

ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی استان گیلان برای مصارف کشاورزی و صنعت

سلمان بامداد ماچیان^۱، محمدرضا خالدیان^{۲*}، مجتبی رضایی^۳، خسرو تاجداری^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۰

چکیده

منابع آب‌های زیرزمینی یکی از منابع اصلی تأمین آب شیرین در جهان هستند. استخراج آب‌های زیرزمینی در شمال ایران در سال‌های اخیر به منظور تأمین نیاز آبی بخش‌های کشاورزی و صنعت با توجه به محدودیت منابع آب سطحی، افزایش یافته است. هدف از این پژوهش ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی استان گیلان در چهار منطقه لاهیجان، آستانه، تالش و فومنات، برای استفاده‌های مختلف از جمله کشاورزی و صنعت است. در این مقاله از شاخص‌های لانتزیر، رایزنر و پوکوریوس هم‌چنین روش طبقه‌بندی ویل کاکس به منظور بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه استفاده شده است. با توجه به شاخص لانتزیر آب‌های زیرزمینی منطقه روند خاصی ندارند و بعضی از سال‌ها رسوب‌گذارند و در بعضی از سال‌ها تمایل به رسوب ندارند به طوری که ۸۵/۶۱، ۵۵/۴ و ۳۹/۵۴ درصد چاه‌های منطقه به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۳ و ۱۳۸۸ تمایل کم به رسوب‌گذاری داشتند. از نظر شاخص‌های رایزنر و پوکوریوس اکثر نمونه‌های مورد مطالعه خورنده بودند. از نظر شاخص رایزنر در سال‌های ۸۱، ۸۳ و ۸۸ به ترتیب ۸۴/۱۷، ۹۷/۱۲ و ۹۸/۴۵ درصد از نمونه‌ها خورنده بودند. از نظر روش طبقه‌بندی ویل کاکس آب‌های زیرزمینی منطقه اکثراً در گروه‌های خوب و متوسط قرار گرفته و هیچ محدودیتی از نظر استفاده در بخش کشاورزی ندارند.

واژه‌های کلیدی: شاخص پوکوریوس، شاخص رایزنر، شاخص لانتزیر، طبقه‌بندی ویل کاکس، کیفیت آب

مقدمه

است. افزایش جمعیت و در نتیجه آن افزایش بهره‌برداری از این منابع ارزشمند باعث شده است که نه تنها کمیت منابع آب زیرزمینی کاهش یابد، بلکه کیفیت این منابع نیز کاهش یابد. آب‌های زیرزمینی به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده آب با چالش‌های متفاوت مانند کاهش سطح، کاهش نرخ بارندگی و ورود آلاینده‌های طبیعی و غیرطبیعی روبه‌رو می‌باشند (شعبانی، ۱۳۸۸). کیفیت آب‌های زیرزمینی که بر اساس مقدار و نوع مواد تشکیل‌دهنده شیمیایی، زیستی، مواد رسوبی و درجه‌ی رسوب‌گذاری و خوردگی آن تعیین می‌گردد، از اهمیتی ویژه در تعیین مناسب بودن آن برای مصارف خاص برخوردار است (تجربشی، ۱۳۷۹). اثرات خوردگی و رسوب‌گذاری در سامانه آبرسانی می‌تواند سبب افزایش هزینه‌های بهره‌برداری و هم‌چنین ایجاد اثرات خطرناک برای سلامتی انسان گردد (یزدانی و انصاری، ۱۳۸۸). کیفیت آب‌های زیرزمینی همچون آب سطحی دائماً در حال تغییر است (مهدوی، ۱۳۸۴). زیرا آب‌های زیرزمینی به دلیل ارتباطات هیدروژئولوژی با دیگر منابع آبی همواره در معرض آلودگی یا روند تخریبی هستند (رضائی، ۱۳۸۰؛ معاضد و حنیف‌لو، ۱۳۸۵). شناخت آب از نظر کیفیت، کمیت و چگونگی حصول آن قدمی اساسی برای بهینه‌سازی مصرف است (Roux et al, 2007). آب‌های آلوده در آبیاری مزارع به لحاظ ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی متفاوت، تأثیرات گوناگونی در خاک‌های کشاورزی ایجاد

آب‌های زیرزمینی منبع عمده تأمین آب شیرین در بسیاری از مناطق دنیا به‌ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک مانند ایران هستند (صفوی، ۱۳۸۵). آب‌های زیرزمینی در ایران نقش بسیار مهمی در توسعه و اقتصاد کشور دارند. در حال حاضر برداشت آب زیرزمینی کشور بالغ بر ۷۹ میلیارد مترمکعب می‌باشد که بیش از ۹۰ درصد آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۹). آمارها نشان می‌دهد که بدون در نظر گرفتن چاه‌هایی که در دوره‌های خشکسالی حفر شده است، تعداد و میزان برداشت آب از چاه‌های استان گیلان طی ده سال منتهی به ۱۳۸۶ به ترتیب رشدی معادل ۷۰ و ۳۰ درصد داشته‌اند (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹). امروزه آب زیرزمینی در اکثر مناطق جهان از اهمیت بسیار بالایی در تأمین آب شیرین برخوردار

- ۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
 - ۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت
 - ۳- پژوهشگر موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت
 - ۴- کارشناس ارشد بخش مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای گیلان، رشت
- (* نویسنده مسئول: (Email: Khaledian@guilan.ac.ir

رایزنر خوردنگی نسبی و از نظر شاخص لانتزیلر از رسوب‌گذاری شدید برخوردار می‌باشد. پوکوریوس و بروک (Puckorius and Broke, 1991) برای تشخیص رسوب‌گذاری و خوردنگی ناشی از کربنات کلسیم در صنایع خنک کننده آب شاخص پوکوریوس را در تعیین حد آستانه رسوب‌گذاری در آب‌های بازیافت شده برای صنایع مناسب اعلام کردند. یزدانی و همکاران (۱۳۸۸) با انجام پژوهشی بیان کردند که بر اساس شاخص رایزنر، ۹۵/۷ درصد از نمونه‌های آب چاه تمایل به رسوب‌گذاری دارند در حالی که بر اساس شاخص پوکوریوس در ۵۳/۲ درصد از نمونه‌ها مقدار نمایه‌ی پوکوریوس کم‌تر از شش بوده که در این حالت نمونه‌ی آب دارای توان رسوب‌گذاری می‌باشد.

با توجه به افزایش روزافزون استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی در استان گیلان و عدم انجام تحقیقات کافی روی کیفیت آب‌های زیرزمینی و بروز کم‌آبی‌های متعدد در چند سال گذشته، انجام این تحقیق ضروری است. هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی کیفیت آب دشت گیلان از لحاظ خوردنگی و رسوب‌گذاری براساس شاخص‌های کیفی برای استفاده در صنعت و کشاورزی به‌خصوص در آبیاری قطره‌ای می‌باشد. همچنین از شاخص ویل‌کاکس برای بررسی آب‌های زیرزمینی منطقه برای تعیین محدودیت استفاده از این منابع در کشاورزی استفاده شده است.

