

ارزیابی کیفی پساب‌های حاصل از پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد و منابع آب مجاور آن جهت مصارف کشاورزی

مریم تاج بخشیان^۱، محمدحسین محمودی قرائی^{۲*}، اسدالله محبوبی^۳، رضا موسوی حرمی^۴، ایرج اجلائی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۵

چکیده

جهت بررسی کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی موجود در منطقه پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد و همچنین پساب‌های تولیدی در این واحد صنعتی، تعداد ۱۸ نمونه آب و ۵ نمونه پساب مورد مطالعه قرار گرفت. غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی، pH، دما، هدایت الکتریکی و مجموع مواد جامد محلول در نمونه‌های آب و پساب اندازه‌گیری شد. از نظر مجموع مواد جامد محلول، بیش‌تر نمونه‌های آب و پساب در رده آب‌های لب شور و شور قرار گرفتند. محاسبه شاخص‌های مربوط به خطر سدیم در آب آبیاری نشان داد که فقط ۳۰٪ نمونه‌های آب مورد مطالعه از نظر میزان نسبت جذب سدیم در رده عالی قرار گرفته و بقیه دارای کیفیت متوسط، خوب و ضعیف هستند و از میان نمونه‌های پساب نیز از نظر این شاخص تنها یک نمونه کیفیت عالی نشان داد. درصد سدیم و نسبت Kelley نشان داد اکثر نمونه‌های آب و پساب دارای کیفیت متوسط و نامطلوب بودند. بر حسب میزان نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی، تنها یک نمونه پساب کیفیت خوبی داشت. کربنات سدیم و بی‌کربنات سدیم باقی‌مانده کیفیتی مناسب را برای منابع آب مورد مطالعه نشان دادند. نمودار Gibbs فرآیند تبخیر، شاخص‌های کلروآلکالین تبادل یونی طبیعی و نمودارهای دوتایی انحلال کانی‌های تبخیری (هالیت، ژپس و انیدریت) را به‌عنوان عوامل اصلی تغییر در تعیین غلظت یون‌ها در منابع آب مورد مطالعه نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد، شاخص کلروآلکالین، کیفیت آب، مصارف کشاورزی

مقدمه

رودخانه‌ها و آب‌های سطحی در بسیاری از نقاط جهان از منابع عمده آب برای کشاورزی محسوب شده و کیفیت آب یکی از مسائل نگران‌کننده در این زمینه می‌باشد (Oladeji et al., 2012; Falah and Haghizadeh., 2017). علاوه بر آن، ۴۰٪ از منابع آب زیرزمینی موجود در سطح جهانی نیز مورد استفاده کشاورزی قرار می‌گیرد که کمیت و کیفیت این منابع در اثر تغییرات آب و هوایی و همچنین افزایش آلودگی‌های ناشی از توسعه شهری و صنایع مختلف به‌طور روزافزون دچار سیر نزولی شده است (Peiyue et al., 2011). از طرفی، هنگامی که منابع آب‌های سطحی به ندرت یافت

شوند، آب‌های زیرزمینی برای فعالیت‌های مختلف انسان اعم از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی اهمیت بیش‌تری می‌یابند (Ghalib, 2017). بنابراین، ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی و سطحی در جهت بهره‌وری هر چه بیش‌تر از این منابع برای اهداف کشاورزی ضروری بوده و مطالعات متعددی نیز در این زمینه انجام شده است (Nathan 2017; Hwang et al., 2017; Godbole Mahendra and Bashir et al., 2017; Sridharan and Patode, 2014). Nathan کیفیت آب و به ویژه آب‌های زیرزمینی برای اهداف کشاورزی و آبیاری به تغییرات شرایط آب و هوایی، زمان ذخیره آب در آبخوان و همچنین فعالیت‌های انسانی وابسته است (Peiyue et al., 2011). اگر آبی با کیفیت مناسب جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد، بازده محصولات بهتر خواهد بود و از این رو اندازه‌گیری غلظت مواد تشکیل دهنده این گونه آب‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد (Haque et al., 2017). برای ارزیابی کیفیت آب آبیاری موارد زیادی از جمله: شوری (غلظت کل املاح محلول)، نسبت سدیم به سایر کاتیون‌ها، غلظت کربنات و بی‌کربنات و غلظت کلراید حائز اهمیت است که از طریق شاخص‌های مختلفی می‌توانند بیان شوند (غلامعلی‌زاده آهنگر، ۱۳۸۶؛ Sadick et al., 2017; Santacruz de Leon et al., 2017). پالایشگاه گاز شهید

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد

۵- ریاست واحد حفاظت، ایمنی و بهداشت محیط زیست (HSE) شرکت پالایش گاز شهید هاشمی نژاد (خانگیران)

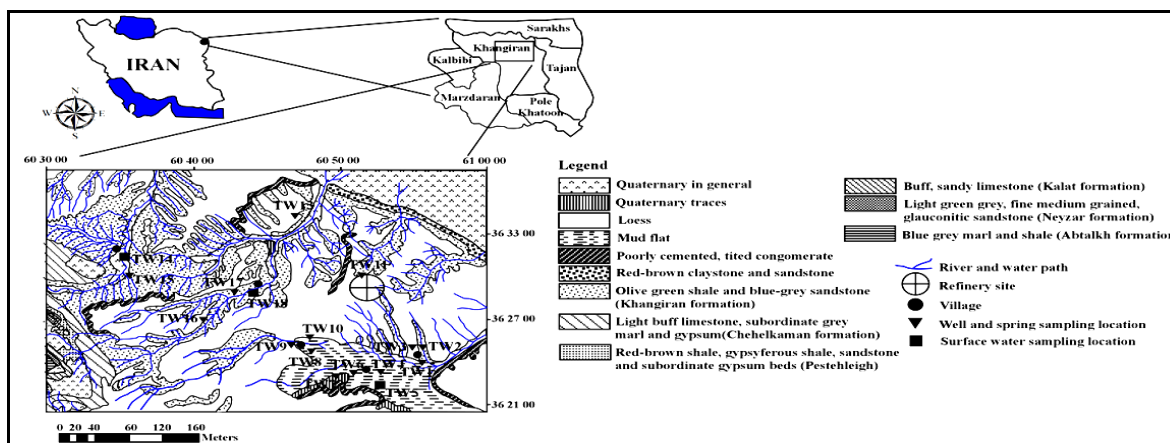
* - نویسنده مسئول: (Email: mhmgharaie@um.ac.ir)

قابل قبول است. اما پساب خروجی از تصفیه‌خانه این واحد صنعتی در مقایسه با آب شهر سرخس دارای مقادیر هدایت الکتریکی و مجموع مواد جامد محلول بسیار بالاتر از حد استاندارد است که ممکن است آبیاری مداوم درختان با این پساب مشکلاتی مانند مسمومیت گیاهان، به هم ریختگی ساختمان خاک و شور شدن اراضی را به دنبال داشته باشد (جنگجو و همکاران، ۱۳۸۷). از طرفی، تصفیه و استفاده مجدد از پساب‌ها یکی از مناسب‌ترین روش‌های جلوگیری از آلودگی محیط زیست و همچنین برآوردن نیازهای آبی به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود. بنابراین پساب‌های تولیدی در پالایشگاه می‌تواند به‌عنوان منبعی برای آبیاری فضای سبز داخل یا اطراف پالایشگاه و همچنین زمین‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد که در این صورت بررسی کیفیت این پساب‌ها کمک موثری به اهالی منطقه خواهد بود. با توجه به این‌که اکثر ساکنان منطقه به شغل کشاورزی و دامداری مشغول‌اند و برای تامین آب مورد نیاز خود جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی از منابع آب سطحی و زیرزمینی موجود در منطقه استفاده می‌کنند، بررسی کیفیت این منابع آب نیز از دیدگاه کشاورزی امری ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۸ نمونه آب مورد سنجش قرار گرفت که از این تعداد، ۱۳ نمونه مربوط به آب‌های زیرزمینی مناطق مجاور پالایشگاه (شکل ۱)، یک نمونه از آب خام (TW23) مورد استفاده در فعالیت‌های صنعتی مختلف آن، ۳ نمونه از آب‌های سطحی اطراف پالایشگاه (TW5، TW18، TW14) و یک نمونه از گمانه‌ای داخل محوطه آن (TW11) بود (جدول ۱). پنج نمونه پساب مربوط به پالایشگاه شامل زهکش اطراف محوطه قالب‌گیری گوگرد (TW12)، ورودی و خروجی تصفیه‌خانه پالایشگاه (TW19، TW20)، استخر آب ترش صنعتی (استخر B) (TW21) که محل ذخیره پساب‌هایی با هدایت الکتریکی بیش از $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ می‌باشد و همچنین خروجی پالایشگاه (آب‌بند دوم) (TW22) نیز مورد سنجش قرار گرفت. ویژگی‌های صحرایی نمونه‌های آب و پساب مورد مطالعه شامل دما، هدایت الکتریکی و pH توسط دستگاه pH متر و EC متر در محل اندازه‌گیری شد. غلظت آنیون‌های کربنات و بی‌کربنات به روش تیتراسیون اسید و باز، آنیون کلراید به روش تیتراسیون رسوبی و آنیون سولفات به روش وزنی، و غلظت کاتیون‌های کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون کمپلکسومتری، همچنین غلظت کاتیون‌های سدیم و پتاسیم توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد اندازه‌گیری شدند. غلظت مجموع مواد جامد محلول نیز در نمونه‌های آب مورد مطالعه به روش وزن‌سنجی در آزمایشگاه شرکت پالایش گاز شهید هاشمی‌نژاد اندازه‌گیری شد (APHA., 1995).

