



بررسی امکان استفاده از آب‌های زیرزمینی دشت توپسرکان در سیستم‌های آبیاری

وحید یزدانی^۱، حسین انصاری^۲

۱- دانشجوی دکتری مهندسی آب دانشگاه فردوسی-۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی

Email: v.yazdany@yahoo.com

چکیده:

اثرات خوردگی و رسوب‌گذاری در سیستم آبرسانی می‌تواند سبب افزایش هزینه‌های بهره‌برداری و همچنین ایجاد اثرات خطرناک برای سلامتی انسان گردد. در این راستا برای ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت توپسرکان از نظر خوردگی و رسوب‌گذاری از سه شاخص لانتیلر، رایزنر و پوکوریوس بر اساس تعادل شیمیایی بین املاح موجود در آب استفاده شد. آنالیزهای شیمیایی نشان داد که آب‌های زیرزمینی توپسرکان دارای خاصیت رسوب‌گذاری شدید می‌باشند. در بررسی‌ها انجام شده مشخص گردید که این خاصیت ناشی از تماس طولانی مدت نمونه‌ی آب با رسوبات آبرفتی دشت است، که فرصت لازم جهت انحلال آنیونها و کاتیونها را مهیا می‌سازد. بررسی تیپ و رخساره آب‌ها مؤید این موضوع است که در سال ۱۳۷۱، ۱۰۰ درصد نمونه‌ها دارای تیپ بی‌کربنات کلسیم می‌باشند در حالی‌که در سال ۱۳۷۲، ۴۶ درصد نمونه‌ها دارای تیپ بی‌کربنات کلسیم، ۴۶ درصد دارای تیپ بی‌کربنات منیزیم و ۸ درصد دارای تیپ کلراید کلسیت می‌باشند. شایان ذکر است که رسوب‌گذاری به عنوان عاملی منفی در ایجاد رسوب و کاهش سطح مقطع لوله‌های انتقال و گرفتگی قطره‌چکان‌ها عمل می‌کند. لذا با توجه به زیان‌های اقتصادی لازم است تا حد ممکن از رسوب‌گذاری در سیستم آبیاری جلوگیری به عمل آید.

کلمات کلیدی: خوردگی، رسوب‌گذاری، شاخص لانتیلر، شاخص پوکوریوس، شاخص رایزنر، توپسرکان، آبیاری



مقدمه:

کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است که کمبود آب با کیفیت مناسب یکی از موانع توسعه اقتصادی و کشاورزی در آن می‌باشد، در این شرایط شناخت کیفیت و کمیت آب ضروری است. ارزیابی کیفی منابع آب از جمله آب‌های زیرزمینی یکی از مباحث بسیار مهم در طرح‌های توسعه منابع آب کشور می‌باشد. در حالیکه همگام با توسعه منابع آب فعالیت گسترده‌ای برای تغییرات کیفی آن صورت نگرفته است. زارعی و آخوندعلی (۱۳۸۵) در تحقیقات خود به منظور ارزیابی‌های کیفی آب به این نتیجه رسیدند که حفظ کیفیت منابع آب با توجه به روند تخریبی رو به رشدشان امری اجتناب ناپذیر است. مطالعه کیفی آب به واسطه سرمایه‌گذاری‌های عظیم چند سال اخیر در بخش منابع آب کشور لازم است (تجربشی، ۱۳۸۲). تمامی آب‌ها کم و بیش دارای مقداری نمک به عنوان ناخالصی و عاملی برای خوردگی یا رسوب‌گذاری هستند. خوردگی واکنش فیزیکی - شیمیایی ناشی از تاثیر چندین فاکتور شیمیایی، الکتریکی، فیزیکی و بیولوژیکی می‌باشد (پورزمانی و همکاران، ۱۳۸۴). فرایند فوق در دراز مدت می‌تواند سلامت انسان‌ها را به خطر انداخته و مسائل اقتصادی، فنی مهندسی و زیبا شناختی را به دنبال داشته باشد (حسینیان، ۱۳۶۷).

