بررسی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت (مطالعه موردی: دشت شیراز)

مرجان سالاری*

استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان

Salari.marjan@gmail.com

تاریخ دریافت: ١٤٠١/١٠/٢٠ تاریخ پذیرش:١٤٠١/١٢/٠٧:

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت براساس نمودار ویلکاکس (Willcox)، شولر (Schuller) با استفاده از نرم افزار Chemistry، ضریب اشباعیت لانژلیه (Is) و ارزیابی خطر ناشی از ترکیبات فیزیکوشیمیایی با استفاده از پارامترهای خطر سلامت مانند مصرف مزمن روزانه (CDI) و ضریب خطر (HQ) با استفاده از فرمول‌های EPA در بخشی از دشت شیراز واقع در مرکز استان فارس می‌باشد. ابتدا داده‌های ١٠ پارامتر کیفی مؤثر در مصارف فوق، شامل $Mg^{٢+}$ ،TH ،Na^{+} ،Cl^{-} ،$SO_{٤}^{٢-}$ ،PH ،EC, $Ca^{٢+}$, K^{+} و TDS مربوط به ٢٢ حلقه چاه منطقه جمع آوری و از نرمال بودن توزیع داده‌ها اطمینان حاصل گردید. با توجه به شاخص کیفی ویلکاکس و شولر آب‌های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی در حد متوسط و از نظر شرب در حد قابل قبول قرار گرفت. از نظر ضریب اشباع لانژلیه منابع آبی موجود خورنده تا رسوبگذار گزارش گردید. میانگین مقادیر شاخص HQ برای $Ca^{٢+}$، $Mg^{٢+}$، K^{+}، $Na^{٢+}$، Cl^{-}، $HCO_{٣}^{٢-}$، $SO_{٤}^{٢-}$ در طول نمونه‌برداری به ترتیب ٠/٠٠٥، ٠/٠١١، ٠/٠٠٢، ٠/١١، ١/٧٦٥، ٠/١١١، ٠/٢٠٧ می‌باشد. بنابراین باید برنامه‌های مثل مدیریت منابع آب و ممنوعه اعلام کردن برداشت‌های غیرمجاز دشت در دستور کار قرار گیرد تا با گذشت زمان کیفیت آب بهبود یابد.

کلمات کلیدی

" کیفیت آب"، " آب زیرزمینی"، " ارزیابی خطر"، " دشت شیراز".

١- مقدمه

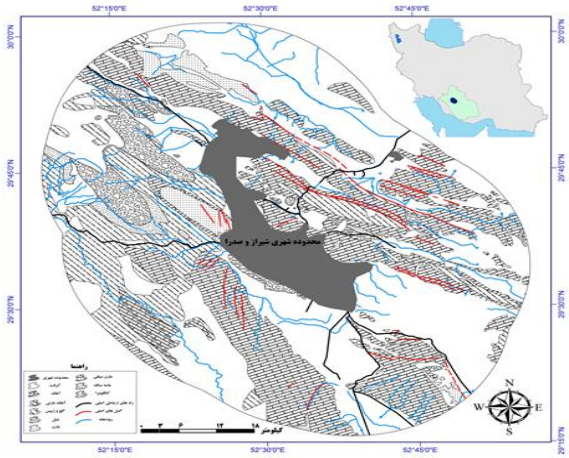
آب در طبیعت به‌صورت خالص یافت نمی‌گردد. بلکه همواره مقادیری املاح، مواد معلق و گازهای محلول را همراه خود دارد و این موجب می‌شود که آب در مناطق مختلف ویژگی‌های مختلف به خود بگیرد. وجود برخی از املاح در آب برای سلامتی انسان ضروری است و این در حالی است که مقدار بیش‌ازحد مجاز آن‌ها سلامتی انسان را به خطر خواهد انداخت. بنابراین وجود آب آشامیدنی سالم ضامن سلامتی جامعه است و اولین قدم در شناخت آب، بررسی پارامترهای آب شرب است (Ebadati and Solgi and Sheikhzadeh, ٢٠١٦؛ Hooshmand Zadeh, ٢٠١٤ Salehzade and Ramezani ٢٠١٨). کیفیت آب یکی از جنبه‌های هیدروژئوشیمی است که دربارهٔ توصیف شیمیایی آب، توزیع مکانی انواع متشکله‌های شیمیایی و قابلیت مصرف آب برای اهداف صنعتی، کشاورزی و مصارف خانگی و شهری بحث می‌کند. معمولاً جهت تعیین مناسب بودن کیفیت آب‌زیرزمینی برای مصارف مختلف، پس از نمونه گیری، آزمایش‌های تجزیهٔ شیمیایی روی نمونه‌ها انجام شده و با مقایسهٔ نتایج آن‌ها با مقادیر استاندارد، کیفیت آب جهت هر نوع مصرف مشخص می‌گردد (Azareh et al., ٢٠١٥؛ Esfandiari et al., ٢٠١٠). استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در بسیاری از استان‌های کشور به ویژه استان فارس سبب شده است که تراز آب زیرزمینی در بسیاری از دشت‌ها با استمرار افت مواجه شود، کیفیت آب برداشته شده کاهش یابد و در نتیجه این دشت‌ها در وضعیت بحرانی باشند. متوسط سهم برداشت از آب زیرزمینی نسبت به کل منابع آبی در کشور ٥٥٪ و در استان فارس ٧٥٪ است در نتیجه می‌توان گفت که ابعاد مسئله در استان فارس در مقایسه با کل کشور گسترده تر است (Cheraghi et al., ٢٠٢٠).

استانداردهای متفاوتی برای بررسی کیفیت آب آشامیدنی وجود دارد. یکی از این استانداردها، نمودار نیمه لگاریتمی شولر است (Schoeller, ١٩٦٥). برای تعیین کیفیت آب کشاورزی از طبقه بندی ویلکاکس که یکی از مهمترین طبقه بندی‌ها در این زمینه می باشد، استفاده می‌شود (Wilcox, ١٩٥٨). همچنین برای طبقه بندی آب برای مصارف صنعتی از ضریب اشباع شدگی لانژلیه استفاده می‌شود که از تفاوت مقدار اسیدیته آب و