هاشمی‌نژاد در ۱۶۵ کیلومتری شمال شرق مشهد، در طول جغرافیایی $51^{\circ}50'60''$ شرقی و عرض $36^{\circ}28'6''$ شمالی قرار گرفته است. آب ورودی به تصفیه‌خانه این پالایشگاه شامل دو منبع عمده پساب بهداشتی و پساب صنعتی است. پساب حاصل از رستوران، مهمان‌سرا و بخش اداری پالایشگاه به هم پیوسته و تحت عنوان فاضلاب بهداشتی وارد تصفیه‌خانه می‌شود (جنگجو و همکاران، ۱۳۸۷). پساب صنعتی نیز آبی است که در نتیجه فرآیند پالایش گاز در بخش صنعتی پالایشگاه تولید می‌شود. با توجه به منبع تأمین آب و فرآیندهای صنعتی، درصد مواد آلی و عناصر غیرفلزی موجود در آب صنعتی کم‌تر از آب بهداشتی است. با توجه به پایش‌های روزانه، هفتگی و ماهانه انجام شده بر روی پساب‌های صنعتی، غلظت عناصر فلزی مانند آلومینیوم، بریلیم، کادمیم و کروم نیز در حد مجاز می‌باشد (شرکت پالایش گاز شهید هاشمی‌نژاد، ۱۳۹۴). از این رو پساب صنعتی نسبت به پساب بهداشتی منبع تمیزتری محسوب می‌شود. توپوگرافی زمین‌های اطراف پالایشگاه، دو آب‌بند طبیعی را به وجود آورده است که پساب خروجی پالایشگاه از محل قالب‌گیری گوگرد پس از طی مسافت حدود یک کیلومتر وارد آب‌بند اول و پس از آن با طی مسافت حدود $2/5$ کیلومتر وارد آب‌بند دوم می‌شود. در حال حاضر این پالایشگاه دارای یک واحد تصفیه فاضلاب بهداشتی و صنعتی می‌باشد که با استفاده از روش‌های فیزیکی و بیولوژیکی، کیفیت پساب خروجی را در حد مجاز برای مصارف کشاورزی افزایش می‌دهد. همچنین، پساب‌های این واحد صنعتی که دارای مجموع مواد محلول بسیار بالا هستند با استفاده از روش سختی‌گیری و فیلتر کربن بازیافت شده و دوباره در چرخه استفاده مجدد قرار می‌گیرند (شرکت پالایش گاز شهید هاشمی‌نژاد، ۱۳۹۴). منطقه مورد مطالعه به وسعت 578 کیلومترمربع در زیر حوضه گنبدلی، واقع در شرق حوضه آبریز قره قوم در استان خراسان رضوی واقع شده و بخشی از محدوده شهرستان سرخس محسوب می‌شود (شکل ۱). از نظر آب و هوایی، اقلیم این منطقه خشک سرد تا خشک معتدل بوده و منطقه‌ای کم‌باران محسوب می‌شود (جنگجو و همکاران، ۱۳۸۷). منطقه از نظر چینه‌شناسی شامل سازندهایی به سن ژوراسیک بالایی تا کواترنر است که عمدتاً از آهک، شیل و ماسه‌سنگ تشکیل شده‌اند. بعضی از این سازندها مانند چهل‌کمان، پسته‌لیق و شوریچه دربردارنده رسوبات تبخیری می‌باشند. رسوبات دوره کواترنر در منطقه شامل لس‌ها و پادگانه‌ها است که لس‌ها از سیلت و رس تشکیل شده و پادگانه‌ها اغلب از کنگلومرای دانه متوسط تا درشت با جورشدگی ضعیف و زمینه‌ای از رس، سیلت و ماسه تشکیل شده‌اند که گاه سیمان آهکی ضعیفی بین آن‌ها دیده می‌شود (افشار حرب، ۱۳۷۳). در مطالعه انجام شده روی کیفیت منابع آب پالایشگاه جهت آبیاری فضای سبز مشخص شد که آب تأمین شده شهر سرخس از نظر ویژگی‌های هدایت الکتریکی، pH و مجموع مواد جامد محلول دارای شرایط



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از افشار حرب، ۱۳۶۱) به همراه نقاط نمونه‌برداری از آب که با مثلث و مربع نشان داده شده است.

نتایج و بحث

TW18 و TW10 در ۴۵/۹ meq/l و ۴۵/۹ meq/l است. آنیون‌های کلراید و سولفات دارای میانگین غلظت تقریباً برابری هستند و بیش‌ترین غلظت این دو آنیون در نمونه آب سطحی TW18 به ترتیب ۳۳/۳۳ و ۱۲۴/۴۹ meq/l است، و کم‌ترین غلظت آنها به ترتیب، ۰/۲ meq/l در نمونه پساب استخر B، و ۰/۱ meq/l در نمونه TW21 مشاهده می‌شود. آنیون بی‌کربنات با میانگین ۴/۶ meq/l غلظت بیش‌تری از آنیون کربنات با میانگین ۰/۰۳ meq/l دارد، به طوری که بیش‌ترین غلظت بی‌کربنات، ۲۷/۶۸ meq/l در نمونه TW21 است، و کم‌ترین غلظت آن در نمونه‌های TW12 و TW22 است که مقدار آن صفر می‌باشد. توالی آنیونی نمونه‌های آب و پساب مورد مطالعه را می‌توان به ترتیب کلراید، سولفات، بی‌کربنات و کربنات ذکر کرد.

بررسی کیفی منابع آب و پساب جهت مصارف کشاورزی خطر شوری

برای تعیین مقدار شوری آب آبیاری دو روش معمول وجود دارد که شامل اندازه‌گیری مجموع مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی است. به طور کلی، مجموع مواد جامد محلول محتوای مواد معدنی محلول در آب را نشان داده و نقش مهمی در تعیین کیفیت آب جهت مصارف کشاورزی دارد (Obiefuna and Sheriff., 2011; Husien et al., 2017). کارول انواع آب را براساس مجموع مواد جامد محلول در چهار گروه آب‌های شیرین، لب شور، شور و شورابه قرار داد (Carroll., 1962). با توجه به جدول ۲ تمام نمونه‌های آب و پساب با داشتن مجموع مواد جامد محلول در گستره ۴۱۷/۱۲ و ۴۰۰۰۹/۰۵ mg/l در دو گروه آب‌های لب‌شور و شور قرار گرفته و تنها نمونه ورودی تصفیه‌خانه پالایشگاه از نظر این مشخصه در گروه آب‌های شیرین قرار می‌گیرد.