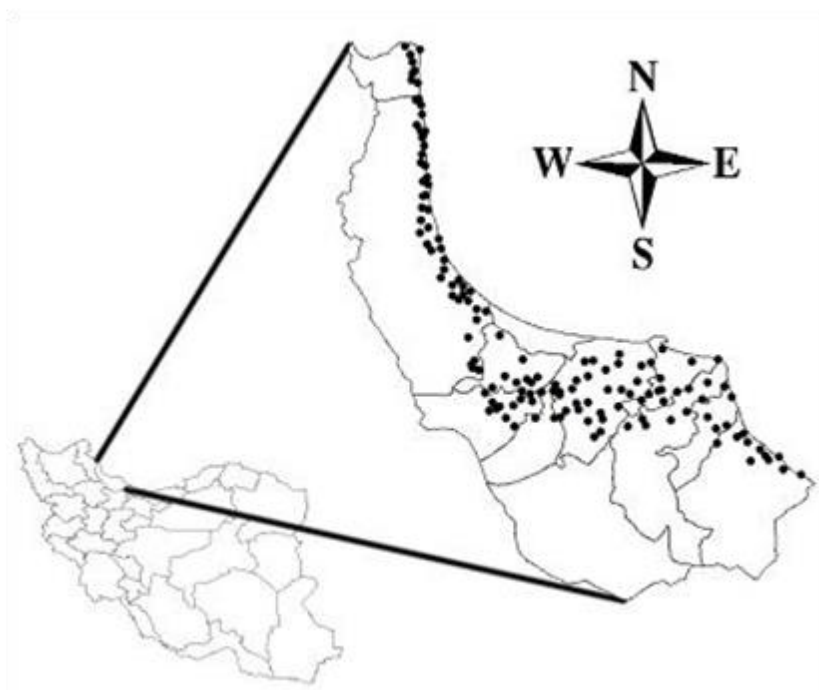
مواد و روش‌ها

استان گیلان با مساحت ۱۴۷۰۹ کیلومتر مربع در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه پهنا‌ی شمالی و ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی قرار دارد که از شمال به دریای خزر و از جنوب به رشته کوه البرز محدود شده است (دماوندی و همکاران، ۱۳۸۵)، که در شکل ۱ نشان داده شده است. به منظور بررسی کیفی آب‌های زیرزمینی نمونه‌برداری آب از ۱۳۰ حلقه چاه نیمه‌عمیق و عمیق در محدوده‌های تالش، آستانه-کوجصفهان، فومنات و لاهیجان-چابکسر در استان گیلان، از نیمه‌ی دوم سال ۱۳۸۱ تا نیمه‌ی اول سال ۱۳۸۸، هر شش ماه یک‌بار (یک‌بار در شهریور ماه و یک‌بار در اسفندماه)، انجام شد. برای نمونه‌برداری از آب چاه ابتدا پمپ برای حدود پنج دقیقه کار می‌کرد تا آب موجود در سفره آب زیرزمینی به داخل چاه وارد شود و سپس نمونه آب برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل می‌شد. مختصات UTM چاه نیز برداشت می‌شد. پارامترهای شیمیایی آب در آزمایشگاه شرکت آب منطقه‌ای گیلان تعیین می‌شد. این چاه‌ها مجموعه شبکه پایش کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی شرکت آب منطقه‌ای استان گیلان را تشکیل می‌دهند و طبق تقسیم‌بندی شرکت آب منطقه‌ای، استان گیلان به چهار منطقه با مرکزیت آستانه، تالش، فومنات و لاهیجان تقسیم می‌شود (مهندسين مشاور کنکاش عمران، ۱۳۸۸).

می‌کنند (Almeida et al, 2007; Kumar and Ramantandan, 2007). بحث کیفیت آب آبیاری را برای نخستین بار هیلگارد در سال ۱۹۰۶ مطرح نمود و طبقه‌بندی آب را بر اساس میزان مواد تشکیل دهنده‌ی آن پیشنهاد داد. این مساله به‌وسیله‌ی کلی و براون در سال ۱۹۳۹ نیز دنبال گردید تا این که تایلر در سال ۱۹۵۰ معادله‌ای را برای طبقه‌بندی آب پیشنهاد کرد و مساله‌ی کیفیت (خوردنگی و رسوب‌گذاری) آب را بیان کرد (Ayers and Westcot, 1985). تا کنون شاخص‌های متفاوتی برای تعیین کیفیت آب ارائه شده است از جمله: شاخص رایزنر، شاخص لانتزیلر و شاخص پوکوریوس.

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. تجربی (۱۳۷۹) نیز بیان داشت که مطالعه کیفی آب به‌واسطه سرمایه‌گذاری‌های عظیم چند سال اخیر در بخش منابع آب کشور لازم است. با توجه به بررسی انجام شده در سطح آب‌های زیرزمینی دشت بهار تمایل به رسوب‌گذاری و خوردنگی در آن با غالبیت رسوب‌گذاری وجود دارد (یزدانی و انصاری، ۱۳۸۸). دماوندی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی تحت عنوان بررسی تغییرات کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی استان زنجان به این نتیجه رسیدند که ۴۴ درصد آب‌های زیرزمینی مناسب برای کشاورزی و شرب بوده و ۴۸ درصد دارای کیفیت متوسط و تنها یک درصد در کلاس نامناسب قرار دارند. معاضد و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که در رودخانه هلیل‌رود در استان کرمان میانگین اندازه‌گیری‌ها برای شاخص لانتزیلر در تمام طول دوره برابر ۰/۳۷ و برای شاخص رایزنر ۶/۸۲ بوده که نشان از رسوب‌گذار بودن و خورنده بودن آب رودخانه هلیل‌رود است. شعبانی (۱۳۸۸) با بررسی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت ارسنجان نشان داد که ۶۶/۱۴ درصد نمونه‌های آب زیرزمینی برداشت شده از منطقه برای استفاده در کشاورزی دارای کیفیت قابل قبول و ۳/۶۵ درصد دارای کیفیت بد می‌باشد. محوی و اسلامی (۱۳۸۵) با مطالعه وضعیت خوردنگی و تشکیل رسوب مخازن ذخیره و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر زنجان بر اساس شاخص لانتزیلر و رایزنر به این نتیجه رسیدند که ۵۳/۵۱ درصد از نمونه‌ها خورنده و ۷/۴۵ درصد نیز رسوب‌گذارند. الرواجفه و همکاران (Al-Rawajfeh et al., 2005)، در مطالعه‌ی تشکیل رسوب را در صنایع تقطیری آب دریا به مقدار بسیار زیادی وابسته به سرعت آزاد شدن گاز کربنیک، دما و pH آب دانسته و شاخص‌های رایزنر و لانتزیلر را برای ارزیابی کیفی دانستند.

در مطالعه‌ی رضانی (۱۳۸۰) با بررسی خوردنگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی چاه‌های شهر رشت، عملیات کلرزی، فلوکولاسیون و عملیات به‌سازی آب در تصفیه‌خانه روی آب چاه امام‌زاده هاشم را سبب تغییر کیفیت آب و خوردنگی آن دانست. نیک‌پور و همکاران (۱۳۸۵) بیان داشتند که آب‌های زیرزمینی به‌شهر از نظر شاخص



شکل ۱- نقشه استان گیلان بر اساس مختصات UTM و موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری

آب‌های خیلی خوب در گروه C₁S₁ قرار می‌گیرند؛ آب‌های خوب در گروه C₂S₂، C₁S₂ و C₂S₁؛ آب‌های متوسط در کلاس C₃S₁، C₃S₂، C₂S₃ و C₁S₃ قرار گرفته و بقیه آب‌ها نامناسبند. خورندگی و رسوب‌گذاری آب یکی از مشکلات کیفی آن می‌باشد که بر شبکه‌ی توزیع تأثیر به‌سزایی دارد. روش‌های متفاوتی برای پیش‌بینی رسوب‌گذاری و یا تمایل به ایجاد خورندگی وجود دارد. این روش‌ها معمولاً بر مبنای تعادلات شیمیایی بنا شده و تنها می‌توانند بیانگر نتیجه بوده و واکنش‌های شیمیایی انجام شده را بررسی نمی‌کنند. در سال ۱۹۶۳ لانتزلیر حلالیت کربنات کلسیم را به چند متغیر مؤثر در انحلال مربوط کرد. در این روش با تعریف فراسنجی موسوم به نمایه‌ی اشباع، می‌توان از تمایل رسوب‌گذاری یا خورندگی آب مورد نظر به‌گونه‌ی کیفی اطلاع یافت. تأکید می‌شود که نمایه‌ی لانتزلیر یا نمایه‌ی رسوب تنها شناساگر کیفی تمایل به رسوب‌گذاری یا خورندگی است و مقدار کمیت رسوب ایجاد شده و یا خورده شده را تعیین نمی‌کند. خورندگی آب نیز بر اثر وجود گاز دی‌اکسیدکربن، سولفات و ... در آن است. وجود گاز دی‌اکسیدکربن به مقدار کم در آب ضروریست، ولی افزایش آن سبب می‌شود که پس از تشکیل اسیدکربنیک درجه‌ی اسیدی آب افزایش و خاصیت خورندگی پیدا کند. عامل‌های مؤثر در خورندگی آب عبارتند از: غلظت اکسیژن محلول در آب، pH، دما، سرعت آب، سولفات و کلر باقی‌مانده و ... در این تحقیق برای بررسی‌های شیمیایی نمونه‌ی آب در سنجش

