

بررسی هیدروشیمیایی آبخوان محبوس ساحلی در دشت قره‌سو، شرق دریای خزر

♦♦♦♦♦♦♦♦

محمدعلی شاه حسینی، دانشجوی کارشناسی ارشد آبشناسی، دانشگاه صنعتی شاهرود

Shahhosseini_1366@yahoo.com

رحیم باقری*، هیئت علمی دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

rahim.bagheri86@gmail.com

عبدالرضا کابلی، کارشناس ارشد شرکت آب منطقه‌ای گلستان

kaboli1355@gmail.com

* نویسنده مسئول: رحیم باقری

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده: دشت قره سو بعنوان بخشی از حوضه گرگان می‌باشد که در قسمت غربی استان گلستان و در جنوب شرقی دریای خزر واقع شده است. این دشت از دو آبخوان ساحلی آزاد و تحت فشار تشکیل شده است. هدف از این مطالعه بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی و بررسی پتانسیل نفوذ آب شور به آبخوان محبوس ساحلی در این دشت می‌باشد. نقشه هم پتانسیل نشان داد که جهت عمومی جریان آب زیرزمینی در سفره محبوس زیرین از شرق به سمت غرب بوده و در حال تخلیه به دریای خزر می‌باشد. همچنین مقداری تغذیه از دامنه‌های جنوبی وجود دارد. با توجه به دیاگرام شولر و پایپر، تمامی نمونه‌ها منشأ یکسان داشته و از روند یکسانی پیروی می‌کنند. بطور کلی در این دشت نفوذ آب شیرین به سمت دریا در چاه‌های ۱ و ۹ در نزدیکی ساحل بالاتر از دیگر منابع می‌باشد. با توجه EC صورت گرفته است. میزان (Freshening) به رسم نقشه جهت جریان و نیز با بررسی نسبت‌های یونی مختلف مشخص شد که پدیده انحلال و تبادل یونی معکوس می‌تواند دلایلی برای تغییر غلظت یون‌ها بوده و نفوذ آب شور عامل اصلی افزایش کمی شوری در این منطقه نمی‌باشد.

کلید واژه‌ها: هیدروشیمی، نفوذ آب شور، تبادل یونی، دریای خزر

Hydrochemical assessment of coastal confined aquifer in Qaresoo plain, eastern Caspian Sea

Mohammad Ali Shakhoseini¹, Rahim Bagheri^{1*}, Abdol-Reza Kaboli²

1. Department of Earth Sciences, Shahrood University of Technology

2. Expert of Hydrogeology, Golestan Regional Water Authority

* Corresponding author: Rahim Bagheri

Abstract: Qaresoo plain, as part of Gorgan area, is located in western Golestan province and southeast of Caspian Sea. It consists of both confined and unconfined aquifers. The main goal of this research is to assess the hydrochemical characteristics and salt water intrusion of the coastal confined aquifer. Based on the Iso-potential map, the general flow direction is east to west ward and discharges into the Caspian Sea. There is some recharge from southern parts. Based on Schoeller and piper diagrams, all water samples are of the same origin. Freshening is the main process determining the water quality. The EC value of coastal wells no. 1 and 9 were higher than others. According to Iso-potential map and different ion ratios, halite dissolution and cation exchange are the main reasons of salinity in those wells and no sea water intrusion had occurred.

Keywords: Hydrochemistry, Salt water intrusion, Cation exchange, Caspian Sea

♦♦♦♦♦♦♦♦

مقدمه :