محو و اسلامی (۱۳۸۵) با مطالعه وضعیت خوردگی و تشکیل رسوب مخازن ذخیره و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر زنجان بر اساس شاخص‌های لانژیلر^۱ و رایزنر^۲ به این نتیجه رسیدند که ۵۳/۵۱ درصد از نمونه‌ها خورنده و ۷/۴۵ درصد نیز رسوب‌گذار می‌باشند. در مطالعه‌ای مشابه رضانی (۱۳۸۰) با بررسی خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی چاه‌های شهر رشت، عملیات کلرزنی، فلوکولاسیون و عملیات بهسازی آب در تصفیه خانه بر روی آب چاه امامزاده هاشم را سبب تغییر کیفیت آب و خوردگی آن دانست. سواری و همکاران (۱۳۸۷) در ارزیابی شبکه آبرسانی شهر اهواز نشان دادند که خوردگی آب در حد ضعیف تا متوسط و فاقد رسوب‌گذاری می‌باشد. در حالی که کریم و همکاران (۱۳۸۷) آب همه مناطق اهواز را بر اساس ضریب رایزنر به شدت خورنده و بر اساس ضریب لانژیلر آب مناطق شمال و جنوب اهواز را فاقد مشکل خوردگی و مناطق شرق و غرب را کمی خورنده ارزیابی کردند. در این راستا جعفرزاده و همکاران (۱۳۸۵) بر اساس قانون سرب و مس، آب شهر اهواز را کمی خورنده بیان داشتند. نیک‌پور و همکاران (۱۳۸۵) بیان داشتند که آب‌های زیرزمینی بهشهر از نظر اندیس رایزنر خوردگی نسبی و از نظر شاخص لانژیلر از رسوب‌گذاری ضعیف برخوردار می‌باشند. پوکوریوس و بروک (۱۹۹۱) برای تشخیص رسوب‌گذاری و خوردگی ناشی از کربنات کلسیم در صنایع خنک کننده آب شاخص پوکوریوس^۳ (POR) را در تعیین حد آستانه رسوب‌گذاری در آب‌های بازیافت شده برای صنایع یاد کردند. یو و همکاران (۲۰۰۱) نیز از شاخص فوق با عنوان کاربرد رسوب (RSI) در تعیین حد آستانه رسوب‌گذاری در آب‌های بازیافت شده برای صنایع یاد کردند. پاکشیر و همکاران (۱۳۸۳) نیز بر اساس رهنمودهای پوکوریوس و بروک در ارزیابی سیستم خنک‌کننده نورد گرم مجتمع فولاد مبارکه شاخص پوکوریوس را برای آب‌های صنعتی توصیه نمودند.

در کشاورزی رسوب کربنات کلسیم رایج‌ترین عامل ایجاد گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای می‌باشد (نادری، ۱۳۸۵). لذا کربنات‌ها و سولفات‌های کلسیم یا منیزیم معمول‌ترین عوامل شیمیایی انسداد گسیلنده‌ها می‌باشند (علیزاده و خیابانی، ۱۳۷۵). نتایج مطالعاتی زارعی و همکاران (۱۳۸۵) در خصوص رسوب کربنات کلسیم در سامانه آبیاری قطره‌ای استان‌های مختلف کشور نشان داد لوله‌های نواری قطره‌ای بیشترین حساسیت به گرفتگی شیمیایی را به واسطه کیفیت نامطلوب آب دارند. تحقیقات آنها نشان داد که آب استان‌های کرمان، خراسان و سمنان به ترتیب در طبقه‌بندی بد، متوسط و خوب قرار دارند. نجفی‌مود و همکاران (۱۳۸۵) بیان داشتند که عامل اصلی

^۱ Langlier Index

^۲ Raisener Index

^۳ Puchorius scale Index



کاهش راندمان سیستم‌های آبیاری تحت فشار در استان خراسان جنوبی کیفیت نامناسب آب و وجود مقادیر زیاد املاح محلول و نامحلول در آن است. یزدانی و نحوی (۱۳۸۸) خوردگی و رسوب‌گذاری منابع آب زیرزمینی دشت‌های خراسان جنوبی را مورد بررسی قرار دادند. آنها بیان داشتند که منابع آب زیرزمینی دشت‌های گیسور و بجستان دارای خاصیت رسوب‌گذاری بالا و منابع آب زیرزمینی دشت بیمرگ‌عمرانی در محدوده کم تا متوسط رسوب‌گذاری و خوردگی قرار دارد. نتایج آنها حاکی از این بود که رسوب‌گذاری در سیستم آبرسانی نسبت به خوردگی محسوس‌تر است، ضمن اینکه این شرایط سبب کاهش سطح مقطع جریان شده و افت‌های مسیر را در پی خواهد داشت.

در نظر داشتن تمهیدات خاص مانند کاهش اسیدیته و کاهش بی‌کربنات و کربنات آب، از طریق افزودن اسید سولفوریک و اسید سولفور در مواجهه با چنین شرایطی برای حفاظت سامانه انتقال و توزیع آب لازم است. زهتابیان (۱۳۷۵) بیان داشت که شستشو با اسیدهای قوی مثل اسید نیتریک می‌تواند انسداد گسیلنده‌ها را در آبیاری قطره‌ای برطرف نماید. ناکایاما و باکس (۱۹۹۱) رسوب کلسیم در مجاری و لوازمات انتقال آب را به درجه بالای اسیدیته آب، غلظت زیاد کربنات کلسیم در آب و نوسانات بیش از حد درجه حرارت محیط وابسته دانسته‌اند. روند تحقیقات نشان می‌دهد که محققین شاخص‌های گوناگونی را در زمینه خوردگی و رسوب‌گذاری معرفی نموده‌اند (الرواجفه و الشماليه، ۲۰۰۷ و پوکوریوس و بروک، ۱۹۹۱). اما همگی در ارزیابی نهایی شاخص‌های پیشنهادی، از شاخص‌های رایزنر، لانزیلر و پوکوریوس به عنوان شاخص‌های مرجع و پایه استفاده کرده‌اند. در منطقه غرب ایران بویژه استان همدان تحقیقات گسترده‌ای بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی انجام نشده است. لذا این مقاله با هدف بررسی کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت تویسرکان از نظر خوردگی و رسوب‌گذاری آن انجام شده است.