به‌طور کلی کیفیت آب زیرزمینی به دو عامل بستگی دارد: منشأ آب زیرزمینی (آب رودخانه یا آب بارندگی) و واکنش‌های شیمیایی بین آب و محیطی که آب در آن جریان دارد. معمولاً برای تعیین مناسب بودن کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف مختلف، پس از نمونه‌گیری، آزمایشات تجزیه شیمیایی روی نمونه‌ها انجام شده و با مقایسه نتایج با مقادیر استاندارد، کیفیت آب برای هر نوع مصرف مشخص می‌گردد (صفوی، ۱۳۸۵). مهم‌ترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی شوری و مقدار سدیم موجود در آن می‌باشد، زیرا این دو نه تنها در رشد گیاه مؤثرند، بلکه درجه تناسب آب از نظر آبیاری و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک را مشخص می‌سازند. شوری با معیار هدایت الکتریکی (EC) و سدیم با معیار نسبت جذبی سدیم (SAR) سنجیده می‌شود. نسبت جذبی سدیم با توجه به غلظت سدیم، کلسیم و منیزیم و کاربرد رابطه نسبت جذبی سدیم محاسبه شد. از ترکیب توام شوری و سدیم توسط آزمایشگاه شوری خاک آمریکا روشی با کاربرد وسیع برای طبقه‌بندی آب‌های آبیاری ارائه شده است، که در آن از معیار هدایت الکتریکی برای شوری آب و از معیار نسبت جذب سدیم برای قلیائیت استفاده شده است. در این روش از دو نمایه شوری (C) و قلیائیت (S) در چهار گروه و از ترکیب دو نمایه فوق‌شانزده طبقه آب حاصل می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۹). مقادیر ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب نشان‌دهنده میزان کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد این دو نمایه می‌باشند. براساس طبقه‌بندی ویل‌کاکس

آسان می‌باشد (بانژاد و محب‌زاده، ۱۳۹۱) و با توجه به نتایج مطالعه‌ی رضایی و همکاران (۱۳۸۹) که در منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است روش ساده IDW نتایج مشابه و یا حتی بهتری نسبت به کریجینگ ارائه می‌دهد. نتایج به‌دست آمده از تحقیقات گذشته کارایی روش IDW را در پاره‌ای از درون یابی‌ها و تجزیه و تحلیل مسایل آب‌های زیرزمینی به اثبات رسانیده است. سان و همکاران در ارزیابی روش‌های درون‌یابی برای تغییرات مکانی عمق سفره‌های آب زیرزمینی در شمال چین نشان دادند روش وزن دادن عکس فاصله در مقایسه با روش‌های کریجینگ ساده و عام برتر و دقیق‌تر بود (Sun et al., 2009). تقی زاده مهرجردی و همکاران در ارزیابی تغییرات مکانی آب‌های زیرزمینی نشان دادند روش وزن دادن عکس فاصله شباهت زیادی به کریجینگ معمولی دارد (Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2008). بنابراین در این مطالعه از روش IDW استفاده شد.

نتایج و بحث

مقادیر میانگین شاخص لائزیلر (LSI) در ۱۳۰ حلقه چاه و در محدوده‌های تالش، فومنات، آستانه و لاهیجان از نیمه‌ی دوم سال ۱۳۸۱ تا نیمه‌ی اول سال ۱۳۸۸ به‌صورت هر شش ماه یک‌بار در شکل (۲) آمده است که نشان‌دهنده‌ی این است که تغییرات این شاخص از روند افزایشی و یا کاهش‌ی خاصی پیروی نکرده و نوسانات مختلف پیدا کرده است. نکته دیگری که مشهود است این است که محدوده آستانه بالاترین میزان شاخص لائزیلر را داراست و در تمام سال‌ها آب این منطقه رسوب‌گذار بوده است. بعد از آستانه، لاهیجان، فومنات و تالش قرار دارند که تالش کم‌ترین مقادیر را در اکثر سال‌ها داراست.

تمایل به رسوب‌گذاری یا خوردگی از شاخص لائزیلر (LSI)، رایزنر (RSI) و پوکوریوس (POR) استفاده شده است، که در معادلات به- ترتیب ۱ تا ۳ آمده‌اند.

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

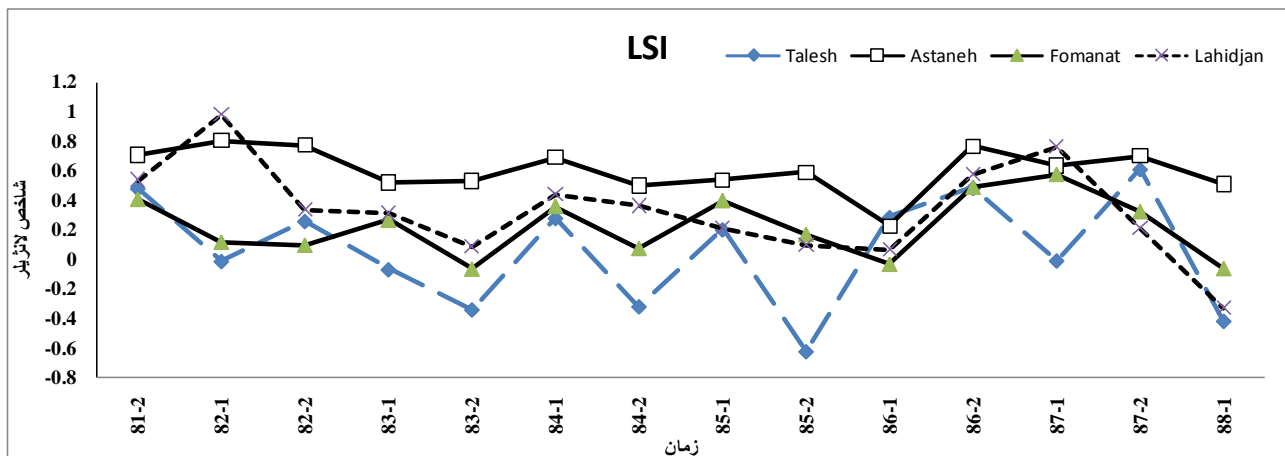
$$RSI = 2(pH_c) - pH \quad (2)$$

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

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

در معادله‌های فوق pH اسیدیته اندازه‌گیری شده آب، pH_c اسیدیته اصلاح شده، SAR نسبت جذبی سدیم، Ca, Mg, Na, K ، CO_3 و HCO_3 به ترتیب غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کربنات و بی‌کربنات می‌باشد. برای به‌دست آوردن مؤلفه‌های رابطه pH_c به کمک جدول راهنما (علیزاده، ۱۳۷۶)، در محیط نرم افزار اکسل، شکل‌های مرجع رسم شدند و با برآزش دادن شکل، معادله‌های مختلف با ضریب R^2 بالا به‌دست آمدند. سپس مقادیر شاخص‌ها به کمک روابط بالا محاسبه گردیدند. اگر $pH < pH_c$ باشد آب دارای شاخص منفی بوده و باعث حل شدن کربنات کلسیم خواهد شد و از لحاظ رسوب‌گذاری مشکل ساز نیست. اگر $pH > pH_c$ باشد، شاخص لائزیلر مثبت بوده و آب از کربنات کلسیم اشباع خواهد بود که در این حالت رسوب‌گذار است. در شاخص‌های رایزنر و پوکوریوس، آب هنگامی خورنده است که مقدار این دو نمایه از شش تجاوز کند و اگر این مقدار کم‌تر از شش باشد رسوب‌گذار است.