آب زیرزمینی به عنوان یک منبع تجدیدپذیر و قابل دسترس همواره در بسیاری از مناطق مورد توجه بوده است. برنامه ریزی مدیریتی برای استفاده از منابع آب زیرزمینی بیش از هر چیز نیازمند آگاهی از وضعیت کیفی و کمی آن است. در اکثر مناطق کم بارش تأمین آب مورد نیاز شرب، کشاورزی و صنعت با تکیه بر آب زیرزمینی می باشد و مدیریت آبخوان ها در این مناطق نیاز به شناخت دقیق وضعیت موجود و تغییرات آن در شرایط مختلف دارد بنابراین ارزیابی کیفیت آب های زیرزمینی از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی از مشکلات اساسی در اثر برداشت بیش از حد، افزایش شوری منابع آب می باشد. منشا شوری این آبها می تواند انحلال نمک، تبخیر و یا نفوذ آب شور دریا در سفره های ساحلی باشد (Vagosh, 2001). آبخوان های ساحلی یکی از مهمترین ذخائر منابع آب شیرین در نواحی ساحلی محسوب می شوند. در ایران همانند دیگر کشورها وابستگی مشابه ای به استفاده از آبخوان های ساحلی وجود دارد. سفره آب های زیرزمینی در نواحی ساحلی دریاها و دریاچه های آب شور همواره با خطر پیشرفت و هجوم آب شور مواجه هستند (صداعت، ۱۳۸۷). توانایی در شناختن تاثیر پارامترهای زمین شناسی، اقلیمی و هیدروژئولوژی بر موقعیت و شکل زون اختلاط در سفره های ساحلی، توانایی ما را در حفظ موقعیت و میزان آب شیرین قابل استفاده در سفره افزایش می دهد (Wicks and Herman, 1995). پیشرفت و نفوذ آب شور به داخل خشکی با توسعه بهره برداری از آبخوان های ساحلی، افزایش می یابد. نفوذ آب شور معمولاً با روشها و ابزارهای مختلفی قابل بررسی و مطالعه است که در مرحله اول بررسی کیفی منابع آب سفره ساحلی می باشد (Todd, 2005). لذا در استفاده از منابع آب های زیرزمینی مخصوصاً در خطوط ساحلی باید دقت کافی را داشت و مساله نفوذ آب شور به دقت مورد بررسی قرار گرفته و در مورد میزان و نحوه بهره برداری تصمیمات مناسب و دقیق اتخاذ نمود. بنابراین با توجه به اهمیت آنها مطالعه کیفی منابع آب این نوع سفره ها اهمیت دارد. هدف از این مطالعه بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی و پتانسیل نفوذ آب شور به سفره تحت فشار ساحلی در مجاور دریای خزر می باشد.

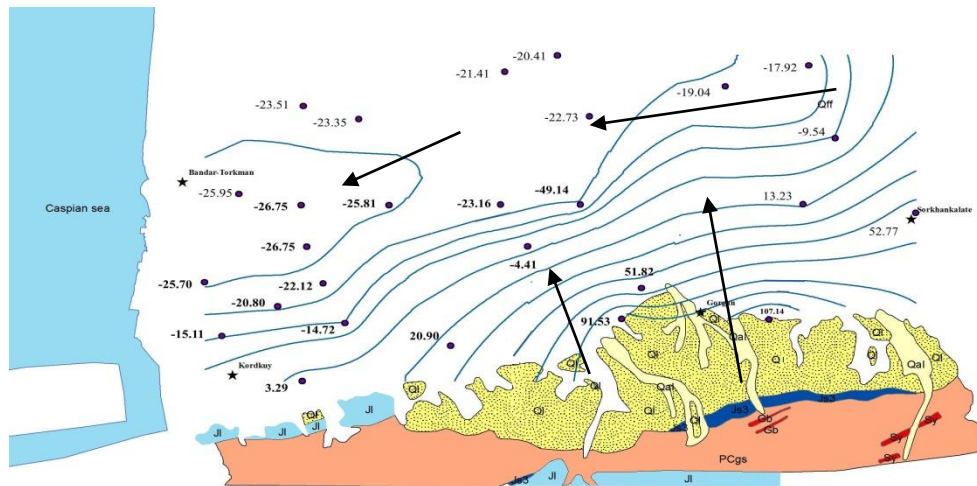


روش تحقیق و بحث:

زمین شناسی و هیدروژئولوژی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از دشت گرگان بوده که در غرب استان گلستان و در مجاورت دریای خزر واقع شده است. این حوضه از دو بخش تشکیل شده که بخش شمالی از رسوبات آبرفتی و زمین های لسی مربوط به دوره کواترنری و بخش جنوبی آن قسمتی از زون گرگان-رشت می باشد که شامل سنگ آهک، دولومیت ضخیم لایه تا توده ای، ماسه سنگ، کنگلومرای ضخیم تا توده ای و سنگ های آذرین سخت و مقاوم و شیست های سبز گرگان می باشد. سفره آب زیرزمینی در این دشت از دو نوع آزاد و محبوس می باشد. بطوریکه در بخشهای مرزی مجاور ارتفاعات جنوبی دشت، سفره بیشتر آزاد و در بخشهای مرکزی و غربی دشت هر دو نوع سفره وجود دارد. آب زیرزمینی در سفره آزاد بالایی در عمق نسبتاً کمی نسبت به سطح واقع شده به گونه ای که هر چه به سمت شمال پیشروی می کنیم از میزان این عمق کاسته می شود. سطح پیزومتری در سفره محبوس بالاتر از سطح آب در سفره بالایی است. پس از رسم نقشه هم پتانسیل مشخص شد که