همان‌طور که در جدول ۱ دیده می‌شود کم‌ترین دما مربوط به نمونه آب سطحی TW5 به مقدار ۱۰/۵°C است و بیش‌ترین دما در نمونه TW13 به مقدار ۳۲°C دیده می‌شود. مقدار pH در نمونه‌های برداشت شده از گستره قلیایی تا بسیار اسیدی تغییر می‌کند که کم‌ترین میزان آن در دو نمونه پساب TW12 و TW22 به ترتیب ۳/۸ و ۴/۱ بوده و بیش‌ترین مقدار pH مربوط به نمونه آب‌های سطحی به ترتیب به مقدار ۸، ۸/۴ و ۸/۲ می‌باشد. این نمونه‌های آب سطحی به علت دارا بودن pH بالا علاوه بر آنیون بی‌کربنات، دارای آنیون کربنات نیز می‌باشند و سایر نمونه‌های آب و پساب فاقد آنیون کربنات هستند. مجموع مواد جامد محلول در تمامی نمونه‌های آب و پساب مقادیر بالایی را نشان می‌دهد. به طوری که کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار این کمیت به ترتیب در نمونه پساب TW19 به میزان ۴۱۷/۱۲ mg/l و در نمونه آب سطحی TW18 به میزان ۴۰۰۰۹/۰۵ mg/l وجود دارد. هدایت الکتریکی نیز در گستره زیادی از ۱۵۴۰/۶۶ تا ۵۱۸۰۶/۴ $\mu\text{s}/\text{cm}$ تغییر می‌کند. به طوری که در این گستره، کم‌ترین مقدار در پساب ورودی به تصفیه‌خانه و بیش‌ترین مقدار در پساب مربوط به آب‌بند دوم مشاهده می‌شود. در بین کاتیون‌های اندازه‌گیری شده، کم‌ترین غلظت را یون پتاسیم با میانگین ۷۲/۹۸ meq/l و بیش‌ترین غلظت را سدیم با میانگین ۰/۸۲ meq/l نشان می‌دهد. پس از سدیم، کاتیون‌های منیزیم و کلسیم به ترتیب با میانگین غلظت ۲۷/۷۳ و ۲۵/۴۹ meq/l قرار دارند. کم‌ترین غلظت کاتیون پتاسیم، سدیم، منیزیم و کلسیم به ترتیب در دو نمونه پساب TW19 و TW21 به میزان ۰/۰۵، ۱/۴۴، TW19، ۱/۷۲ و TW20، ۱۹ meq/l است. در مقابل بیش‌ترین مقدار این کاتیون‌ها به ترتیب TW1، ۲/۱۲، TW1، ۲۲۰/۹۷، TW18، ۶۹/۵ در

جدول ۱- نتایج حاصل از اندازه‌گیری مشخصه‌های صحرایی و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در نمونه‌های آب و پساب مورد مطالعه (غلظت تمامی یون‌ها بر حسب meq/l است)

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	هدایت الکتریکی		pH	دما (°C)	نام نمونه
								در ۲۵°C (μS/cm)	مجموع مواد جامد محلول (mg/l)			
۲۸/۱۴	۳/۱۳	۴۲/۸۴	۲/۱۲	.	۳/۷۹	۳۰/۸۲	۵۴/۱۲	۱۱۶۵۸/۲۴	۸۷۴۲/۶۸	۷/۶	۱۸/۵	TW1
۲۸/۰۹	۲۴/۶۹	۴۴/۶۲	۲/۰۶	.	۳/۳۵	۲۹/۸۳	۶۱/۲	۸۹۸۲/۱۹	۶۷۳۶/۶۴	۷/۸	۱۹/۴	TW2
۲۸/۲۷	۲۲/۰۶	۳۹/۵۸	۲/۰۱	.	۲/۵۵	۲۵/۸۵	۵۷/۸۷	۷۸۱۵/۵۳	۵۸۶۱/۶۴	۷/۶	۲۱	TW3
۳۰/۴۸	۳۳/۴۱	۶۶/۲۸	۰/۵۷	.	۳/۲۳	۵۳/۱۹۸	۶۸/۹	۱۱۹۵۰/۳۲	۸۹۶۲/۷۴	۷/۶	۱۶/۲	TW4
۲۷/۵۴	۵۴/۰۶	۱۴۶/۳۶	۰/۶۷	۰/۱۹	۲/۵۱	۱۰۳/۹۱	۱۱۹/۴۹	۲۳۱۷۶/۸	۱۷۳۸۲/۶	۸	۱۰/۵	TW5
۲۹/۰۱	۲۴/۶۴	۳۲/۸	۰/۴۶	.	۵/۰۳	۲۳/۸۶	۵۳/۲۹	۷۵۱۷/۱۲	۵۶۳۷/۸۴	۷/۲	۲۰	TW6
۲۶/۰۷	۲۵/۰۱	۴۴/۵۴	۰/۳۷	.	۴/۵۵	۳۲/۳۱	۵۹/۷۴	۸۲۵۰/۳۳	۶۱۸۷/۷۴	۷/۳	۲۱	TW7
۳۵/۹۹	۴۹/۲۸	۱۲۹/۴	۰/۶۹	.	۳/۶۷	۱۲۸/۱۸	۸۴/۵۲	۱۸۲۶۹/۰۳	۱۶۴۴۲/۱۲	۷/۴	۱۸/۳	TW8
۲۲/۴	۲۹/۰۴	۱۲۶/۳۶	۰/۷۱	.	۵/۱۱	۶۹/۰۹	۱۱۷/۴۱	۱۷۰۹۰	۱۲۸۱۷/۵	۷/۶	۱۹	TW9
۴۵/۹	۲۷/۰۹	۵۷/۸۶	۰/۴۹	.	۴/۲۷	۸۸/۱۲	۴۳/۵	۱۳۱۷۲/۷۹	۱۱۸۵۵/۵۱	۷/۸	۱۷/۶	TW10
۳۶/۳۵	۱۵/۴۴	۲۰/۰۱	۰/۲۸	.	۵/۵۱	۲۱/۵۲	۳۹/۹۷	۷۰۴۷/۷۸	۵۲۸۵/۸۳	۷/۴	۱۸	TW11
۲۱/۹۵	۱۶/۶۵	۵۰/۴۵	۰/۶۲	.	.	۳۶/۷۹	۵۲/۰۴	۱۰۳۹۳/۴	۷۷۹۵/۰۵	۳/۸	۱۲/۵	TW12
۳۳/۰۵	۲۴/۶۴	۷۷/۵۲	۰/۵۲	.	۳/۵۹	۶۸/۰۹	۶۱/۴۱	۱۲۵۶۰	۱۱۳۰۴	۷/۵	۳۲	TW13
۲۳/۸۷	۶۸/۳۹	۱۶۰/۹۶	۰/۹	۰/۵۱	۳/۵۵	۱۲۴/۱۷	۱۱۸/۲۴	۲۱۸۰۶/۰۹	۱۹۶۲۵/۴۸	۸/۴	۱۵/۸	TW14
۲۹/۷۸	۲۱/۶۹	۴۶/۹۷	۰/۵۶	.	۴/۵۵	۳۴/۰۴	۵۹/۳۳	۹۶۹۵/۲۸	۷۳۷۱/۴۶	۷/۵	۱۶	TW15
۲۴/۹۷	۲۳/۵۳	۷۸/۵۱	۰/۴۲	.	۳/۳۱	۷۸/۱۱	۶۲/۰۳	۱۳۰۲۹/۱۲	۱۱۷۲۶/۲	۷/۵	۱۸/۵	TW16
۱۷/۶۲	۱۶/۹۱	۸۶/۷۸	۰/۴۱	.	۲/۰۷	۷۸/۱۱	۵۰/۳۷	۱۴۰۶۷/۲	۱۲۶۶۰/۴۸	۷/۸	۱۴/۷	TW17
۳۳/۴۳	۶۹/۵	۲۲۰/۹۷	۰/۹	۰/۱۹	۳/۷۵	۲۳۶/۳۳	۱۲۴/۴۹	۴۴۴۵۴/۵	۴۰۰۰۹/۰۵	۸/۲	۱۲/۴	TW18
۵/۵۸	۱/۷۲	۱/۴۴	۰/۰۵	.	۶/۳۹	۰/۲	۰/۲۷	۱۵۴۰/۶۶	۴۱۷/۱۲	۷/۹	۲۹/۶	TW19
۲/۱۹	۲/۱۳	۶۱/۷۶	۰/۱۵	.	۳/۵۹	۴/۹۷	۵/۲۶	۱۷۱۷/۳۶	۲۰۶۳	۶/۵	۲۹	TW20
۲۰/۰۱	۱۵/۷۴	۴۶/۰۲	۰/۰۵	.	۲۷/۶۸	۰/۲	۰/۱	۱۲۰۳۰	۶۶۱۶/۵	۶	۲۵	TW21
۳۲	۶۲/۴۲	۵۴/۴۳	۰/۶۷	.	.	۸۹/۶۱	۵۶	۵۱۸۰۶/۴	۳۲۸۰۰	۴/۱	۲۷/۳	TW22
۳/۶۹	۶/۶	۴۲/۱	۲/۱	.	۳/۸	۱۰	۱۱/۵۳	۲۱۵۵/۵۶	۱۰۵۰	۷/۴۷	۲۶/۹	TW23
۲/۱۹	۱/۷۲	۱/۴۴	۰/۰۵	.	.	۰/۲	۰/۱	۱۵۴۰/۶۶	۴۱۷/۱۲	۳/۸	۱۰/۵	کمینه
۴۵/۹	۶۹/۵	۲۲۰/۹۷	۲/۱۲	۰/۵۱	۲۷/۶۸	۲۳۶/۳۳	۱۲۴/۴۹	۵۱۸۰۶/۴	۴۰۰۰۹/۰۵	۸/۴	۳۲	بیشینه
۲۵/۴۹	۲۷/۷۳	۷۲/۹۸	۰/۸۲	۰/۰۳	۴/۶	۵۹/۴۵	۵۹/۱۸	۱۴۴۰۰/۸	۱۱۲۷۱/۸۳	۷/۲	۱۹/۹۶	میانگین