مواد و روشها:

شهرستان تویسرکان یکی از شهرستانهای استان همدان را تشکیل می‌دهد، که در دامنه جنوبی کوه الوند واقع شده است و از جنوب، شرق و غرب به ترتیب به شهرستانهای نهاوند، ملایر و کرمانشاه محدود می‌گردد. حوزه آبریز تویسرکان بصورت کاسه شیب‌داری است با حالت بیضوی که با حوزه‌های دیگر مجاور خود تفاوت دارد. این حوزه بصورت کشیده با راستای شمال شرقی - جنوب غربی و شیب کلی آن نیز در همین امتداد قرار دارد. بالاترین نقطه ارتفاعی آن با ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر در دامنه جنوبی کوه الوند و پایین‌ترین نقطه ارتفاعی در ده‌موسی با ارتفاع کمتر از ۱۵۲۰ متر واقع شده است. ارتفاع متوسط حوزه آبریز تویسرکان برابر ۱۹۷۳ متر از سطح دریا و مساحت آن حدود ۷۹۵ کیلومترمربع محاسبه شده است. متوسط دمای سالانه حوزه ۷ درجه سانتیگراد و متوسط بارندگی سالانه این حوزه حدود ۵۳۳ میلیمتر برآورد گردیده است. تغذیه سفره آب زیرزمینی دشت تویسرکان، از ریزش‌های جوی و آبراهه‌های متعدد منشعب از دامنه الوند کوه است. این دشت بدلیل تامین آب شرب و کشاورزی شهرستان تویسرکان، الگوی مناسبی برای تجزیه و تحلیل‌های مورد نظر در این تحقیق بوده و نتایج حاصل از آن در مدیریت کمی و کیفی منابع آب دشت تویسرکان قابل اهمیت است. منابع آبهای زیرزمینی حوزه آبریز تویسرکان شامل چاههای عمیق و کم عمق و قنوات است. نام و مشخصات برخی ایستگاههای مورد مطالعه در جدول ۱ ذکر گردیده است.



ردیف	ایستگاه	نوع منبع
۱	حسین صالح	چاه نیمه‌عمیق
۲	امیر آباد-شرب روستا	چاه نیمه‌عمیق
۳	سهام آباد-قنات عمومی	قنات
۴	دره عثمان-قنات روستا	قنات
۵	قلعه نو-چاه عمومی	چاه نیمه‌عمیق
۶	معتصم آباد-تکلو	چاه نیمه‌عمیق
۷	اریکان-چاه عمومی	چاه عمیق
۸	فریازان-علی بیات	چاه عمیق
۹	انبار نفت-علی پاشا	چاه عمیق
۱۰	سوتلق-چاه عمومی	چاه عمیق

در این تحقیق از آنالیز شیمیایی سالیانه اندازه‌گیری شده‌ی نمونه‌های آب در یک دوره ۲ ساله به عنوان متغیرهای اولیه استفاده شد. داده‌ها در طی سال‌های ۱۳۷۱ الی ۱۳۷۲ شامل اندازه‌گیری و ثبت پارامترهای کیفی مربوط به کاتیون‌ها و آنیون‌های هر نمونه آب از طریق آزمایشات مربوطه بود. در مجموع بر اساس مکان‌یابی محل‌های نمونه‌گیری از طرف اداره امور آب استان طی دو سال در حدود ۵۲ نمونه آب از ۱۰ حلقه چاه و ۳ رشته قنات برداشت شد. انتخاب محل‌های نمونه‌گیری بر اساس حضور منابع آلاینده، توزیع آنها، محل‌های تغذیه و تخلیه حوزه و موجودیت چاه‌ها بود. پارامترهای کیفی مورد استفاده در این مطالعه شامل هدایت الکتریکی، باقیمانده املح، اسیدیت، کربنات، بی‌کربنات، سولفات، کلر، کلسیم، منیزیم، سدیم، درصد سدیم، قلیائیت، پتاسیم و سختی کل بودند. نمونه‌برداری و سنجش پارامترهای کیفی بر اساس روش‌های استاندارد نمونه‌برداری آب صورت پذیرفت (انجمن آزمایش مواد آمریکا، ۱۹۹۵). نمونه برداری‌ها به شکل لحظه‌ای در ظروف شیشه‌ای استریل عاری از آلودگی و بعد از ۲۰-۱۰ دقیقه پمپاژ آب از محل دهانه خروجی چاه و برای قنات نیز از محل مظهر انجام شد.