جهت عمومی جریان آب زیرزمینی در سفره محبوس زیرین از شرق به سمت غرب و دریای خزر می باشد. همچنین مقداری تغذیه از دامنه های البرز جنوبی وجود دارد که باعث تغییر الگوی جریان به سمت شمال شده و در بخش شمالی با گردش به سمت چپ جهت جریان به سمت غرب و دریای خزر انحراف پیدا کرده است (شکل ۱). البته مقدار تغذیه عمدتاً از سمت شرق و ارتفاعات آهکی سازند لار صورت می گیرد. بنابراین با توجه به جهت جریان آب زیرزمینی، دشت در حال تخلیه به دریای خزر می باشد. متوسط سالانه بارندگی در این منطقه بالای ۵۰۰ mm است.



شکل ۱: نقشه جهت جریان در سفره تحت فشار ساحلی قره سو

مواد و روش ها:

جهت بررسی هیدروشیمیایی سفره محبوس حوضه آبریز قره سو از تعداد ۲۳ حلقه چاه در طی سال آبی ۹۵-۹۴ نمونه برداری و جهت آنالیز هیدروشیمیایی و سایر پارامترها به آزمایشگاه ارسال گردید. داده های بدست آمده از نظر غلظت یون های اصلی و میزان کل مواد جامد محلول مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس با ترسیم نقشه زمین شناسی منطقه و مشخص کردن موقعیت چاه های برداشت بر روی آن به بررسی منشا و زون بندی هیدروشیمیایی شده است. جهت تفسیر کیفی داده ها، از نمودارهای پایپر و شولر و همچنین از نسبت های یونی کمک گرفته شده است.

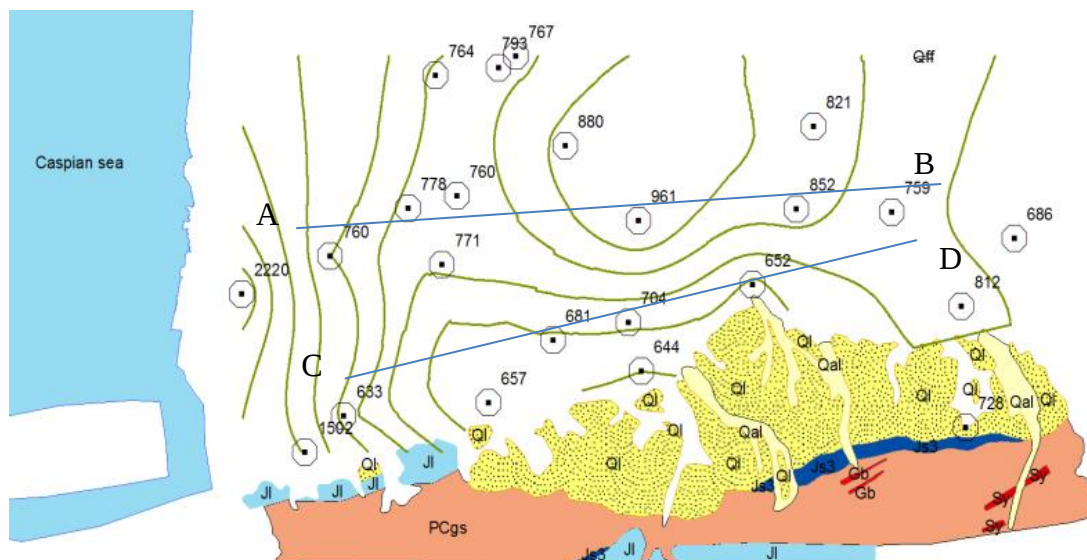
بحث و نتیجه گیری

مطالعات هیدروشیمی جهت تعیین محل تغذیه و تخلیه آب های زیرزمینی، تغییرات املاح آب های زیرزمینی در طول مسیر حرکت و بررسی اثرات زمین شناسی بر روی آب زیرزمینی، مورد ارزیابی قرار می گیرد. بدین منظور با استفاده از داده های کیفی و ترسیم نقشه ها و نمودارهای ترکیبی اقدام به مطالعه آبخوان مورد نظر شده است.