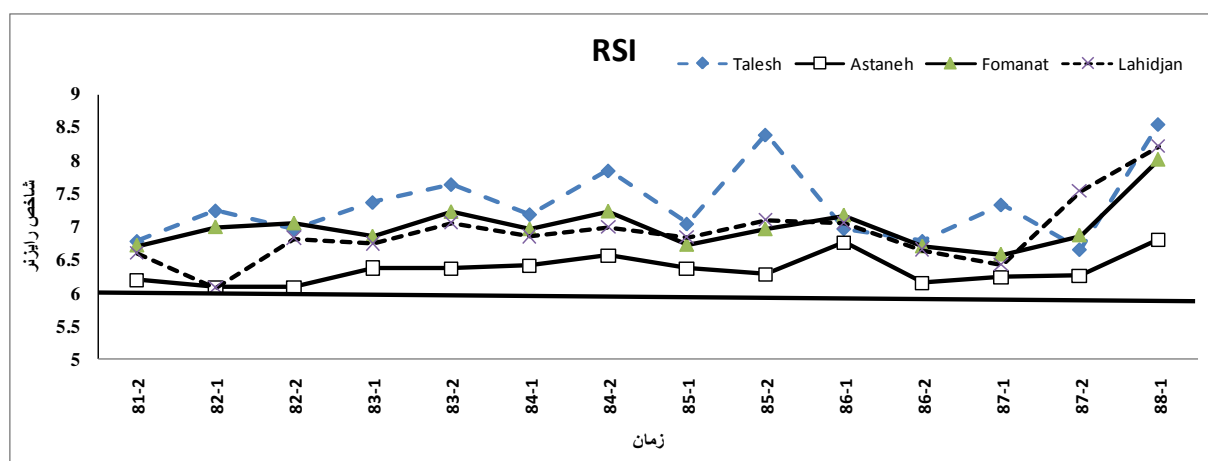
پس از تعیین مقادیر شاخص‌های کیفی آب در منطقه مورد مطالعه برای کاربردی کردن نتایج اقدام به پهنه‌بندی کیفی منابع آب زیرزمینی براساس شاخص‌های مورد استفاده شد تا تصویری مناسب از وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی حاصل شود. پهنه‌بندی با استفاده از روش درون‌یابی IDW و با استفاده از نرم افزار ArcGIS 9.3 انجام شد. نحوه محاسبه روش IDW سریع و تفسیر نتایج حاصل از آن نیز



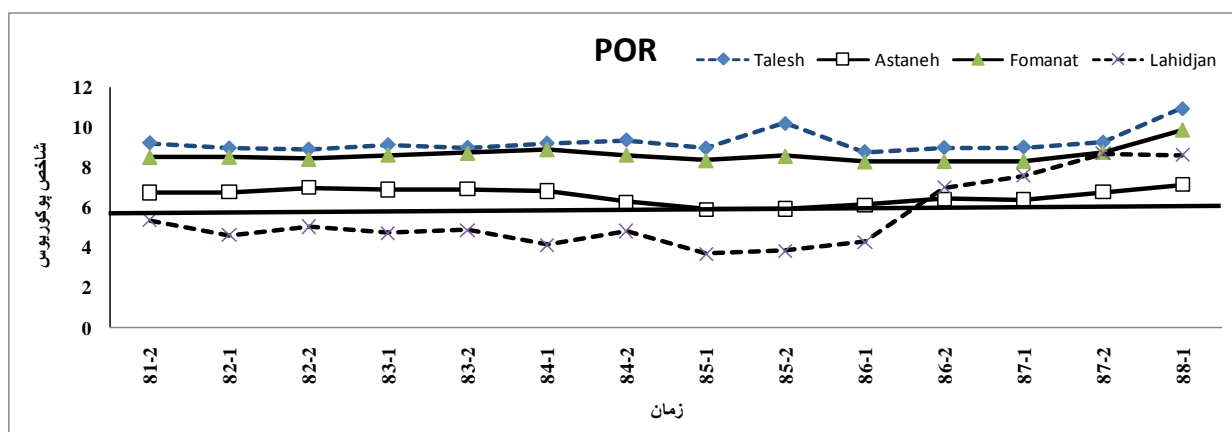
شکل ۲- روند تغییرات شاخص لائزیلر (LSI) در محدوده‌های مختلف استان گیلان از نیمه‌ی دوم سال ۸۱ تا نیمه‌ی اول سال ۸۸ به‌صورت هر ۶ ماه یک‌بار (عدد بعد از سال، ۱: شهریور و ۲: اسفند)

رسوب گذاری کم و در سال ۲-۸۷ رسوب گذاری متوسط بود. روند تغییرات میانگین مقادیر شاخص رایزنر در محدوده های مختلف استان گیلان از نیمه ی دوم سال ۸۱ تا نیمه ی اول سال ۸۸ در شکل (۳) آمده که این شاخص هم مثل شاخص لانژیلر از روند خاصی پیروی نمی کند. تقریباً در تمامی مناطق استان گیلان آب های زیرزمینی با توجه به شاخص رایزنر خورنده می باشند. بنابراین در استفاده از این منابع در صنعت و کشاورزی به خصوص در سیستم های آبیاری تحت فشار می بایست تمهیدات لازم در نظر گرفته شود تا کم ترین آسیب به لوله ها و اتصالات فلزی وارد شود. نکته ی قابل توجه در شکل (۳) این است که مقدار شاخص رایزنر در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال های قبل افزایش نسبی پیدا کرده که لزوم بررسی های بعدی را مشخص می کند.

کوبین برای شاخص لانژیلر پنج سطح توصیفی رسوب گذار شامل: عدم رسوب گذاری (کم تر از صفر)، رسوب گذاری کم (۰/۵-۰)، رسوب گذاری متوسط (۰/۵-۱)، رسوب گذاری زیاد (۱-۲) و رسوب گذاری خیلی زیاد (مقادیر بیش تر از ۲) در نظر گرفته است (Kevin, 2000). طبق این طبقه بندی برای محدوده آستانه به جز سال ۱-۸۶، آب زیرزمینی منطقه رسوب گذاری متوسط داشته و در سال ۱-۸۶ دارای رسوب گذاری کم بود. در محدوده لاهیجان به جز سال ۱-۸۸ که رسوب گذار نبود و سال های ۱-۸۷، ۲-۸۶ و ۱-۸۲ که رسوب گذاری متوسط بود، در مابقی سال ها رسوب گذاری کم بود. در محدوده فومنات نیز در سال های ۲-۸۳، ۱-۸۶ و ۱-۸۸ عدم رسوب گذاری مشاهده شد و مابقی سال ها رسوب گذاری کم بود. نهایتاً در محدوده تالش در سال های ۱-۸۲، ۱-۸۳، ۲-۸۳، ۲-۸۴، ۲-۸۵ و ۱-۸۷ و ۱-۸۸ عدم رسوب گذاری مشخص است و در سایر سال ها



شکل ۳- روند تغییرات شاخص رایزنر (RSI) در محدوده های مختلف استان گیلان از نیمه ی دوم سال ۸۱ تا نیمه ی اول سال ۸۸ به صورت هر ۶ ماه یکبار (عدد بعد از سال، ۱: شهریور و ۲: اسفند)



شکل ۴- روند تغییرات شاخص پوکوریوس (POR) در محدوده های مختلف استان گیلان از نیمه ی دوم سال ۸۱ تا نیمه ی اول سال ۸۸ به صورت هر ۶ ماه یکبار (عدد بعد از سال، ۱: شهریور و ۲: اسفند)

نظر مصرف در بخش کشاورزی هیچ محدودیتی ندارند. جدول ۳ نشان‌دهنده‌ی این است که آب‌های زیرزمینی محدوده‌ی فومنات بیش‌تر در گروه‌های خوب و متوسط قرار گرفته‌اند، بنابراین آب‌های این محدوده از نظر کشاورزی محدودیت شدیدی ندارند. با توجه به جدول ۴ بیش‌تر نمونه‌های محدوده لاهیجان در گروه‌های متوسط و خوب قرار گرفته‌اند و بعد از آن‌ها گروه‌های بد و عالی به‌ترتیب قرار می‌گیرند. در نتیجه آب‌های زیرزمینی محدوده‌ی لاهیجان نیز از نظر مصارف کشاورزی محدودیتی ندارند. با توجه به نتایج بالا به‌طور کلی آب‌های زیرزمینی استان گیلان از نظر طبقه‌بندی ویل کاکس، محدودیتی برای استفاده در بخش کشاورزی ندارند و بین این ۴ محدوده‌ی مشخص شده نیز محدوده‌ی تالش وضعیت بهتری نسبت به سایر محدوده‌ها دارد.