روش انجام تحقیق

روش‌های متفاوتی برای پیش‌بینی رسوب‌گذاری و یا تمایل به ایجاد خوردگی وجود دارد. این روش‌ها معمولاً بر مبنای تعادلات شیمیایی بنا نهاده شده‌اند و فقط می‌توانند بیانگر نتیجه باشند و دینامیک مسئله را بررسی نمی‌نمایند. در این تحقیق برای بررسی‌های شیمیایی نمونه‌ی آب در سنجش تمایل به رسوب‌گذاری یا خوردگی از شاخص‌های لائزیر (LSI)، رایزنر (RSI) و پوکوریس (POR) استفاده گردید. رابطه ریاضی این شاخص‌ها به صورت ذیل می‌باشد.

$$LSI = pH - pH_c \quad (1)$$

$$RSI = 2(pH_c) - pH \quad (2)$$

$$POR = 2(pH_c) - (1.465 * (SAR) + 4.54) \quad (3)$$

$$pH_c = p(Ca + Mg + Na + K) + p(Ca + Mg) + p(CO_3 + HCO_3) \quad (4)$$

در روابط بالا LSI شاخص لائزیر، RSI شاخص رایزنر، POR شاخص پوکوریس، pH اسیدیت آب (اندازه‌گیری شده)، pH_c اسیدیت محاسباتی بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی آب با فرض اشباع بودن از کلسیت یا کربنات کلسیم، $p(Ca + Mg + Na + K)$ نمایه کاتیون‌های آب، $p(Ca + Mg)$ نمایه کلسیم و منیزیم آب و $p(CO_3 + HCO_3)$ نمایه کربنات و بی‌کربنات است. برای بدست آوردن مؤلفه‌های رابطه ۴ به کمک جدول راهنما، در محیط نرم‌افزاری اکسل نمودارهای مرجع استخراج شدند. نمودارهای فوق با برازش مدل‌های رگرسیونی بر داده‌های جداول راهنما (علیزاده، ۱۳۸۶)، نمایه: کاتیون‌ها، کلسیم + منیزیم، کربنات + بی‌کربنات با ضریب تعیین (R^2) بالا بدست آمد. برای نمایه کاتیونی آب مدل



چندجمله‌ای درجه دو (رابطه ۵)، برای نمایه کلسیم + منیزیم آب و نمایه کربنات + بی‌کربنات مدل لگاریتمی مناسب بود (روابط ۶ و ۷).

$$P(\text{Cations}) = -0.0003 \text{Cations}^2 + 0.0189 \text{Cations} + 2.1223 \quad R^2 = 0.99 \quad (5)$$

$$P(\text{Ca+Mg}) = -0.4347 \ln(\text{Ca+Mg}) + 3.298 \quad R^2 = 1 \quad (6)$$

$$P(\text{CO}_3+\text{HCO}_3) = -0.4348 \ln(\text{CO}_3+\text{HCO}_3) + 2.9982 \quad R^2 = 1 \quad (7)$$

در گام بعدی، مقادیر شاخص‌ها به کمک روابط بالا محاسبه گردید. در شاخص لانژیلر اگر $\text{pH} < \text{pH}_c$ باشد، آب دارای شاخص لانژیلر منفی بوده و باعث حل شدن کربنات کلسیم خواهد شد که در این حالت آب خورنده است. اگر $\text{pH} > \text{pH}_c$ باشد شاخص لانژیلر مثبت بوده و آب از کربنات کلسیم اشباع خواهد بود که در این حالت آب رسوب‌گذار است. در شاخص‌های رایزنر و پوکوریوس آب موقعی خورنده است که عدد اندیس از ۶ تجاوز کند و تمایل به رسوب-گذاری وقتی است که مقدار شاخص از ۶ کمتر شود. جدول ذیل حدود هر یک از شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲: حدود خورندگی و رسوب‌گذاری (کوبین، ۲۰۰۰)

اندیس پورکریس		اندیس لانژیلر		اندیس رایزنر	
مقدار	توصیف	مقدار	توصیف	مقدار	توصیف
POR<6	رسوب‌گذار	LSI>0	رسوب‌گذار	RSI<6	رسوب‌گذار
POR>6	خورنده	LSI<0	خورنده	RSI>6	خورنده

برای تفسیر مناسب‌تر نتایج، تیپ و رخساره آب‌های زیرزمینی مورد مطالعه نیز از طریق دیگرام پی‌پر استخراج گردید. تیپ و رخساره آب حاصل وجود املاحی است که در رسوب‌گذاری یا خورندگی موثر هستند. در نمودار پی‌پر مثلث آنیون‌ها و کاتیون‌ها هر کدام شامل ۵ تیپ آب است که از اتصال ۵۰ درصد اضلاع متقابل به یکدیگر حاصل می‌شوند. میدان لوزی پی‌پر با ۸ منطقه رخساره آب، که ۴ رخساره از اتصال نقاط ۱۰ درصد به موازات اضلاع لوزی و ۴ رخساره دیگر از اتصال نقاط ۵۰ درصد بدست می‌آیند (کهو، ۲۰۰۱). ترسیم دیگرام پی‌پر در نرم افزار GWW ver.1.10 در نسخه تحت ویندوز آن انجام شد.

