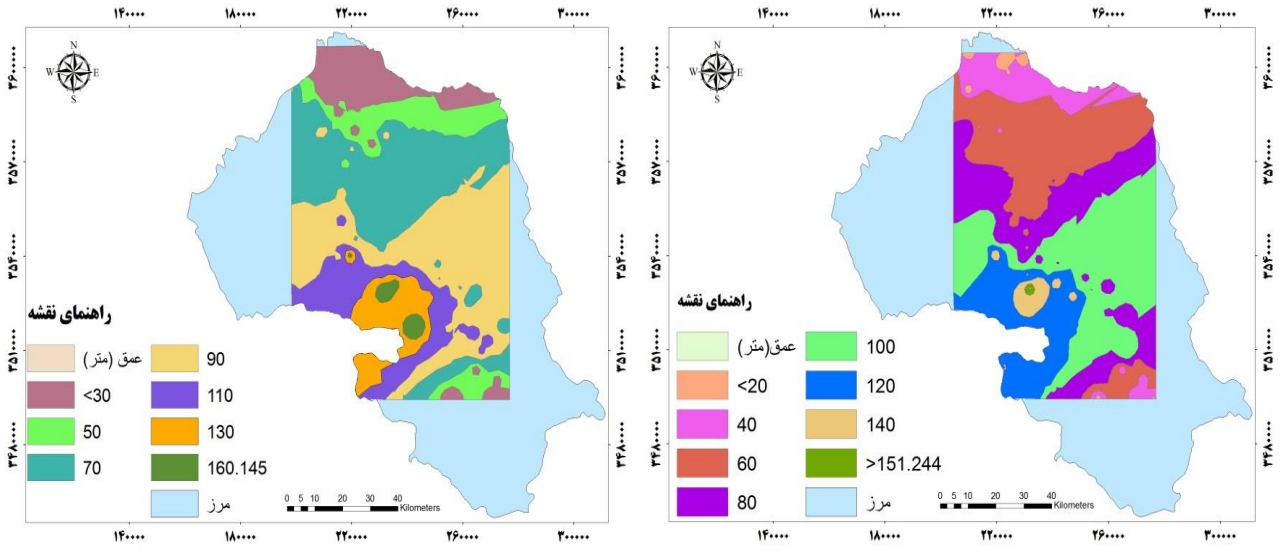
بر اساس شکل ٦ که نقشه هم مقدار EC را نشان می‌دهد، مشخص شد که EC از شمال به جنوب در حال کاهش است. به‌طور کلی نتایج پهنه‌بندی داده‌های کیفی نشان داد که میزان EC در دهه ی ۸۰-۷۰ از امتداد جنوب غرب به سمت شمال شرق (در شهرهای اردکان و میبد) در حال افزایش بوده و از میزان ۲ $dS\ m^{-1}$ به dS ۱۵ m^{-1} رسیده است که با توجه به واقع شدن این دو شهر در بخش شمال و شمال شرقی این دشت و به دلیل وجود شوره‌زارهای بزرگ در این شهرستان‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

قابل توجیه می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از پهنه‌بندی داده‌های کیفی نشان می‌دهد که میزان EC در دهه ۸۰-۹۰ در بخش‌های شمالی و مرکزی دشت بیشتر شده است. اکرامی و همکاران (۲۰۱۲) نیز کاهش کیفیت آب زیرزمینی دشت یزد-اردکان در انتهای دهه ۹۰ را بیشتر در شمال این دشت گزارش کرده‌اند. به‌علاوه بررسی تغییرات زمانی میزان EC نشان داد که شوری از دهه ۸۰-۷۰ به۹۰-۸۰ دارای روند صعودی بوده است. در دهه ۸۰-۹۰ میزان EC نسبت به دهه ۷۰-۸۰، به میزان ۱۶ درصد (معادل ۳ $dS\ m^{-1}$) افزایش داشته است. بیش‌ترین میزان EC در این دهه، ۱۹ $dS\ m^{-1}$مربوط به چاه آجر فرد، در بخش مرکزی دشت یزد-اردکان است. افزایش برداشت تا ۶۱۸ میلیون مترمکعب در سال (مروتی و همکاران ۲۰۱۱) و کاهش بارندگی در دهه ۹۰-۸۰ نسبت به دهه پیش از آن (اکرامی و همکاران ۲۰۱۲) دلیل اصلی افزایش شوری آب زیر زمینی دشت می باشد.

ارتباط بین EC آب چاه‌ها با ترکیب شیمیایی آنها ابتدا به صورت نمودارهای نقطه‌ای برای تک تک یون-ها ترسیم شد. الگوی تغییرات EC در مقابل مقادیر یون‌ها خطی بود. ضریب همبستگی پیرسون در ماتریس همبستگی نیز چنین رابطه‌ای را تأیید کرد (شکل‌ها و ماتریس همبستگی ارائه نشده است). با این آگاهی معادله‌ای خطی برای رابطه بین EC و هر یون استخراج شد (جدول ۳). طبق این بررسی در آب‌زیرزمینی دشت یزد-اردکان همبستگی قوی مثبت بین EC و سدیم، سولفات و کلر (به ترتیب) مشاهده شد. همچنین کلسیم و منیزیم به تنهایی ارتباط قوی و مثبت با EC داشتند. ترکیبات اصلی تشکیل دهنده شوری در آب‌زیرزمینی به طور طبیعی آنیون‌های کلر و سولفات و کاتیون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم است (ریچاردز ۱۹۵٤) که همبستگی-های حاصل در این پژوهش نیز مؤید همین مطلب می-باشد. همبستگی مثبت و قوی EC آب‌زیرزمینی به ترتیب با یون‌های سدیم، کلر، سولفات و سپس منیزیم و کلسیم در آب‌زیرزمینی استان فارس (نوشادی و غفوریان ۲۰۱٦) و بوشهر (رضائی ۲۰۰۱) نیز گزارش شده است.