مشکوک قرار گرفته‌اند و تنها نمونه آب خام پالایشگاه از نظر هدایت الکتریکی برای مصارف کشاورزی مجاز است. از میان نمونه‌های پساب نیز نمونه‌های پساب ورودی و خروجی تصفیه‌خانه دارای کیفیت مجاز بوده و سه نمونه پساب دیگر از این نظر مشکوک هستند.

خطر سدیم

محتوای بالای سدیم در آب آبیاری باعث پراکندگی ذرات خاک و تغییر ساختار آن می‌گردد. اگر آبی با میزان سدیم بالا برای چندین سال مورد استفاده مصارف کشاورزی قرار گیرد، سدیم موجود در آب می‌تواند جایگزین کلسیم و منیزیم خاک شده و در نتیجه توانایی خاک برای تشکیل مجموعه‌های متراکم پایدار کاهش یافته و بازدهی

هدایت الکتریکی نیز ویژگی مناسبی در جهت تعیین میزان خطر ناشی از شوری برای محصولات کشاورزی به شمار می‌رود. شوری بیش از اندازه فعالیت اسمزی گیاهان را کاهش داده و در نتیجه جذب آب و مواد غذایی از خاک توسط گیاهان مختل می‌شود. به عبارتی هنگامی که هدایت الکتریکی در آب آبیاری بالا باشد، آب کم‌تری در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد (Ishaku et al., 2011; Bashir et al., 2017). در جدول ۲ استاندارد کیفیت منابع آب جهت مصارف کشاورزی بر حسب میزان هدایت الکتریکی و هم‌چنین طبقه‌بندی منابع آب و پساب مورد مطالعه براساس این استاندارد آورده شده است. بر حسب این طبقه‌بندی تمام نمونه‌های آب مورد مطالعه در رده

که آب آبیاری براساس میزان سدیم موجود در آن طبقه‌بندی شده است و میزان هدایت الکتریکی آب آبیاری در چهار رده شوری کم (C1)، شوری متوسط (C2)، شوری زیاد (C3) و شوری خیلی‌زیاد (C4)، نموداری با ۱۶ کلاس مختلف از منابع آبی را ارائه داد که می‌تواند جهت بررسی کیفیت آب کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد (Wilcox., 1955) (شکل ۲-ب). آب‌های خیلی‌خوب که در آن‌ها میزان هدایت الکتریکی کم‌تر از ۲۵۰ $\mu\text{S}/\text{cm}$ در کلاس C1S1 قرار می‌گیرند. آب‌های خوب مربوط به یکی از کلاس‌های C2S2, C2S1 و C1S2 هستند. آب‌هایی با کیفیت متوسط در یکی از کلاس‌های C2S3, C3S1, C3S2, C3S3 و C1S3 قرار می‌گیرند. آب‌هایی با کیفیت نامناسب نیز مربوط به یکی از کلاس‌های C2S4, C3S4, C4S1, C4S2, C4S3 و C4S4 می‌شوند. طبق شکل ۲-ب نمونه پساب ورودی تصفیه‌خانه در کلاس C2S1، نمونه گمانه داخل پالایشگاه در کلاس C4S2، نمونه‌های TW2, TW3, TW6 و TW7 در کلاس C4S3 و نمونه TW15 در کلاس C4S4 قرار گرفتند. سایر نمونه‌های آب و پساب به دلیل بالا بودن میزان هدایت الکتریکی و هم‌چنین نسبت جذب سدیم در این نمودار قرار نگرفته‌اند. از این رو تمام نمونه‌های آب و پساب (به جز نمونه ورودی تصفیه‌خانه) جهت مصارف کشاورزی مناسب نمی‌باشند. باید توجه داشت که به کارگیری پساب‌های تصفیه شده در آبیاری زمین‌های کشاورزی بسته به خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی پساب می‌تواند برخی از ویژگی‌های خاک و گیاه را تغییر دهد. از جمله این تغییرات که در نتیجه آبیاری با پساب‌هایی حاوی میزان املاح محلول و شوری بالا بر روی خاک ایجاد می‌شود، می‌توان به افزایش نیتروژن (به شکل نترات)، فسفر، پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم و هم‌چنین درصد سدیم قابل تبادل خاک اشاره کرد (صفری سنجانی و حاج رسولی‌ها، ۱۳۸۰). کلوییدهای خاک به واسطه داشتن بار الکتریکی منفی، کاتیون‌هایی از قبیل کلسیم، منیزیم و سدیم را به خود جذب کرده و نگه می‌دارند. هنگامی که کاتیون‌های جذب شده در خاک بر اثر واکنش‌های شیمیایی با ذرات خاک ترکیب شوند، می‌توانند توسط کاتیون‌های دیگری که وارد محلول خاک می‌شوند جایگزین شوند. یون‌های قابل تبادل در کلوییدهای خاک با سدیم محلول در آب در حال تعادل است. در صورتی که درصد سدیم در آب آبیاری افزایش یابد، تمایل به جذب بیش‌تر یون‌های سدیم در ترکیبات رس، منجر به قلیابیت خاک می‌شود (Majumdar., 2004). سدیم بالا به همراه کربنات منجر به تشکیل خاک‌های قلیایی شده، در حالی که به همراه یون کلراید خاک‌های شور را به وجود می‌آورند که هیچ یک برای رشد گیاهان مناسب نیستند (Salifu et al., 2017).

آن برای تولید محصولات زراعی کم می‌شود. علاوه بر آن، ظرفیت نفوذپذیری و تراوایی خاک کاهش یافته که این مورد نیز منجر به آسیب به محصولات کشاورزی خواهد شد (Honarbakhsh and Kakaei Lafdani., 2013). معمول‌ترین روش برای ارزیابی اثرات ناشی از سدیم، محاسبه نسبت جذب سدیم در آب آبیاری است که از طریق معادله ۱ محاسبه می‌شود و در آن غلظت‌ها بر حسب meq/l است (Richards., 1954).

