مطالعات علوم زیستی و زیست فناوری
دوره ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳
صفحات ۸۵-۶۸

Online ISSN: ۲۴۷۶-۴۴۹۳
Print ISSN: ۲۵۳۸-۲۰۲۰
www.irijournals.com

تکامل هیدروژئوشیمیایی دشت داورزن، خراسان رضوی

رحیم باقری[۱]، مهسا یارمحمدی کرنق[۲]

[۱]هیئت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود
[۲]کارشناسی ارشد آبشناسی دانشگاه صنعتی شاهرود

چکیده

در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل کمی بارندگی و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و به دنبال آن پیشروی جبهه آب شور، باعث کاهش منابع شیرین در دسترس شده است. با بهم خوردن تعادل هیدرولوژیکی آب زیرزمینی، افزایش روزافزون شوری و خشکسالی‌های اخیر، مسئله بحران آب در دشت داورزن مطرح شده است. دشت داورزن در غرب استان خراسان رضوی، با وسعتی معادل ۱۹۸۹۸ کیلومتر مربع می‌باشد. جهت بررسی تکامل هیدروژئویشمیایی منابع آب زیرزمینی، ۲۴ نمونه آب از چاه‌های بهره‌برداری موجود در دشت داورزن برداشت و آنالیزهای هیدروشیمیایی و ایزوتوپی انجام شده است. با توجه به نقشه هم‌پتانسیل و جهت جریان دشت، تغذیه آبخوان عمدتاً از افیولیت‌های واقع در بخش‌های شمالی دشت بوده و از سمت بخش‌های جنوبی و جنوب غربی تخلیه صورت می‌گیرد. تغییرات هدایت الکتریکی تقریباً با جهت جریان آب زیرزمینی همسو می‌باشد. میزان هدایت الکتریکی بین ۴۳۰ در بخش‌های شمالی تا ۴۴۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در بخش‌های جنوبی و غربی دشت متغیر می‌باشد. افزایش شوری در بخش جنوبی می‌تواند به علت تمرکز چاه‌های برداشتی در نزدیکی کفه نمکی در بخش جنوبی دشت بوده و باعث نفوذ بخشی شوری به این مناطق شده است. با توجه به عمق کمتر چاه‌ها و آب زیرزمینی در این بخش جنوبی، احتمال نفوذ آب شور از زیر به سمت چاه‌ها نیز می‌باشد. ولی با توجه به افزایش شوری و تاثیر آن بر محصولات کشاورزی، بطور اجبار مقدار برداشت کاهش یافته و باعث کاهش سرعت نفوذ آب شور شده و در نتیجه باعث کاهش اندک مقدار شوری دشت شده است؛ بنابراین کاهش برداشت آب در جهت کاهش شوری در منطقه اثر داشته است. با توجه به عدم افزایش چشم‌گیر شوری در دشت، احتمال این که آب شیرین به سمت آب شور جریان یافته باشد، زیاد است و موجب رخداد پدیده freshening شده باشد. مقادیر pH در منابع آب زیرزمینی منطقه از ۸/۱۲ تا ۸/۴۱ متغیر می‌باشد تیپ آب در نمونه‌های شیرین بیکربنات سدیک و در آب‌های شور کلروره سدیک می‌باشد. تمامی نمونه‌های آب منطقه نسبت به کلسیت و دولومیت فوق اشباع و نسبت به کانی‌های ژیپس و هالیت تحت اشباع می‌باشد. با توجه به تحلیل هیدروشیمیایی و آنالیز آماری، منشا یون‌ها در این منطقه می‌تواند تحت تاثیر انحلال نمک و همچنین انحلال و یا رسوبگذاری کربناتها و احتمال زیاد هوازدگی پیریت نیز قرار گرفته باشند. پدیده تبادل کاتیونی نیز با توجه به تغییرات غلظت یونها در این دشت می‌تواند بعنوان فرایند ثانویه رخ داده باشد. بر اساس نتایج ایزوتوپی منشا اولیه آب‌های دشت داورزن آب‌های جوی بوده که در طی گذر زمان و فاصله از منطقه تغذیه، مقدار ایزوتوپی بخصوص اکسیژن ۱۸ تغییر کرده است. رفتار تغییر ایزوتوپی مشابه با شوری دشت نمی‌باشد. فرایندهای ثانویه همچون نفوذ آب شور و یا رسوب کربنات‌ها می‌توانند تا حدودی روی تغییرات مقدار ایزوتوپی دشت تاثیر گذاشته باشند.

کلید واژه: دشت داورزن، هیدروژئوشیمیایی، ایزوتوپی، آنالیز آماری

مقدمه

عمده دشت‌های موجود در مناطق مرکزی و خشک و نیمه خشک، جزء دشت‌های بحرانی و فوق بحرانی است. در این مناطق وجود اقلیم‌های نیمه‌خشک و خشک به دلیل بارندگی کم، وقوع خشکسالی‌های دراز مدت و نبود رودخانه‌های دائمی سبب شده تا بیش از ۳۱ درصد نیاز آبی آن از طریق سفره‌های آب زیرزمینی تأمین گردد. آب‌های سفره‌های آبرفتی در مقایسه با مناطق کارستی بیشتر در معرض آلودگی و کاهش کیفیت قرار گرفته‌اند. یکی از عوامل مهم در کاهش کیفیت آب سفره‌های زیرزمینی، اضافه برداشت می‌باشد که می‌تواند باعث به هم ریختن رفتار هیدروژئولوژی دشت و تغییر الگوی جریان آب زیرزمینی و در نتیجه نفوذ آب شور از منشأهای مختلف گردد. منشأهای احتمالی آب‌های شور به شرح زیر تشخیص داده شده است: ۱- آب ذاتی ۲- آب حاصل از تبخیر آب دریا ۳- آب حاصل از تبخیر آب‌های زیرزمینی در نزدیک سطح زمین ۴- انحلال سنگ‌های تبخیری ۵- آب حاصل از فیلتر شدن آب توسط رس‌ها ۶- فاضلاب و آب برگشتی کشاورزی ۷- نمک‌های مورد استفاده در جاده‌ها ۸- اختلاط آب‌های شور و شیرین ۹- کفه‌های نمکی در مناطق خشک و کویری. سفره‌هایی که در مجاور دریا، دریاچه‌های شور، گنبدهای نمکی و کفه نمکی به‌خصوص در مناطق خشک قرار دارند بیشتر در معرض خطر کاهش کیفیت و افزایش شوری آب قرار دارند. با توجه به اینکه منشأ شوری در مجاور آب شیرین قرار گرفته است، اضافه برداشت از آب شیرین می‌تواند نظم و تعادل بین ن دو آب شیرین و شور را به هم زده و باعث نفوذ آب شور به داخل مخزن آب شیرین گردد. مدیریت این گونه سفره‌ها در جهت کنترل کیفیت آن امری بسیار مهم و کلیدی است.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین ۱۰ °۳۶ تا ″۳۰ ′۳۹ °۳۶ عرض شمالی و ′۴۵ °۵۶ تا ″۳۰ ′۱۸ °۵۸ طول شرقی واقع شده است و دارای مساحتی معادل ۱۹۸۹۸ کیلومترمربع می‌باشد. این منطقه از شمال به شهرستان اسفراین و جاجرم، از جنوب به دشت ششتمد- روداب، از مشرق به دشت سبزوار و از مغرب به بخش میامی سمنان محدود می‌گردد.

شکل ۱. موقعیت دشت داورزن

آب و هوای منطقه

براساس مطالعات انجام شده، توده‌های هوایی که منطقه خراسان رضوی را تحت تأثیر قرار می‌دهند به طور عمده مربوط به توده‌های مدیترانه‌ای، توده‌های رطوبتی دریای خزر و توده‌های سرد و خشک سیبریایی می‌باشد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه به گونه‌ای است که احتمال برخورداری از هر سه توده‌ی رطوبتی می‌رود، اما بیشترین تأثیر را توده‌های رطوبتی مدیترانه‌ای و دریای مازندران بر منطقه گذاشته و تأمین‌کننده اصلی ریزش‌های جوی منطقه مطالعاتی می‌باشند. در برآورد پارامترهای هواشناسی از آمار و اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های موجود در دشت داورزن برای ارزیابی آب و هوای منطقه استفاده شد. انتخاب ایستگاه‌ها به صورتی بوده است که تا حد امکان به منطقه مورد مطالعه نزدیک بوده و هم‌چنین از نظر اقلیمی تفاوت چندانی با محدوده مورد نظر نداشته باشد. با توجه به آمار ارائه شده در ایستگاه‌ها، بخش عمده نزولات جوی در فاصله ماه‌های بهمن تا پایان فروردین اتفاق می‌افتد. حداقل و حداکثر مقدار دما به ترتیب مربوط به ماه‌های بهمن و مرداد می‌باشد. براساس آمار ارائه شده، نمودار امبروترمیک برای ایستگاه داورزن رسم گردید. با توجه به نمودار مذکور، در زمان‌هایی

که میانگین بارندگی بالاتر از میانگین دما است، فصل تر و در غیر این صورت فصل خشک اتفاق می‌افتد. با توجه به منحنی امبروترمیک دشت داورزن (شکل ۱) ماه‌های آذر تا پایان فروردین ماه فصل تر و بقیه ماه‌ها دوره خشک هستند. میانگین دمای سالیانه ۱۶,۲۳درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی در محدوده دشت ۲۲۰ میلی‌متر در منطقه می‌باشد.