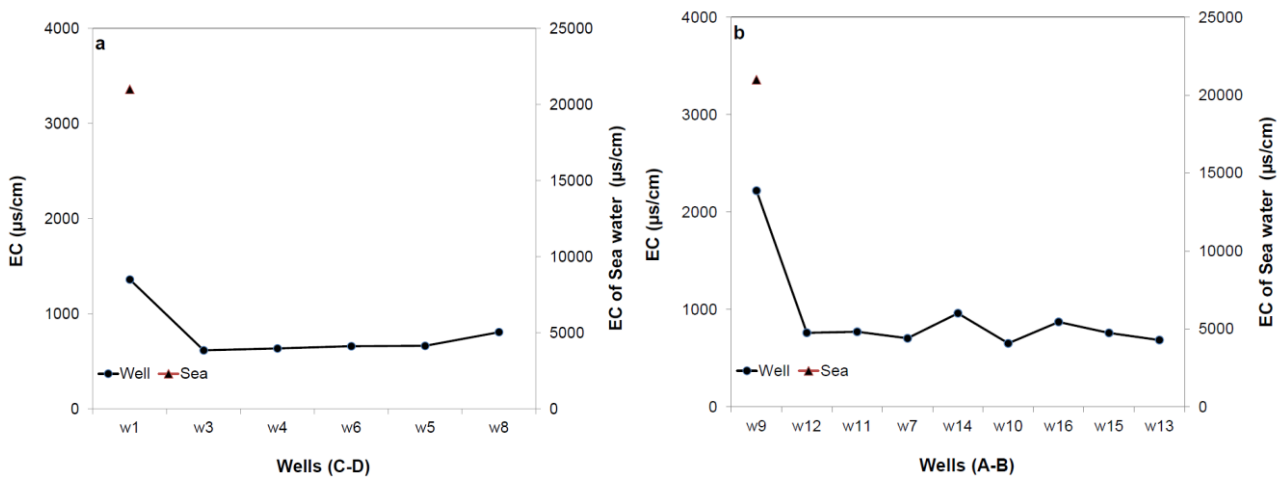
الف- بررسی هیدروشیمیایی

۱- تغییرات مقادیر EC:

هدایت هیدرولیکی (EC) نشان دهنده توانایی سیال در عبور دادن انرژی الکتریکی از خود است. شکل (۲) تغییرات هدایت الکتریکی در سراسر دشت را نشان می دهد. در نگاه اول به نقشه های هدایت الکتریکی، همخوانی این نقشه ها را با جهت جریان آب زیر زمینی نشان می دهد. میزان هدایت الکتریکی در مناطق تغذیه در بخش شرقی و جنوبی دشت کمترین مقدار را داشته است و از مقدار حدود $600 \mu\text{S/cm}$ به حدود $800 \mu\text{S/cm}$ در مرکز دشت رسیده و در جهت مسیر حرکت آب هدایت الکتریکی در حال افزایش می باشد. کناره شمالی دشت دارای رسوبات تبخیری بوده و کمی تغذیه از این نواحی صورت می گیرد بنابراین بالا بودن هدایت الکتریکی امری بدیهی است. با توجه به ساحلی بودن سفره تحت فشار منطقه، انتظار می رود که با توجه به برداشت آب از طریق چاهها، نفوذ آب شور را داشته باشیم. اما با توجه به گرادیان هیدرولیکی در منطقه، آب زیرزمینی در حال تخلیه به دریای خزر می باشد بنابراین مقدار هدایت الکتریکی در نزدیکی ساحل کم می باشد. بجز در دو چاه، یکی در نزدیکی ساحل (W9) و دیگری در چاه شماره ۱ در جنوب غرب دشت که مقدار EC افزایش یافته و به حدود 1500 تا $2000 \mu\text{S/cm}$ رسیده است. بطور کلی در این دشت نفوذ آب شیرین به سمت دریا (Freshening) صورت گرفته است. جهت بررسی روند تغییرات هدایت الکتریکی از منطقه تغذیه به تخلیه، دو پروفیل از مقادیر EC از سمت شرق به سمت غرب در شکل ۳ ترسیم شده است. با توجه به این شکل، مقدار EC در پروفیل مرکزی دشت (A-B) از سمت شرق به سمت ساحل، در ابتدا تقریباً ثابت و در برخی نقاط نوسانات را نشان می دهد که علت آن نفوذ آب شور از سمت شمال به دشت می باشد. اما در نزدیکی ساحل مقدار EC افزایش را نشان می دهد. اما در پروفیل مرزی (C-D) در جنوب دشت مقدار EC تقریباً ثابت بوده که دلیل آن نزدیکی به زون تغذیه می باشد. اما در مسیر جریان به سمت غرب، مقدار EC افزایش کمی را نشان می دهد.