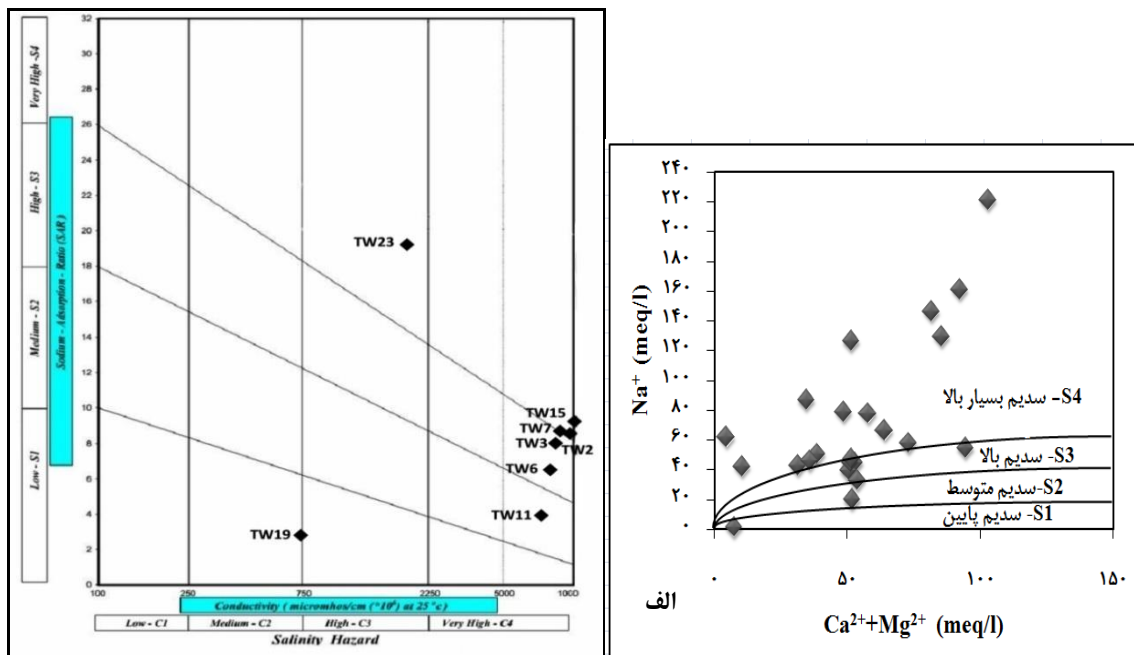
$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{2}}} \quad (1)$$

در واقع، این نسبت حدی را که آب تمایل به تبادل کاتیونی دارد نشان داده و نسبت سدیم به کلسیم و منیزیم را در یک نمونه آب به کمیت درمی‌آورد (Randev and Puri., 2017). مقادیر بالای نسبت جذب سدیم کیفیت نامناسب آب را برای کشاورزی نشان می‌دهد که در صورت استفاده از چنین آبی، برای جلوگیری از آسیب‌های دراز مدت، خاک آبیاری شده نیاز به اصلاح خواهد داشت (Michael et al., 2008). از دیگر نسبت‌هایی که با محاسبه آن‌ها میزان خطر ناشی از حضور سدیم در آب آبیاری مشخص می‌شود، می‌توان به درصد سدیم و نسبت Kelley اشاره کرد که به صورت رابطه ۲ و ۳ محاسبه می‌شوند و در تمامی این معادلات غلظت یون‌ها بر حسب meq/l است (Wilcox., 1955; Kelley., 1963; Rahman et al., 2017):

$$\%Na = \frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+} \times 100 \quad (2)$$

$$KR = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \quad (3)$$

در جدول ۲ کیفیت نمونه‌های آب و پساب مورد مطالعه براساس ویژگی‌های فوق‌ارایه شده است و براساس آن، ۳۰٪ از نمونه‌های آب مورد مطالعه از نظر میزان نسبت جذب سدیم در رده عالی قرار گرفته و پس از آن کیفیت متوسط، خوب و ضعیف را نشان می‌دهند. از میان نمونه‌های پساب تنها نمونه ورودی تصفیه‌خانه پالایشگاه از نظر این ویژگی کیفیت عالی دارد. محاسبه درصد سدیم و نسبت Kelley نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌های آب و پساب دارای کیفیت متوسط و نامطلوبی برای آبیاری هستند. ویلکاکس نموداری را ارائه کرد که در آن کیفیت آب آبیاری براساس دو شاخص غلظت سدیم و مجموع $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ به چهار رده تقسیم می‌شود که با افزایش میزان سدیم کیفیت آب برای مصارف کشاورزی کاهش می‌یابد (Wilcox., 1948) (شکل ۲-الف و جدول ۲). براساس شکل ۲-الف، اکثر نمونه‌های مورد مطالعه در رده آب‌هایی با محتوای سدیم بسیار زیاد قرار می‌گیرند که برای آبیاری هیچ نوع محصول کشاورزی توصیه نمی‌شوند. هم‌چنین ویلکاکس با تلفیق اطلاعات موجود در جدول ۲



ب

الف

شکل ۲- (الف) نمودار نشان دهنده نسبت سدیم به کلسیم و منیزیم در نمونه های آب و پساب مورد مطالعه (برگرفته از Wilcox., 1955)، (ب) نمودار Wilcox نشان دهنده طبقه بندی منابع آبی مورد مطالعه (برگرفته از Wilcox., 1948).

خطر بی کربنات

از ویژگی های مهم دیگر که در آب آبیاری بایستی اندازه گیری شود آنیون بی کربنات است، زیرا موجب رسوب گذاری کلسیم و به مقدار کم تر رسوب منیزیم می شود. این فرآیند موجب افزایش مقدار نسبت جذب سدیم محلول خاک می شود. رسوب گذاری کربنات ها نه تنها در آب های سطحی صورت می گیرد، بلکه در آب های زیرزمینی از شدت بیش تری برخوردار است. آب های زیرزمینی با گاز دی اکسید کربن و آنیون بی کربنات موجود در آبخوان ها در حال تعادل هستند و بلافاصله پس از رسیدن به سطح زمین و قرار گرفتن در معرض هوا، گاز CO₂ موجود در آب متصاعد شده و کلسیم و منیزیم به صورت کربنات رسوب می کند (غلامعلی زاده آهنگر، ۱۳۸۶). کربنات سدیم و بی کربنات سدیم باقی مانده که در آن غلظت یون های کلسیم و منیزیم با یون های کربنات و بی کربنات و هم چنین بی کربنات و کلسیم با یکدیگر مقایسه می شوند، را می توان از طریق معادلات ۴ و ۵ محاسبه کرد که در آن ها غلظت ها بر حسب meq/l است (Eaton., 1950; Gupta and Gupta., 1987; Nag and Suchetana., 2016). بی کربنات سدیم باقی مانده هنگامی در آب وجود دارد که غلظت بی کربنات از کلسیم بیش تر باشد. اگر آبی با محتوای بالای این شاخص مورد استفاده فعالیت های کشاورزی قرار گیرد، تجمع سدیم در خاک روی خواهد داد که این موضوع نیز نتایجی مانند مسمومیت مستقیم محصولات کشاورزی، افزایش شوری خاک و کاهش بازدهی محصولات و در صورت وجود رس یا سیلت در خاک، تخریب

ساختمان آن را به دنبال خواهد داشت (Naseem et al., 2010). مشکل بالا بودن کربنات سدیم را می توان با افزودن هر نوع اسید غیرآلی به آب های در حال جریان و یا پاشیدن این نوع از اسیدها در آب های راكد موجود در مزارع خنثی کرد (غلامعلی زاده آهنگر، ۱۳۸۶).

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (4)$$

$$RSBC = HCO_3^- - Ca^{2+} \quad (5)$$
 براساس جدول ۲، تمام نمونه های آب به دلیل پایین بودن غلظت آنیون های کربنات و بی کربنات از نظر میزان کربنات سدیم و بی کربنات سدیم باقی مانده برای آبیاری مناسب هستند. به جز نمونه پساب مربوط به خروجی تصفیه خانه پالایشگاه با کیفیت متوسط و نمونه پساب استخر B با کیفیت نامناسب، سایر نمونه های پساب نیز از نظر این دو مشخصه در حد مناسبی قرار دارند.