پیشینه تحقیق

مهدی‌زاده و همکاران (Mehdizadeh et al, 2015) طی مطالعات خود بر ۲۲ گنبد نمکی واقع شده در جنوب ایران و تأثیر آن‌ها بر سفره‌های آب زیرزمینی مجاور به این نتیجه رسیدند که سنگ نمک‌ها تأثیر به سزایی بر کیفیت سفره‌ها داشته و از آن‌ها به عنوان منبع شوری بالقوه مناطق خشک نام برده است. نصرتی (۱۳۹۴) با بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروشیمیایی دشت بسطام نشان دادند که کیفیت آب زیرزمینی تحت تأثیر تغذیه از سازندهای احاطه‌کننده و میزان برداشت از آبخوان است به طوری که شمال شرق و جنوب غرب دشت دارای کم‌ترین مقادیر هدایت هیدرولیکی و کناره‌های دشت بیشترین مقادیر هیدرولیکی را دارا می‌باشد. بررسی ژئوشیمیایی و کیفی آب زیرزمینی در گنبد نمکی بم در استان هرمزگان توسط اسدپور (۲۰۱۵) انجام شده است. تیپ آب در سفره آب زیرزمینی از نوع کلروره سدیک است که حاکی از نفوذ آب شور انحلال یافته از گنبد نمکی و تأثیرات سوء آن‌ها بر کیفیت آب سفره‌های آب زیرزمینی می‌باشد (Asadpour, 2015).

Mtoni و همکاران در سال ۲۰۱۳ مطالعه‌ای روی آبخوان ساحلی دارالسلام در تونس انجام دادند. هدف از این مطالعه تعیین فرآیندهای شیمیایی اصلی کنترل‌کننده کیفیت آب زیرزمینی در این منطقه و هم‌چنین بررسی اینکه آیا پیشروی آب شور کیفیت آب زیرزمینی منطقه را تهدید می‌کند یا خیر، بود. تحلیل نمونه‌های به دست‌آمده نشان داد چهار عامل اساسی بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه تأثیر می‌گذارند: انحلال کلسیت و دولومیت، فرسایش مواد معدنی سیلیکاتی براثر هوازدگی، پیشروی آب شور در اثر برداشت بیش از حد و هم‌چنین استفاده از سپتیک تانک‌ها. غلظت بالای Na و Cl و هم‌چنین اثر این یون‌ها در دیاگرام پایپر، نشان‌دهنده پیشروی آب شور در این آبخوان ساحلی بود.

روش انجام کار

برای جمع‌آوری اطلاعات این تحقیق از سه روش میدانی، کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی استفاده شده است؛ که این روش‌ها به صورت ذیل می‌باشد:

۱- جمع‌آوری منابع، اطلاعات و گزارش‌های موجود در مورد دشت داورزن در ارتباط با کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی از طریق آب منطقه‌ای خراسان رضوی

۲- مطالعه کارهای صورت گرفته در دشت‌های مشابه در ایران و جهان

۳- نمونه‌برداری ۲۴ نمونه از منابع آب منطقه‌ی مورد مطالعه

۴- اندازه‌گیری پارامترهای هیدروشیمی EC, pH در محل نمونه‌برداری

۵- اندازه‌گیری یون‌های اصلی ۲۴ نمونه در آزمایشگاه دانشگاه صنعتی شاهرود

۶- ارسال نمونه‌ها به شرکت مصباح انرژی به منظور اندازه‌گیری ایزوتوپ‌های دوتریم و اکسیژن ۱۸

۷- تجزیه و تحلیل داده‌ها و تفسیر نقشه‌ها و نمودارهای ترسیم شده

۸- بررسی تکامل هیدروشیمیایی و تعیین منشأ شوری و عامل تخریب کیفی آب زیرزمینی دشت داورزن

جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های کیفی و کمی آب زیرزمینی

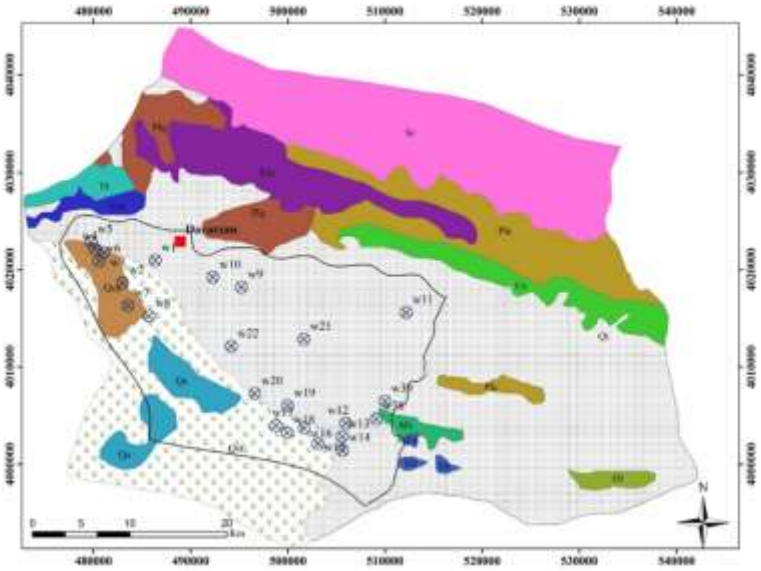
اولین کار در انجام تحقیق جمع‌آوری اطلاعات و گزارشات کیفی و کمی مرتبط با دشت مورد نظر می‌باشد. دشت داورزن دارای ۱۰۲۴ حلقه چاه بهره‌برداری است که تقریباً ۹۰ درصد آب این چاه‌ها برای کشاورزی منطقه مورد استفاده می‌شود.

تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه

نقشه زمین‌شناسی برای شناخت هر چه بهتر وضعیت منطقه مورد مطالعه می‌باشد. به منظور مطالعات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی منطقه نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه داورزن با نرم‌افزار Arc GIS تهیه گردید.

مطالعات صحرایی و انجام نمونه‌برداری

بعد از مطالعه جامع‌تر در خصوص زمین‌شناسی و حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه نمونه‌برداری به مدت ۳ روز پاییز ۱۳۹۹ از چاه‌های بهره‌برداری به صورت انتخابی انجام گرفت که در نهایت ۲۴ نمونه آب مربوط به چاه و قنات نمونه‌برداری شده است. پارامترهای هیدروشیمی (EC, pH و دما) در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری گردید.



شکل۲. موقعیت چاه‌های نمونه برداری در دشت داورزن

شکل ۳. نمایی از چاه‌ها و منطقه مورد مطالعه

اندازه‌گیری یون‌های اصلی

۲۴ نمونه آب در بطری‌های یک لیتری برای اندازه‌گیری غلظت یون‌های اصلی به آزمایشگاه دانشگاه صنعتی شاهرود فرستاده شد. مقدار کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، سولفات و کلر به وسیله دستگاه IC که در آزمایشگاه آب‌شناسی و زیست-محیطی قرار گرفته است آنالیز شد. مقادیر بیکربنات از روش تیتراسیون به دست آمد

اندازه‌گیری مقادیر ایزوتوپی

برای آنالیز مقادیر ایزوتوپی مقدار ۶۰ سی سی نمونه در داخل ظروف pvc تیره ریخته شده و درب بطری محکم بسته شده و به شرکت مصباح انرژی برای اندازه‌گیری مقدار دوتریم و اکسیژن ۱۸ فرستاده شد.

اطمینان از صحت نتایج

اولین کار بعد از اتمام آنالیزهای هیدروشیمیایی اطمینان از درستی و صحت نتایج به دست آمده می‌باشد. صحت نتایج از طریق معادله زیر محاسبه می‌شود:

معادله ۱ $IB= \{(\Sigma Cations - \Sigma anions)/(\Sigma Cations + \Sigma Anions)\}*100$

تمامی مقادیر براساس میلی اکی‌والان بر لیتر در نظر گرفته می‌شوند. مقدار خطا باید کمتر از ۵ درصد باشد و مقدار بیشتر از آن نشان‌دهنده نامعتبر بودن نتایج بوده و اندازه‌گیری بایستی دوباره تکرار شود.

تهیه نقشه هم‌پتانسیل و هم EC آبخوان داورزن

به منظور تعیین جهت حرکت آب زیرزمینی در سفره آبرفتی منطقه و بررسی مناطق تغذیه و تخلیه نقشه هم‌پتانسیل دشت تهیه شده است. نقشه هم‌پتانسیل در ابتدا به صورت دستی ترسیم و سپس با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS رقومی شده و تهیه گردید. هم‌چنین برای بررسی و مقایسه تغییرات کیفی آب در چند سال نقشه هم EC در سه سال مختلف تهیه و با یکدیگر مقایسه شد.

تحلیل داده‌های هیدروژئوشیمیایی منطقه مورد مطالعه

به منظور تعیین و بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی و هیدروژئولوژی دشت داورزن نمودار، نقشه‌ها و گراف‌های مربوطه با نرم افزارهای GISو SPSS و اکسل و دیاگرام ترسیم شده است.

نقشه کیفی و سری زمانی داده‌های کیفی منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی تغییرات یون‌های اصلی در منطقه نقشه‌های هدایت الکتریکی، هم‌سولفات و ... با استفاده از نرم افزار GISرسم گردید.