میزان اسیدیته اشباع حاصل می‌شود (Zahedi, ٢٠١٧). طبری و همکاران (٢٠١٢) در بررسی روندهای زمانی سالانه، فصلی و ماهانه‌ی نوسان‌های تراز آب زیرزمینی در دوره‌ی ١٣٨٦-١٣٦٤ در شمال کشور نشان داد که روش‌های ناسنجه یی را ممکن است برای تخلیل کردن تراز آب زیرزمینی به کار برد (Tabari et al., ٢٠١٢). روش وایازی خطی را گود و همکاران (٢٠١٣) برای بررسی تغییر تراز و شوری آب زیرزمینی در شش آبخوان در اردن به کار بردند. این پژوهش نشان داد که علاوه بر ساده بودن، دقت روش وایازی خطی زیاد است. تراز آب زیرزمینی در شش آبخوان به طور متوسط یک متر در سال افت کرد. استفاده از روش وایازی خطی برای بررسی روند داده‌های زیست محیطی (هس و همکاران ٢٠٠١) نیز نتایجی پذیرفتنی نشان داد (Goode et al., ٢٠١٣). ارزیابی کیفیت آب با هدف مناسب یودن آن، برای مصرف شرب و کشاورزی با استفاده از شاخص‌های مختلف انحام می‌شود. رخساره‌های هیدروشیمیایی جهت نمایش اختلاف در ترکیب شیمیایی آب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Kalantari and Alijani, ٢٠٠٨). همایون نژاد و همکاران (٢٠١٦) کیفیت آب مخازن چاه‌های نیمه زابل را با استفاده از نمودار شولر، قابل قبول ارزیابی کردند (Homayoonnezhad et al., ٢٠١٦). سلیمانی مطلق و همکاران (٢٠١٥) در ارزیابی تاثیرات خشکسالی بر کیفیت آب‌های سطحی از نمودار شولر بهره گرفتند و پی بردند که کیفیت آب شرب این منابع، از خوب به قابل قبول تغییر پیدا کرده است (Soleimani Motlagh et l., ٢٠١٤). ازاینرو مطالعهٔ دقیق آب‌های زیرزمینی از لحاظ مصارف مختلف به منظور ارائهٔ راهکارهایی در جهت حفاظت، مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی، امری ضروری به نظر می‌رسد. آب‌های زیرزمینی منبع اصلی تامین آب شرب شهر شیراز را تشکیل می‌دهند. بنابراین اهداف پژوهش حاضر عبارتند از: طبقه بندی کیفیت هیدروشیمیایی آب زیرزمینی جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی بر اساس دیاگرام های شولر، ویلکاکس و شاخص اشباع لانژلیه؛ و هدف از این مطالعه، بررسی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت براساس نمودار ویلکاکس (Willcox)، شولر (Schuller) با استفاده از نرم افزار Chemistry، ضریب اشباعیت لانژلیه (Is) و ارزیابی خطر ناشی از ترکیبات فیزیکوشیمیایی با استفاده از پارامترهای خطر سلامت مانند مصرف مزمن روزانه (CDI) و ضریب خطر (HQ) با استفاده از فرمول‌های EPA در بخشی از دشت شیراز واقع در مرکز استان فارس می‌باشد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

این مطالعه از نوع توصیفی مقطعی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه بخشی از دشت شیراز به مساحت ٢٧٨ هکتار می‌باشد که چاه‌های تامین کننده آب شهر در آن واقع شده است. در این منطقه ٢٢ حلقه چاه آب شرب فعال بوده که اغلب در بافت شهری واقع شده‌اند. در این مطالعه پارامترهای سدیم، کلراید، نیترات، سولفات، سختی، کل جامدات محلول و pH بعنوان پارامترهای شاخص کیفیت منابع مندرج در کتاب رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی مورد بررسی قرار گرفتند. این پارامترها می‌تواند مزه، بو، طعم و ظاهر و به طور کلی مقبولیت آب را تحت تاثیر قرار دهد. شکل (١) محدوده جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ١- محدوده منطقه مورد مطالعه

٢-١- روش تحقیق

١-١-٢- بررسی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت بر اساس دیاگرام شولر، دیاگرام ویلکاکس و ضریب اشباعیت لانژلیه با استفاده از نرم‌افزار Chemistry

الف) نمودار شولر

در روش طبقه بندی شولر آب‌ها را به شش طبقه خوب، قابل قبول، مناسب، بد، قابل شرب در شرایط اضطراری و غیرقابل شرب تقسیم می‌کند. در نمودار شولر با مشخص کردن مقادیر هر یک از کاتیون ها (K, Na, Mg, Ca) و آنیون‌های (HCO_3, SO_4, Cl,) و نیز درجه سختی آب (TH) که در آزمایشگاه اندازه‌گیری شده‌اند بر روی محورهای متناظر با آنها و اتصال نقاط روی این محورها می‌توان کلاس کیفی آب را تعیین نمود. جدول ١ مقادیر پارامترهای مختلف برای طبقه بندی کیفیت آب برای مصارف شرب را نشان می‌دهد (Ashorinia et al., ٢٠٢٠)

جدول ١- مقادیر پارامترهای مختلف طبقه‌بندی کیفیت آب برای مصارف شرب

طبقه بندی	TDS (mg/l)	TH(mg/lCaCo$_3$)	Na^+ (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4 (mg/l)
خوب	٥٠٠>	٢٥٠>	١١٥>	١٧٥>	١٤٥>
قابل قبول	١٠٠٠-٥٠٠	٥٠٠-٢٥٠	٢٣٠-١١٥	٢٥٠-١٧٥	٢٨٠-١٤٥
نامناسب	٢٠٠٠-١٠٠٠	١٠٠٠-٥٠٠	٤٦٠-٢٣٠	٧٠٠-٣٥٠	٥٨٠-٢٨٠
بد	٢٠٠٠-٤٠٠٠	٢٠٠٠-١٠٠٠	٩٢٠-٤٦٠	٤٠٠٠-٧٠٠	١١٥٠-٥٨٠
قابل شرب در شرایط اضطراری	٨٠٠٠-٤٠٠٠	٤٠٠٠-٢٠٠٠	١٨٠٠-٩٢٠	٢٨٠٠-١٤٠٠	٢٢٤٠-١١٥٠
غیرقابل شرب	٨٠٠٠<	٤٠٠٠<	١٨٤٠<	٢٨٠٠<	٢٢٤٠<

ب) نمودار ویلکاکس

دیاگرام ویلکاکس بر اساس مقادیر هدایت الکتریکی (EC) در آب در کلاس‌های متفاوت است (Sunkari et al., ٢٠١٩). در طبقه بندی ویلکاکس دو عامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم (SAR) (خطر قلیایی شدن) برای تعیین کیفیت مصارف کشاورزی در نظر گرفته شده و هر یک به چهار قسمت تقسیم می‌شود (جدول ٢) که در مجموع شانزده کلاس کیفیت آب را ایجاد می‌کند که در آن S نماینده SAR و C نشان دهنده هدایت الکتریکی است. گروه‌های مختلف ذکر شده در نمودار ویلکاکس در قالب آب‌های خیلی خوب (C_1S_1) خوب (C_2S_2,C_2S_1) و متوسط (C_3S_2،C_3S_3 ،C_3S_1 ،C_2S_3 ،C_1S_3) و نامناسب طبقه بندی می‌شود (Wilcox, ١٩٥٨)

جدول ٢- طبقه بندی کیفیت منابع آب بر طبق شاخص ویلکاکس

کشاورزی	کیفیت آب	طبقه‌بندی آب
کاملا بی ضرر	آب شیرین	C_1S_1
تقریبا مناسب	کمی شور	C_1S_2-C_2S_2-C_2S_1
استفاده در مواقع ضروری	شور	C_1S_3-C_2S_3-C_2S_1-C_3S_2-C_3S_3
مضر برای کشاورزی	خیلی شور	C_1S_4-C_2S_4-C_3S_4-C_4S_4-C_4S_3

با توجه به اینکه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های خاک در عصاره اشباع اندازه‌گیری گردیده است، در واقع این غلظت‌ها نشان از مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌هایی دارد که قابلیت انحلال در آب را دارند و به عبارتی قابلیت ورود به آب مخزن سد پس از آبگیری را دارا می‌باشند.