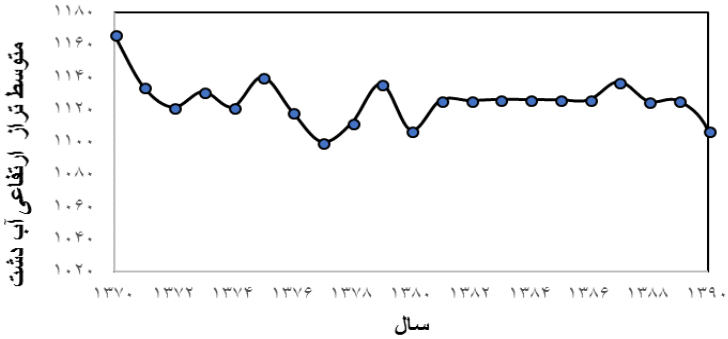


(ب) (الف)

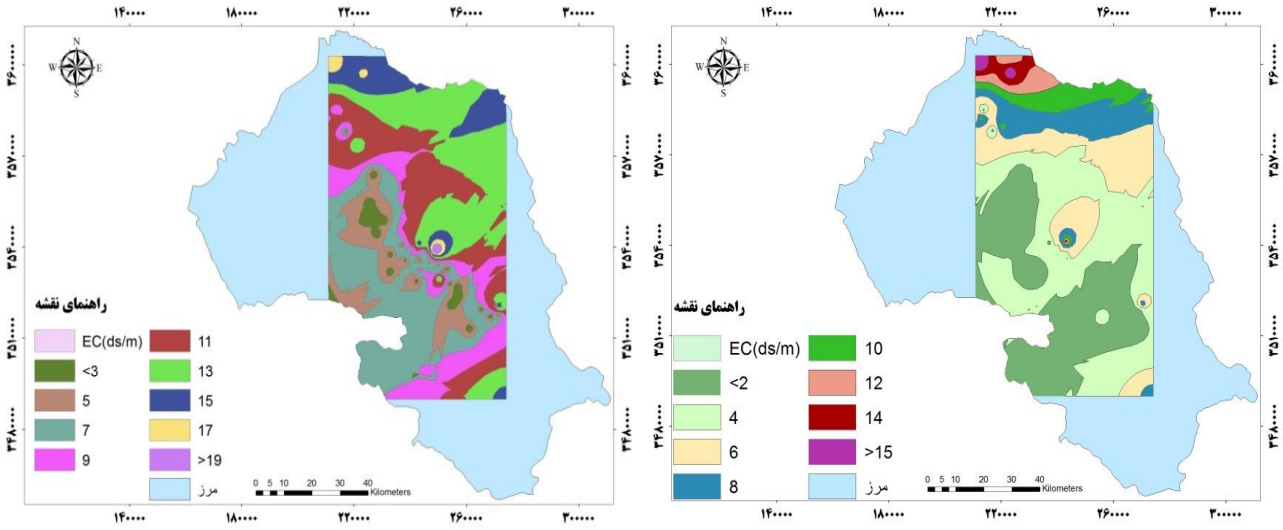
شکل ۴- نقشه‌ی هم‌عمق آب در چاه‌های دشت یزد-اردکان، (الف) دهه ۷۰-۸۰ و (ب) دهه ۹۰-۸۰.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- هیدروگراف آب زیرزمینی دشت یزد اردکان در دوره ۹۰-۱۳۷۰.



(ب) (الف)

شکل ۶- نقشه‌ی هم مقدار EC آب در چاه‌های دشت یزد-اردکان، (الف) دهه ۷۰-۸۰ و (ب) دهه ۹۰-۸۰.

در جدول ۳ معادله خطی ارتباط EC آب چاه‌های دشت یزد-اردکان با ترکیبات شیمیایی آن ارائه شده است. از معادلات ارائه شده در جدول ۳ می‌توان برای تعیین EC از روی ترکیبات شمیایی آب استفاده کرد. قاعدتا کاربرد این معادلات در دامنه EC و مقادیر یون-هایی که معادلات با آنها به دست آمده درست است و جواب قابل اطمینان خواهد داشت. کاربرد مهمتر معادلات اختصاصی هر یون نیز برآورد میزان یک یون خاص (که اندازه گیری آن هزینه‌بر و در مواردی وقت-گیر است) از روی EC (که پارامتری زود یافت است) می‌باشد.

تیپ و رخساره آب‌های زیرزمینی دشت یزد-اردکان

به منظور بررسی تیپ و رخساره آب در منطقه مورد مطالعه، تعیین نوع آب‌ها در دو دهه‌ی زمانی ۸۰-۷۰ و ۹۰-۸۰ انجام شد. نتایج به دست آمده از تیپ‌بندی آب‌های زیرزمینی و فراوانی انواع تیپ‌ها در شکل ۷ و رخساره‌ها در شکل ۸ نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل تیپ غالب آب در دو دهه کلروره بوده است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که در دهه دوم (۹۰-۸۰) تیپ سولفاته از نواحی مرتفع تر (جنوب دشت) حذف شده است. همچنین رخساره آب در دو دهه بیشتر از نوع سدیک بوده و در دهه دوم بررسی رخساره منیزیک نیز دیده نشده است. حذف شدن یک تیپ یا رخساره خاص در دهه دوم بررسی می‌تواند مدلول عوامل زیاد و بعضا ناشناخته‌ای باشد.

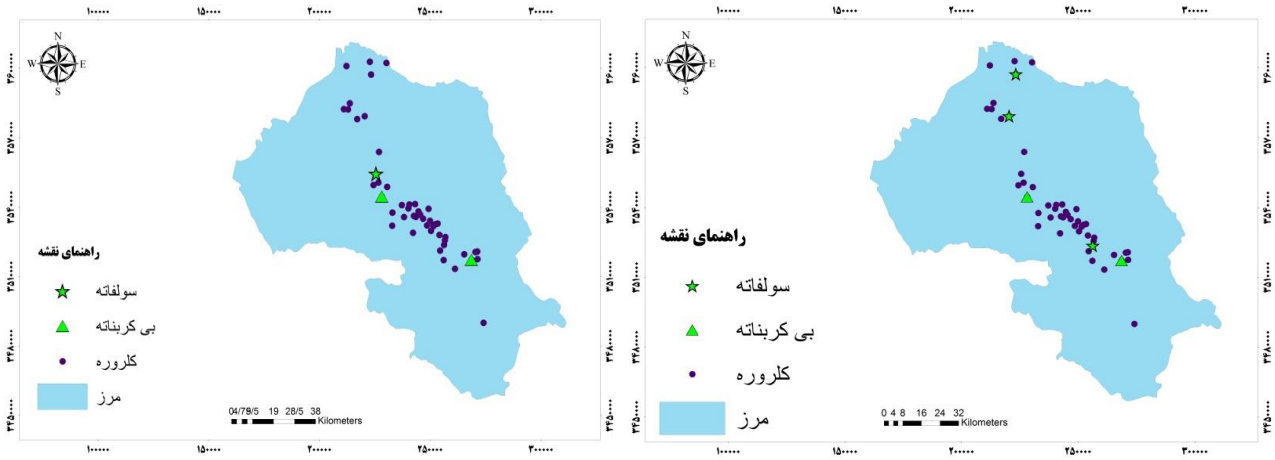
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- ارتباط EC ($dS\ m^{-1}$) آب با ترکیبات شیمیایی مختلف ($meq\ L^{-1}$).