جدول ۱- طبقه‌بندی ویل کاکس چاه‌های آب بر حسب درصد در

محدوده‌ی آستانه از سال ۸۱ تا ۸۸				
سال	عالی	خوب	متوسط	بد
۸۱-۲	۰	۴/۵۵	۹۵/۴۵	۰
۸۲-۱	۰	۰	۱۰۰	۰
۸۲-۲	۰	۱۱	۸۹	۰
۸۳-۱	۰	۴/۵۵	۹۵/۴۵	۰
۸۳-۲	۰	۴/۵۵	۹۵/۴۵	۰
۸۴-۱	۰	۰	۱۰۰	۰
۸۴-۲	۰	۰	۹۵/۲۴	۴/۷۶
۸۵-۱	۰	۰	۱۰۰	۰
۸۵-۲	۰	۰	۹۵/۴۵	۴/۵۵
۸۶-۱	۰	۰	۱۰۰	۰
۸۶-۲	۰	۴/۵۵	۹۵/۴۵	۰
۸۷-۱	۰	۰	۱۰۰	۰
۸۷-۲	۰	۱۱	۸۹	۰
۸۸-۱	۰	۰	۱۰۰	۰

در دشت تالش اکثراً رسوبات تحت تأثیر رسوبات آبرفتی مخروط افکنه‌ای ناشی از فعالیت رودخانه‌های پرشیب و آبدار منطقه نظیر رودخانه‌های چلونه، حویق، کرگانرود، ناورود، دیناچال و شفارود شکل گرفته است. این رسوبات مخروط افکنه‌ای برخلاف رسوبات ریزدانه حاوی آب شیرین و با کیفیت مناسب هستند و هیچ‌گونه محدودیتی برای استفاده در کشاورزی ندارند. به‌دلیل فاصله کم سرچشمه این رودخانه‌ها تا دریا فرصت ورود آلودگی به آن‌ها کم است از طرفی اکثراً تغذیه آب‌های زیرزمینی از طریق آب‌های سطحی با کیفیت مناسب صورت می‌گیرد لذا کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه نیز مناسب است (مهندسین مشاور کنکاش عمران، ۱۳۸۸). به‌طور کلی

کوبین (Kevin, 2000) برای شاخص رایزنر هفت سطح توصیفی شامل: رسوب‌گذاری شدید (>۴)، رسوب‌گذاری زیاد (۴-۵)، رسوب‌گذاری متوسط (۵-۶)، رسوب‌گذاری کم و خوردگی کم (۶-۷)، خوردگی متوسط (۷-۷/۵)، خوردگی زیاد (۹-۷/۵) و خوردگی شدید (>۹) قائل شد. طبق این طبقه‌بندی در محدوده تالش در سال‌های ۸۱-۲، ۸۲-۲، ۸۶-۱، ۸۶-۲ و ۸۷-۲ آب خوردگی کم و سال‌های ۸۳-۱، ۸۴-۱، ۸۵-۱ و ۸۷-۱ خوردگی متوسط و مابقی سال‌ها خوردگی زیاد دارند. در محدوده آستانه در تمام سال‌ها خوردگی کم و در محدوده فومنات در سال‌های ۸۲-۲، ۸۳-۲، ۸۴-۱، ۸۴-۲، ۸۶-۱ خوردگی متوسط و سال ۸۸-۱ خوردگی زیاد و مابقی سال‌ها خوردگی کم داشتند. در محدوده لاهیجان در سال‌های ۸۳-۲، ۸۴-۱ و ۸۵-۲ خوردگی آب متوسط و سال ۸۸-۱ و ۸۷-۲ خوردگی آب زیاد و مابقی سال‌ها خوردگی آب کم بود.

در شکل (۴) روند تغییرات شاخص پوکوریوس از نیمه‌ی دوم سال ۱۳۸۱ تا نیمه‌ی اول سال ۱۳۸۸ در محدوده‌های مختلف استان گیلان نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در محدوده‌های فومنات و تالش در تمام سال‌ها مقدار شاخص پوکوریوس از شش بیش‌تر بوده و در نتیجه آب خورنده است. اما در محدوده آستانه در سال‌های ۸۵-۱ و ۸۵-۲ آب رسوب‌گذار و مابقی سال‌ها خورنده می‌باشد. هم‌چنین در محدوده لاهیجان در سال‌های ۸۶-۲، ۸۷-۱، ۸۷-۲ و ۸۸-۱ مقدار شاخص پوکوریوس از سال‌های قبل بیش‌تر شده و یک روند افزایشی داشته است، به‌طوری که در این سال‌ها خورنده بوده و مابقی سال‌ها آب رسوب‌گذار است. مقادیر تعداد چاه‌های هر محدوده بر حسب درصد در گروه‌های مختلف طبقه‌بندی ویل کاکس و در سال‌های مختلف در جداول زیر آمده است. جدول‌های ۱ تا ۴ به‌ترتیب نشان‌دهنده‌ی مقادیر تعداد چاه‌ها بر حسب درصد و بر اساس طبقه‌بندی ویل کاکس برای مناطق تالش، آستانه، فومنات و لاهیجان می‌باشند.

از جدول ۱ می‌توان به این نتیجه رسید که اکثر نمونه‌های محدوده‌ی آستانه در گروه متوسط قرار دارند و گروه‌های خوب و بد در سال‌های مختلف مقادیر کمی را به خود اختصاص داده‌اند. هیچ نمونه‌ای هم در سال‌های مختلف در گروه خیلی خوب قرار نگرفته است. با توجه به نتایج بالا آب محدوده‌ی آستانه برای کشاورزی مشکلی ندارد ولی چون اکثراً در گروه متوسط قرار دارند باید مراقبت‌های لازم نظیر عدم برداشت بیش از حد مجاز و عدم حفر بی‌رویه چاه‌های جدید را اعمال کرد.

با توجه به جدول ۲ اکثر نمونه‌های محدوده‌ی تالش در سال‌های مختلف در گروه خوب قرار گرفته‌اند و سپس گروه متوسط و خیلی خوب بیش‌ترین مقادیر را دارند و هیچ نمونه‌ای در گروه بد در هیچ سالی قرار نگرفته است. بنابراین آب‌های زیرزمینی محدوده‌ی تالش از

رسوب‌گذاری کم را دارا هستند و قسمت غربی استان وضعیت مطلوبی را داراست. در سال ۱۳۸۸ نیز تمامی نقاط استان عدم رسوب‌گذاری یا رسوب‌گذاری کم را دارا هستند. به‌طور کلی سه نقشه موجود در شکل ۵ وضعیت کیفی مناسب منابع آب زیرزمینی استان را نشان می‌دهند و آب‌های زیرزمینی استان از لحاظ رسوب‌گذاری با توجه به شاخص لائزیرلر مشکل خاصی ندارند.