ج) شاخص لانژلیه

به منظور تعیین کیفیت آب از نظر پایداری، شاخص‌های مختلفی پیشنهاد شده‌اند که مهمترین آنها، شاخص لانژلیه، رایزنر و پوکوریوس می‌باشند. بر اساس شاخص لانژلیه اگر مقدار شاخص منفی باشد، آب خورنده تلقی می‌شود و مقادیر مثبت مبین خاصیت رسوبگذاری بوده و چنانچه برابر صفر باشد پایدار محسوب می‌شود (Sunkari et al., ٢٠١٩). فرمول شاخص لانژلیه به طبق رابطه (١) است:

$$Is = pH - pHs \quad (1)$$

pH مقدار اندازه‌گیری شده اسیدیته در صحرا (واقعی) و pHs میزان اسیدیته در حالت اشباع است که تحت عنوان شاخص اشباع از رابطه (٢) محاسبه می شود:

$$pHs = C - (\log Alk + \log Ca) \quad (2)$$

C پارامتر تابع درجه حرارت (C˚) و TDS است، Alk قلیائیت بر حسب میلی گرم در لیتر CaO و Ca غلظت کاتیون کلسیم بر حسب میلی گرم در لیتر می باشد. در این روش اگر Is منفی باشد، آب خاصیت خورندگی دارد و در Is برابر صفر متعادل و در Is مثبت آب تمایل به رسوب‌گذاری دارد.

٢-٢- ارزیابی خطر ناشی از ترکیبات فیزیکوشیمیایی با استفاده از پارامترهای خطر سلامت مانند مصرف مزمن روزانه (CDI) و ضریب خطر (HQ)ارزیابی خطر سلامت انسان شناسایی و توصیف خطرات مرتبط با سلامت انسان بر اساس عوامل یکپارچه مانند اکوتوکسیولوژی و تجزیه و تحلیل فیزیکی و شیمیایی، فلزات خطرناک روی افراد از طریق بلع مستقیم، تنفس به داخل از طریق دهان و بینی، جذب پوستی از طریق تزریق پوست در نظر گرفته شده است (Krishna et al., ٢٠١٩).محققان معادلات مشابهی را اتخاذ کرده و بر اساس غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها برای محاسبه ارزیابی خطر سلامتی با استفاده از شاخص‌های مصرف روزانه مزمن (CDI) و ضریب خطر (HQ) محاسبه شده است. CDI از طریق مصرف آب با استفاده از شرایط USEPA (١٩٩٢) در رابطه (٣) محاسبه می‌گردد (Krishna et al., ٢٠١٩).

$$CDI = C \times DI/BW \quad (3)$$

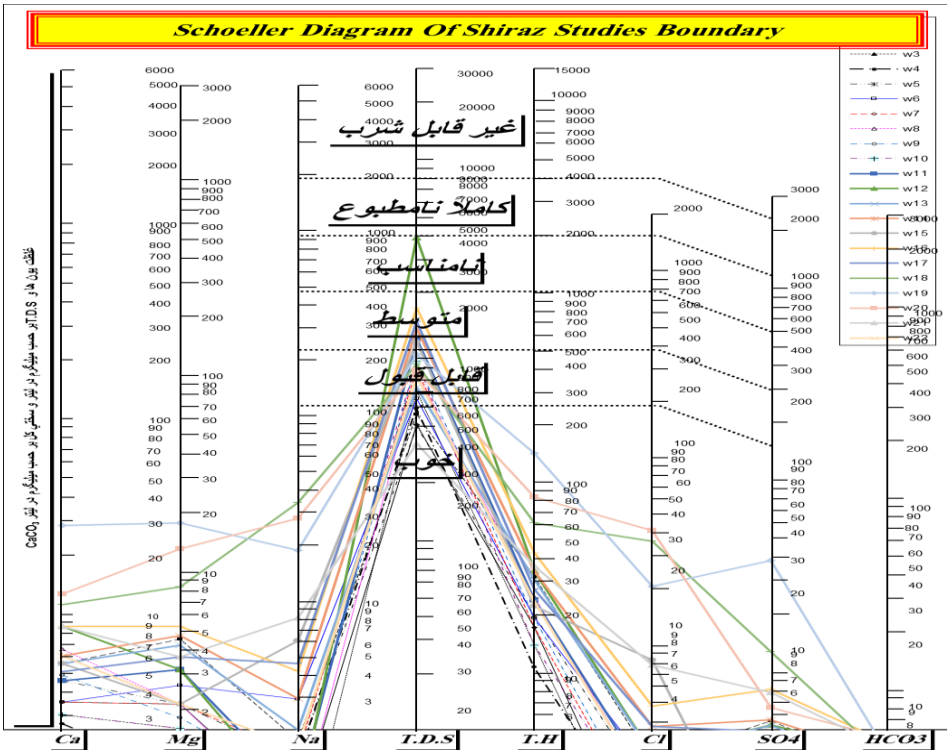
که در آن C، BW نشان دهنده به ترتیب غلظت کاتیون/آنیون در آب‌های زیرزمینی (mg/L)، متوسط میزان مصرف روزانه (٢ لیتر در روز) و وزن بدن (متوسط٧٢ کیلوگرم) است. از سوی دیگر، سطح خطر مزمن (HQ) برای خطر غیر سرطان زا با استفاده از رابطه (٤) محاسبه شد (Krishna et al., ٢٠١٩).

$$HQ = CDI/RfD \quad (4)$$

که طبق USEPA، مقادیر دوز مرجع سمیت خوراکی (RfD) برای کلسیم، ٤١/٤ میلی گرم بر کیلوگرم در روز، برای منیزیم، ١١ میلی گرم بر کیلوگرم در روز، برای پتاسیم١ میلی گرم بر کیلوگرم در روز، برای کلر٠/٠٦٧ میلی گرم بر کیلوگرم در روز، برای فلوئور٠/٠٦ میلی گرم بر کیلوگرم در روز و برای نیترات ١/٦ میلی گرم بر کیلوگرم در روز می‌باشد. مقیاس سطح خطر مزمن (HQ) بر اساس میانگین مصرف روزانه (CDI) و دوز مرجع (mg/kgday) بر اساس نسبت CDI/RfD طبقه‌بندی می‌شود که نشان‌دهنده ≥١ (بدون خطر) اگر >١≥٥ (خطر کم است) اگر >٥≥١٠ (خطر متوسط)، اگر >١٠ (خطر بالا) می‌باشد (Krishna et al., ٢٠١٩).

٣- بحث و نتایج

جهت بررسی منابع آب محدوده مورد مطالعه نمودار شولر برای ارزیابی شرب تهیه و ارائه شده است با توجه به این نمودار نمونه W١٢ در محدوده نامناسب قرار می گیرند و نمونه مربوط به چاه W٦, W٧,W٨, W٩, W٥ دارای کیفیت خوب و سایر چاه ها در کیفیت متوسط برای شرب است. بر همین اساس نمونه های مربوط به چاه عمقی و چشمه آهکی در محدوده خوب و قابل قبول برای شرب جای می گیرند. سایر نمونه ها نیز در محدوده قابل قبول تا متوسط هستند.