ترکیب شیمیایی ($meq\ L^{-1}$)	ارتباط EC و ترکیب شیمیایی	R^2	*P* value	تعداد داده
سدیم	$EC=0.1245(Na^+) + 0.8783$	۰/۹۵	<۰.۰۱	۹۶۰
کلر	$EC = 0.1056(Cl^-) + 1.2345$	۰/۷۷	<۰.۰۱	۹۶۰
منیزیم	$EC = 0.5125(Mg^{2+}) + 0.2882$	۰/۷۴	<۰.۰۱	۹۶۰
کلسیم	$EC = 0.5008(Ca^{2+}) + 0.1907$	۰/۷۰	<۰.۰۱	۹۶۰
سولفات	$EC= 0.3547(SO_4^{2-}) + 0.5312$	۰/۸۰	<۰.۰۱	۹۶۰
پتاسیم	$EC = 40.658(K^+) – 0.2203$	۰/۴۵	<۰.۰۱	۹۶۰
تمام یون‌ها	$EC=0.3085-0.3845(Na^+)+0.3935(Cl^-)-0.9489(Mg^{2+})+0.2919(Ca^{2+})+0.3475(SO_4^{2-})+36.00(K^+)$	۰/۸۰	<۰.۰۱	۹۶۰

آنچه مسلم است یا آنیون سولفات و کاتیون منیزیم در دهه ۹۰-۸۰ در آب‌زیرزمینی دشت به دلیل رسوب شدن کاهش یافته و یا غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های دیگر افزایش یافته است که منجر به حذف تیپ سولفاته و رخساره منیزیک شده است. در دهه ۹۰-۸۰ به دلیل افت سطح آب‌زیرزمینی و تغذیه (به دلیل کاهش بارندگی) در دشت منابع اضافه کننده سولفات به آب (ترکیبات خاص سازندهای در تماس با آب مانند ژیپس) در نواحی مرتفع دشت از تماس با آب زیرزمینی خارج گشته و در عوض در نواحی دیگر غالبیت آنیون‌ها و کاتیون‌های نظیر کلر و سدیم بیشتر شده است. ضمن اینکه امکان رسوب منیزیم به صورت کربنات نیز وجود داشته است. در مجموع نمک‌های غالب در آب‌های زیر زمینی دشت یزد-اردکان مانند بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک که تبخیر بر تغذیه غالب است از نوع کلر و سدیم بوده است. نتایج به‌دست آمده با نتایج استاماتیس و همکاران (۲۰۱۱) در یونان، عامر (۲۰۱۳) در حوزه رودخانه ژاب در پاکستان و جهبذ (۱۹۹٤) در حوزه سروستان استان فارس مشابهت دارد.

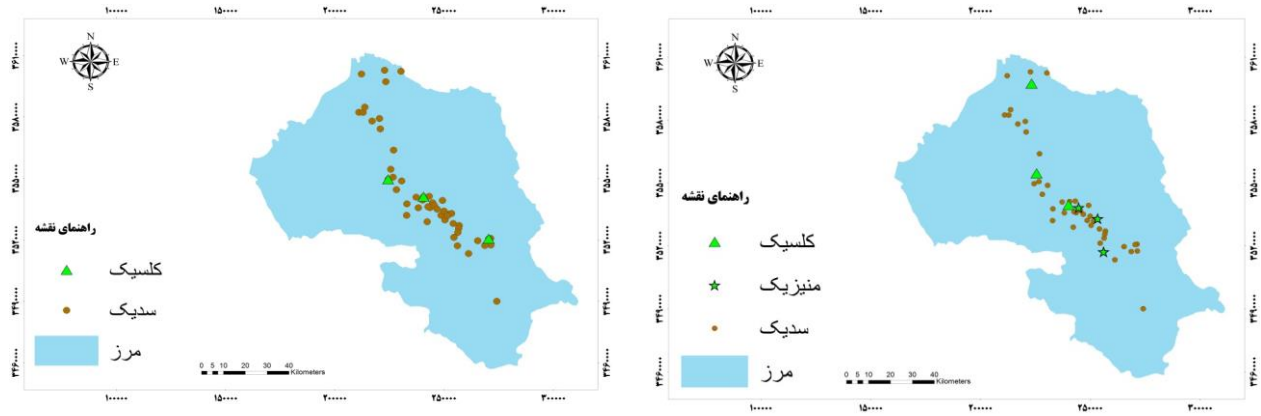


(الف) (ب)

شکل ۷- نقشه پراکنش تیپ آب در دشت یزد-اردکان، (الف) دهه ۸۰-۷۰ و (ب) دهه ۹۰-۸۰.