خطر کلراید

یون کلراید در تمام آب های طبیعی و با مقادیر مختلف یافت می شود و البته فعالیت های انسانی را نیز می توان به عنوان منبعی برای این یون در نظر گرفت. آنیون کلراید به طور کامل توسط سیستم های تصفیه آب زدوده نمی شود و از این رو به آسانی می تواند وارد منابع آب شرب و آب های مورد استفاده در مصارف مختلف شود (Obiefuna and Sheriff., 2011). منبع طبیعی این یون می تواند هوازدگی سنگ های مختلف باشد و شسته شدن کودهای شیمیایی غیرآلی از خاک و پساب های صنعتی از جمله منابع انسانی ورود آن به

مورد مطالعه با توجه به استحصال مقادیر زیادی گوگرد از گاز ترش، امکان وجود سولفات در آب بسیار بالا بوده و بررسی احتمال خطر آن برای مصارف کشاورزی ضروری است. سولفات یک ترکیب ضروری برای حیات اکوسیستم‌ها در غلظت‌های کم است و معمولاً در منابع آبی به سرعت رقیق شده و به‌صورت زیستی تجمع نمی‌یابد (Iowa Department of Natural Resources., 2009). با این وجود، گونه‌های مختلف گیاهان نسبت به غلظت‌های بالای سولفات حساسیت نشان می‌دهند و به نظر می‌رسد چنین حساسیتی به خاطر محدود شدن جذب کلسیم توسط گیاهان باشد. به همراه چنین کاهشی در میزان جذب کلسیم، جذب سدیم و پتاسیم افزایش می‌یابد، از این رو تاثیرات مخرب سولفات زیاد در آب آبیاری و در نتیجه در گیاهان منجر به اختلال در تعادل بهینه کاتیونی در آن‌ها می‌شود (Richards., 1954). حد مجاز غلظت آنیون سولفات در منابع آب جهت مصارف کشاورزی ۱۰۰۰ mg/l (۲۰/۸۱ meq/l) است (Meays and Nordin., 2013). بنابراین تمام منابع آب مورد مطالعه (به جز آب مصرفی پالایشگاه) و هم‌چنین دو نمونه پساب آب‌بند اول و دوم با دارا بودن مقادیر بالاتر از این حد در رده آب‌هایی با کیفیت نامناسب برای آبیاری محسوب می‌شوند. در مقابل، نمونه‌های پساب ورودی و خروجی تصفیه‌خانه و هم‌چنین پساب استخر B از نظر حضور آنیون سولفات جهت مصارف کشاورزی کیفیت مناسبی دارند. از تاثیرات مستقیم غلظت بالای سولفات در منابع آبی تأثیری است که بر روی سختی آب می‌گذارد (Elphick., 2011). سختی آب یک کمیت عمومی است که ترکیب ویژه و غلظت یون‌های مختلف موجود در آب را منعکس نمی‌کند (Meays and Nordin., 2013)، ولی می‌تواند بر اثرات سمی برخی مواد برای ارگانیزم‌های آب تأثیر بگذارد. تحقیقات نشان داده است که در آب‌هایی با سختی بیش از ۱۶۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم، سمیت ناشی از آنیون سولفات افزایش می‌یابد که این موضوع می‌تواند ناشی از یک رقابت اسمزی برای برخی گونه‌ها باشد (Elphick., 2013). نگرانی عمده در زمینه معیارهای کیفیت آب ناشی از تفاوت‌های بالقوه در سمیت و تأثیر تغییر دهنده این سمیت در میان یون‌های مختلفی است که در ایجاد سختی آب نقش دارند (به‌ویژه یون‌های کلسیم و منیزیم)، و پاسخ‌های متفاوت به آلودگی‌ها در آب‌هایی با سختی مشابه می‌تواند با توجه به ترکیب یونی ویژه آب پیش‌بینی شود. در جدول ۲ مقادیر مختلف آنیون سولفات در ارتباط با میزان سختی منابع آب ارائه شده است. بر طبق این جدول رابطه میان سختی و غلظت آنیون سولفات در منابع آب رابطه‌ای مستقیم است، به طوری که هر چه غلظت سولفات بیش‌تر باشد سختی آب نیز افزایش می‌یابد (Meays and Nordin., 2013). براساس مقادیر موجود در این جدول و گستره غلظت آنیون سولفات در منابع آب منطقه (۱۱/۵۳-۱۲۴/۴۹ meq/l) می‌توان این منابع را جزو آب‌هایی با سختی بسیار زیاد در نظر گرفت. در نمونه‌های

آب است (Sharma et al., 2015). آنیون کلراید تأثیر مشخصی بر روی خصوصیات فیزیکی خاک ندارد و در حد بسیار کمی توسط کلویدهای خاک جذب می‌شود، ولی به آسانی توسط رطوبت خاک منتقل شده و طی فرآیند تعرق توسط گیاه جذب شده و در برگ‌ها تجمع می‌یابد. از این رو در بعضی از طبقه‌بندی‌های کیفی آب آبیاری، حضور کلراید به دلیل تأثیر آن بر گیاهان، به‌عنوان یک پارامتر تعیین کننده در نظر گرفته می‌شود (غلامعلی‌زاده آهنگر، ۱۳۸۶). از معادله ۶ می‌توان جهت پیش‌بینی خطر ناشی از حضور کلراید در آب آبیاری استفاده کرد که در آن غلظت یون کلراید با غلظت سایر آنیون‌های موجود در آب مقایسه می‌شود که در آن تمامی غلظت‌ها بر حسب meq/l است (Grillot., 1956):

$$Clp = \frac{Cl^{-}}{CO_3^{2-} + HCO_3^{-} + SO_4^{2-} + Cl^{-}} \times 100 \quad (۶)$$

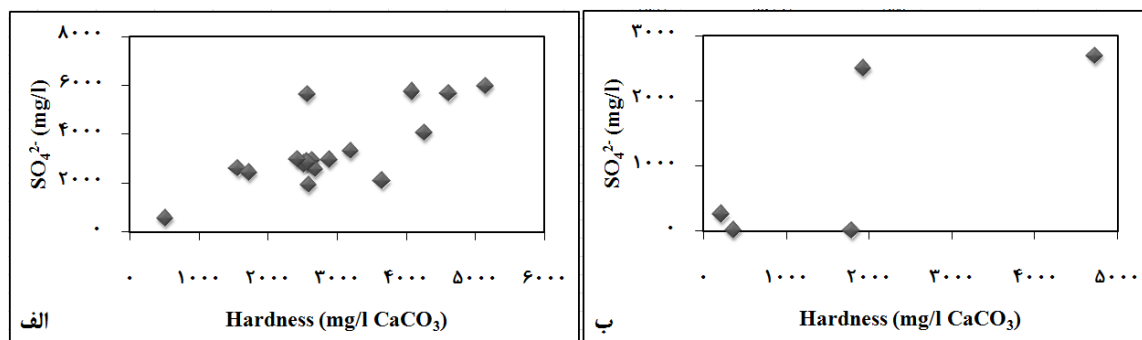
در جدول ۲ رده‌بندی آب آبیاری و هم‌چنین طبقه‌بندی کیفی منابع آب و پساب مورد مطالعه براساس خطر کلراید نشان داده شده است و براساس آن تمامی نمونه‌های آب مورد مطالعه به دلیل بالا بودن غلظت آنیون کلراید در رده آب‌های غیرقابل استفاده برای آبیاری قرار می‌گیرند. در نمونه‌های پساب نیز تنها دو نمونه ورودی به تصفیه‌خانه پالایشگاه و استخر B غلظت کم‌تری از کلراید دارند و در رده آب‌هایی با کیفیت عالی از نظر خطر کلراید قرار می‌گیرند. از طرفی با توجه به محتوای کلراید موجود در منابع آب، می‌توان کیفیت آن‌ها را در ۸ رده با کیفیت بی‌نهایت شیرین تا فوق شور از یک‌دیگر تفکیک نمود (Stuyfzand., 1989; Ibraheem and Nazeeb Khan., 2017). بر حسب میزان کلراید موجود در نمونه‌های آب و پساب مورد مطالعه (جدول ۲) تمام منابع آبی در رده آب‌های لب شور تا شور قرار می‌گیرند. اما سه نمونه پساب نسبت به نمونه‌های آب دارای کیفیت بهتری هستند، به طوری که دو نمونه پساب ورودی به تصفیه‌خانه پالایشگاه و استخر B کیفیتی مشابه آب‌های بسیار شیرین دارند و نمونه پساب خروجی تصفیه‌خانه از نظر محتوای کلراید در گروه آب‌های شیرین تا لب شور قرار می‌گیرد، اما دو نمونه پساب دیگر نیز مشابه منابع آبی منطقه کیفیتی لب شور تا شور را نشان می‌دهند.