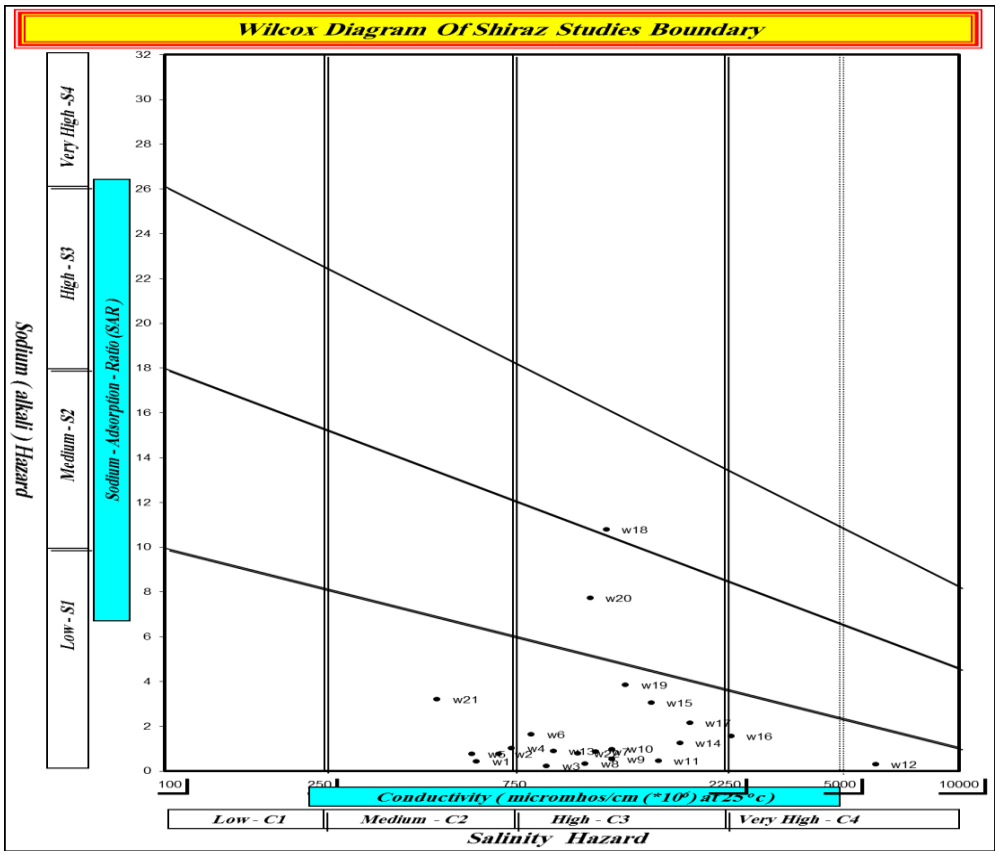
شکل ٢- نمودار شولر آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

جدول ٣- درصد هر یک از کلاس های طبقه بندی شولر برای مصارف شرب در کل محدوده

طبقه بندی آب	TDS	TH	PH	Na	Cl	So٤
خوب	٢٢.٧٣	١٣.٦٤	١٠٠	٧٧.٢٧	٧٧.٢٧	٤٥.٤٥
قابل قبول	٥٠	٥٤.٥٥	٠	٩.٠٩	٩.٠٩	٣١.٨٢
متوسط	٢٢.٧٣	٢٢.٧٣	٠	٤.٥٥	٠	١٣.٦٤
نامناسب	٤.٥٥	٤.٥٥	٠	٩.٠٩	٩.٠٩	٤.٥٥
کاملاً نامطبوع	٠	٤.٥٥	٠	٠	٤.٥٥	٤.٥٥
غیر قابل شرب	٠	٠	٠	٠	٠	٠

با توجه به نمودار شولر اکثر نمونه‌ها در محدوه خوب تا قابل قبول قرار می‌گیرند. با توجه به این نمودار مشاهده می‌شود که نمونه‌ها از نظر سختی میزان بالایی دارند که با توجه به طبیعت کربناته آبخوان طبیعی است. سختی آب با توجه به میزان یون های کلسیم و منیزیم دشت تعیین می‌شود. در طبقه بندی آب به منظور شرب، علاوه بر یون‌های اصلی برخی یون‌های نادر آب نیز اهمیت دارند. یون های نیترات و عناصری چون آرسنیک به دلیل اهمیت از نظر سمی بودن باید میزان کنترل شده‌ای در آب شرب داشته باشند. بر این اساس تصمیم‌گیری در مورد استفاده شرب در یک دشت فقط با استفاده از عناصر عمده کاملا صحیح نیست. با توجه به گسترش کشاورزی و حجم بالای یون‌های نفوذی از آبیاری و آلودگی آب‌ها در نتیجه استفاده از کودهای مختلف آلودگی بخوان توسط آلاینده‌ها، به خصوص یون نیترات دور از انتظار نمی‌باشویلکاکس با ترسیم نسبت جذبی سدیم در مقابل شوری، نمودار برای ارزیابی کیفی آب‌ها جهت مصارف کشاورزی ارائه کرده است. نمودار ویلکاکس آب کشاورزی را به ١٦ رده تقسیم می‌کند که آب‌های کشاورزی با کیفیت مختلف ارائه می دهد. این نمودار با استفاده از نرم افزار Chemistry ترسیم گردید. براساس نمودار ویلکاکس در شکل ٣ نتایج بیانگر این مطلب بوده که مقدار بالای نمک‌ها یکی از مشکلات آبی است که در این منطقه برای آبیاری مورد استفاده قرار

می‌گیرد. در جدول (٤) وضعیت نمونه‌های موجود از نظر کشاورزی توصیف شده است. با توجه به شکل (٣) مشاهده می‌شود که نمونه‌ها در محدوده‌های $C_2S_1, C_3S_1, C_3S_2, C_3S_3$ قرار دارند که برای کشاورزی مناسب می‌باشند. و تنها دو چاه W١٢,W١٦ برای کشاورزی مناسب نمی‌باشند.



شکل ٣- نمودار ویلکاکس آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

جدول ٣- نتایج حاصل نمودار ویلکاکس در هریک از چاه‌ها

ردیف	محل نمونه‌برداری	علامت اختصاری	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
١	شمال دانشکده کشاورزی	w١	٠.٤٣	٦١١	C٢-S١	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
٢	باجگاه	w٢	٠.٧٦	٦٩٥	C٢-S١	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
٣	ورودی صدرا	w٣	٠.٢٢	٩١٧	C٣-S١	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
٤	صدرا ابتدای جاده شوس	w٤	١.٠١	٧٤٩	C٢-S١	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
٥	قصر قمشه	w٥	٠.٧٥	٥٩٦	C٢-S١	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
٦	انجیره	w٦	١.٦٣	٨٤٠	C٣-S١	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
٧	بلوار فرهنگ شهر	w٧	٠,٨٦	١٢٢٢	C٣-S١	شور - قابل استفاده براي كشاورزي
٨	خیابان همت	w٨	٠,٣٢	١١٤٦	C٣-S١	شور - قابل استفاده براي كشاورزي
٩	کارخانه سیمان	w٩	٠,٥٤	١٣٣٧	C٣-S١	شور - قابل استفاده براي كشاورزي