www.SID.ir

Archive of SID

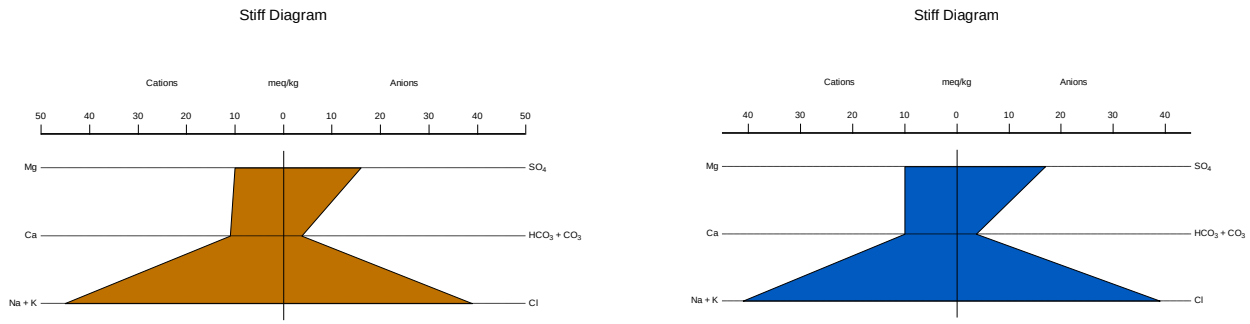


(ب) (الف)

شکل ۸- نقشه پراکنش رخساره در دشت یزد-اردکان، (الف)دهه ۸۰-۷۰ و (ب)دهه ۹۰-۸۰.

همچنین نتایج حاصل از بررسی تیپ و رخساره آب چاه هایی که بر روی سه سازند قرمز بالایی Mur، آبرفتی Qtf و آبرفتی QS قرار گرفته بودند در دو دهه زمانی در شکل‌های ۹ بر اساس دیاگرام استیف مشخص شده است. همان طور که در شکل‌های مزبور مشخص است، در هر سه سازند موجود تیپ آب چاه‌ها کلروره و رخساره سدیک می‌باشد. زیرا در دشت یزد-اردکان به دلیل کمبود تغذیه از مناطق بالادست نقش کربنات و بیکربنات در تعیین تیپ آب کمرنگ و در عوض به دلیل آبشویی و انتقال و نیز تبخیر زیاد نقش کلر پرنگ‌تر بوده است. همچنین در جهت جریان از مناطق بالادست به پایین دست (که تعداد زیادی از چاه‌ها در آنجا واقع شده است) منابع آب‌زیرزمینی از یون‌های کلسیم، منیزیم و سولفات تهی و بر میزان یون‌های کلر و سدیم افزوده می‌شود (رضایی ۲۰۱۱) که رخساره آب را به سمت سدیک میل داده است. همچنین بخشی از کلر و سدیم موجود در آب بویژه در نواحی مرکزی و شمالی دشت (محل شهرهای یزد، میبد و اردکان) به دلیل دفع فاضلاب‌های خانگی در چاه‌های جذبی است. همچنین در شهر اردکان (شمال دشت) پساب واحدهای تولیدی ارده و حلوا ارده که سرشار از کلرید سدیم است به صورت غیر اصولی با چاه‌های جذبی دفع می‌شود که به آب-زیرزمینی می‌پیوندد.

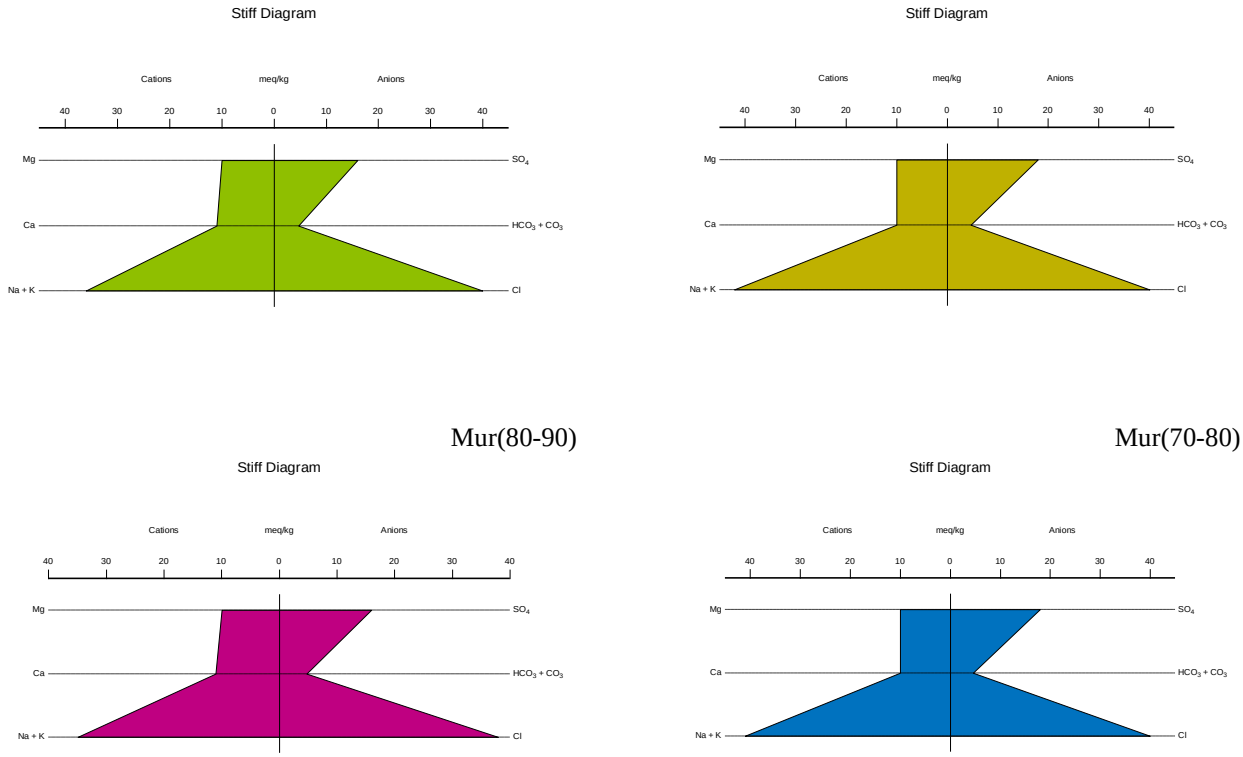
Qtf(80-90) Qtf(70-80)



Qs(80-90) Qs(70-80)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- دیاگرام استیف مربوط به چا ه‌های واقع بر سازندهای مختلف در دشت یزد-اردکان در دهه‌های ۸۰-۷۰ (سمت راست) و ۹۰-۸۰ (سمت چپ).