خطر سولفات

سولفات موجود در آب می‌تواند حاصل انحلال کانی‌هایی مانند ژیبس و انیدریت، زهاب اسیدی سنگ‌ها و پساب‌های صنعتی باشد (Sharma et al., 2015). آنیون سولفات بخشی از مجموع املاح جامد محلول در آب را تشکیل می‌دهد و ممکن است نمک‌هایی را با کاتیون‌های سدیم، پتاسیم، منیزیم و سایر کاتیون‌ها تشکیل دهد. این آنیون به طور گسترده‌ای در طبیعت وجود دارد و مقدار آن در آب‌های طبیعی از چندین تا چند صد میلی‌گرم بر لیتر متغیر است. در منطقه

اسید می‌گردد. همچنین ممکن است تاثیرات غیرمستقیمی مانند افزایش در دسترس پذیری فسفر و افزایش استفاده از مواد غذایی بر روی اکوسیستم‌های آبی داشته باشد که این تاثیرات نیز به نوبه خود می‌توانند محدودیت‌هایی را جهت استفاده از منابع آبی جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی ایجاد کنند (Meays and Nordin., 2013). pH آب از ویژگی‌های مهم جهت ارزیابی کیفیت آب آبیاری است که می‌تواند با تجمع سدیم در خاک نیز ارتباط داشته باشد. به طور معمول pH آب، آبیاری بین ۶/۵ تا ۸/۴ تغییر می‌کند و آب‌هایی که pH آن‌ها خارج از این محدوده باشد، می‌توانند تعادل عناصر غذایی را در محصولات کشاورزی مختل کنند. همچنین pH آب می‌تواند بر بازدهی و پایداری برخی از کودها و علف کش‌ها تاثیرگذار باشد. به طور کلی استفاده دراز مدت از آب آبیاری با pH بالا موجب افزایش pH در خاک می‌شود (Hapkins et al., 2007). pH بالای آب نشان دهنده مشکل حضور یون‌های سدیم کربنات است که موجب قلیایی شدن آن می‌شود.

پساب، به جز آب‌بند اول و دوم، سایر نمونه‌ها دارای مقادیر کم‌تری از آنیون سولفات هستند به طوری که پساب ورودی تصفیه‌خانه و همچنین استخر B در رده آب‌های بسیار نرم و پساب خروجی تصفیه-خانه در رده آب‌های نسبتاً نرم یا سخت تا سخت قرار می‌گیرد. رابطه میان سختی و غلظت آنیون سولفات در نمونه‌های آب و پساب مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است و براساس آن ضریب همبستگی قابل توجهی میان این دو پارامتر وجود دارد که برای نمونه‌های آب و پساب به ترتیب $R^2 = 0/59$ و $R^2 = 0/6$ است. از این رو می‌توان گفت تاثیر حضور آنیون سولفات در نمونه‌های آب و پساب مورد مطالعه بر افزایش سختی تاثیر مستقیم دارد (سختی نمونه‌های آب مورد مطالعه با استفاده از معادله $\text{Hardness (mg/l CaCO}_3) = 2.497 (\text{Ca}^{2+}, \text{mg/l}) + 4.118 \text{Mg}^{2+}, \text{mg/l}$) (Sayed and Salem., 2015). علاوه بر تاثیر مستقیم سولفات بر منابع آب، غلظت‌های بالای سولفات در حضور هیدروژن می‌تواند به تشکیل اسیدسولفوریک بینجامد و بر pH آب تاثیر بگذارد. وجود باکتری‌های تیوباسیلوس در محیط باعث تسریع در واکنش تشکیل



شکل ۳- رابطه بین آنیون سولفات و میزان سختی؛ (الف) در نمونه‌های آب (ب) در پساب مورد مطالعه

کانی‌های تشکیل دهنده سازندهایی که در مسیر آب قرار دارند به طور گسترده‌ای شیمی این منابع را کنترل می‌کند. علاوه بر هم‌کنش سنگ - آب در طول تخلیه جریانات آب زیرزمینی، مدت زمان ذخیره آب در آبخوان و فرآیندهایی از قبیل تیخیر، بارش‌های جوی و همچنین هوازدهی یا آلتراسیون شیمیایی سنگ‌های بستر آبخوان از عوامل تاثیرگذار بر شیمی آب‌های زیرزمینی هستند (Odukoya et al., 2013). کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی که ویژگی‌های نهایی منابع آب را تعیین می‌کنند کلسیم و بی‌کربنات برای آب‌های شیرین، سدیم و کلراید برای آب‌هایی با شوری بالا می‌باشند. از این رو با رسم مقادیر $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+})$ و HCO_3^- در برابر مجموع مواد جامد محلول در نمودار Gibbs می‌توان مکانیسم‌های مختلفی که شیمی منابع آب را کنترل می‌کنند تشخیص داد (Gibbs., 1970).

pH پائین آب باعث تحرک عناصر سمی از قبیل جیوه، آرسنیک و سرب نیز در آب می‌شود. علاوه بر این، pH پایین آب بیش‌ترین زیان را بر تجهیزات کشاورزی وارد می‌نماید (Ayers and Westcot., 1989). pH در نمونه‌های آب و پساب مورد مطالعه بین ۳/۸ تا ۸/۴ با میانگین ۷/۲ تغییر می‌کند (جدول ۱) و به جز دو نمونه پساب مربوط به اطراف محوطه قالب‌گیری گوگرد و آب‌بند دوم که به شدت اسیدی هستند، سایر نمونه‌های آب و پساب در محدوده pH معمول آب، آبیاری قرار می‌گیرند و مشکلی برای استفاده در این زمینه ندارند.

عوامل کنترل کننده شیمی منابع آب مورد مطالعه

شیمی آب‌های زیرزمینی به میزان زیادی تحت تاثیر شرایط زمین‌شناسی منطقه تغییر می‌نماید. بر هم‌کنش آب‌های زیرزمینی با

جدول ۲- طبقه بندی نمونه‌های آب و پساب مورد مطالعه براساس شاخص‌های کیفی مختلف آب آبیاری