١٠	پارك شهر	w١٠	٠,٩٨	١٣٣٧	C٣-S١	شور - قابل استفاده براي كشاورزي
١١	بولوار جانبازان-شهرد	w١١	٠,٤٦	١٧٥٧	C٣-S١	شور - قابل استفاده براي كشاورزي
١٢	دودمان	w١٢	٠,٣	٦١٨٧	C٤-S١	خيلي شور - براي كشاورزي نامناسب
١٣	بولوار زرگري	w١٣	٠,٨٨	٩٥٥	C٣-S١	شور - قابل استفاده براي كشاورزي
١٤	بوستان هاشمي-چهار را	w١٤	١,٢٤	١٩٨٦	C٣-S١	شور - قابل استفاده براي كشاورزي
١٥	بولوار بعثت-پارک بعث	w١٥	٣,٠٤	١٦٨٠	C٣-S١	شور - قابل استفاده براي كشاورزي
١٦	ميانرود-پارک جنگلي	w١٦	١,٥٥	٢٦٧٣	C٤-S١	خيلي شور - براي كشاورزي نامناسب
١٧	فلكه فخر آباد-پارک	w١٧	٢,١٥	٢١٠٤	C٣-S١	شور - قابل استفاده براي كشاورزي
١٨	بولوار جواديه	w١٨	١٠,٧٩	١٢٩٨	C٣-S٣	شور - قابل استفاده براي كشاورزي
١٩	پارک شهدا-شهرداري شي	w١٩	٣,٨٥	١٤٥١	C٣-S١	شور - قابل استفاده براي كشاورزي
٢٠	غرب دانشكده كشاورزي	w٢٠	٧,٧٢	١١٨٣	C٣-S٢	شور - قابل استفاده براي كشاورزي
٢١	شمال شرق دانشكده كشاورزی	w٢١	٣,٢١	٤٨٦	C٢-S١	كمي شور – مناسب براي كشاورزي
٢٢	انجيره	w٢٢	٠,٧٩	١١٠١	C٣-S١	شور - قابل استفاده براي كشاورزي

جدول (٤) درصد هر یک از کلاس های طبقه بندی ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در کل محدوده را بیان می‌کند. طبق این جدول چاه $C_٣S_١$ بالاترین درصد (٥٩/٠٩) دارای ویژگی شور و قابل استفاده برای کشاورزی می‌باشد.

جدول ٤- درصد هر یک از کلاس‌های طبقه بندی ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در کل محدوده

C١			C٢				C٣				C٤			
S١	S٢	S٣	S٤	S١	S٢	S٣	S٤	S١	S٢	S٣	S٤	S١	S٢	S٣	S٤
٠	٠	٠	٠	**٢٢.٧٣**	٠	٠	٠	**٥٩.٠٩**	**٤.٥٥**	**٤.٥٥**	٠	**٩.٠٩**	٠	٠	٠

یکی دیگر از فاکتورهایی که در ارزیابی آب‌های صنعتی مورد نظر است قابلیت رسوبگذاری و خورندگی آب‌ها است. جهت بررسی کیفیت آب منابع دشت به منظور مصارف صنعتی از ضریب اشباع لانژلیه (Is) استفاده شده است. آب‌های دارای اندیس اشباع منفی خورنده بوده و می‌تواند بر روی منصوبات چاه و تاسیسات آبرسانی اثر نامطلوب برجای گذارد. آب‌های دارای اندیس اشباع مثبت، رسوبده و استفاده از آن‌ها در دیگ‌های بخار و گرمکن‌های فشار ضعیف در صنعت جایز نیست. آب‌های با اندیس اشباع صفر دارای حالت تعادل بوده و خاصیت خورندگی و ر.سوبدهی ندارند. معمولا به منظور کنترل خورندگی آب همواره بهتر است اندیس اشباع آب کمی مثبت بوده تا با ایجاد لایه‌های بسیار نازک رسوب از خوردگی فلزات جلوگیری نماید. همانطور که از جدول (٥) مشاهده می‌گردد نمونه W١ و W١٠ رسوبگذار و بقیه نمونه‌ها خورنده هستند که نشان دهنده سولفاته بودن تیپ آب‌های منطقه مورد مطالعه است.

جدول ٥- بررسی کیفیت آب منابع دشت به منظور مصارف صنعتی از ضریب اشباع لانژلیه (Is)

ردیف	محل نمونه‌برداری	علامت اختصاری	قلیائیت بر حسب CaO	Ca (mg/l)	ضریب C	PHs	PH	PHs-PH	کیفیت آب برای مصارف صنعتی
١	شمال دانشکده کشاورزی	w١	١٧.٨٩	٧٠	١١.٢٩	٨.٢	٧.٨٢	٠.٣٨	خورنده
٢	باجگاه	w٢	٤١.٣٧	١١٠	١١.٢٩	٧.٦	٧.٨١	-٠.٢١	رسوبگذار
٣	ورودی صدرا	w٣	٨.٣٧	٦٠	١١.٣	٨.٦	٧.٧٩	٠.٨١	خورنده
٤	صدرا ابتدای جاده شوس	w٤	٣٢.٠٦	٥٤	١١.٢٩	٨.١	٨.١	٠	متعادل
٥	قصر قمشه	w٥	٣٢.٦١	٩٠	١١.٢٩	٧.٨	٨.٠٤	-٠.٢٤	رسوبگذار
٦	انجیره	w٦	٦٧.٠٤	٧٠	١١.٢٩	٧.٦	٨.٣٢	-٠.٧٢	رسوبگذار
٧	بلوار فرهنگ شهر	w٧	٣٤.٤٥	٧٠	١١.٣	٧.٩	٨.٢٦	-٠.٣٦	رسوبگذار
٨	خیابان همت	w٨	١٦.٩	١٣٠	١١.٣	٨	٨.٢١	-٠.٢١	رسوبگذار
٩	کارخانه سیمان	w٩	٢٤.١	٩٦	١١.٣١	٧.٩	٨.٠٤	-٠.١٤	رسوبگذار
١٠	پارک شهر	w١٠	٣٤.٩٨	٦٠	١١.٣١	٨	٧.٨٥	٠.١٥	خورنده
١١	بولوار جانبازان-شهرد	w١١	٢٢.٦٥	٩٠	١١.٣١	٨	٨.٠٨	-٠.٠٨	رسوبگذار
١٢	دودمان	w١٢	١٩.٥٢	١٧٠	١١.٣٤	٧.٨	٧.٧٩	٠.٠١	خورنده
١٣	بولوار زرگری	w١٣	٤٦.٥	١١٠	١١.٣	٧.٦	٧.٩٢	-٠.٣٢	رسوبگذار
١٤	بوستان هاشمی-چهار را	w١٤	٦٨.٢٨	١٢٠	١١.٣١	٧.٤	٧.٦٧	-٠.٢٧	رسوبگذار
١٥	بولوار بعثت-پارک بعث	w١٥	١٣٧.٩٧	١١٠	١١.٣١	٧.١	٧.٩٩	-٠.٨٩	رسوبگذار
١٦	میانرود-پارک جنگلی	w١٦	٩٧.٣٧	١٧٠	١١.٣٢	٧.١	٧.٥٨	-٠.٤٨	رسوبگذار
١٧	فلکه فخر آباد-پارک ا	w١٧	١٠٤.٦٢	١٠٠	١١.٣٢	٧.٣	٧.٦٢	-٠.٣٢	رسوبگذار
١٨	بولوار جوادیه	w١٨	٧٧٤.٣٤	٢٢٠	١١.٣	٦.١	٧.٥٩	-١.٤٩	رسوبگذار
١٩	پارک شهدا-شهرداری	w١٩	٤٣٧.٧٦	٥٦٠	١١.٣١	٥.٩	٧.٥٧	-١.٦٧	رسوبگذار
٢٠	غرب دانشکده کشاورزی	w٢٠	٦٣٦.٠٢	٢٥٠	١١.٣	٦.١	٧.٦٨	-١.٥٨	رسوبگذار
٢١	شمال شرق دانشکده کشا	w٢١	١٨٥.٠٧	١٧٠	١١.٢٨	٦.٨	٧.٦٣	-٠.٨٣	رسوبگذار
٢٢	انجیره	w٢٢	٣٨.٠٦	١٢٠	١١.٣	٧.٦	٧.٧٩	-٠.١٩	رسوبگذار