رسم نمودارهای کیفی آبخوان

با استفاده از نرم افزار دیاگرام، نمودارهای استیف، شولر وپایپر جهت تفسیر سریع و آسان کیفیت آب‌های زیرزمینی هم‌چنین جهت تعیین نوع آب، رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی و مسیرهای تکامل ژئوشیمیایی، مقایسه سریع ترکیب شیمیایی، تعیین تیپ سختی قابلیت شرب و تعیین استانداردهای کیفیت آب در دشت داورزن رسم شده است.

نمودارهای ترکیبی و داده‌های ایزوتوپی

نمودارهای ترکیبی را با نرم افزار اکسل به منظور تعیین فرآیندهای تأثیرگذار بر شیمی آب زیرزمینی رسم کردیم. از جمله این نمودارها می‌توان به نمودارهای نسبت یونی، نمودار شاخص اشباع به کاتیون‌ها و آنیون‌ها و... اشاره کرد. از نمودارهای Mg/Ca، غلظت یون‌های اصلی نسبت به هدایت الکتریکی، نسبت Ca در برابر Cl و... برای بررسی تکامل هیدروژئوشیمیایی و تعیین منشأ نمونه‌های آب زیرزمینی استفاده شده است. ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن و هیدروژن ابزار مفیدی جهت انجام

مطالعات شوری می‌باشد. جهت بررسی تکمیلی منشأ شوری نمونه‌های آب زیرزمینی دشت داورزن و اطمینان از منشأ به دست آمده از ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن و هیدروژن استفاده شده است.

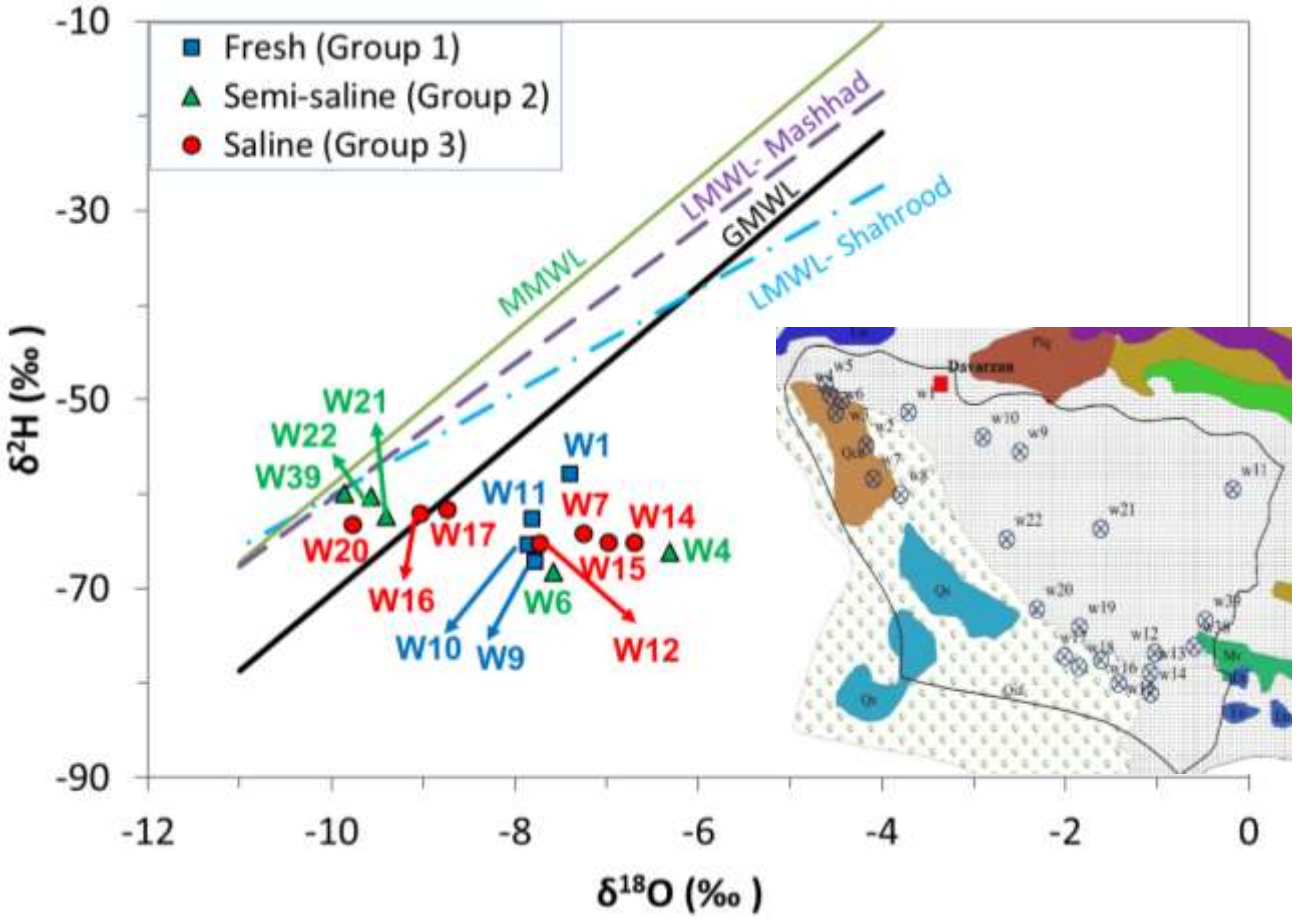
مطالعات ایزوتوپی منابع آب دشت داورزن

یکی از معمول‌ترین روش‌ها جهت بررسی عوامل شوری استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار مولکول آب شامل ایزوتوپ‌های اکسیژن (^{18}O) و هیدروژن (^{2}H) می‌باشد. براساس نتایج تحقیقات انجام شده ایزوتوپ‌های اکسیژن (^{18}O) و هیدروژن (^{2}H)، بهترین ردیاب در تعیین منشأ آب زیرزمینی می‌باشند (Jin *et al.*, 2016). داده‌های ^{18}O و ^{2}H برای ۱۵ نمونه (جدول ۱)، همچنین خط بارش جهانی GMWL (Craige, 1961) و خط بارش مدیترانه، خط بارش محلی مشهد و شاهرود (Mohammadzadeh, 2010) در شکل (۴) ترسیم شده است. نمونه‌های آب زیرزمینی چاه‌ها دارای مقدار ^{2}H بین ۵۷/۸۲- تا ۶۸/۲۰- ‰ بوده و مقادیر ^{18}O این نمونه‌ها بین ۶/۳۱- تا ۱۰/۹۰- متغیر است. طبق شکل تمامی نمونه‌ها تقریبا در نزدیکی و یا با کمی فاصله نسبت به خط بارش محلی منطقه و مدیترانه و حتی خط بارش جهانی واقع شده است. داده ها تقریبا نسبت به دوتریم تقریبا برابر و نسبت به ایزوتوپ اکسیژن در حدود ۳ پرمیل با هم اختلاف داشته و غنی شدگی نسبت به اکسیژن را نشان می‌دهند. نتایج حاکی از این است که منشأ اولیه تمامی آب‌های زیرزمینی دشت داورزن، آب جوی منطقه می‌باشد که با گذشت زمان و حرکت در طول مسیرجریان، فرآیندهای ثانویه باعث تغییر ترکیب اولیه آنها شده است. داده‌های شیرین و شور و نیمه شور رفتار منظمی را نسبت به ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ نشان نمی‌دهد. بطوریکه نمونه‌های شیرین بین آب‌های شور و نیمه شور قرار گرفته است. این می‌تواند نشانگر وجود تاثیر عوامل مختلف در ترکیب شیمی و ایزوتوپی منابع آب دشت داشته است؛ اما بطور کلی عامل افزایش اکسیژن ۱۸ می‌تواند پدیده اختلاط بین آب شور با ایزوتوپی بیشتر با آب‌های شیرین و نیمه شور، و یا با احتمال کمتر با توجه به وجود سنگ‌های افیولیتی و کربناته در منطقه، می‌تواند پدیده واکنش بین آب و سنگ در منطقه رخ داده باشد که البته رخداد چنین پدیده‌ای شرایط خاص خود همچون زمان ماندگاری زیاد، حجم آب کم و ... نیاز دارد که در ادامه تحلیل بیشتری صورت گرفته است.