بحث و نتایج:

جدول ۳ خلاصه میانگین سالانه نتایج مربوط به آنالیزهای شیمیایی نمونه‌های آب قنات و چاه را نشان می‌دهد. جدول ذیل بر اساس میانگین سالانه ۱۳ پارامتر در دوره ۲ ساله ارائه شده است. بر اساس جدول زیر میانگین سالانه تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده در قنات از میانگین پارامترهای چاهها کمتر است. لذا با توجه به این موضوع که در قنات حذف بخشی از مسیر حرکت جهت رسیدن به سطح زمین می‌تواند سبب کاهش املاح باشد این نتایج منطقی به نظر می‌رسد.

جدول ۳: میانگین نتایج آنالیز شیمیایی آب زیرزمینی دشت تویسرکان به تفکیک سال

منبع	سال	TDS	TH	Na	K	Mg	Ca	CO3	SO4	CL	Hco3	SAR	EC
		Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l		
چاه	۱۳۷۱	۳۴۳	۲۲۶	۳/۵	۱۴/۷	۱۹	۵۹/۳	۰	۲۶/۲	۲۶/۹	۲۳۸/۴	۰/۴۲	۵۲۴
	۱۳۷۲	۴۲۹	۲۷۶/۱	۲/۶	۲۲/۷	۳۰/۱	۶۱/۱	۱/۳	۵۴/۵	۵۰/۸	۴۶۹	۰/۵۵	۶۳۹
قنات	۱۳۷۱	۲۲۲	۱۶۰	۰	۴/۸	۱۰/۹	۴۶/۱	۰	۵/۳	۱۴/۲	۱۷۷	۰/۱۷	۳۴۱
	۱۳۷۲	۲۴۵	۱۵۵	۱	۱۶/۵	۱۹/۵	۳۰	۳	۱/۹	۱۴/۲	۲۰۱	۰/۵۸	۳۸۱

آبان ماه ۱۳۸۸ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری

مطابق آنچه گفته شد زمانی که اندیس اشباع لائزیرلر بالاتر از صفر باشد، آب تمایل به رسوب گذاری دارد و اگر برابر صفر باشد بیانگر این است که آب تمایلی به رسوب گذاری و یا خوردگی ندارد و بالاخره اگر منفی باشد، آب خورنده است. در حالیکه در شاخص های رایزنر و پوکوریوس آب زمانی خورنده می شود که اندیس مورد نظر بیشتر از ۶ شود و اگر اندیس کمتر از ۶ باشد بیانگر رسوب گذاری نمونه آب است. با توجه به نمونه برداری و آنالیزهای انجام شده از تاریخ ۷۱/۱/۲۰ لغایت ۷۳/۱/۴ بر روی منابع آب زیرزمینی دشت توپسرکان، مقدار شاخص لائزیرلر در محدوده ۴/۴ تا ۶/۶ متغیر بوده است و از لحاظ کیفی آب دارای خاصیت رسوب گذاری می باشد. از سوی دیگر مقادیر شاخص های رایزنر و پوکوریوس به ترتیب در محدوده ۷/۶- تا ۰ و ۹/۲- تا ۲ متغیر می باشد، که این مقادیر بیانگر رسوب گذاری شدید در آب های زیرزمینی دشت توپسرکان می باشد. مقادیر شاخص لائزیرلر هر ایستگاه در طی سال های نمونه برداری (۱۳۷۲-۱۳۷۱) در مقابل عوامل رسوب گذاری (باقیمانده املاح و بی کربنات کلسیم) هر ایستگاه در شکل ۱ ذکر شده است. بر اساس شکل زیر همخوانی خوبی بین مقادیر شاخص لائزیرلر و عوامل رسوب گذاری وجود دارد بطوری که با افزایش مقادیر بی کربنات کلسیم و باقیمانده املاح، میزان رسوب گذاری افزایش پیدا کرده است. نکته قابل تأمل در شکل زیر وجود یک استثنا در سال ۱۳۷۲ در نمونه ای آب قنات چاشتخور می باشد، در این قنات با توجه به مقادیر زیاد TDS و HCO_3 مقدار شاخص لائزیرلر کمتر از موارد مشابه است. بررسی ها نشان داد که این به دلیل سرعت حرکت آب در این قنات می باشد، زیرا شاخص لائزیرلر فقط وقتی آب ساکن باشد از کرائی خوبی برخوردار است و در سرعت های بیشتر از صفر، دقت لازم را ندارد.