جدول (٦) همچنین شاخص‌های HQ کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی منتخب در منطقه مورد مطالعه را از طریق مصرف منظم آب‌های زیرزمینی برای اهداف مختلف در منطقه مورد مطالعه خلاصه می‌کند. میانگین مقادیر شاخص HQ برای $Ca^{٢+}$، $Mg^{٢+}$، K^{+}، $Na^{٢+}$، Cl^{-}، $HCO_{٣}^{٢-}$، $SO_{٤}^{٢-}$ برای آب‌های زیرزمینی در طول نمونه برداری به ترتیب ٠/٠٠٥، ٠/٠١١، ٠/٠٠٢، ١/٧٦٥، ٠/١١، ٠/١١١، ٠/٢٠٧ گزارش گردید.

جدول ٦- مصرف روزانه مزمن (CDI) و ضریب خطر (HQ) برای کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی

پارامترها	معیارهای آماری	مقادیر	شاخص (CDI)	شاخص (HQ)
$Ca^{٢+}$	Min	٣	٠.٠٨	٠.٠٠٢
	Max	٢٨	٠.٧٨	٠.٠١٩
	Mean	٧.٤٦	٠.٢١	٠.٠٠٥
	SD	٤.١٩	٠.١٢	٠.٠٠٣
$Mg^{٢+}$	Min	٠.٤	٠.٠١	٠.٠٠١
	Max	١٧	٠.٤٧	٠.٠٤٣
	Mean	٤.٣١	٠.١٢	٠.٠١١
	SD	٢.٨٦	٠.٠٨	٠.٠٠٧
K^{+}	Min	٠.٠٢	٠.٠٠	٠.٠٠١
	Max	٠.٤٥	٠.٠١	٠.٠١٣
	Mean	٠.٠٩	٠.٠٠	٠.٠٠٢
	SD	٠.٠٧	٠.٠٠	٠.٠٠٢

Na^+	Min	۰.۵۷	۰.۰۲	۰.۰۱٦
	Max	۱۸.۳	۰.۵۱	۰.۵۰۸
	Mean	۳.۹	۰.۱۱	۰.۱۱۰
	SD	۳.٦٤	۰.۱۰	۰.۱۰۱
Cl^-	Min	۰.۵	۰.۰۱	۰.۲۰۷
	Max	۲۰	۰.۵٦	۸.۲۹۲
	Mean	٤.۲٦	۰.۱۲	۱.۷٦۵
	SD	۳.۹٤	۰.۱۱	۱.٦۳۵
HCO_3^{2-}	Min	۳	۰.۰۸	۰.۰۸۳
	Max	۵.۲	۰.۱٤	۰.۱٤٤
	Mean	۳.۹۸	۰.۱۱	۰.۱۱۱
	SD	۰.۵٦	۰.۰۲	۰.۰۱٦
SO_4^{2-}	Min	۰.٦۸	۰.۰۲	۰.۰۱۹
	Max	۳۷.٦۹	۱.۰۵	۱.۰٤۷
	Mean	۷.٤٦	۰.۲۱	۰.۲۰۷
	SD	٦.٤۳	۰.۱۸	۰.۱۷۹

مقدار HQ برای شاخص کلرید در مقایسه با سایر پارامترها با ۱/۷٦۵ بالاتر است. یون Cl^- یکی از آنیون‌های معدنی اصلی در آب مصرفی است، طعم شور توسط یون‌های کلرید ایجاد می‌شود. هیچ مدرک شناخته شده‌ای مبنی بر اینکه کلریدها خطری برای سلامتی انسان دارند وجود ندارد و به همین دلیل، کلریدها در منابع در نظر گرفته شده برای استفاده عمومی به ۲۵۰ میلی گرم در لیتر محدود می شوند (World Health Organization, & UniCeF.۲۰۱٤). بنابراین ترتیب توزیع کاتیون‌ها و آنیون‌ها بر اساس مقادیر میانگین غلظت آن‌ها در دوره نمونه برداری برای آب‌های زیرزمینی از مرتبه $Cl^-> SO_4^{2-}>HCO_3^{2-}>Na^+, Mg^{2+}> K^+$ ترتیب توزیع کلر گزارش گردید.

٤- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، منابع آب محدوده مطالعاتی در محدوده آب‌های با منشا کاملا سخت قرار می‌گیرند. بطور کلی با افزایش املاح و مواد محلول در آب سبب افت کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌گردد. تیپ کیفیت شیمیایی آب نمونه‌های مربوط به آبخوان از نوع بیکربناته و سولفاته می‌باشد و رخساره آن‌ها نیز کلسیک می‌باشد.

براساس نمودار شولر، تعداد ۱۱ حلقه چاه منطقه (۳۷٪) در گروه خوب و قابل قبول از نظر شرب قرار داشته و ماتعی از نظر شرب ندارند. فقط ۲ حلقه چاه (۷٪) در گروه متوسط و تعداد ۱٦ جلقه چاه باقی مانده (۵۵٪) در گروه‌های نامناسب، کاملا نامطبوع و غیر قابل شرب قرار دارند. نمودار ویلکاکس نشان داد که ۲٤ درصد از چاه‌های دشت در طبقه خوب و مناسب برای کشاورزی و ۱٤ درصد در گروه متوسط و قابل استفاده برای کشاورزی (کشت محصولات مقاوم به شوری) قرار دارند.

این در حالی است که غالب چاه‌های منطقه یعنی ٦۲٪ در طبقه نامناسب برای کشاورزی قرار می‌گیرند. بر اساس ضریب اشباع شدگی لانژلیه، تعداد ۷٦٪ چاه‌های واقع در آبخوان دشت در رده رسوبگذار و ۲٤٪ چاه‌های باقی‌مانده در رده خورنده از نظر صنعتی قرار دارند. هر چند دولت اقدام‌هایی برای مهار کردن افت تراز آب زیرزمینی در چارچوب پروژهای مختلف انجام داده ولی کافی نبوده است. بیشتر کارهای انجام شده در دشت‌های ممنوعه فیزیکی، سازه‌ای و مدیریت عرضه بود. در حالی که می‌توان با مدیریت کردن تقاضا نیز به آن پرداخت. از آن جا که منابع آب دسترس محدود است. و هزینه نهایی برداشت آب افزایش یافته است، تشویق کردن متقاضیان به تخصیص دادن آب به طرح هایی که بهره‌وری آن‌ها به ازای یک واحد آب بیشترین باشد، ضرورت دارد. بررسی و تحلیل هزینه‌ی تمام شده‌ی اقتصادی طرح‌ها برای مقایسه و اولویت بندی کردن طرح‌های متقاضیان اهمیت زیادی دارد. با توجه به نکته‌های گفته شده برای کاهش دادن برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی پیشنهادهای در ادامه داده شده است.