جدول ۴ - طبقه‌بندی ویل کاکس چاه‌های آب بر حسب درصد در

محدوده‌ی تالشی از سال ۸۱ تا ۸۸

سال	عالی	خوب	متوسط	بد
۸۱-۲	۴	۳۶	۴۸	۱۲
۸۲-۱	۲/۱	۵۱/۱	۴۶/۸	۰
۸۲-۲	۴	۳۲	۵۲	۱۲
۸۳-۱	۴	۳۶	۵۶	۴
۸۳-۲	۴	۴۰	۴۸	۸
۸۴-۱	۰	۳۶	۵۲	۱۲
۸۴-۲	۴	۳۲	۵۶	۸
۸۵-۱	۰	۳۶	۵۲	۱۲
۸۵-۲	۴	۳۲	۵۶	۸
۸۶-۱	۰	۴۴	۴۴	۱۲
۸۶-۲	۴	۴۸	۴۴	۴
۸۷-۱	۴	۴۴	۵۲	۰
۸۷-۲	۴	۴۴	۵۲	۰
۸۸-۱	۰	۵۴	۳۸	۸

در نقاطی از استان که مقدار رسوب‌گذاری شیمیایی کم یا متوسط مشاهده می‌شود به گفته‌ی یزدانی و انصاری (۱۳۸۸) در صورت تمهیداتی از قبیل اسیدشویی، کاربرد قطره‌چکان‌های خود شست و شو شونده و مقاوم در برابر گرفتگی می‌توان از این منابع در آبیاری قطره‌ای نیز استفاده نمود. چون ایجاد رسوب کربنات تدریجی صورت می‌گیرد لذا اسیدشویی دوره‌ای می‌تواند مؤثر باشد که به‌طور معمول از اسیدسولفوریک (۹۵ درصد) و اسید کلریدریک (۳۶ درصد) استفاده می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۹). علیزاده (۱۳۷۶) نیز بیان کرده است که یکی از راه‌های کنترل رسوب کربنات‌ها تزریق مداوم گاز دی‌اکسیدکربن است که باعث تولید اسید کربنیک و کاهش pH می‌گردد. اسید فسفریک نیز برای این منظور استفاده می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود در اکثر نقاط و در تمامی سال‌ها آب‌های زیرزمینی استان از لحاظ شاخص رایزیرلر خورنده می‌باشند و میزان خورندگی متفاوت است که به‌ترتیب سال ۱۳۸۱ بهترین وضعیت را دارا بوده و سال ۱۳۸۸ بیش‌ترین میزان خورنده بودن آب‌های زیرزمینی را داراست. در سال ۱۳۸۱ آب اکثر نقاط استان خورندگی متوسط داشته و در سال ۱۳۸۳ بخشی از قسمت‌های شرقی و مرکزی خورندگی کم و سایر نقاط خورندگی متوسط دارند.

سال ۱۳۸۱ بدترین وضعیت را در این چند ساله دارا بوده و سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۸ به‌ترتیب بهترین وضعیت و وضعیت میانه را دارا بودند که در شکل‌های ۵ و ۶ پهنه‌بندی شاخص‌های لائزیرلر و رایزیرلر در این سه سال آمده است.

جدول ۲ - طبقه‌بندی ویل کاکس چاه‌های آب بر حسب درصد در

محدوده‌ی تالشی از سال ۸۱ تا ۸۸

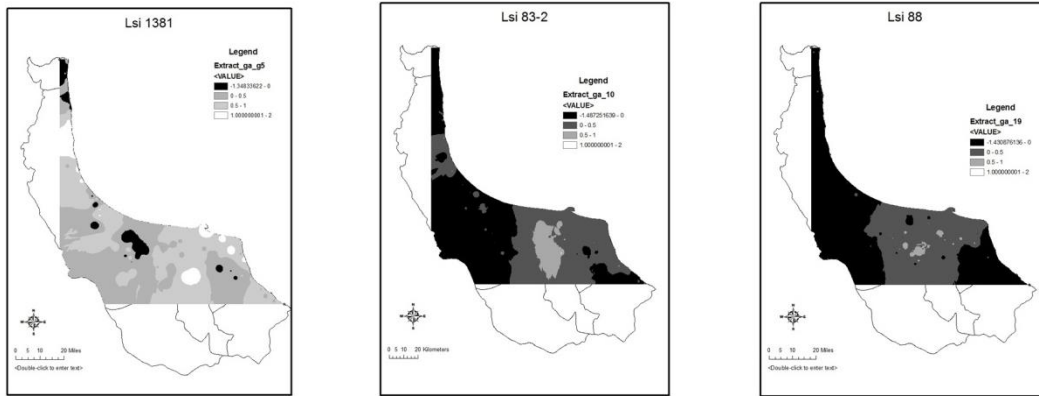
سال	عالی	خوب	متوسط	بد
۸۱-۲	۰	۸۴/۴۵	۱۵/۵۵	۰
۸۲-۱	۴/۴۴	۷۵/۵۶	۲۰	۰
۸۲-۲	۰	۷۷/۷۸	۲۲/۲۲	۰
۸۳-۱	۲/۲۷	۷۵	۲۲/۷۳	۰
۸۳-۲	۴/۴۵	۷۳/۳۳	۲۲/۲۲	۰
۸۴-۱	۲/۲۸	۷۷/۲۷	۲۰/۴۵	۰
۸۴-۲	۲/۲۲	۸۰	۱۷/۷۸	۰
۸۵-۱	۰	۷۹/۵۵	۲۰/۴۵	۰
۸۵-۲	۲/۲۲	۸۰	۱۷/۷۸	۰
۸۶-۱	۲/۲۸	۷۷/۲۷	۲۰/۴۵	۰
۸۶-۲	۲/۲۲	۸۰	۱۷/۷۸	۰
۸۷-۱	۲/۳۳	۷۶/۷۴	۲۰/۹۳	۰
۸۷-۲	۲/۳۹	۷۶/۱۹	۲۱/۴۲	۰
۸۸-۱	۲/۳۲	۸۸/۳۷	۹/۳۱	۰

جدول ۳ - طبقه‌بندی ویل کاکس چاه‌های آب بر حسب درصد در

محدوده‌ی فومنات از سال ۸۱ تا ۸۸

سال	عالی	خوب	متوسط	بد
۸۱-۲	۲/۱	۴۴/۷	۵۳/۲	۰
۸۲-۱	۲	۴۵	۵۳	۰
۸۲-۲	۴/۵	۶۴/۵	۳۱	۰
۸۳-۱	۲/۱	۵۷/۵	۴۰/۴	۰
۸۳-۲	۲/۱	۵۹/۶	۳۸/۳	۰
۸۴-۱	۲/۱	۶۰/۷	۳۷/۲	۰
۸۴-۲	۰	۴۸/۹	۴۸/۹	۲/۲
۸۵-۱	۲/۲	۶۲/۲	۳۵/۶	۰
۸۵-۲	۲/۲	۴۷/۸	۴۷/۸	۲/۲
۸۶-۱	۰	۵۳/۲	۴۶/۸	۰
۸۶-۲	۲/۲	۶۶/۷	۳۱/۱	۰
۸۷-۱	۲/۱	۵۱/۱	۴۶/۸	۰
۸۷-۲	۴/۵	۶۴/۴	۳۱/۱	۰
۸۸-۱	۰	۶۸/۹	۳۱/۱	۰

با توجه به شکل ۵ در سال ۱۳۸۱ منطقه مرکزی استان وضعیت مطلوب‌تری داشته و در اکثر نقاط استان رسوب‌گذاری کم و متوسط دیده می‌شود. در سال ۱۳۸۳ نیز اکثر نقاط استان عدم رسوب‌گذاری و