بررسی تیپ آب چاه‌های موجود در ارتباط با تراز ارتفاعی

پس از به دست آوردن تراز ارتفاعی برای چاه‌ها و مشخص شدن تیپ آب چاه‌ها ارتباط بین متوسط تراز ارتفاعی و تیپ آب چاه‌های دشت در نموداری رسم شد (شکل ۱۰). نتیجه حاصل حاکی از این بود که آب چاه-های واقع در نقاط گود دشت بیشتر کلروره و آب‌های نقاط مرتفع تر بیشتر از نوع سولفاته و بی کربناته بودند. این واقعیت از آنجا ناشی می شود که بی کربنات و سولفات در آب کمتر پایدار است (کردوانی ۲۰۰۸) و لذا در آب‌های مناطق مرتفع تر که عمر کمتری دارند (منطقه نفوذ آب حاصل از بارندگی) غالب هستند. اما کلر ضمن آبشویی در مسیر حرکت آب از نواحی بلند به نواحی پست ارتفاعی منتقل می شود.

شکل ۱۰- ارتباط تیپ و تراز ارتفاعی آب چاه.

بررسی کیفیت آب از نظر شرب و کشاورزی در سازندهای مختلف

کیفیت آب از نظر کشاورزی با توجه به دیاگرام ویلکاکس (دیاگرام ارائه نشده است) و پارامترهای SAR و EC مشخص گردید. بر این اساس جدول ٤ و شکل ۱۱ تهیه شد. نتایج حاکی از این واقعیت بود که در هر دو دهه آب زیرزمینی در بیشترین سطح دشت در کلاس

www.SID.ir

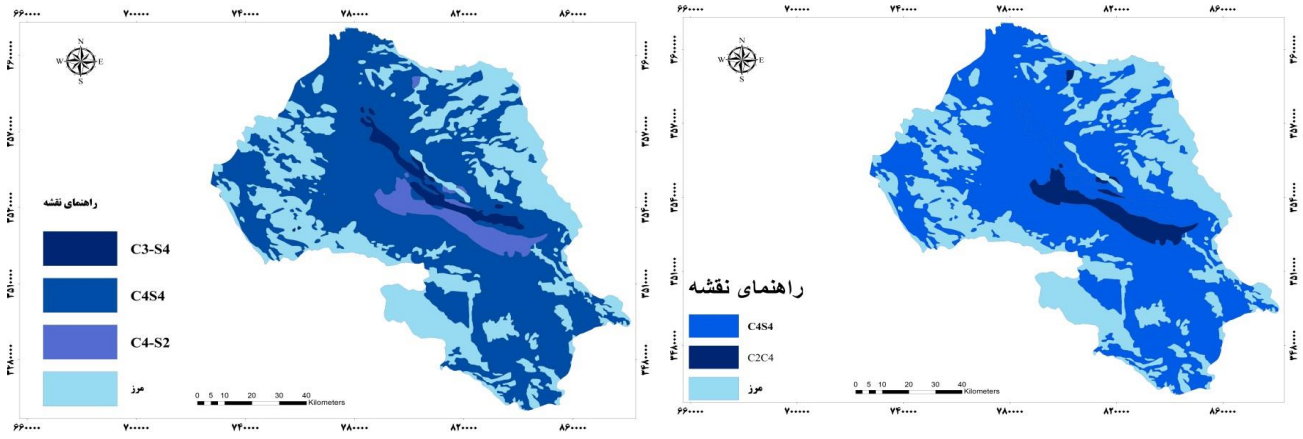
Archive of SID

C4-S4 و بر روی سازند Qft قرار داشته که بخش عمده‌ای از دشت را از امتداد جنوب غرب تا شمال غرب را در بر گرفته است و برای کشاورزی نا مناسب می‌باشند. آب‌های با کیفیت اندکی بهتر در دهه ۷۰-۸۰ مربوط به کلاس C4-S2 بر روی سازند QS و در دهه ۸۰-۹۰ با کلاس C3-S4 بر روی سازند MUR در بخشی از قسمت مرکزی دشت واقع شده است.

وضعیت آب از نظر شرب نیز در دشت یزد- اردکان بر اساس دیاگرام شولر (دیاگرام ارائه نشده است) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی حاکی از این بود که چاه‌هایی که بر روی سازند Qft در امتداد جنوب شرقی- شمال غربی دشت قرار گرفته است (در دو دهه) از نظر شرب در رده‌ی نامطلوب و همچنین چاه‌هایی که بر روی دو سازند دیگر Mur و QS در بخش مرکزی دشت واقع است دارای آب نامناسب جهت شرب بوده است. قابل ذکر است چاه‌هایی که بر روی سازند Qs در دهه ۷۰-۸۰ قرار داشته است بر روی مرز بین آب‌های متوسط و نامناسب قرار داشته است.

جدول ۴- کلاسه بندی آب کشاورزی بر اساس دیاگرام ویلکاکس در سازندهای مختلف دشت در دو دهه ۸۰-۷۰ و ۹۰-۸۰.

سازند و دهه نمونه‌برداری	مساحت (km^2)	مساحت (٪)	کلاس آب
Qft2(70-80)	٦٨٩٣/٢	٨٩/٨٥	C4-S4
Qft2(80-90)	٦٨٩٣/٢	٨٩/٨٥	C4-S4
Qs(70-80)	٤٦٦/٣	٦/٠٩	C4-S2
Qs(80-90)	٤٦٦/٣	٦/٠٩	C4-S2
mur(70-80)	٣١١/٠	٤/٠٥	C4-S4
mur(80-90)	٣١١/٠	٤/٠٥	C3-S4



(ب) (الف)

شکل ۱۱- نقشه کلاس بندی دیاگرام ویلکاکس، (الف) دهه ۸۰-۷۰ و (ب) دهه ۹۰-۸۰.