در این مطالعه، درباره میانگین مقادیر شاخص HQ برای Ca^{2+}، Mg^{2+}، K^+، Cl^-، برای آب‌های زیرزمینی در طول

نمونه برداری به ترتیب ۰.۰۰۵، ۰.۰۱۱، ۰.۰۰۲، ۰.۱۱، ۱.۷۶۵، ۰.۱۱۱، ۰.۲۰۷ گزارش گردید. بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی براساس دیاگرام های شولر، ویلکاکس و شاخص اشباع شدگی لانژلیه مطالعات مختلفی در کشور انحام گرفته است. نتایج این پژوهش با مطالعات جعفری و بخشنده مهر (۱۳۹۲) (Jafari and Bakhshandehro, ۲۰۱٤)، در استان اصفهان، رستم زاده و همکاران (۱۳۹٤) (Rostamzadeh et al., ۲۰۱۵)، در دشت اردبیل، رجبی و همکاران (۱۳۹٤) (Rajabi et al., ۲۰۱۵)، در دشت هستیجان، محمدیاری و همکاران (۱۳۹٤) (Mohammadyari and Basiri, ۲۰۱۷)، در مناطق خشک مهران و دهلران، رفیع شریف آباد و همکاران (۱۳۹٦) (Rafi Sharif et al., ۲۰۱۷)، در دشت یزد-اردکان مطابقت دارد. بنابراین با توجه به پایین بودن کیفیت آب زیرزمینی به ویژه چاه‌های پیرامون پیشنهاد می‌شود که علاوه بر ممنوعیت حفرچاه‌های جدید، میزان برداشت از سفره‌های اب زیرزمینی نیز مدیریت شود و با توجه به کاهش ورودی آب‌های سطحی به منطقه در سال‌های اخیر و افزایش فشار بر آبخوان دشت، نوع کشت طبق مطالعات دقیق عوض شده و محصولات مقاوم به شوری که نیاز کمتری به آب دارند توسعه یابد. همچنین لازم است که به منظور مدیریت منابع آب هر چند سال یکبار نقشه‌های کیفی و کمی آب منطقه با استفاده از روش‌های نوین و دقیق زمین آماری تهیه و تفسیر شود. توان افزایش دادن بهره‌وری و کارآیی مصرف آب در کشاورزی به طور کامل به کار گرفته نشده است. انجام تحقیقات کاربردی و پایه‌ای برای تولید کردن رقم‌های متحمل کم آبی و شوری و ابداع روش‌ها و فن‌های آبیاری سازگار با شرایط موجود منطقه توصیه می‌شود. در کاربرد فناوری‌های جدید آبیاری باید دقت کرد که با شرایط اقلیمی و کشاورزی سازگار باشد. داده‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد یکی از مشکلات منابع آبی موجود در دشت شیراز مقدار بالای نمک و مواد محلول بوده، که نشان دهنده تاثیر بسزایی سازندهای زمین شناسی (تبخیری، شیلی، کربناتی) و گنبد نمکی بر منابع آب زیرزمینی و کاهش کیفیت منابع آب است. بنابراین باید برنامه‌های مثل ممنوعه اعلام کردن دشت در دستور کار قرار گیرد تا با گذشت زمان کیفیت آب بهبود یابد.

منابع

- Azareh, A., Zehtabian, G., Nazari Samani, A., Khosravi, H. ۲۰۱۵. Desertification monitoring in Garmsar plain with emphasis on water and agriculture criteria. Journal of Range and Watershed Managment, ٦٨(٣), ٤٢٧-٤٣٩.
- Ashorinia, V., etal. ۲۰۲۰. Modeling sanitary boundaries of drinking water wells on the Caspian Sea southern coasts, Iran. Environmental Earth Sciences, ٨٤(٤), ٢٩٨١-٢٩٩٠.
- Cheraghi, S.A.M., et al. ۲۰۲۰. The Trend of Changes in Groundwater Quantity and Quality in the Sarvestan Plain of Fars Province. Watershed Management Research Journal, ٣٣(٢), ٨٢-٩٦.
- Ebadati, N., Hooshmand Zadeh, M. ۲۰۱٤. Water quality evaluation of Dez River in the Dezful hydrometric station. Iranian journal of Ecohydrology, ١(٢), ٦٩-٨١.
- Esfandiari, M., Hakimzadeh Ardakani, M. ۲۰۱۰. Assessing the actual status of desertification, with an emphasis on soil resource degradation based on the IMDPA model (case study: Abadeh Tashk-Fars). Journal of rangeland and desert research Iran, (٤), ٦٢٤-٦٣١.
- Goode, D.J., et al. ۲۰۱۳. Groundwater-level trends and forecasts, and salinity trends, in the Azraq, Dead Sea, Hammad, Jordan Side Valleys, Yarmouk, and Zarqa groundwater basins, Jordan. US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Homayoonnezhad, I., et al. ۲۰۱٦. Investigation on water quality of zabol chahnimeh reservoirs from drinking water and agricultural viewpoint with focus on schuler & vilcoks diagrams. Journal of Environmental Science and Technology, ١٨(١), ١-١٣.
- Jafari, R., Bakhshandehro, L., ۲۰۱٤. Investigating spatial changes of salinity and alkalinity of

groundwater in Isfahan province using geostatistics. Water and soil science (Isfahan University of Technology). ١٠;١٨(٦٨):١٨٣-٩٥.
- Kalantari, N., Alijani, F. ٢٠٠٨. Research of under ground water quality of Abbas Khuzestan plain. Journal Science Shahid Chamran Univ, ١٩, ٨٤-١٠٠.
- Krishna, A. K., et al. ٢٠١٩. Assessment of groundwater quality, toxicity and health risk in an industrial area using multivariate statistical methods. Environmental Systems Research, ٨(١), ١-١٧.
- Mohammadyari, A., Basiri, A., ٢٠١٧. Zoning of underground water quality in terms of drinking using geostatistical methods, a case study: dry areas of Mehran and Dehlran. Scientific-research quarterly journal of geographical information "Sephar".
- Rafi Sharif, A., et al. ٢٠١٧. Investigating temporal and spatial changes in the quality of underground water for drinking and agriculture in Yazd-Ardakan Plain. Desert Management. Mar ٢١;٥(٩):١٠٧-١٩.
- Rostamzadeh, H., et al. ٢٠١٥. Estimating potable underground water quality changes in the population zones of Ardabil Plain using the combination of geostatistical models and multi-criteria decision making in GIS environment. Hydrogeomorphology. ٢٣;٢(٣):٤٣-٦٠.
- Rajabi, A. M., et al. ٢٠١٥. Hydrogeochemical Evaluation of Groundwater and Its Suitability for Various Uses in the Hastijan Aquifer (Central province–Iran). Journal of Natural Environment, ٦٨(٣), ٣٨٧-٣٩٩.
- Salehzade, M., Ramezani, M. E. ٢٠١٨. Evaluation of Drinking Water Quality in Sardasht, Rabat, and Mirabad Using Schoeller Diagram. Pajouhan Scientific Journal, ١٦(٤), ٦-١٣.
- Solgi, E., Sheikhzadeh, H. ٢٠١٦. Study of Water Quality of Aras River Using Physico-Chemical Variables. Iran. Water Resources Research, ١٢(٣), ٢٠٧-٢١٣.
- Schoeller, H. ١٩٦٥. Qualitative evaluation of groundwater resources. Methods and techniques of groundwater investigations and development. UNESCO, ٥٤٨٣.
- Soleimani Motlagh, M., et al. ٢٠١٦. The study of drought on the quality of surface water resources in Kashkan watershed. Journal of Watershed Management Research, ٦(١٢), ١٥٤-١٦٥.
- Sunkari, E. D., et al. ٢٠١٩. Hydrogeochemical appraisal of groundwater quality in the Ga west municipality, Ghana: implication for domestic and irrigation purposes. Groundwater for Sustainable Development, ٨, ٥٠١-٥١١.
- Tabari, M., et al. ٢٠١٢. Development structure for optimal long-term planning in conjunctive use. Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab (in persian), ٢٣(٤), ٥٦-٦٩.
- World Health Organization, & UniCeF. ٢٠١٤. Progress on sanitation and drinking water: ٢٠١٤ update.
- Wilcox, L.V. ١٩٥٨. Determining the quality of irrigation water (No. ١٩٧). US Department of Agriculture.