شکل ۲: نقشه تغییرات EC در منطقه مورد مطالعه



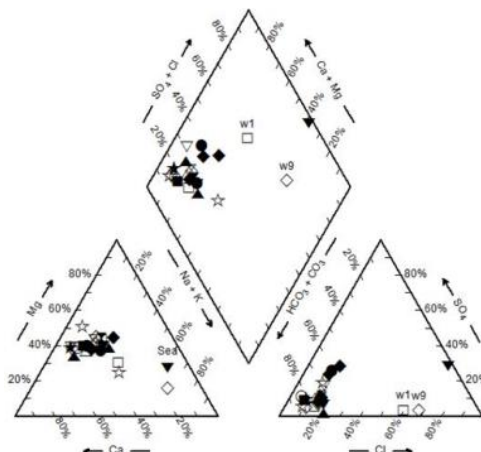
شکل ۳: پروفیل تغییرات EC از سمت ساحل دریا به سمت شرق دشت

۲- نمودار شولر:

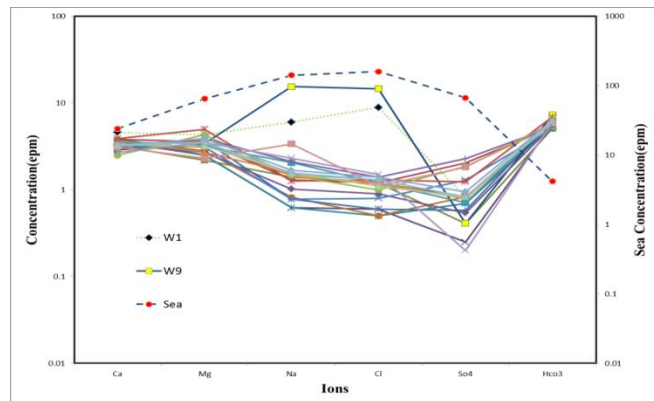
جهت بررسی روند تغییرات غلظت یونهای اصلی و مقایسه بین منابع مختلف و همچنین منشا آنها از دیاگرام نیمه لگاریتمی شولر استفاده شده است. نمونه آب دریای خزر نیز جهت مقایسه و تعیین منشا پلات شده است (شکل ۴). تمامی منابع آب سفره تحت فشار دارای روند یکسان بوده و یونهای Ca, Mg و HCO_3 غالب می باشند. این نشانگر این است که تمامی این منابع منشا یکسان دارند. بجز دو نمونه شماره ۱ و ۹ که روندی متفاوت داشته و یونهای Na و Cl در آنها غالب می باشد. روند تغییرات یونهای نمونه آب دریا مشابه هیچکدام از نمونه ها نمی باشد حتی نمونه های آب شور. بنابراین می توان نتیجه گرفت که منشا اصلی شوری منابع ساحلی، نفوذ آب دریا به تنهایی نمی باشد. عاملهای دیگری نیز وجود داشته اند و باعث تغییر روند نمونه های ۱ و ۹ از بقیه منابع و حتی آب دریا شده است (شکل ۴). بنابراین تیپ غالب منابع آب سفره تحت فشار بیکربناته بوده بجز دو نمونه شور که تیپ کلروره داشته اند. تیپ آب دریای خزر نیز کلروره می باشد.

۳- نمودار پایپر:

با استفاده از نمودار پایپر می توان تیپ آب، فرایندهای رسوبگذاری یا انحلال، اختلاط و تبادل یونی را بررسی کرد. نمونه هایی که دارای خصوصیات مشابه هستند به صورت گروهی در کنار یکدیگر قرار می گیرند. تمامی نمونه های سفره تحت فشار در سمت چپ لوزی و یک گروه قرار گرفته اند که نشانگر غنی از کلسیم، منیزیم و بیکربنات می باشد و دارای سختی موقت و تیپ آب بی کربناته هستند (شکل ۵). ولی چاه های شماره ۱ و ۹ از این روند تبعیت نمی کنند و دارای مقادیر کمتری بی کربنات ولی درعین حال نسبت به دیگر نمونه ها از Na و Cl بیشتر و تیپ آب سدیم کلروره برخوردار می باشند که وقوع پدیده اختلاط یا تبادل یونی را با توجه به منطقه مورد مطالعه برای چاه های شماره ۱ و ۹ می توان انتظار داشت (شکل ۵).