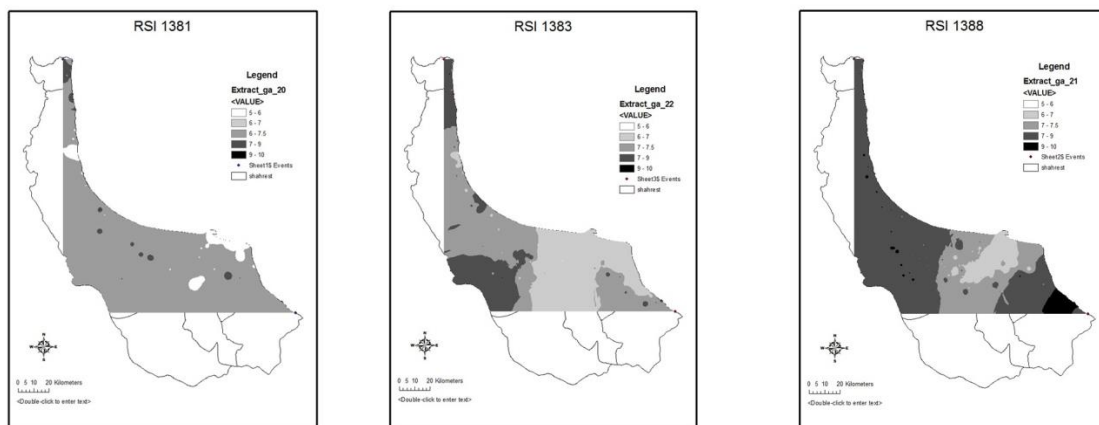
شکل ۵- پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی استان گیلان براساس شاخص لانزیلر

یزدانی و همکاران (۱۳۸۸) نیز به این نکته اشاره داشتند.

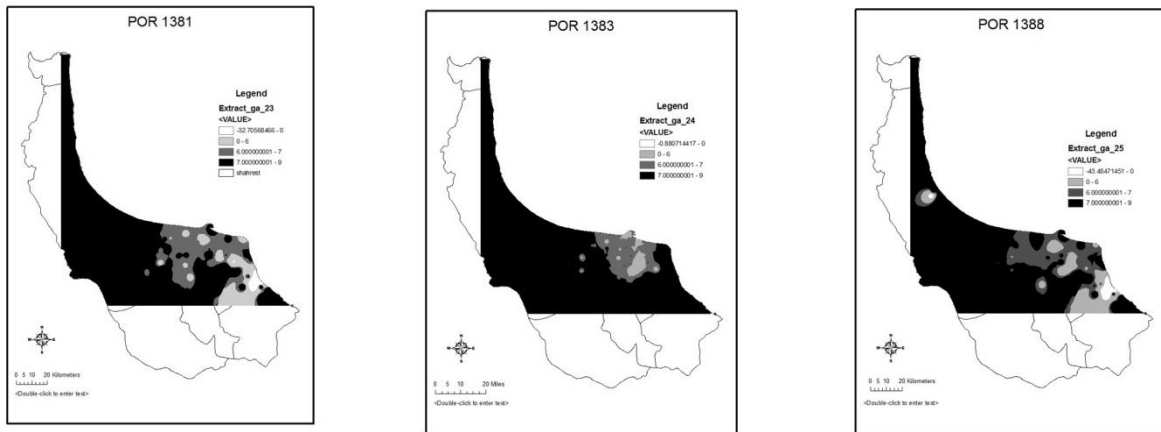
نتیجه‌گیری

۱. مقادیر شاخص لانزیلر آب‌های زیرزمینی استان گیلان طی سال‌های مختلف نوسان داشته و به‌طور کلی آستانه، لاهیجان، فومنات و تالش به ترتیب بیش‌ترین مقادیر را دارا بودند. بنابراین از نظر شاخص لانزیلر منطقه تالش بهترین وضعیت را در استان دارا می‌باشد که دلیل آن ساختار زمین‌شناسی و نوع تغذیه آب‌های زیرزمینی است. بهتر است برای مصرف آب روستایی و یا حتی شهری این منطقه از آب‌های زیرزمینی استفاده شود. در حال حاضر آب مصرفی روستاهای گیلان مرکزی از آب‌های زیرزمینی اطراف شهر آستانه اشرفیه و لاهیجان تأمین می‌شود که دارای کیفیت پایین‌تری می‌باشند.

در سال ۱۳۸۸ آب اکثر مناطق استان خورندگی زیاد داشته و وضعیت خورندگی نسبت به سال‌های قبل بیش‌تر می‌باشد. پهنه‌بندی شاخص پوکوریوس نیز در شکل ۷ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تمامی سال‌ها در نقاط مختلف استان آب‌های زیرزمینی از لحاظ شاخص پوکوریوس خورنده می‌باشند. تفاوت مشاهده شده بین دو شاخص پوکوریوس و رایزنر را می‌توان به بالا بودن pH در نمونه‌های آب نسبت داد که یزدانی و همکاران (۱۳۸۸) نیز به این نکته اشاره داشتند. آب در pH بالای ۸ حالت بافری پیدا می‌کند که در این حالت رابطه‌ی صحیحی با قلیابیت نداشته و لذا در این شرایط شاخص رایزنر از اعتبار بالایی برخوردار نیست (Roux et al., 2007). همچنین در نقاطی که منابع آب در محدوده‌ی رسوب‌گذاری کم تا متوسط به همراه خورندگی کم قرار دارند، خاصیت خورندگی آب سبب شسته شدن املاح رسوبی در بستر جریان شده و مشکلی از نظر سوراخ کردن لوله‌ها ایجاد نمی‌کند که



شکل ۶- پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی استان گیلان براساس شاخص رایزنر



شکل ۷: پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی استان گیلان براساس شاخص پوکوریوس

۷. بر اساس پهنه‌بندی شاخص رایزنر مشاهده شد که بر میزان خورندگی آب‌های زیرزمینی استان افزوده شده ولی کماکان در کلاس خورندگی کم قرار دارد. پیشنهاد می‌شود در ماه‌های دیگری از سال مانند فصل بهار و پاییز نیز مطالعه‌ی مشابهی انجام شود. در نقاطی از استان که رسوب‌گذاری کم یا متوسط مشاهده شد، با استفاده از راه‌کارهایی هم‌چون اسیدشویی دوره‌ای و تزریق دی‌اکسیدکربن که منجر به کاهش pH می‌شود می‌توان از منابع زیرزمینی برای آبیاری قطره‌ای استفاده نمود. هم‌چنین توصیه می‌شود که مطالعه‌ی جامعی درباره علل روند افزایشی میزان خورندگی آب‌های زیرزمینی در استان صورت پذیرد.

منابع

بانژاد، ح و محب زاده، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت رزن - قهاوند برای تأمین آب مورد نیاز کشاورزی با استفاده از GIS. فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر. سال دوازدهم. ۳۸: ۱۱۰ - ۹۹.

تجربیشی، م. ۱۳۷۹. نگرانی‌های کیفی منابع آب کشور. دومین کنفرانس آسیایی مدیریت آب و فاضلاب. تهران.

دماوندی، ع.، کریمی، ع.، تکاسی، م و طاهری، م. ۱۳۸۴. بررسی تغییرات کیفی آب‌های سطحی و زیر زمینی استان زنجان، سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، شهریور ۱۳۸۴.

رضایی، م.، دوانگرن،، تاجداری، خ و ابولپور، ب. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات مکانی برخی شاخص‌های کیفی آب‌های زیرزمینی استان گیلان با استفاده از زمین آمار. نشریه آب و خاک. ۲۴(۵): ۹۴۱ - ۹۳۲.

رضانی، پ. ۱۳۸۰. بررسی خورندگی و رسوب‌دهندگی آب آشامیدنی

۲. با توجه به مقادیر شاخص رایزنر تقریباً در تمام مناطق استان گیلان آب‌های زیرزمینی خورنده بودند که لزوم رعایت احتیاط در مصرف آن‌ها در بخش صنعت و سیستم‌های آبیاری تحت فشار که از قطعات فلزی در بخش پمپاژ و کنترل مرکزی آن‌ها استفاده می‌کنند را مشخص می‌کند. بهتر است تا حد امکان از قطعات پلی‌اتیلنی استفاده گردد.