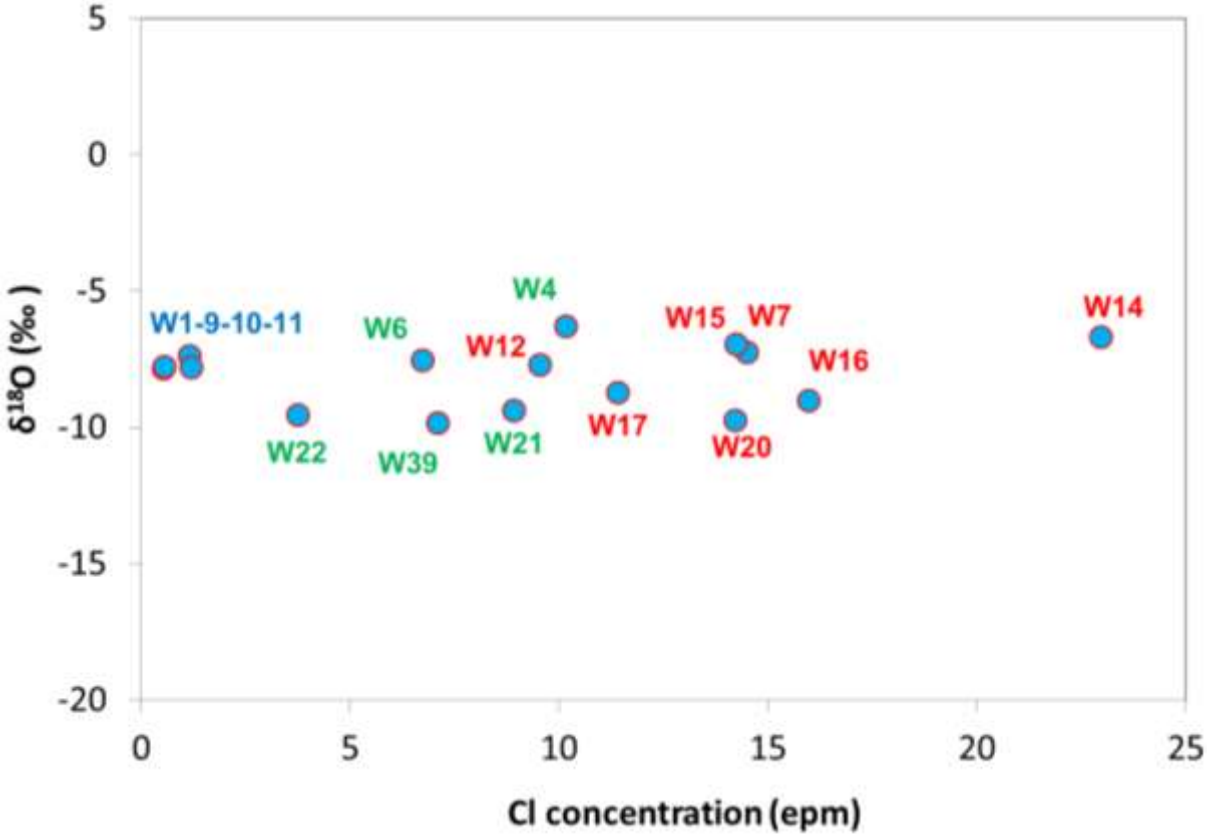
جدول ۱. نتایج آنالیز ایزوتوپی نمونه های دشت داورزن (واحد بر اساس پرمیل)

Well No.	Group	EC	^{18}O	^{2}H
w10	1	430	-7.86	-65.24
w9	1	433	-7.79	-67.02
w1	1	577	-7.41	-57.76
w11	1	649	-7.82	-62.51
w22	2	1113	-9.57	-60.2
w6	2	1515	-7.58	-68.23
w39	2	1720	-9.86	-59.95
w21	2	1722	-9.41	-62.36
w4	2	1976	-6.31	-66.07
w12	3	2040	-7.73	-65.15
w17	3	2130	-8.74	-61.6
w20	3	2300	-9.77	-63.19
w7	3	2620	-7.26	-64.16
w15	3	2660	-6.98	-65.07
w16	3	2700	-9.04	-61.97
w14	3	4510	-6.7	-65.09

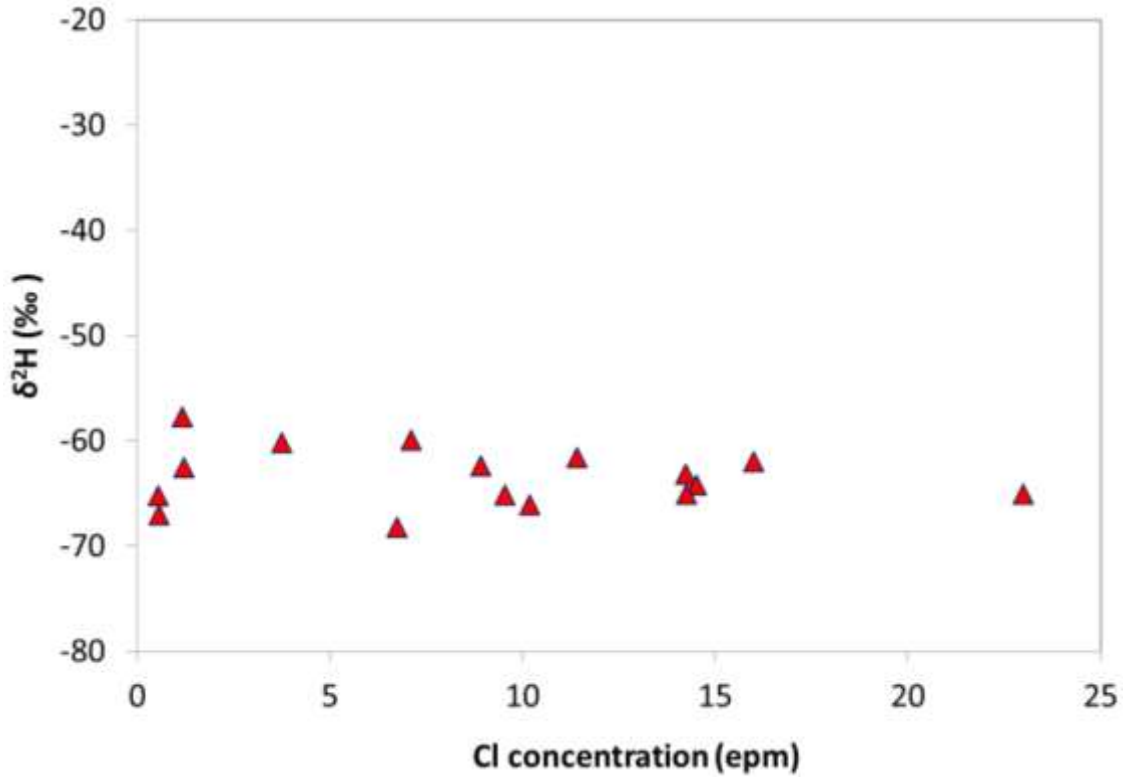
با توجه به عمق بالای آب زیرزمینی (بیش از ۱۰ متر) امکان تبخیر از سطح آب زیرزمینی وجود ندارد. بطوریکه با توجه به شکل‌های ۴ و ۵، با افزایش مقدار شوری، مقدار ایزوتوپ‌های اکسیژن ۱۸ و دوتریم تغییر نکرده و روند افزایشی ندارد؛ بنابراین عامل افزایش شوری و یا افزایش بخشی ایزوتوپ اکسیژن ۱۸، فرایند تبخیر نمی‌باشد. محتمل‌ترین منشأ شوری می‌تواند رخداد فرایند انحلال تبخیریها در منطقه باشد که ممکن است در طی نفوذ و انحلال، فرایند اختلاط نیز صورت گرفته باشد.



شکل ۴. مقادیر نسبت ایزوتوپ ^{2}H در مقابل ^{18}O در نمونه‌های آب دشت داورزن



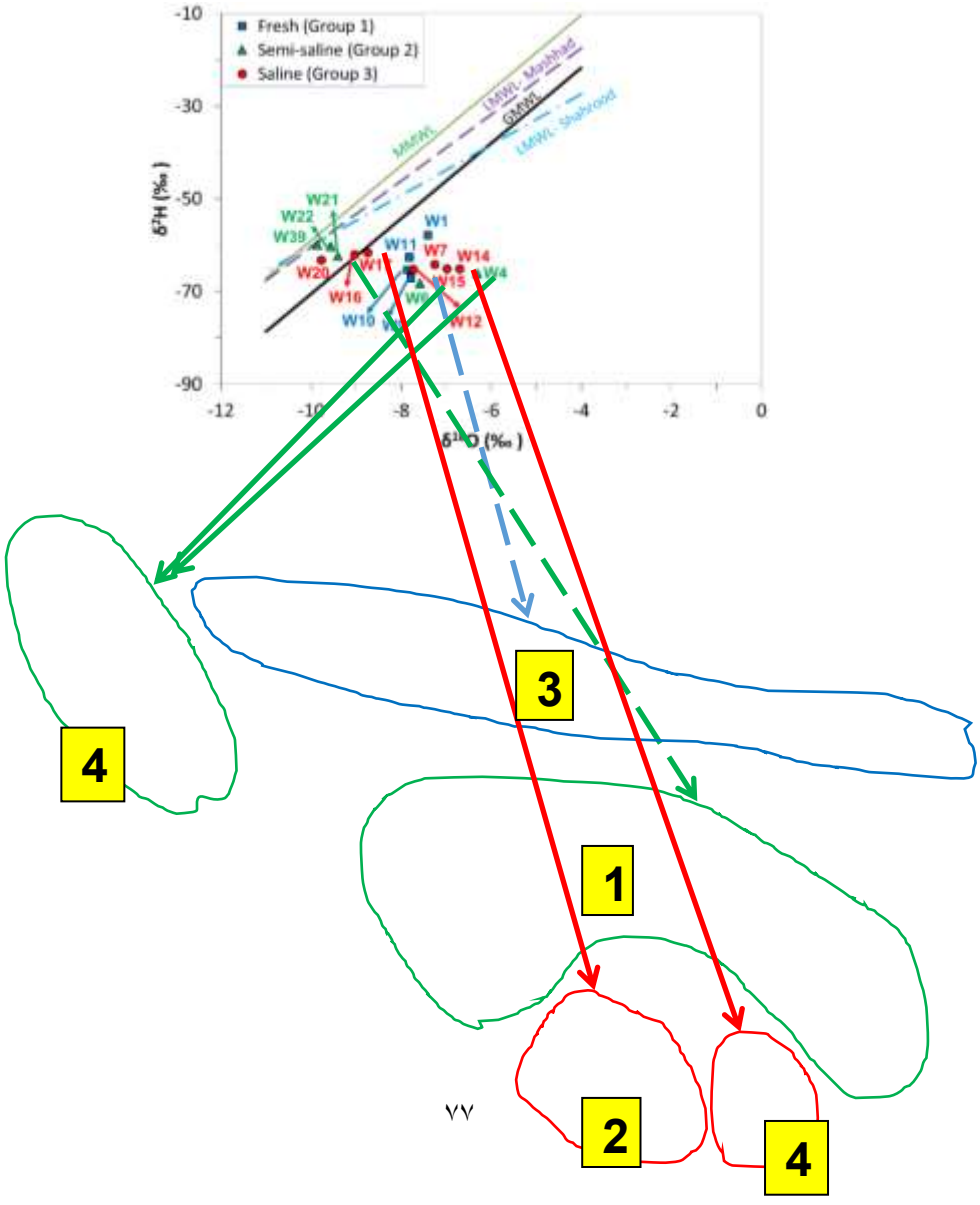
شکل ۵. ارتباط بین ^{18}O با غلظت کلر در نمونه‌های آب