شکل ۵: نمودار پایپر مربوط به منابع آب مورد مطالعه



شکل ۴: روند تغییرات یونهای اصلی در منابع آب سفره تحت فشار

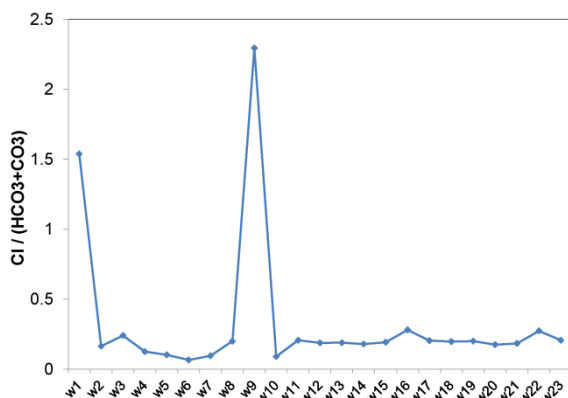
۴- نمودار استیف:

اساس این نمودار بر مبنای کاتیون‌ها و آنیون‌ها می‌باشد که کاتیون‌ها در یک سمت و آنیون‌ها در سمت دیگر نمودار قرار می‌گیرند و با کمک این نمودار می‌توان تیپ آب و گروه‌بندی چاه‌های منطقه را مشخص کرد. با رسم نمودار استیف برای تک تک چاه‌های منطقه و نیز دریای خزر مشخص شد که اولاً تمامی چاه‌ها از یک روند مشابه پیروی می‌کنند و همچنین چاه‌های شماره ۱ و ۹ همانند آب دریا میزان Na و Cl بالایی دارند ولی برخلاف آن میزان Mg کمتری دارند (شکل ۶).

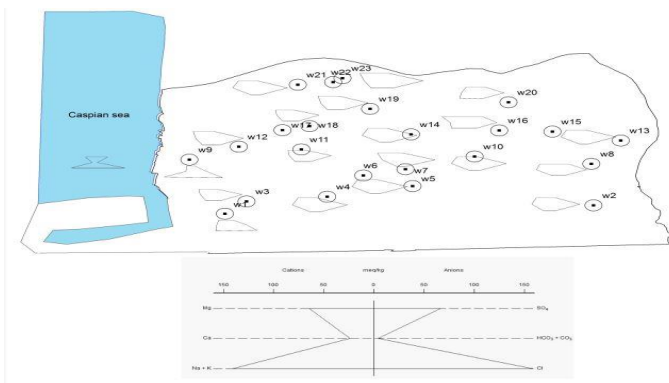
ب- تعیین منشأ و نفوذ آب شور

۱- روش رول^۱:

این روش که بر مبنای نسبت یون کلر به مجموع یون‌های کربنات و بی‌کربنات استوار است برای بررسی میزان نفوذ آب شور در سفره‌های ساحلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با محاسبه مقادیر این نسبت برای چاه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه مشخص شد که نفوذ آب شور در سفره تحت فشار رخ نداده است و نتایج قبلی حاصل از جهت جریان و هیدروشیمی را تایید می‌کند. میزان روند این تغییرات برای دو چاه شماره ۱ و ۹ بیشتر از سایر محل‌های نمونه برداری شده است (شکل ۷).