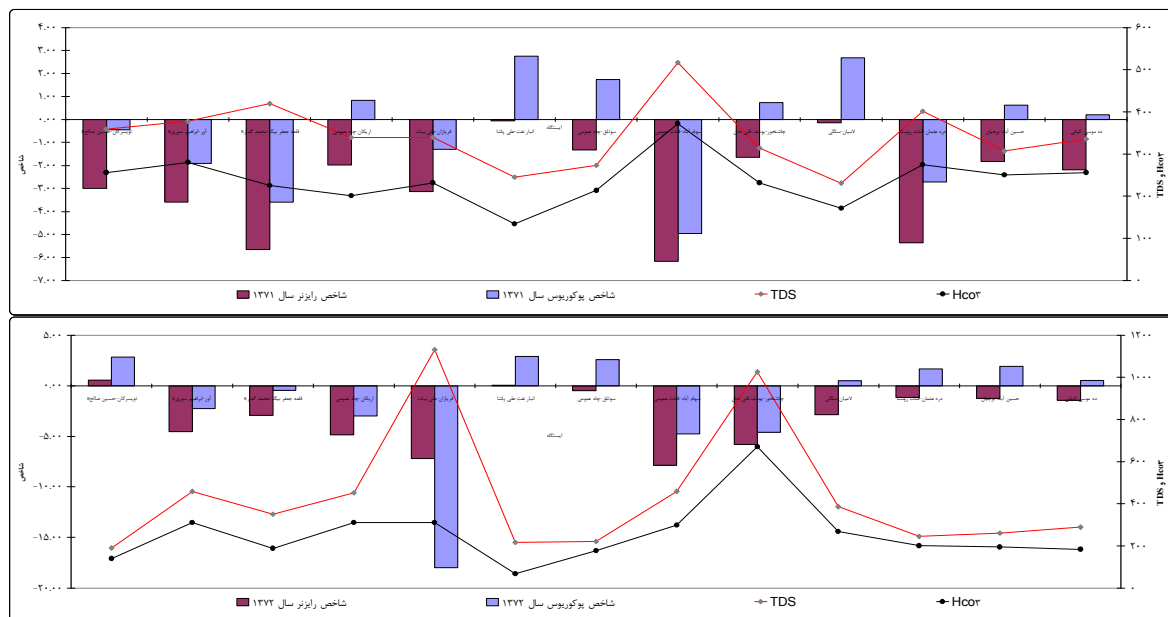


شکل ۱: مقادیر شاخص لائزیرلر در مقابل مقادیر HCO_3 و TDS

شکل ۲ نیز مقادیر شاخص های رایزنر و پوکوریوس را در مقابل TDS و HCO_3 در سال های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲ نشان می دهد. با توجه به شکل ذیل در بعضی از ایستگاه ها تفاوت جزئی بین مقادیر شاخص ها مشاهده می شود، در بررسی های اولیه مشخص شد که این تفاوت ناشی از بالا بودن مقدار PH در نمونه های آب مورد مطالعه است. زیرا آب در PH



بالا تر از ۸ یک حالت بافوری پیدا می‌کند، که در این حالت رابطه صحیحی با قلیائیت نداشته و لذا در این شرایط شاخص رایزنر از اعتبار بالایی برخوردار نمی‌باشد (شلدن، ۱۹۸۴). بر اساس محدوده‌های توصیفی کوبین (۲۰۰۰) آب بررسی شده در محدوده توصیفی رسوب‌گذاری بسیار زیاد قرار دارد که این رسوب‌گذاری عاملی منفی در ایجاد رسوب است، که کاهش سطح مقطع لوله‌های انتقال را در پی خواهد داشت. همچنین استفاده از این منابع در آبیاری قطره‌ای گرفتگی قطره‌چکان‌ها را در پی دارد. در مقابل خاصیت رسوب‌گذاری این منابع در سیستم‌های آبیاری بارانی بدلیل فشار زیاد کارکرد سیستم و همچنین بزرگ بودن قطر دهانه آبیاش‌ها تاثیر چندانی ندارد. لذا بدلیل پائین بودن مقادیر هدایت الکتریکی این منابع، استفاده از آنها برای آبیاری بارانی بلامانع است. شایان ذکر است که در صورت در نظر گرفتن تمحیداتی از قبیل اسد شوئی، استفاده از قطره‌چکان‌های خود شستشو شونده و مقاوم در برابر گرفتگی و همچنین استفاده از قطره‌چکان‌هایی با دبی زیاد از قبیل بابلر، می‌توان از این منابع در آبیاری قطره‌ای نیز استفاده نمود.



شکل ۲: مقادیر شاخص‌های رایزنر و یوکوریوس در مقابل مقادیر HCO_3 و TDS

بررسی تیپ و رخساره آب‌ها توسط نرم‌افزار Gww ver.1.10 انجام شد. نتایج حاصل از آن و کلاس نمونه‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به جدول زیر تمام نمونه‌ها در کلاس C_2S_1 قرار دارند که از نظر استفاده در کشاورزی مناسب می‌باشند. بررسی تیپ و رخساره آب‌ها موید این است که در سال ۱۳۷۱، ۱۰۰ درصد نمونه‌ها دارای تیپ بی‌کربنات کلسیم می‌باشند در حالی که در سال ۱۳۷۲، ۴۶ درصد نمونه‌ها دارای تیپ بی‌کربنات کلسیم، ۴۶ درصد دارای تیپ بی‌کربنات منیزیم و ۸ درصد دارای تیپ کلراید کلسیت می‌باشند. وجود بی‌کربنات + کلسیم و بی-کربنات منیزیم عاملی در ایجاد رسوب محسوب می‌شوند (نادری، ۱۳۸۵) که تیپ و رخساره نمونه‌ها مورد بررسی مؤید آن است.