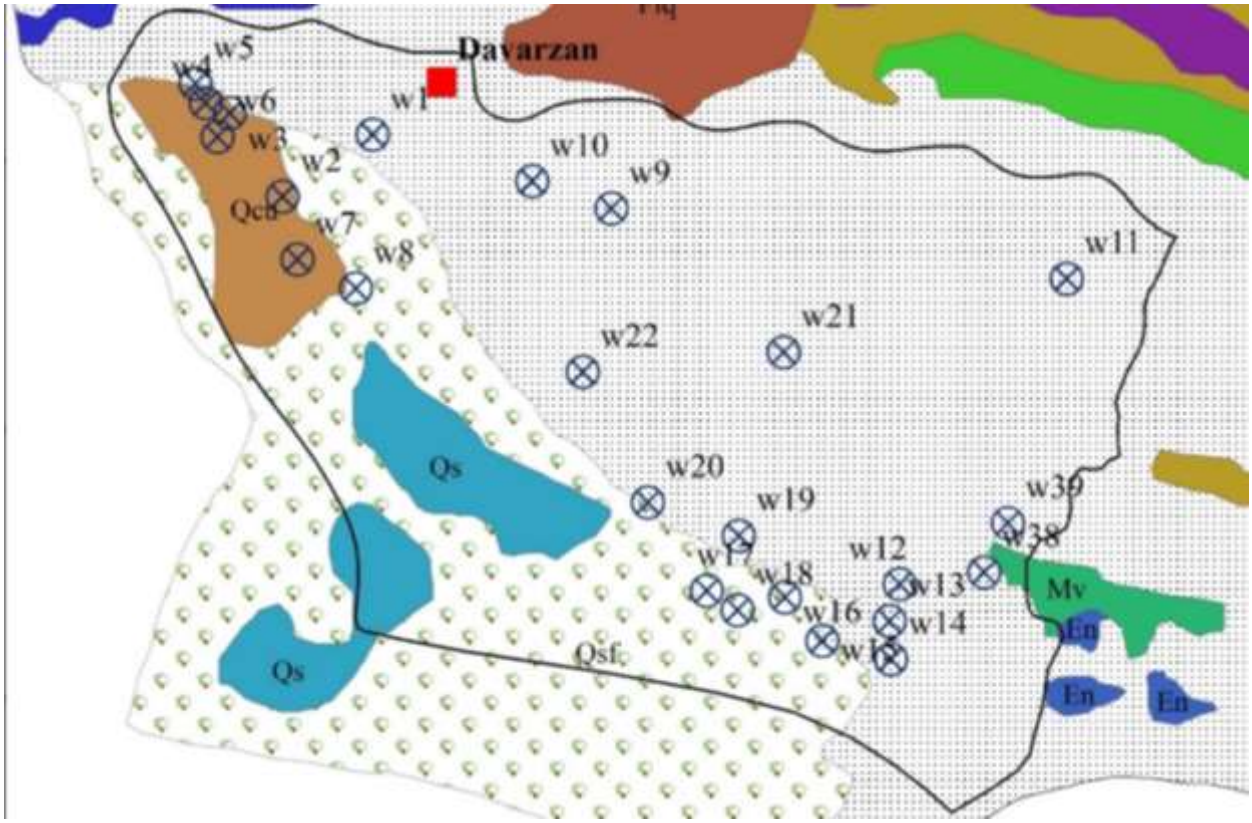


شکل ۶. ارتباط بین ^{2}H با غلظت کلر در نمونه‌های آب

با توجه مقدار ایزوتوپی اکسیژن ۱۸، منطقه مورد مطالعه به چهار بخش مختلف تقسیم شده است (شکل ۷). بطوریکه کمترین مقدار ایزوتوپی مربوط به منابع آب منطقه مرکزی دشت بوده که مقدار شوری آنها بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ است و در نزدیکی خط آب جوی قرار گرفته اند. این نشانگر منشا جوی بدون وجود فرایندهای ثانویه می‌باشد. منابع آب شیرین واقع در بخش شمالی و در منطقه تغذیه، از خط آب جوی فاصله گرفته و در سمت راست خط پلات شده اند. بطوریکه دارای مقدار ایزوتوپی بیشتر منابع آب منطقه مرکزی و حتی برخی از آب‌های شور منطقه جنوبی می‌باشد. آب‌های شور منطقه جنوبی و نزدیک به کفه نمکی و در منطقه غربی دارای بیشترین مقدار ایزوتوپی می‌باشند. رفتار تغییر ایزوتوپی مشابه با شوری دشت نمی‌باشد. با نگاه کلی می‌توان بیان کرد که در جهت جریان آب زیرزمینی و بالتبع افزایش شوری، مقدار ایزوتوپی از منطقه تغذیه تقریبا کمی زیاد، سپس در وسط دشت کمتر و در نهایت در انتهای دشت و خروجی دشت به بیشترین مقدار رسیده است.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که احتمالا در ابتدا مقدار ایزوتوپی کل دشت تقریبا در حد منطقه تغذیه بوده است و تمامی نمونه ها با فاصله از خط بارش قرار داشته اند. کفه نمکی نیز دارای مقدار ایزوتوپی بیشتر نسبت به بقیه دشت بوده و با تاثیر بر بخش جنوبی باعث افزایش مقدار ایزوتوپی شده است؛ اما کاهش مقدار ایزوتوپی در بخش میانی دشت می‌تواند به دلیل احتمالا رسوب کربناتها و بالتبع رسوب ایزوتوپ‌های سنگین بصورت همزاد با رسوبات می‌باشد. بطوری‌که باعث کاهش مقدار کمی ایزوتوپی در این بخش شده است. با رسوب کربنات‌ها، مقدار ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ بیشتر تغییر می‌کند و هیدروژن تغییر زیادی ندارد که رفتاری مشابه منطقه مورد مطالعه نیز دارد. شاید در بخش جنوبی نیز این اتفاق می‌افتد، ولی به دلیل نفوذ بخشی آب‌های شور با ایزوتوپی احتمالا سنگین تر، باعث افزایش بیشتر اکسیژن ۱۸ شده است.





شکل ۷. گروه بندی دشت داورزن بر اساس تغییرات مقدار ایزوتوپی

بررسی منشا یون‌ها با استفاده از تحلیل عاملی (Factor analysis)

یکی از روش‌های آماری که به طور وسیعی در مطالعات هیدروژئوشیمی استفاده می‌شود تحلیل عاملی است. این روش یک روش آماری چند متغیره است که هدف آن ساده کردن روابط پیچیده و مختلفی است که بین متغیرهای قابل مشاهده وجود دارد. به همین دلیل جهت تشخیص سهم هر یک از عوامل و شرایط مؤثر بر ترکیب آب زیرزمینی از روش تحلیل عاملی یا روش تحلیل خوشه‌ای استفاده می‌کنند. تحلیل عاملی یک روش مفید برای تفسیر داده‌های کیفی آب زیرزمینی و ارتباط دادن آن‌ها با فرایندهای خاص هیدروژئولوژیکی است. دو هدف عمده تحلیل عاملی کاهش تعداد متغیرها و یافتن ساختار ارتباط متغیرها جهت رده‌بندی آن‌ها می‌باشد. در تحلیل عاملی متغیرهایی که باهم همبستگی بالایی دارند را با یک عامل نشان می‌دهند و به جای چندین متغیر، تنها یک عامل در تحلیل‌ها بکار می‌رود. در این روش، عامل‌ها به عنوان سازوکارهای مؤثر بر ترکیب آب زیرزمینی مستقل از هم بوده و نسبت به یکدیگر همبستگی ندارند. تفسیر و تعیین منشأ هر یک از فاکتورها بر اساس بارهای عاملی، شرایط هیدروژئولوژیکی، زمین‌شناختی و فرآیندهای هیدروشیمیایی صورت می‌گیرد. عمومی‌ترین روش در این مرحله روشی موسوم به واریماکس (Varimax) است. در این تحقیق تحلیل عاملی برای تعیین منشأ احتمالی اجزاء موجود در منابع آب زیرزمینی منطقه داورزن بررسی شده است. متغیرهای استفاده شده در تحلیل عاملی در این مطالعه یون-های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، بی‌کربنات، کلر، سولفات و همچنین pH می‌باشند.