به طور کلی بررسی کیفی بر روی چاه‌ها در سازند-های مختلف از حوزه آبریز دشت یزد-اردکان نشان می‌دهد کیفیت آب منطقه از نظر شرب طبق نمودار شولر در جایگاه مناسبی نیست. همچنین از نظر کشاورزی طبق نمودار ویلکاکس در کلاس‌های C4S2 و C3S4 و C4S4 قرار دارد که برای مصرف در کشاورزی نیز در طبقه مناسب نمی‌باشد. اکرامی و همکاران (۲۰۱۲) برای همین دشت در دهه ۹۰ وضعیت مشابه کیفی گزارش کرده است. نتایج به دست آمده با نتایج امبابی و البربری (۲۰۱۱) در شمال غربی سینای در کشور مصر، سادات نوری و همکاران (۲۰۱٤) در آبخوان ساوه و بهزاد و حمزه (۲۰۱۰) در آبخوان دهدشت غربی که از همه مناطق خشک و نیمه خشک هستند مشابهت داشته است.

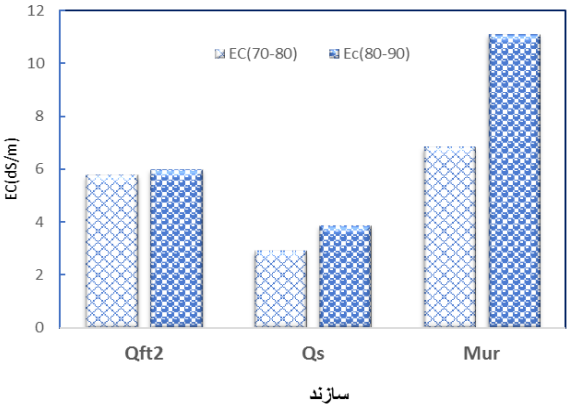
بررسی کیفیت آب‌زیرزمینی در ارتباط با سازندهای زمین‌شناسی

چنان‌چه ذکر شد چاه‌های مورد بررسی همگی بر روی سه سازند قرمز بالایی (Mur) از جنس مارن

www.SID.ir

Archive of SID

ژیپس‌دار، آبرفتی Qft2 و آبرفتی QS واقع شده اند. بررسی روند تغییرات EC در چاه های واقع در این سازندها در دودهه‌ی ۸۰-۷۰ و ۹۰-۸۰ حاکی است که در سازند Qft2 در هر دو دهه‌ی زمانی EC روند صعودی داشته است. در سازند Mur دردهه‌ی ۸۰-۷۰ روند شوری صعودی است اما در دهه‌ی ۹۰-۸۰ تغییرات EC روند صعودی یا نزولی نداشته و تقریبا ثابت بوده است. همچنین در سازند Qs روند تغییرات EC در دو دهه صعودی بوده است اما نوسانات زیادی در طول این دو دوره‌ی زمانی داشته است. در مجموع چاه های واقع در سازند Mur بیشترین EC و سازند آبرفتی QS کمترین EC را داشته است (شکل ۱۲). دلیل این امر می‌تواند انحلال ژیپس از سازند Mur باشد که یون‌های کلسیم و سولفات را به آب اضافه می‌کند. بعلاوه چاه‌های واقع بر سازند Qs عموما تراز ارتفاعی بالاتری دارند و در تراز بالاتر، انباشت نمک‌ها (به ویژه یون‌های کلر و سدیم) رخ نمی‌دهد و جنس آبرفتی خود سازند نیز حاوی چنین یون‌های نبوده است. لذا شوری آب در این چاه‌ها کمتر از بقیه بوده است. نتایج مشابهی توسط اکرامی و همکاران (۲۰۱۲) برای همین دشت گزارش شده است. رضائی (۲۰۱۱) نیز به شوری کمتر آب‌زیرزمینی در تراز ارتفاعی بالاتر در دشت مند استان بوشهر اشاره کرده است. همچنین چاه‌های واقع در سازند Mur در دهه ۹۰ شورتر شده اند. شورتر بودن آب چاه‌ها در هر سه سازند در دهه ۹۰ احتمالا و به طور کلی به کاهش بارندگی و تغذیه آبخوان مربوط می‌شود. تغییرات زمانی غلظت ترکیبات شیمیایی آب چاه های واقع در این سه سازند نیز هماهنگ و شبیه تغییرات EC آنها بوده است (داده ها ارائه نشده است).



شکل ۱۲- نمودار تغییرات EC در سه سازند در دو دهه‌ی زمانی بررسی شده.

برای بررسی ارتباط بین سازندهای زمین‌شناسی و کیفیت آب ابتدا با توجه به تراز آب اطراف چاه جهت جریان مشخص شد. جهت عمومی جریان مشابه آنچه مروتی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کرده اند از جنوب به شمال است. در مرحله بعد درصد وجود سازندها در جهت جریان آب‌زیرزمینی به سمت هر چاه محاسبه شد. چنان‌که ذکر شد نتایج حاصل از بررسی میزان درصد سازندها در خطوط طولی نشان می‌دهد که بیشترین گسترش چاه‌ها بر روی سازندهای آبرفتی بوده است (جدول ۱) این رسوبات حاوی آبرفت‌های درشت دانه می‌باشد و محل اصلی تغذیه آبخوان‌ها است و منابع آبی زیادی را در خود جای داده‌اند و هرچه از چاه‌ها فاصله می‌گیریم تأثیر سازندهای غیرکواترنری از جمله آهک کرتاسه و سازند عقدا، سلطانیه، شمشک، درنجال که توان تولید تیپ آب کربناته و کلروره را دارند، افزوده می‌شود. که این امر با نتایج ناصری و دادوران (۲۰۰۵) در حوزه آبریز قزل اوزن و رحمتی و همکاران (۲۰۱۵) در حوزه آبخیز پیرانشهر مطابقت دارد. در واقع در جهت جریان و به سمت مناطق پست ارتفاعی یون‌هایی مانند کلسیم، منیزیم و سولفات از آب جدا می‌شوند و برعکس بر میزان یون‌های کلر و سدیم افزوده می‌شود (رضایی ۲۰۱۱). سامانی و همکاران (۲۰۱۱) نیز در دشت آوان اندیمشک برای کیفیت آب مناطق کم ارتفاع،

www.SID.ir

Archive of SID

مشابه نتایج این پژوهش (غالبیت یون‌های کلر و سولفات) را گزارش کرده‌اند.