شکل ۷: تغییرات میزان کلر به مجموع کربنات و بی‌کربنات

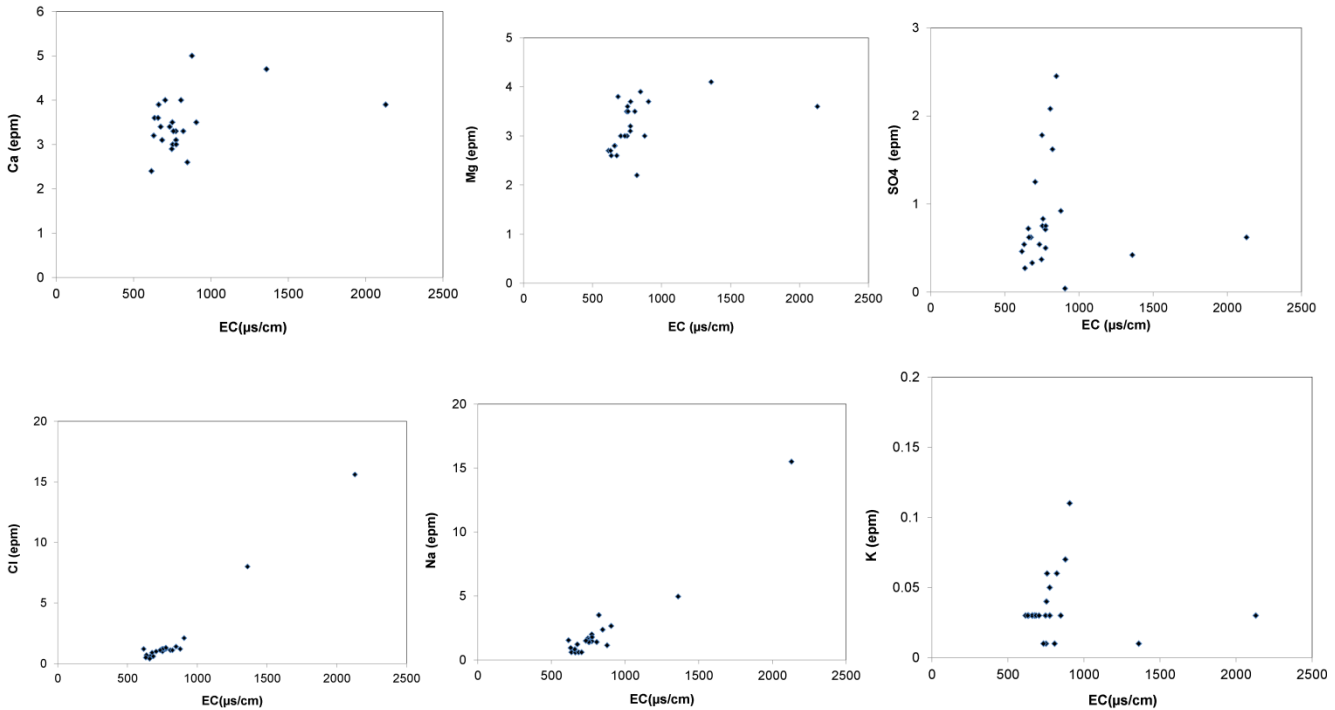


شکل ۶: نمودار استیف در چاه‌های مختلف سفره تحت فشار

¹ - Revelle

۲- بررسی تغییرات غلظت عناصر اصلی با مقادیر EC:

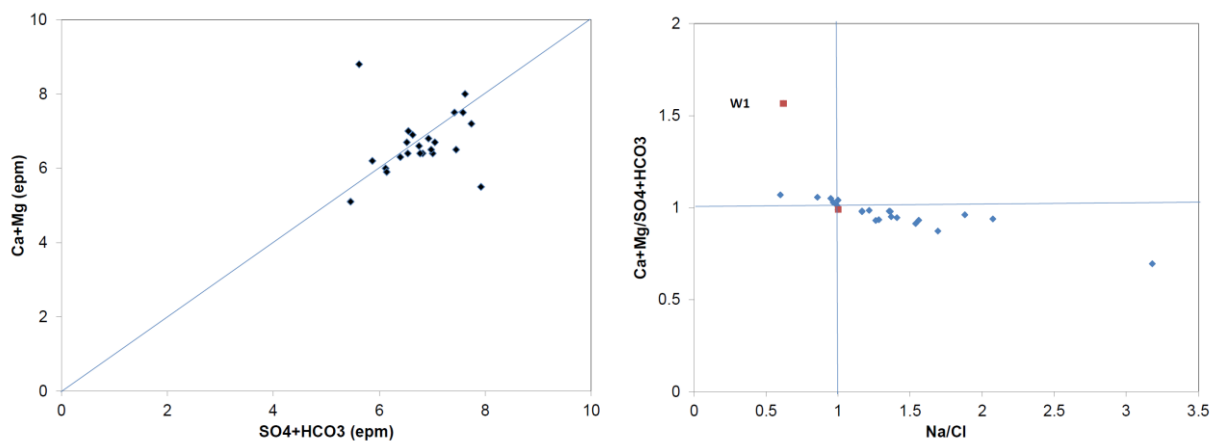
همانطور که در بالا ذکر شد، تقریباً دو چاه در دشت دارای شوری بالاتری نسبت به بقیه منابع می باشند. برای مشخص کردن منشأ شوری و اینکه آیا می تواند منشأ آن تبخیر باشد، می توان نسبت عناصر را با EC سنجید بطوریکه با افزایش EC بایستی میزان تمامی عناصر روندی صعودی داشته باشند تا بتوان تبخیر را عاملی برای تغییر غلظت عناصر و تغییر کیفیت آب بیان کرد. نتایج نشان داد که عامل تبخیر به تنهایی نمی تواند دلیلی برای شور شدن باشد چرا که همه عناصر روندی مشابه نداشته و نسبت به افزایش EC روندی صعودی ندارند (شکل ۸).