۳. نتایج حاصل از شاخص پوکوریوس در استان حاکی از خورنده بودن اغلب نمونه‌های آب‌های زیرزمینی است و منطقه تالش بدترین وضعیت را دارا بود. لذا این مطلب باید در بخش صنعت و آبیاری کشاورزی مدنظر قرار گیرد. در بخش صنعت می‌توان از پوشش‌های مخصوص برای جلوگیری از خوردگی استفاده کرد. در آبیاری به جای استفاده از قطعات فلزی از قطعات پلی‌اتیلنی یا پی‌وی‌سی استفاده شود. البته در آبیاری قطره‌ای این خاصیت می‌تواند سبب جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها در اثر رسوب مواد شیمیایی درون آب نظیر کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها شود.

۴. به‌طور کلی خورندگی آب‌های زیرزمینی بر رسوب‌گذاری غالبیت دارد. در صنعت مثلاً نگهداری از دیگ‌های بخار و هم‌چنین در کشاورزی در ارتباط با مدیریت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای مدنظر داشتن این خصوصیت کیفی آب مهم است.

۵. از نظر روش طبقه‌بندی ویل کاکس آب‌های زیرزمینی منطقه اکثراً در گروه‌های خوب و متوسط قرار گرفته و هیچ محدودیتی از نظر استفاده در بخش کشاورزی ندارند.

۶. وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی استان از نظر شاخص لانژیلر (خاصیت رسوب‌گذاری) در طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۸ در وضعیت مناسبی قرار دارد و بدون مشکل رسوب‌گذاری تا رسوب‌گذار در حد کم است.

- چاه‌های شهر رشت. فصلنامه آب و فاضلاب. ۳۸: ۴۵-۴۱.
- زارعی، ح. آخوندعلی، ع. م. ۱۳۸۵. بررسی کیفی منابع آب حوزه آبریز سد مخزنی و شبکه آبیاری و زهکشی ابولعباس ۲، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد سوم، صفحه ۱۶۲۶-۱۶۲۰.
- شعبانی، م. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کیفی آب های زیرزمینی دشت ارسنجان، فصل نامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره سه، ص ۷۱-۸۲.
- صفوی، ح. ۱۳۸۵. هیدرولوژی مهندسی. چاپ اول. انتشارات ارکان. اصفهان. ۶۲۰ص.
- علیزاده، ا. ۱۳۷۶. آبیاری قطره‌ای (اصول و عملیات). چاپ دوم. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). مشهد. ۴۹۴ص.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۹. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ بیست و نهم. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد. ۹۱۲ص.
- محوئی، ا و اسلامی، ا. ۱۳۸۵. بررسی وضعیت کیفی منابع تأمین و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر زنجان از نظر خوردگی و تشکیل رسوب در سال ۱۳۸۳، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۸، صفحه ۹۵-۹۰.
- معاذ، ه.، اشرفی، س. ف و موسوی مرتضوی، ف. ۱۳۹۰. امکان سنجی استفاده از آب رودخانه هلیرود واقع در استان کرمان جهت آبیاری قطره ای با استفاده از شاخص های ویل کاکس، لائزیرلر و رایزنر، دومین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی منابع آب ایران، شرکت آب منطقه ای زنجان. ۲۸ و ۲۹ اردیبهشت.
- معاذ، ه. و حنیفه، ل. ۱۳۸۵. ارزیابی فاضلاب های ورودی و خروجی تصفیه خانه فاضلاب غرب شهر اهواز برای استفاده مجدد در کشاورزی، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد سوم، صفحه ۱۵۶۲-۱۵۶۷.
- مهدوی، م. ۱۳۸۴. هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- مهندسین مشاور کنکاش عمران. ۱۳۸۸. گزارش بهنگام سازی تلفیق مطالعات منابع آب حوزه آبریز رودخانه‌های سفیدرود بزرگ و تالش - تالاب انزلی. جلد دوم: بررسی ها و مشخصات عمومی. دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت سهامی آب منطقه ای گیلان. ۲۲۳ صفحه.
- نیک‌پور، ب.، نوشادی، م.، مرتضوی، م. ص و یوسفی، د. ۱۳۸۵. بررسی کیفیت آب شرب شهر بهشهر از نظر شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری. اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشکده محیط زیست. دانشگاه تهران.
- یزدانی، و. انصاری، ح. ۱۳۸۸. بررسی امکان استفاده از آب‌های زیرزمینی دشت تویسرکان در سیستم‌های آبیاری. همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری.
- یزدانی، و. بانژاد، ح. میرزایی، م. ۱۳۸۸. ارزیابی آب های دشت بهار همدان از نظر خوردگی و رسوب گذاری. مجله ی مهندسی آب، سال دوم، صفحه ۶۸-۵۷.
- Almeida, C., Quintar, S and Gonzalez, P. 2007. Assessment of irrigation water quality. A proposal of a quality profile. Environ. Monit. Assess. J, 15(3): 56-67.
- Al-Rawajfeh, A.E., Glade, H and Ulrich, J. 2005. Scaling in multiple-effect distillers: the role of CO2 release. Desalination J. 182: 209-219.
- Ayers, R.S and Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper N°29, Rev.1. FAO, Rome. 174.
- Kevin, R. 2000. Scaling in geothermal heat pump systems, PP 11-15.
- Kumar, M and Ramantadan, A.L. 2007. A comparative evaluation of groundwater suitability for irrigation and drinking purposes in two intensively cultivated districts of Punjab, India, Environ. Geolo. J. 53(3): 553-574.
- Puckorius, 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.
- Roux, P., Preez, C.C and Strydom, M.G. 2007. Significance of soil modifiers in naturally degraded vertisols of the peninsular Indian in redefining the sodic soils. Geoderma. 136(1-2): 120-228.
- Sun, Y., Shaozhong, K., Li, F and Zhang, L. 2009. Comparison of interpolation methods for depth to groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of northwest China. Environmental Modelling & Software. 24: 1163-1170.
- Taghizadeh-Mehrjardi, R., Zareian-Jahromi, M., Mahmodi, Sh and Heidari, A. 2008. Spatial Distribution of Groundwater Quality with Geostatistics (Case Study: Yazd-Ardakan Plain). World Applied Sciences Journal. 4(1): 9-17.

Evaluation Of Groundwater Quality In Guilan Province For Agricultural And Industrial Uses

S.Bamdad Machiani¹, M.R.Khaledian^{2*}, M. Rezaei³, Kh.Tajdari⁴

Received: Oct.9, 2013

Accepted: Apr.30, 2014

Abstract

Groundwater resource is one of the major sources of freshwater supply in the world. In recent years the extraction of groundwater in the North of Iran is increased to supply increasing demands for agricultural and industrial consumptions, because of surface water resource limitation. The aim of this research was to evaluate the quality of groundwater for various uses i.e. agricultural and industrial consumptions in four main regions i.e. Lahijan, Astaneh, Talesh and Fumanat. In this paper, three indicators i.e. Langelier, Ryznar and Puckorius indices and furthermore Wilcox classification method, were used to assess groundwater quality in this region. According to Langelier index, there was not an especial trend in groundwater quality during study period, some years there was a tendency to settle and in some years did not tend to corrode, where 85.61, 55.4 and 39.54 percent of the wells in the area in 2002, 2004 and 2009, respectively, had a tendency to settle. Ryznar and Puckorius indices suggest that the water is corrosive (both indices values >6). In 2002, 2004 and 2009 according to Ryznar index, 84.17, 97.12 and 98.45 percent of the wells in the area had a tendency to corrode. According to the Wilcox classification method, almost all of the samples classified in 'good' class, and have no restriction to use in agriculture.

Keywords: Langelier index, Raznar index, Puckorius index, Water quality, Wilcox classification

۱- M.Sc Student, Water Engineering Department, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan

۲- Assistant Professor, Water Engineering Department, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; Rasht.

۳- Researcher, Rice Research Institute of Iran, Rasht

۴- MA, Basic Studies of Water Resources Bureau, Guilan Regional Water Company, Rasht

(*Corresponding Author Email : khaledian@guilan.ac.ir)