سپس ماتریس‌های همبستگی بین EC آب چاه‌ها و ترکیب شیمیایی آن با درصد فراوانی وجود هر سازند تهیه شد (ماتریس‌ها ارائه نشدند). نتایج نشان داد که شاخص کیفیت آب چاه‌ها (EC) در سازند آهکی ktl و سنگ اسیدی ولکانیک pc-rr به ترتیب دارای بیشترین و کمترین همبستگی با ترکیب شیمیایی آب داشته است. دلیل این امر می‌تواند انحلال ترکیبات سازند آهکی و عدم انحلال ترکیبات سنگ اسیدی ولکانیک باشد. همچنین کیفیت آب چاه‌های واقع در سازند Mur با بی‌کربنات هم بستگی بیشتری داشت در حالی‌که با یون سولفات دارای کمترین همبستگی بود. این وضعیت برای چاه‌های واقع در دو سازند آبرفتی سازند آبرفتی Qft2 و Qs حاکی از بیشترین همبستگی با پتاسیم و کمترین همبستگی با بی‌کربنات بوده است. احتمالا ژیپس موجود در سازند Mur در ترکیب با کربنات و بی‌کربنات بوده که همبستگی بالایی با آن ایجاد کرده است. همچنین ترکیبات پتاسیم موجود در دو سازند آبرفتی Qft2 و Qs و انحلال آنها موجب ایجاد همبستگی بالا بین EC و K در آب‌های این دو سازند شده است.

به‌علاوه ماتریس همبستگی درصد وجود سازندها با پارامتر های کیفی آب در دو دهه‌ی ۷۰-۸۰ و۸۰-۹۰ تهیه شد (ماتریس‌ها ارائه نشده است). نتایج این بخش نیز نشان داد که دردهه ۹۰-۸۰ (شرایط کاهش کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی) همبستگی مثبت بیشتری بین EC آب و درصد وجود سازندها نسبت به دهه ۸۰-۷۰ مشاهده شده است. نتایج کلی حاصل از تحلیل همبستگی همچنین نشان داد که سازندهای دوران کامبرین (pc-cs, ,cz,,cag ,cl) با بی‌کربنات دارای همبستگی بیشتری بوده است. در حالیکه سازندهای کواترنری و آهک کرتاسه، (trjs, ,Eav ,cd ,ktl ,Qft2 ,Qs) با پتاسیم دارای بیشترین همبستگی برا داشت. در تفسیر دیگر از همبستگی می توان گفت بیشترین همبستگی مثبت بین واحد زمین شناسی Ktl (سازند آهکی) به دلیل انحلال پذیری بیشتر و EC به میزان۰/۹۹ بوده است و کمترین همبستگی مثبت بین واحد زمین شناسی Pc-cr (سنگ اسیدی ولکانیک) به دلیل انحلال کمتر و EC به میزان ۰/۰۷ می‌باشد. شایان ذکر است که تمرکز سازندهای آهکی در قسمت جنوب غربی و شمال شرقی بیشتر می‌باشد و سنگ اسیدی ولکانیک درقسمت جنوب متمرکز بوده است. درست به همین دلیل و موضوع انحلال املاح که اشاره شد کیفیت آب چاه‌های جنوب دشت عموما از شمال آن بهتر بوده است. به طور کلی کیفیت آب‌زیرزمینی به انحلال مواد قابل حل در منطقه تغذیه، انحلال ترکیبات قابل حل موجود در سازندهای آبخوان و تغییرات رخ داده در مسیر حرکت آب در آبخوان شامل ترسیب و انحلال املاح مرتبط است (ساداشیوایا و همکاران، ۲۰۰۸).

نتیجه گیری کلی

به طور کلی می توان گفت سازندهای آبرفتی بیشترین تأثیر را بر کیفیت آب چاه‌های دشت یزد-اردکان که عمدتا بر روی همین سازند واقع شده اند، داشته است. پس از آن سازند آهکی کرتاسه تأثیر گذاری بیشتری بر آب چاه ها داشته زیرا در جهت جریان آب دارای گسترش بیشتری بوده است. تراز آب دشت از ۱۱٦٦ متر در سال ۷۰ به ۱۰٤۳ متر در سال ۹۰ کاهش یافته است که حاکی از بیلان منفی مداوم در دشت می‌باشد. همچنین افزوده شدن آب ناشی از خط اول انتقال آب از سرشاخه‌های زاینده‌رود به حوزه (از سال ۱۳۷۹) تأثیر آشکاری بر کنترل افت سطح آب-زیرزمینی دشت نداشته است.

بررسی تغییرات زمانی میزان EC نشان داد که در دهه‌ی ۹۰-۸۰ میزان EC آب‌زیرمینی نسبت به دهه‌ی ۸۰-۷۰، به میزان ۱٦ درصد (معادل ۳ $dS\ m^{-1}$) افزایش داشته است که افزایش برداشت آب‌زیرزمینی و کاهش بارندگی در دهه ۹۰-۸۰ نسبت به دهه پیش از آن دلیل اصلی افزایش شوری آب زیرزمینی دشت می‌باشد. بر

www.SID.ir

Archive of SID

اساس نتایج حاصل تیپ غالب آب در دو دهه کلروره بوده است. نتایج همچنین نشان داد که در دهه دوم (۹۰-۸۰) تیپ سولفاته از نواحی مرتفع‌تر (جنوب دشت) حذف شده است. همچنین رخساره آب در دو دهه بیشتر از نوع سدیک بوده است. در مجموع املاح غالب در آب‌زیرزمینی دشت یزد-اردکان مانند بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک از نوع کلر و سدیم بوده است. به طورکلی بررسی کیفی آب چاه‌ها در سازندهای مختلف از حوزه آبریز دشت- یزد اردکان نشان داد که کیفیت آب منطقه از نظر شرب طبق نمودار شولر در جایگاه مناسبی نیست. همچنین از نظر کشاورزی طبق نمودار ویلکاکس طبقه آب C4S2 و C3S4 و C4S4 می‌باشد که برای مصرف در کشاورزی نیز مناسب نمی باشد.