شکل ۸: بررسی تغییرات غلظت عناصر نسبت به EC

۳- نسبتهای یونی:

با استفاده از نسبت های یونی مختلف می توان منشأ شوری را بررسی کرد. اگر نسبت مولی سدیم به کلر برابر با یک باشد بیانگر انحلال هالیت می باشد. منشأ شوری چاه های نیمه شور شماره ۹ و ۱۰ با استفاده از نسبت های مطرح شده بررسی شده است. برای چاه شماره ۱؛ نسبت سدیم به کلر کمتر از یک می باشد که این موضوع می تواند نشانگری بر نفوذ آب دریا و یا تبادل یونی معکوس باشد اما برای چاه شماره ۹؛ بیانگر انحلال هالیت می باشد. با توجه به شکل ۹، تقریباً تمامی نمونه ها بر روی خط انحلال کربناتها قرار گرفته اند. انحراف از این خط نشانگر تبادل یونی کلسیم و منیزیم با سدیم می باشد. با توجه به شکل ۹ سمت راست، مقدار افزایش و یا کاهش سدیم با مقدار تغییرات کلسیم و منیزیم همخوانی داشته و نشانگر وجود تبادل یونی در منابع آب منطقه می باشد.



شکل ۹: نمودارهای نشانگر تبادل یونی در منابع آب منطقه



نتیجه گیری:

دشت قره سو از دو آبخوان ساحلی آزاد و تحت فشار تشکیل شده است. با توجه به ساحلی بودن سفره و برداشت از این دشت، انتظار می رفت که آب دریا به سمت ساحل نفوذ کرده باشد. اما نتایج نقشه هم پتانسیل نشان داد که جهت عمومی جریان آب زیرزمینی در سفره محبوس زیرین از شرق به سمت غرب بوده و در حال تخلیه به دریای خزر می باشد. میزان هدایت الکتریکی در این دشت زیاد نبوده و کمتر از ۱۰۰۰ میکروزیمنس می باشد. اما در کل در جهت مسیر حرکت آب، هدایت الکتریکی در حال افزایش می باشد. بطور کلی در این دشت نفوذ آب شیرین به سمت دریا (Freshening) صورت گرفته است. اما دوجاه شماره ۹ و ۱ رفتاری متفاوت را نسبت به بقیه نشان داده و شوری بیشتری داشتند که با بررسی تراز سطح آب و بررسی های دقیق تر نسبت های یونی مشخص شد که در منطقه نفوذ آب شور برای چاه های مذکور نمی تواند صادق باشد بلکه پدیده انحلال برای چاه شماره ۹ و تبادل یونی معکوس برای چاه شماره ۱ می تواند دلایل محتمل تری برای تغییرات هیدروشیمی این چاه ها باشد. در نهایت در سفره های ساحلی نمی توان بطور قطع منشأ شوری را نفوذ آب دریا دانست و با استفاده پارامترها و شواهد مختلف بایستی منشأ شوری را تعیین کرد. در این مناطق آب دریای قدیمی مانده در بین رسوبات نیز می تواند منشأ شوری آنها باشد. بنابراین با بکار بردن روش های مختلف می توان مطالعه دقیق تری در این محیط های پیچیده انجام داد.



منابع:

صداقت، محمود، ۱۳۸۷، زمین و منابع آب (آب های زیرزمینی)، انتشارات دانشگاه پیام نور



Wicks, Carol M., and Janet S. H., 1994. "The effect of a confining unit on the geochemical evolution of ground water in the Upper Floridan aquifer system." Journal of Hydrology 1:139-155.

Todd K. D., Mays L.W., 2005. "Groundwater Hydrology, 3rd Edition". ISBN : 978-0-471-05937-0. 656 pp.