تیپ آب		کلاس		SAR		Ec (mmoh/cm)		ایستگاه
۱۳۷۲	۱۳۷۱	۱۳۷۲	۱۳۷۱	۱۳۷۲	۱۳۷۱	۱۳۷۲	۱۳۷۱	
BCM	BCC	C2S1	C2S1	۰/۴۸	۰/۲۸	۴۷۵	۵۵۳	تویسرکان-حسین صالح
BCC	BCC	C2S1	C2S1	۰/۴۴	۰/۶۶	۲۹۳	۵۸۳	آور-ابراهیم سوری
BCM	BCC	C2S1	C2S1	۰/۲۳	۰/۵۲	۷۱۰	۶۴۴	قلعه جعفر بیگ
BCC	BCC	C2S1	C2S1	۰/۱۳	۰/۱۶	۵۳۰	۵۱۶	اریکان-چاه عمومی
BCM	BCC	C2S1	C2S1	۰/۹	۱	۶۹۵	۵۲۲	فریازان-علی بیات
BCC	BCC	C2S1	C2S1	۱/۹	۰/۱۴	۴۶۲	۳۳۷	انبار نفت-علی پاشا
CIC	BCC	C2S1	C2S1	۰/۶۲	۰/۲۱	۳۳۴	۴۲۰	سوتلق-چاه عمومی
BCC	BCC	C2S1	C2S1	۰/۱۷	۰/۹۱	۳۴۱	۷۹۶	سهم آباد-قنات عمومی
BCC	BCC	C2S1	C2S1	۰/۲۴	۰/۳۳	۴۰۷	۴۸۳	چاشتخور-یوسف قلی خان
BCM	BCC	C2S1	C2S1	۰/۸۵	۰/۱۶	۴۳۲	۳۵۵	لامیان-سلگی
BCM	BCC	C2S1	C2S1	۰/۱۶	۰/۳	۵۸۵	۶۱۷	دره عثمان-قنات روستا
BCM	BCC	C2S1	C2S1	۰/۵۸	۰/۳۲	۳۸۱	۴۷۳	حسین آباد-برجیان
BCC	BCC	C2S1	C2S1	۰/۳۷	۰/۴۶	۴۰۲	۵۱۶	ده موسی-کیانی

نتیجه‌گیری

بر اساس آنالیزهای شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌ها، منابع آب بررسی شده در محدوده توصیفی رسوبگذاری بسیار زیاد دارند، این رسوب‌گذاری عاملی منفی در ایجاد رسوب و کاهش سطح مقطع لوله‌های انتقال و گرفتگی قطره‌چکان‌ها است. علت رسوب‌گذاری شدید آبهای زیرزمینی دشت تویسرکان بدلیل تماس طولانی مدت این منابع با رسوبات آبرفتی دشت است که فرصت لازم جهت انحلال آنیونها و کاتیونها را مهیا می‌سازد. با توجه به بررسی انجام شده تمام نمونه‌ها در کلاس C₂S₁ قرار دارند که از نظر استفاده در کشاورزی مناسب می‌باشند. بررسی تیپ و رخساره آب‌ها مؤید این موضوع است، که در سال ۱۳۷۱، ۱۰۰ درصد نمونه‌ها دارای تیپ بی‌کربنات کلسیم می‌باشند در حالی که سال ۱۳۷۲، ۴۶ درصد نمونه‌ها دارای تیپ بی‌کربنات کلسیم، ۴۶ درصد دارای تیپ بی‌کربنات منیزیم و ۸ درصد دارای تیپ کلراید کلسیت می‌باشند. لذا با توجه به زبان‌های اقتصادی لازم است تا حد ممکن از رسوب‌گذاری در سیستم انتقال آب جلوگیری به عمل آید. بدین منظور استفاده از اسید سولفوریک و اسید سولفور در مواجهه با چنین شرایطی برای حفاظت سامانه انتقال، توزیع آب و سیستم‌های آبیاری لازم است.

منابع

- ۱- پاکشیر، م.، معلم، ع.، نظربلند، ع.ع. و عباسی، ش. ۱۳۸۳. محدودیت‌های شاخص‌های میزان خوردگی و رسوب‌گذاری آب در سیستم‌های صنعتی. فصل‌نامه آب و فاضلاب. شماره ۵۱. صص. ۶۵-۶۰.
- ۲- پورزمانی، ح و همکاران، ۱۳۸۴. بررسی کیفیت منابع آب شرب از نظر خورنده بودن در شهرک صنعتی اشترجان اصفهان همایش بهداشت محیط کشوری، دانشگاه علوم پزشکی تهران.
- ۳- تجریشی، م. ۱۳۷۹. نگرانی‌های کیفی منابع آب در کشور. دومین کنفرانس آسیایی مدیریت آب و فاضلاب. تهران
- ۴- جعفرزاده، ن.، سواری، ج.، حسنی، ا.ح. و شمس خرم‌آبادی، ق. ۱۳۸۷. تعیین خوردگی در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز با کاربرد شاخص (EPA) قانون سرب و مس. اولین همایش تخصص مهندسی محیط زیست. دانشکده محیط زیست. دانشگاه تهران.
- ۵- حسینیان، م. ۱۳۶۷. روش‌های تعیین کیفیت خوردگی و رسوب‌گذاری. اولین کنگره ملی خوردگی ایران. دانشکده فنی. دانشگاه تهران