نتیجه‌گیری

- با توجه به نقشه هم‌پتانسیل دشت، بیش‌ترین تراز سطح آب در بخش شمال‌غربی دشت به میزان ۸۶۰ متر و کم‌ترین آن در بخش جنوبی دشت به میزان ۸۰۰ متر می‌باشد؛ بنابراین آب زیرزمینی تحت تاثیر این اختلاف ارتفاع از بخشهای شمالی به سمت بخش جنوبی در جریان است. شیب توپوگرافی دشت روند شمال‌غربی به سمت جنوب‌شرقی را نشان می‌دهد که تقریباً با جریان آب زیرزمینی هم‌سو می‌باشد.

- با توجه به روند طبیعی تغییر هدایت الکتریکی، از منطقه تغذیه به سمت مناطق تخلیه میزان هدایت الکتریکی از حدود ۴۳۰ تا ۴۴۰۰ میکروموس بر سانتی متر افزایش یافته است. نفوذ جبهه‌های آب شور از طریق کفه های نمکی جنوبی عمدتاً از نواحی جنوب‌شرقی دشت، صورت می‌گیرد، به همین دلیل مقدار این پارامتر در طول مسیر و به خصوص در نواحی جنوبی، بیش‌تر افزایش یافته است.

- براساس مطالعات هیدروشیمیایی و با استفاده از نمودارهای شولر و پایپر نمونه‌های برداشت شده دارای دو روند شیمیایی می‌باشند. نمونه های آب شور دارای تیپ غالب کلروره-سدیک می‌باشند که با توجه به نفوذ آب شور از کفه نمکی مجاور و یا از بخش زیرین قابل توجیه است و نمونه های آب شیرین دارای تیپ غالب بیکربناته سدیک می‌باشند که این تا حدودی می‌تواند نشانگر هجوم آب شیرین به سمت آب شور به دلیل کاهش اجباری برداشت در برخی از مناطق در منطقه باشد.

- برداشت بی‌رویه از منابع آبی دشت داورزن باعث افت سطح آب زیرزمینی و نفوذ و پیشروی جبهه‌ی آب شور از بخش‌های جنوبی شده است. منابع آبی بخش‌های جنوبی دشت، به‌دلیل تعدد بالای چاه‌ها بیشتر در معرض نفوذ آب شور قرار گرفته‌اند با توجه به بررسی‌های انجام شده نفوذ آب شور باعث تغییر کیفیت منابع آب دشت گردیده است. ولی با افزایش شوری، کاهش اجباری برداشت صورت گرفته است که این خود باعث ثابت ماندن افزایش شوری در دشت شده است و تغییرات هدایت الکتریکی کاهش یافته است.

- با توجه به تحلیل هیدروشیمیایی و آنالیز آماری، منشا یونها در این منطقه می‌تواند تحت تاثیر انحلال نمک و همچنین انحلال و یا رسوبگذاری کربناتها و احتمال زیاد هوازدگی پیریت نیز قرار گرفته باشند. پدیده تبادل کاتیونی نیز با توجه به تغییرات غلظت یونها در این دشت می‌تواند بعنوان فرایند ثانویه رخ داده باشد.

- بر اساس نتایج ایزوتوپی منشا اولیه آب‌های دشت داورزن آب‌های جوی بوده که در طی گذر زمان و فاصله از منطقه تغذیه، مقدار ایزوتوپی بخصوص اکسیژن ۱۸ تغییر کرده است. رفتار تغییر ایزوتوپی مشابه با شوری دشت نم‌باشد. فرایندهای ثانویه همچون نفوذ آب شور و یا رسوب کربناتها می‌توانند تا حدودی روی تغییرات مقدار ایزوتوپی دشت تاثیر گذاشته باشند.

- با توجه به مطالعات انجام شده در راستای تکامل ژئوشیمیایی تمامی نمونه‌ها نسبت به کلسیت و دولومیت فوق اشباع و نسبت به ژیپس و هالیت تحت اشباع می‌باشند. همچنین مطالعات نشانگر پدیده تبادل یونی مستقیم می‌باشد. این پدیده می-تواند در اثر هجوم آب شیرین به سفره آب شور تحت عنوان Freshening بوده که ناشی از کاهش برداشت در سال‌های اخیر می‌باشد. باتوجه به مطالعات علت اصلی تغییر غلظت یون‌ها در منطقه مورد مطالعه، نفوذ آب شور و بالتبع رخداد پدیده انحلال تبخیری‌ها و همچنین تبادل یونی باشد.

پیشنهادها

– باتوجه به اینکه بخش قابل توجهی از آب مصرفی دشت داورزن از آب زیرزمینی تامین می‌شود و همچنین در این منطقه خشک به دلیل کمی بارندگی و برداشت بی‌رویه از منابع و بالتبع پیشروی جبهه آب شور باعث کاهش منابع شیرین در دسترس شده است، لذا بایستی برنامه مدیریت مناسبی در جهت پایداری و حفظ این منابع باارزش با تعیین برداشت مطمئن و پایدار برای طولانی مدت پیش‌بینی گردد. انجام چنین مطالعات پایه برای تمامی دشت‌های ایران به عنوان اولین مرحله در جهت انجام تعادل‌بخشی دشت‌ها لازم می‌باشد.

-با توجه به کاهش شدید سطح آب در دشت، پایش کیفی دشت ضروری می‌باشد.

منابع

۱. اسلامیان س. نصری م. رحیمی ن، (۱۳۸۵). "بررسی دوره‌های ترسالی و خشکسالی و اثرات آن بر تغییرات منابع آب حوضه آبخیز دشت بوئین" نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی (مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان)، شماره ۱، دوره ۲۰، ص ۹۰-۷۶.

۲. آدیگوزل‌پور ع. اصغری مقدم ا، (۱۳۹۵) "بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت اشنویه"، ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه کردستان.

۳. جلالی ل. اصغری مقدم ا، (۱۳۹۲) "تشخیص وضعیت هیدروژئوشیمیایی و روند شوری در سفره آب زیرزمینی دشت خوی به روش‌های آماری و هیدروشیمیایی " مجله محیط‌شناسی، شماره ۲، دوره سی و نهم، ص ۱۱۳-۱۲۹

۴. جهرمی نجاتی ز. ناصری ح. ر. نخعی م. علیجانی ف، (۱۳۹۶) "ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی آبخوان ورامین از نظر قابلیت شرب: آلودگی با فلزات سنگین" مجله سلامت و محیط زیست، فصل‌نامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، شماره ۴، دوره ۱۰، ص ۵۵۹-۵۷۲.

۵. خوشنوا ک. امیرپور دیلمی ا. جباری م. کرکان س، (۱۳۹۲) "ارزیابی نفوذ آب شور دریاچه ارومیه به آبخوان ساحلی دشت مهاباد"، اولین همایش ملی تأثیر پسروی دریاچه ارومیه بر منابع خاک و آب، تبریز. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان جهاد کشاورزی، استان آذربایجان شرقی.

۶. دشتی م، (۱۳۸۹)، پایان‌نامه ارشد: (پتانسیل‌یابی منابع آب کارست با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در تاقدیس‌های دشتک و شاه نشین)، دانشکده علوم گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۷. دولتی ج، (۱۳۸۹) "بررسی اثرات زیست محیطی توسعه شهر مشهد بر آبخوان و منابع آن"، پنجمین کنگره ملی عمران ایران، مشهد.

۸. رضاپور منفرد م، (۱۳۹۶)، پایان‌نامه ارشد: (بررسی هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمیایی دشت جاجرم استان خراسان شمالی)، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۹. رضایی م. سرگزی ا، (۱۳۸۸). "بررسی اجرای تغذیه مصنوعی بر روی آبخوان دشت گوهرکوه" مجله علوم زمین، شماره ۷۶، دوره ۱۹، ص ۹۹-۱۰۶.

۱۰. شمعانیان غ. رحیمی م. بخشکی ا. احمدی م. م. یارمحمدی م. دهقان ح، (۱۳۸۴) "هیدروژئولوژی منابع آب زیرزمینی در حوضه آبریز گرگانرود-قره‌سو، استان گلستان"، نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۱۱. عباس‌نژاد ا. شاهی دشت ع، (۱۳۹۲) "بررسی آسیب‌پذیری دشت سیرجان با توجه به برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی منطقه" مجله جغرافیا و آمایش شهری، شماره ۷، ص ۸۵-۹۶.

۱۲. علمداری ش. اصغری مقدم ا. شهسواری ع. ا، (۱۳۹۵)، "تعیین بیلان آبی دشت دهلران"، ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه کردستان.

۱۳. محمدی ا. کرمی غ. ح، (۱۳۹۲). "بررسی هجوم آب شور از کویر مرکزی به آبخوان اسفراین (خراسان شمالی)" مجله زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۱، دوره ۹، ص ۵۳-۶۳.