Investigating groundwater quality using water quality indicators for drinking, agriculture and industry (Case study: Shiraz plain)

Marjan Salari

Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology, Sirjan, Iran
Email Address: Salari.marjan@gmail.com

Introduction

The study aimed at investigating the groundwater quality for drinking, agricultural and industrial uses by Wilcox and Schuller diagrams using Chemistry Software, Langelier Saturation Index (Is) and evaluating hazards caused by physical-chemical compounds using the health hazard parameters such as chronic daily intake (CDI) and hazard quotient (HQ) in EPA formulas in some parts of the Shiraz Plain, Central Fars Province. First, the data of ١٠ quality parameters affecting above-mentioned uses, including EC, $Ca^{٢+}$, K^{+}, PH, $SO_{٤}^{٢-}$, Cl^{-}, Na^{+}, TH, $Mg^{٢+}$ and TDS were collected corresponding to the study area's ٢٢ wells and their normal distribution was ensured. Regarding Wilcox and Schuller quality indices, the groundwater is classified as average for agricultural uses and as acceptable for drinking use. According to the Langelier Saturation Index, the existing water resources were reported corrosive to scale forming. During the sampling period, the average HQ index values for $Ca^{٢+}$, $Mg^{٢+}$, K^{+}, Na^{+}, Cl^{-}, $HCO_{٣}^{٢-}$, $SO_{٤}^{٢-}$ were ٠,٠٠٥, ٠,٠١١, ٠,٠٠٢, ٠,١١, ١,٧٦٥, ٠,١١١, ٠,٢٠٧, respectively. Thus, the programs such as water resources management and announcement of banned situation for the plain should be applied to improve the water quality over timeThis study is a cross-sectional descriptive study. The studied area is a part of the Shiraz plain with an area of ٢٧٨ hectares, where the wells supplying the city's water are located. There are ٢٢ active drinking water wells in this area, which are mostly located in the urban context. In this study, the parameters of sodium, chloride, nitrate, sulfate, hardness, total dissolved solids and pH were investigated as parameters of resource quality indicators listed in the guidelines book of the World Health Organization. These parameters can affect the taste, smell, and appearance and generally acceptability of water.

Methodology

During the sampling period, the average HQ index values for $Ca^{٢+}$, $Mg^{٢+}$, K^{+}, Na^{+}, Cl^{-}, $HCO_{٣}^{٢-}$, $SO_{٤}^{٢-}$ were ٠,٠٠٥, ٠,٠١١, ٠,٠٠٢, ٠,١١, ١,٧٦٥, ٠,١١١, ٠,٢٠٧, respectively. To investigate the spatial variations of groundwater quality in respect of drinking, agricultural and industrial water uses, various studies have been done across Iran based on the Schuller and the Wilcox diagrams and the Langelier Saturation Index. The results of the present study were in good agreement with the studies carried out by Jafari and Bakhshandehro (٢٠١٤) in Isfahan Province, Rostamzadeh et al. (٢٠١٥) in the Hastijan Plain, Mohammadyari and Basiri (٢٠١٧) in the arid areas of Mehran and Dehloran, and Rafi Sharif et al. (٢٠١٧) in the Yazd-Ardakan Plain. Therefore, considering the low quality of the groundwater, especially in the around wells, it is suggested that, in addition to prohibition of drilling new wells, the amount of water discharge from the aquifers is managed. Regarding the reduction of surface water input to the region in the recent years and the increase of pressure on the plain's aquifer, the farming type must be changed based on detailed studies and the salt resistant crops needing less water should be developed. To manage the water resources, the qualitative and quantitative maps of the region's water should be prepared and analyzed using the modern and precise geo-statistical methods once every couple of years. The capability of increasing the efficiency of water use in agriculture was not fully implemented. It is recommended to carry out applied and basic studies for producing aridity-tolerant and salt resistant crops and inventing irrigation methods and technics compatible with the region's current conditions. It must be cared that the application of new irrigation technologies is consistent with the climatic and agricultural conditions. The data of this study showed that one of the issues of the available water resources in Shiraz plain was the high amount of their salt and soluble materials indicating the significant impact of the geological formations (evaporates, shales, carbonates) and the salt domes on the groundwater resources and reduction of their quality. Thus, the ongoing programs such as announcement of banned plains must be continued to improve the water quality over time.

Conclusion

The results of the study indicated that the water resources of the study area were within the range of waters with completely hard origin. Generally, the increase of salts and soluble materials in water results in the reduction of groundwater quality. The chemical quality type of the aquifer's water samples was of bicarbonate and sulfate type and their facies was calcic. According to the Schuller diagram, ١١ wells of the region (٣٧٪) classified as good and acceptable in respect of drinking and were potable. Only two wells (٧٪) classified in the average group and the remaining ١٦ wells (٥٥٪) were in inappropriate, completely inappropriate and non-potable groups. Considering agriculture, the Wilcox diagram showed that ٢٤٪ of the Plain's wells classified as good to permissible and ١٤٪ were in the permissible to doubtful group (farming salt resistant crops). Meanwhile, most of the region's wells (٦٢٪) classified as unsuitable for agriculture. Considering the Langelier Saturation Index, ٧٦٪ of the aquifer's wells were in the scale-forming category and the remaining ones were in the corrosive category in the industrial respect. Although, the government has made some efforts to constrain groundwater level drop in the context of various projects, but they were not sufficient. Most of the works carried out in the banned plains, were physical, structural and supply management actions, while it might be addressed by the demand management. Since the available water resources are limited and the final cost of water discharge increases, it is necessary to encourage the users to allocate water to the plans with the maximum efficiency per one unit of water. Analysis of the all-over cost of the user's plans is critical for their comparison and prioritization. Considering the above discussions, some recommendations are given in the following sections to reduce excessive discharge of groundwater.

Keywords: Water quality, Groundwater, Risk assessment, Shiraz Plain.