- ۶- رضائی، پ. ۱۳۸۰. بررسی خوردگی و رسوبدهندگی آب آشامیدنی چاه‌های شهر رشت. فصل‌نامه آب و فاضلاب. شماره ۳۸. صص ۴۱-۴۵.
- ۷- زهتابیان، غ، رفیعی امام، ع، علوی پناه، ک، جعفری، م. ۱۳۸۲. بررسی کیفیت آب رودخانه جاجرود در ورامین، مجله بیابان، جلد ۸، شماره ۲.
- ۸- زراعی، ح، آخوندعلی، ع.م. ۱۳۸۵. بررسی کیفی منابع آب حوضه آبریز سد مخزنی و شبکه آبیاری و زهکشی ابوالعباس ۲. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، جلد سوم، دانشگاه شهید چمران.
- ۹- زارعی، ق، نخجوانی مقدم، م.م. و ذالفقاران، ا. ۱۳۸۵. بررسی علل گرفتگی قطره‌چکان‌ها در شرایط اقلیمی ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. وزارت نیرو. تهران.
- ۱۰- سواری، ج، جعفرزاده، ن، حسنی، ا.ح. و شمس خرم آبادی، ق. ۱۳۸۷. مقایسه تغییرات اندیس‌های خوردگی در شبکه توزیع آب آشامیدنی اهواز. دومین همایش تخصص مهندسی محیط زیست. دانشکده محیط زیست. دانشگاه تهران.
- ۱۱- علیزاده، ا. ۱۳۷۶. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. چاپ دوم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۵۰ صفحه.
- ۱۲- علیزاده، ا. و خیابانی، ح. ۱۳۷۵. آبیاری قطره‌ای، چاپ سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، صص ۲۷۵.
- ۱۳- کریم، م، تکدستان، ا، مسلم، ز، و جعفری گل، ف. ۱۳۸۷. بررسی خاصیت خوردگی و رسوب‌گذاری شبکه آبرسانی اهواز با استفاده از ضریب لانژیلر و رایزنر. دومین همایش تخصص مهندسی محیط زیست. دانشکده محیط زیست. دانشگاه تهران.
- ۱۴- محوی، ا. و اسلامی، ا. ۱۳۸۵. بررسی وضعیت کیفی منابع تامین و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر زنجان از نظر خوردگی و تشکیل رسوب در سال ۱۳۸۳، نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲۸، صص ۹۵-۹۰.
- ۱۵- نادری، ن. ۱۳۸۵. سنجش تاثیر کیفیت آب بر کارایی سیستم خرد آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. وزارت نیرو. تهران.
- ۱۶- نجفی‌مود، م.ح. منتظر، ع.ا. و بهدانی، م.ع. ۱۳۸۶. ارزیابی تعدادی از طرح‌های آبیاری تحت فشار اجرا شده در خراسان جنوبی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد چهاردهم، شماره اول، فروردین-اردیبهشت ۱۳۸۶. صص ۲۴-۱۱.
- ۱۷- نیک‌پور، ب، نوشادی، م، مرتضوی، م.ص. و یوسفی، ذ. ۱۳۸۵. بررسی کیفیت آب شرب شهر بهشهر از نظر شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری. اولین همایش تخصص مهندسی محیط زیست. دانشکده محیط زیست. دانشگاه تهران.
- ۱۸- یزدانی، و. و نحوی‌نیا، م.ج. ۱۳۸۸. امکان‌سنجی استفاده از آب‌های زیرزمینی دشت‌های خراسان در سیستم‌های آبیاری. پنجمین همایش علمی - پژوهشی دانشجویان علوم کشاورزی و منابع طبیعی سراسر کشور. اردیبهشت ۱۳۸۸.
- 19- American Society for testing and Materials. 1995. Annual book of ASTM standard. Water and environmental technology. Public Editor. Vol. 1102. Philadelphia.
- 20- Al-Rawajfeh, A.E. and Al-Shamaileh E.M. 2007. Assessment of tap water resources quality and its potential of scale formation and corrosivity in Tafila Province, South Jordan. Desalination J. 206(1-3): 322-332.
- 21- Kehew, A.E., 2001. Applied Chemical Hydrogeology. Prentice-Hall, Inc, 368p.
- 22- Kevin, R. 2000, Scaling in geothermal heat pump systems, PP 11-15.
- 23- Nakayama, F.S. and Bucks, D.A. 1991. Water quality in drip, trickle irrigation: A review. J. Irri. Drain. Eng. 12(4): 187-192.
- 24- Puchorius, P.R. and Broke, J.M. 1991. A new practical index for calcium carbonate scale prediction in cooling tower system. Corrosion. 47(4):280-284.
- 25- Shelden and Pukorious .(1984). Cooling Water Treatment for Control of Scaling Fouling Corrosion. Power pup.
- 26- You, S.H., Tseng, D.H. and Guo, G.L. 2001. A case study on the wastewater reclamation and reuse in the semiconductor industry Resources. Conservation and Recycling J. 32(1): 73-81.