۱۴. نجف‌زاده ه. زهتابیان غ. خسروی ح. گلکاریان ع، (۱۳۹۴) "تأثیر عوامل اقلیمی و زمین‌شناسی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت مه‌ولات" مجله اکوهیدرولوژی، شماره ۳، دوره ۲، ص ۳۲۵-۳۳۶.

۱۵. نصرتی ا، (۱۳۹۵). پایان‌نامه ارشد: (بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی دشت بسطام)، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

16. Abd El-Hamid H. and Hegazy T. A. (2017) “Evaluation of Water Quality Pollution Indices for Groundwater Resources of New Damietta, Egypt” J. of .MOJ Eco Environ Sci., 2,6.

17. Agoussine M., Saidi M El., Igmoullan B. (2004) "Reconnaissance desressources en eau du basind'Ouarzazate (Sud-Est marocain). Bull de l'Insti Scientifique de Rabat" J. of .sect Sci de la Terre., 26, pp 81–92.

18. Aiyesanmi A.F., Ipinmoroti K.O., Adeeyinwo C.E. (2004) "Baseline geochemical characteristics of groundwater within Okitipupa South-East belt of the bituminous sands field of Nigeria" J. of . International Journal of Environmental Studies., 61, pp 49-57.

19. Amajor L.I., (1986) "Geochemical characteristics of groundwater in Port Harcourt and environs Proc", NIWASA Symposium, p366-374, Ikeja, Lagos Applied Geochemistry., 21, pp 766-781.

20. Asadpour G. A., Hoque M. M., Ahmed K. M. (2015) "Evaluating the geochemistry of Bam salt dome in Hormozgan Province, Iran" J. of . Pollution., 1, 1, pp 95-101.
21. Ayadi R., Trabelsi R., Zouari K., Saibi H., Itoi R., Khanfir H. (2017) "Hydrogeological and hydrochemical investigation of groundwater using environmental isotopes (18 O, 2 H, 3 H, 14 C) and chemical tracers: a case study of the intermediate aquifer, Sfax, southeastern Tunisia" J. of . Hydrogeology., pp 1–25.
22. Bagheri R., Jafari H., Bagheri F. (2017) "Etiology of Salinity and Water Origin, the Main Dilemma of Badab Sourt, a Unique Travertine Spring" J. of .Groundwater. Wiley Online Library. doi: 10.1111/gwat.12624.
23. Brahim Y. A., Benkaddour A., Agoussine M., Lemkademe A. A., Yacoubi L. A., Bouchaou L. (2015) "Origin and salinity of groundwater from interpretation of analysis data in the mining area of Oumjrane, Southeastern Morocco" J. of . Environmental Earth Sciences., 74, pp 4787–4802. DOI 10.1007/s12665-015-4467-7.
24. Calderon R.L. (2000) "The epidemiology of chemical contaminants of drinking water" J. of . Food and Chemical Toxicology., 38, pp 13-20.
25. Chafouq D., El Mandour A., Elgettafi M., Himi M., Chouikri I., Casas A. (2018) "Hydrochemical and isotopic characterization of groundwater in the Ghis-Nekor plain (northern Morocco)" J. of. African Earth Sciences., 139, pp 1-13.
26. Chowdhury A. H., and Mace, R. E., (2004) "Geochemical evolution of the groundwater in the Gulf Coast aquifer of South Texas, in Proceedings of groundwater flow understanding from local to the regional scales", XXXIII Congress International Association of Hydrogeologists and 7th Asociación Latinoamericana de Hidrologia Subterránea para el Desarrollo, Zacatecas City, Mexico.
27. Clark I. (2015) "Groundwater geochemistry and isotopes". CRC press.
28. Craig, H. (1961) "Standard for reporting concentrations of deuterium and oxygen-18 in natural waters" Science., 133, pp 1833–1834.
29. Ebrahimi M., Kazemi H. M., Ehtashemi M., Rockaway T. D. (2016) "Assessment of groundwater quantity and quality and saltwater intrusion in the Damghan basin, Iran" J. of . Geochemistry., 76, 2, pp 227-241.
30. Eggenkamp H. G. M. and Coleman M. L. (2000) " Rediscovery of classical methods and their application to the measurement of stable bromine isotopes in natural samples" J. of .Chemical Geology., 167, pp 393-402.
31. Eggenkamp H. G. M., (1994), PhD. thesis, "The geochemistry of chlorine isotopes", University of Utrecht, The Netherlands, 150pp.
32. Eggenkamp H., Louvat p., Griffioen J., Agrinier P.(2018)" Chlorine and bromine isotope evolution within a fully developed Upper Permian natural salt sequence"., Geochemicat et cosmochimica.
33. Ezeigbo H.I. (1989) "Geological and hydrological influences on the Nigeria environment" J. of . Water Resources., 1, pp 37-44.

34. Facchinelli A., Sacchi E., Mallen L. (2001) "Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils" J. of .Environment Pollution., 114, pp 313-324.
35. Frengstad, B. Midtgard Skrede, A. K. Banks, D. Reidar Krog, J. Siewers, U. (2000), "The chemistry of Norwegian groundwaters: III. The distribution of trace elements in 476 crystalline bedrock groundwaters, as analysed by ICP-MS techniques" J. of .Science of the Total Environment., 246, 1, pp 21-40.
36. Gaaloul N., Alexander L. H., Cheng D. (2003). "Hydrogeological and hydrochemical investigation of Coastal Aquifers in Tunisia-Crisis in overexploitation and salinization. In: Second International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifersmonitoring, Modeling and Management. Merida, Mexico, March 30-April 2. 13. Geochimica et Cosmochimica Acta., vol. 23, pp 186-199.
37. Giménez-Forcada E. (2010) "Dynamic of seawater interface using hydrochemical facies evolution diagram" J. of .Ground Water., 48, 2, pp 212-216.
38. Heidecke C. and Kuhn A. (2007) "Considering salinity effects on crop yields in hydroeconomic modelling—the case of a semi-arid river basin in Morocco" J. of . Wate Resources Management IV., 103, pp 63-72.
39. Hoering T.C. and Parker P. L. (1961) "The geochemistry of the stable isotopes of chlorine"
40. Hoque M. A., Hoque M. M., Ahmed K. M. (2007) "Declininig groundwater level and aquifer dewatering in Dhaka Metropolitan area, Bangladesh: Causes and quantification" J. of .Hydrogeology., 15, 10, pp 1023-1045.
41. Horst. A., Mahlknecht J., López-Zavala M., Mayer B. (2011) "The origin of salinity and sulphate contami-nation of groundwater in the Colima State, Mexico, constrained by stable isotopes" J. of. Environmental Earth Sciences., 67, 5, pp 1473-1484.
42. Hounslow, A. (1995), "Water quality data: analysis and interpretation". CRC press. LLC, pp 416.
43. Hsu K. Ch., Wang Ch. H., Chen K. Ch., Chen Ch. T., Ma K. W. (2007) "Climateinduced hydrological impacts on the groundwater system of the Pingtung Plain, Taiwan" J. of . Hydrogeology., 15, 5, pp 903-913.
44. Jahanshahi Z. and Zare M. (2016) "Hydrochemical investigation for delineating saltwater intrusion in to the coastal aquifer of Maharlou Lake, Iran" J. of .African Earth Sciences., 15, 10, pp 1023-1045.
45. Jalali M. (2010) "Groundwater geochemistry in the Alisadr, Hamadan, western Iran" J. of. Environmental monitoring and assessment., 166, (1-4), pp 359-369.
46. Jha P. K., Subramanian V., Sitasawad R., Van Grieken R. (1990) "Heavy metals in water and sediments of the Yamuna River (a tributary of the Ganga)" J. of . Science of the Total Environment., 95, pp 7-27.
47. Jin S. H., Jiang J. Y., Rao J. P., (2016) " Hydrogeochemical and isotopic composition of groundwater in the Horgos River Watershed in the North-Western Ili Basin in Sinkiang Province, China" J. of . Earth and Environmental Science., 39, 012051.
48. Khan S., Gabriel H. F., Rana T., (2008) "Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall an water table in irrigation areas" J. of .Irrigation Drainage System., 22, pp 159-177.
49. Khaska M., Salle C., Lancelot J., ASTER team., Mohamad A., Verdiux P., Noret A., Simler R. (2013) "Origin of groundwater salinity (current seawater vs. saline deep water) in a coastal karst aquifer based on Sr and Cl isotopes. Case study of the La Clape massif (southern France)" J. of .Applied Geochemistry., 07, 006, pp 212-227.