نتایج کلی حاصل از تحلیل همبستگی بین کیفیت آب و سازندهای زمین‌شناسی نشان داد که سازندهای دوران کامبرین (cl ,cz,,cag ,pc-cs,) با بی‌کربنات دارای همبستگی بیشتری بوده است. در حالیکه سازندهای کواترنری و آهک کرتاسه، (Qs ,Qft2 ,ktl ,cd ,Eav ,trjs) با پتاسیم دارای بیشترین همبستگی بوده اند. در تفسیر دیگر از همبستگی می توان گفت بیشترین همبستگی مثبت بین واحد زمین شناسی Ktl (سازند آهکی) و EC به میزان ۰/۹۹ بوده است و کمترین همبستگی مثبت بین واحد زمین شناسی Pc-cr (سنگ اسیدی ولکانیک) و EC به میزان ۰/۰۷ بوده است. شایان ذکر است که تمرکز سازندهای آهکی در قسمت جنوب غربی و شمال شرقی بیشتر می‌باشد و سنگ اسیدی ولکانیک درقسمت جنوب دشت متمرکز بوده است. همچنین انتقال آب زاینده رود به دشت یزد اردکان پس از طی یک دهه اثری بر بهبود کیفیت آب‌زیرزمینی نداشته است.

منابع

Abdoli MA and Jalili Ghazizadeh M, 2009. Comparison between anaerobic treatability of municipal landfill leachate containing both total and soluble substrate. Journal of Environmental Science and Technology 11(1): 61-72. (In Persian)

Badiei Nezhad A, Farzadkia M, Gholami M and Jonidi Jafari A, 2014. Chemical quality assessment of Shiraz plain's groundwater as a drinking water resource using Geographical Information System (GIS). Iranian South Medical Journal 17 (3) :358-367. (In Persian)

Behzad A and Hamzeh F, 2010. Effect of geological formation on aquifer water quality of Western Dehdasht. Geography 3(11): 93-112. (In Persian)

Ekrami M, Sharifi ZA, Malekinezhad H and Ekhtesasi MR, 2012. Investigating the groundwater quality and quantity variations vrend case ctudy: Yazd-Ardakan Plain, 2000_s. The Journal of Toloo-e-behdasht 10 (3 and 3-4) :82-91. (In Persian)

Embaby AA and El-Barbary S, 2011. Evaluation of Quaternary aquifer for agricultural purposes in northwest Sinai, Egypt. Journal of American Science 7(3): 344-361.

Ghaderi Z and Hezarkhani A, 2011. Hydrochemical classification of groundwater in Chardouli Qorveh Plain. Journal of Water Research in Agriculture 26(4): 415-422. (In Persian)

Jahbez A, 1994. Investigation of the hydrochemical properties of Sarvestan Watershed with emphasis on the role of geological formations. MSc. Thesis. College of Agriculture, Shiraz University. (In Persian)

Jat MK, Khare D and Garg PK, 2009. Urbanization and its impact on groundwater: a remote sensing and GIS-based assessment approach. The Enviromentalist 29(1): 17-32.

Kardavani P, 2008. Water Resources and Issues in Iran. Tehran University Publication. (In Persian)

Lalehzari R, Tabatabaei SH and Yarali NA, 2009. Variation of nitrate contamination in Shahrekord Aquifer and its mapping using GIS. Journal of Iran Water Research 3 (4). 9-17. (In Persian)

Morovati M, Monavari SM, Hasani AH and Rosta Z, 2011. Feasibility study of application of sewage for artificial injection of aquifer in the plain of Yazd-Ardakan . Journal of Human and Environment 19. 21-26. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Naseri H and Dadvaran F, 2005. Hydrogeochemical properties of hard formation of Ghezel Ozan Basin. 21st Earth Science Conference. National Geological Organization, Mashhad, Iran. (In Persian)

Noshadi M and Ghafourian A, 2016. Groundwater quality analysis using multivariate statistical techniques (case study: Fars province, Iran). Environmental Monitoring and Assessment 188(419): 1-13.

Omer AM, 2013. Ground water sources, Geological formations, and their environment in Sudan. Herald Journal of Geography and Regional Planning 2(2): 82-88.

Rahmati A, Mahmoudt N, Mosaedi A and Heidari F, 2015. Investigation of the land use and lithology on the quality of springs of Piranshahr Watershed. Iran-Watershed Management Science & Engineering 8(27): 19-26. (In Persian)

Rezaei M, 2011. Investigation of the controlling factors of salinity in the Mond Plain Alluvial Aquifer of Bushehr. Journal of the Environment 58: 105-116. (In Persian)

Richards LA, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils, Agriculture. Handbook 60. US Department of Agriculture, Washington DC. 160p.

Sadat-Noori SM, Ebrahimi K and Liaghat AM, 2014. Groundwater quality assessment using the water quality index and GIS in Saveh-Nobaran aquifer, Iran. Environmental Earth Sciences 71(9): 3827-3843.

Sadashivaiah C, Ramakrishnaiah CR and Ranganna, G. 2008. Hydrochemical analysis and evaluation of groundwater quality in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. International Journal of Environmental Research and Public Health 5(3): 158-164.

Sadeghzadeh Sadat M, Nazemi AH and Sadraddini AA, 2017. Impacts of Surface Water Quality on Groundwater Quality (Case study: Tabriz plain). Water and Soil Science 7(3): 225-237. (In Persian)

Samani S, Kalantari N and Rahimi MH. 2011. Application of the cluster analysis to qualitative evaluation of the groundwater of Aavan Plain. Water Resources Engineering 4: 75-86.

Stamatis G, Alexakis D, Gamvroula D and Migiros G, 2011. Groundwater quality assessment in Oropos-Kalamos basin Attica Greece. Environmental Earth Sciences 64(4): 973-988.

Stiff HA Jr, 1951. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. Journal of Petroleum Technology 3(10): 15-16.

Tahmasian S, Khani Temeliyeh Z and Behmanesh J, 2018. Evaluation of the groundwater quality of Khorramabad Plain. Journal of Environment and Water Engineering 3(4): 341-352. (In Persian)

Widory D, Kloppmann W, Chery L, Bonnin J, Rochdi H and Guinamant JL, 2004. Nitrate in groundwater: an isotopic multi-tracer approach. Journal of Contaminant Hydrology 72(1–4): 165-188.

www.SID.ir