50. Klose A. (2007) “A Case Study from Ouled Yaoub. Impetus Atlas Morocco Res Results” J. of . Soil Salinity., pp 37-38.
51. Klose S., Reichert B., (2006) “Groundwater management in the middle Draˆa-River basin (South-Morocco)”, 14th International Soil Conservation Organization Conference, Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments, Marrakech, Morocco.
52. Knuth M., Jackson J. L. and Whittemore D. O. (1990) “An integrated approach source contaminating to identifying the salinity source contaminating a ground-water supply” J. of .Ground Water., 28, 2, pp 207–214.
53. Lashkaripour G. R., Ghafoori M. (2011) “The Effects of Water Table Decline on the Groundwater Quality in Aquifer of Torbat Jam Plain, Northeast Iran” Int. J. of .Emerg. Sci. 1, 2, pp 153-163.
54. Madhuri S. K., Naresh K. N., Ghosh N. (2011) “Impact of Industrialization on groundwater quality - A case study of Baddi-Barotiwala industrial belt, Disst. Solan, Himachal Pradesh, India” J. of . Industrial Pollution Control., 27, 2, pp 153-159.
55. Majhi A., Biswal S. K. (2016) “Application of HPI (Heavy Metal Pollution Index) and Correlation Coefficient For The Assessment Of Ground Water Quality Near Ash Ponds Of
56. Malki M., Bouchaou L., Hirich A., Brahim Y. A. (2016) “Impact of agricultural practices on groundwater quality in intensive irrigated area of Chtouka-Massa, Morocco” J. of .Science of the Total Environment., 547, pp 760-770.
57. Manzoor S., Shah M. H., Shaheen N., Khalique A., Jaffar M. (2006) “Multivariate analysis of trace metals in textile effluents in relation to soil and groundwater” J. of. hazardous materials., 137, 1, pp 31-37.
58. Marcovecchio J. E., Botte S. E., Freije R. H. (2007), “Heavy metals, major metals, trace elements.” Handbook of water analysis. CRC Press, London.
59. Mehdizadeh R., Zarei M., Raeisi E. (2015) “How subaerial salt extrusions influence water quality in adjacent Aquifers” J. of .Hydrology., 531, pp1108–1113.
60. Mehdizadeh R., Zarei M., Raeisi E. (2015) “How subaerial salt extrusions influence water quality in adjacent aquifers” J. of .Hydrology., 531, pp 1108–111.
61. Mohan, S. V. Nithila, P. Reddy, S. J. (1996)," Estimation of heavy metals in drinking water and development of heavy metal pollution index". Journal of Environmental Science & Health Part a, 31(2), pp.283-289.
62. Mohammadi. A., Zare M., Sharifzade B. (2012) “Delineation of groundwater salinization in a coastal aquifer, Bousheher, South of Iran” J. of. Environmental Earth Sciences., 67, 5, pp 1473-1484.
63. Mohammadzadeh, H., (2010) “The Meteoric Relationship for 18O and 2H in Precipitations and Isotopic Compositions of water resources in Mashhad Area (NE Iran)”., The 1 st International Applied Geological Congress, Department of Geology, Islamic Azad University - Mashad Branch, Iran, 26-28.
64. Momodu M. A. and Anyakora C.A. (2010) “Heavy metal contamination of ground water: the Surulere case study” J. of . Environmental Earth Sciences., 2, pp 39-43.
65. Mondal N. C., Mondal V. P., Mondal V. S., Saxena V. K. (2010) “Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry” J. of .Hydrology., 388, pp 100-111.
66. Pan Yun., Huili G., Ying S.,Xinjuan W., Fei D. (2017) “Distributed estimation and analysis of precipitation recharge coefficient in strongly-exploited Beijing plain area, China” J. of .Chinese Geographical Science., 27, 1, pp 88-96.

67. Prasad B. and Sangita K. (2008) "Heavy Metal Pollution Index of Ground Water of an Abandoned Open Cast Mine Filled with Fly Ash: a Case Study" J. of .Mine Water Environ., 27, pp 265–267.
68. Ramesh R., Ramanathan A. L., Ramesh S., Purvaja R., Subramanian V. (2000) “Distribution of rare earth elements in the surficial sediments of the Himalaya river system” J. of . Geochemical., 34, pp 295-319.
69. Ramesh R., Ramanathan A. L., Ramesh S., Purvaja R., Subramanian, V. (2000) “Distribution of rare earth elements in the surficial sediments of the Himalaya river system” J. of . Geochemical., 34, pp 295-319.
70. Ravikumar, P. Wainwright, M. J. Raskutti, G. Yu, B. (2011). "High-dimensional covariance estimation by minimizing ℓ1-penalized log-determinant divergence". Electronic Journal of Statistics, 5, pp. 935-980.
71. Re V., Ciss-e Faye S., Faye A., Faye S., Gaye C. B., Sacchi E., Zuppi, G. M. (2011) “Water quality decline in coastal aquifers under anthropic pressure: the case of a suburbanarea od Dakar (Senegal)” J. of. Environ. Monit. Assess., 172, pp 605-622.
72. Rubio B., Nombela M. A., Vilas F. (2000) "Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): an assessment of metal pollution Marine Pollution Bulletin", 40, pp 968-980.
73. S. Morin, T. Duong, A. Danbrin, A. Coynel, O. Herlory, M. Baudrimont, et al.(2007) “Long- Term Survey of Heavy- Metal Pollution, Biofilm Contamination and Diatom Community Structure in the Rio Mort Watershed, South-West France,” J. of .Environmental Pollution., 151, pp 532-542. doi:10.1016/j.envpol.2007.04.02.
74. Seckin G., Yilmaz T., Sari B., Ersu C. B. (2010) “Groundwater hydrochemistry at the Mediterranean coastal plains- The case of Silifke, Turkey” J. of . Desalinatio., 253, pp 164-169.
75. S. Olivares-Rieumont S O, D. de la Rosa, L. Lima, D. Graham, K. Alessandro, J. Borroto, et al.(2005) “Assessment of Heavy Metal Levels in Almendares River Sediments— Havana City, Cuba,” J. Of.Water Research., 39, 16, pp. 3945-3953. doi:10.1016/j.watres.2005.07.011.
76. Sharafi A., Raeisi E., Farhoodi G. (2002) “The effect of Darab salt dome on the quality of adjacent karstic and alluvium aquifers (south of Iran)” J. of .Acta Carsol., 31, pp 105–113.
77. Shen Y., Oki T., Kanae S., Hanasaki N., Utsumi N., Kiguchi M. (2014) “Projection offuture world water resources under SRES scenarios: an integrated assessment” J. of .Hydrology Sci., 59, pp 1775–1793.
78. Sheykhi V. and Moore F. (2012) "Geochemical characterization of Kor River water quality, Fars Province, Southwest Iran" J. of .Water Qual Expo Health., 4, pp 25–38.
79. Sheykhi V. and Moore F. (2012) “Geochemical characterization of Kor River water quality, Fars Province, Southwest Iran” J. of .Water Qual Expo Health., 4, pp 5-38.
80. Shouakar-Stash O., (2008), PhD. thesis, “Evaluation of Stable Chlorine and Bromine Isotopes in Sedimentary Formation Fluids”, Earth Sciences. depart. Waterloo university.
81. Shouakar-Stash O., Drimmie R. J., Zhang M., Frape S. K., (2006) “Compound-specific Shuttleworth W.J. (2008) “Evapotranspiration measurement methods. Southwest” J. of . Hydrol. 7, pp 22–23.
82. Soumaia M., Lotfi D., Sari B., Yann L., Gerhard S., Mohamed H., Rajouene M. (2010) “Identifying the origin of groundwater salinisation in the Sidi El Hani basin in centraleastern, Tunisia” J. of . African Earth Sciences.

83. Todd D. K. and Mays L.W. (2005) “Groundwater Hydrology” (2nd edn). Wiley, New York, 1980. pp 552.
84. Tijani, M. N. (2009)," Contamination of shallow groundwater system and soil–plant transfer of trace metals under amended irrigated fields". Agricultural water management, 96(3), pp.437-444.
85. Vengosh A. (2003), “Salinization and Saline Environments. In: KarlKT(ed)”, Vol. 1, Oxford, Pergamon. 2, pp. 1–35.
86. Vengosh A. (2013), “Salinization and Saline Environments, In: Sherwood Lollar, B. (ed.)” J. Of .Environmental geochemistry., Vol. 9, Treatise in Geochemistry Second Edition, Executive Editors: Holland H.D. and Turekian K.T., Elsevier Science, Vol. 11, pp 325–378.
87. Wen X., Wu Y., Su J., Zhang Y., Liu F . (2016) “Hydrochemical characteristics and salinity of groundwater in the Ejina Basin, Northwestern China” J. of . Environmental Geology., 48, 6, pp 665-675.
88. World Health Organization. (2011), "Guidelines for drinking water quality". Eng. sanit. ambient, 16(4), pp.4-5.
89. World Health Organization. (1998)," The World Health Report 1998": Life in the 21st century a vision for all. In The world health report 1998: life in the 21st century a vision for all; The world health report 1998: life in the 21st century a vision for all. World Health Organization.
90. Yidana S. M. Yidana M. (2010) “An assessment of the origin and variation of groundwater salinity in southeastern Ghana” J. of .Environ Earth Sic., 61, pp 1259-1273.
91. Zakhem B. A. and Hafez R. (2007) “Environmental isotope study of seawater intrusion in the coastal aquifer (Syria)” J. of . Environmental Geology., 51, 8, pp 1329-1339.
92. Zakhem B. A., Hafez R. (2014) "Heavy metal pollution index for groundwater quality assessment in Damascus Oasis, Syria" J. of. Environmental Earth Sciences., 73, pp 6591–6600.
93. Zarei M., Raeisi E., Mahmoudi K. (2014) “The impact of salt diapirs on the quality of carbonate karst waters, Bastak, Iran” J. of . Environmental Earth Sciences., 71, pp 3893–3906.
94. Zhang Y., Lei H., Zhao W., Shen Y., Xiao D. (2018) “Comparison of the water budget for the typical cropland and pearorchard ecosystems in the North China Plain” J. of .Agricultural Water Management., 198, pp 53-64.