تعداد نمونه پساب	تعداد نمونه آب	کیفیت آب	گستره	معیار طبقه‌بندی
۱	۰	شیرین	۰ - ۱۰۰۰	مجموع مواد جامد محلول (mg/l) (Carroll, 1962)
۳	۹	لب شور	۱۰۰۰ - ۱۰۰۰۰	
۱	۹	شور	۱۰۰۰۰ - ۱۰۰۰۰۰	
۰	۰	شورابه	> ۱۰۰۰۰۰	هدایت الکتریکی (μS/cm) (WHO/UNICEF, 2004)
۰	۰	عالی، آبی با شوری و یون‌های کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات پایین	< ۲۵۰	
۰	۰	خوب، آبی با شوری و غلظت متغیری از یون‌ها	۲۵۰ - ۷۵۰	
۲	۱	مجاز، آبی با شوری و محتوای بالایی از سدیم و کلراید	۷۵۰ - ۲۲۵۰	
۳	۱۷	مشکوک، آبی با غلظت بالایی از سدیم، بی‌کربنات، کربنات و pH	> ۲۲۵۰	نسبت جذب سدیم (Richards, 1954)
1	7	عالی	<10	
2	4	خوب	10-18	
0	5	متوسط	18.26	
2	2	ضعیف	>26	
1	1	عالی	<20	
0	1	خوب	20-40	
3	15	متوسط	40-80	
1	1	ضعیف	>80	
۲	۷	مطلوب	≤1	
۳	۱۱	نامطلوب	≥1	
آبی که حاوی سدیم کم است و کم و بیش برای آبیاری تمام خاک‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. پیشرفت خطر ناشی از سدیم در این حالت کم است.			S1	
آبی که حاوی مقدار متوسطی از سدیم است و احتمال دارد خطر سدیم را در خاک‌های رسی تا حدی مشاهده شود.			S2	محتوای سدیم (meq/l) (Wilcox, 1948)
آبی که حاوی سدیم زیادی است و احتمال درد در بیش‌تر خاک‌ها مسئله‌ساز باشد و نیاز به مدیریت ویژه، زهکشی مناسب، آبشویی زیاد و افزایش مواد آلی دارد.			S3	
آبی که حاوی سدیم بسیار زیادی است و استفاده از این آب برای آبیاری هیچ نوع خاکی توصیه نمی‌شود.			S4	
۳	۱۸	مناسب	< ۱/۲۵	کربنات‌سدیم و بی‌کربنات‌سدیم باقی‌مانده (Wilcox, 1955)
۱	۰	متوسط (قابل تحمل)	۱/۲۵ - ۲/۵	
۱	۰	نامناسب	> ۲/۵	
۲	۰	عالی	۰ - ۴	خطر کلراید (Grillot, 1956)
۰	۰	مناسب	۴ - ۷	
۰	۰	متوسط	۷ - ۱۲	
۰	۰	نامناسب	۱۲ - ۲۰	
۳	۱۸	غیرقابل استفاده	> ۲۰	
۰	۰	بی‌نهایت شیرین	< ۰/۱۴	
۲	۰	بسیار شیرین	۰/۱۴ - ۰/۸۵	محتوای کلراید (meq/l) (Stuyfzand, 1989)
۰	۰	شیرین	۰/۸۵ - ۴/۲۳	
۱	۰	شیرین-لب شور	۴/۲۳ - ۸/۴۶	
۰	۱	لب شور	۸/۴۶ - ۲۸/۲۱	
۲	۱۷	لب شور-شور	۲۸/۲۱ - ۲۸۲/۰۶	محتوای سولفات (mg/l) (Meays and Nordin, 2013)
۰	۰	شور	۲۸۲/۰۶ - ۵۶۴/۱۳	
۰	۰	بی‌نهایت شور	> ۵۶۴/۱۳	
۲	۰	بسیار نرم (۰-۳۰)	2/66	
۰	۰	نرم تا نسبتاً نرم (۳۱-۷۵)	4/53	
۱	۰	نسبتاً نرم/سخت تا سخت (۷۶-۱۸۰)	6/43	
۰	۱۸	بسیار سخت (۱۸۱-۲۵۰)	8/93	
۲	۰	بیش از ۲۵۰	نیاز به تعیین براساس آب منطقه دارد	

اولین مکانیسم، بارش‌های اتمسفری و پس از آن هوازدگی سنگ و در نهایت فرآیند تبخیر در مناطقی با میزان بارش اندک می‌باشد. موقعیت منابع آب مورد مطالعه بر روی نمودار Gibbs (شکل ۴-الف) نشان می‌دهد که عامل تبخیر تاثیر قابل توجهی بر روی ترکیب شیمیایی آن‌ها دارد و اکثراً در محدوده غلبه فرآیند تبخیر قرار گرفته‌اند که این موضوع با توجه به کمبود بارش و هم‌چنین دمای بالای هوا در منطقه گنبدلی که منجر به افزایش میزان شوری و مجموع مواد جامد محلول در منابع آب این منطقه می‌شود، قابل توجیه است. با توجه به مطالعه انجام شده بر روی کانی‌های تبخیری سازند پسته لیق (رمضانی و همکاران، ۱۳۷۸) که در منطقه مورد مطالعه نیز دارای رخنمون می‌باشد، مشخص شد این سازند در بخش‌های تحتانی و فوقانی دارای لایه‌های نسبتاً ضخیمی از کانی‌های تبخیری است. هم‌چنین نتایج حاصل از آزمایش XRD و مطالعات پتروگرافی نشان داد که کانی‌های تبخیری عمدتاً شامل ژپس و مقادیر اندکی انیدریت است و دلیل این موضوع نیز نهشته شدن این رسوبات در محیطی غیردریایی و احتمالاً محیطی پلایایی عنوان شده است. وجود عدسی‌هایی از ژپس و هم‌چنین ظهور لایه‌های ماسه سنگ در بین طبقات گل‌سنگی نشان‌دهنده نوسانات سطح آب این حوضه می‌باشد. با توجه به شواهد موجود نتیجه گرفته شد که حوضه مورد مطالعه در نواحی با توپوگرافی پست و فرونشسته در محیط قاره تشکیل شده و توسط جریان‌ات رودخانه‌ای حاوی نمک‌های محلول تغذیه شده است که به این‌گونه حوضه‌ها پلایا گفته می‌شود (رمضانی و همکاران، ۱۳۷۸). در مطالعه‌ای بر روی نهشته‌های نئوژن در شرق کپه‌داغ نهشته شدن ژپس به غلبه محیطی پلایایی با تبخیر بالا نسبت داده شده است که در این‌گونه محیط‌ها مهم‌ترین عامل در تجمع تبخیری‌ها نزدیک بودن سطح آب زیرزمینی به سطح زمین می‌باشد (شکل ۴-ب و ۴-ج) (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱). سازند شوربجه نیز یکی از سازندهای شرق حوضه کپه‌داغ می‌باشد و با وجود این که در منطقه مورد مطالعه رخنمون قابل توجهی ندارد، لیکن با توجه به این‌که در بخش‌های زیر سطحی گسترش داشته و می‌تواند تاثیر مهمی بر ترکیب شیمیایی آب‌های زیرزمینی داشته باشد، وجود این سازند در منطقه حایز اهمیت است. در مطالعه انجام شده بر روی رخساره‌ها و محیط رسوبی سازند شوربجه در برش خانگیران مشخص شد در این سازند رخساره‌های سیلیسی آواری و تبخیری وجود دارد که رخساره‌های تبخیری در محیط‌های رسوبی رودخانه مئاندری و دریاچه‌ای نهشته شده‌اند. از جمله کانی‌های تبخیری شناسایی شده در این مطالعه می‌توان به لایه‌های انیدریت در برش خانگیران اشاره نمود (شکل ۴-د) (طباطبائی و همکاران، ۱۳۹۲). از دیگر سازندهای موجود در منطقه مورد مطالعه که حاوی کانی‌های تبخیری است می‌توان به سازند

چهل‌کمان اشاره نمود که در رخساره پهنه جزر و مدی کانی‌های تبخیری شناسایی شدند (قاسمی و همکاران، ۱۳۷۸). با توجه به مطالب گفته شده می‌توان گفت حضور کانی‌های تبخیری در سازندهایی مانند پسته لیق، شوربجه، چهل‌کمان و نهشته‌های نئوژن نشان می‌دهد مکانیسم تبخیر در طی زمان ته‌نشین شدن رسوبات تاثیر قابل توجهی بر روی محیط‌های رسوبی و در نتیجه جنس سنگ‌های منطقه مورد مطالعه و در پی آن ترکیب شیمیایی منابع آب منطقه داشته است.

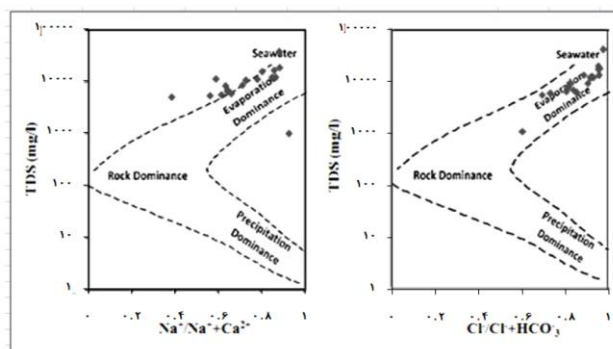
علاوه بر تاثیر مکانیسم تبخیر بر ترکیب جنس سازندهای منطقه و در نتیجه شیمی منابع آب، عوامل دیگری نیز می‌توانند در این مورد نقش داشته باشند. تغییرات در ترکیب شیمیایی منابع آب زیرزمینی در طول مسیر خود می‌تواند توسط شاخص‌های کلروآلکالین بیان شود که در آن‌ها غلظت یون‌ها بر حسب meq/l است (معادلات ۷ و ۸). شاخص‌های کلروآلکالین مثبت نشان‌دهنده تبادل سدیم و پتاسیم موجود در آب با منیزیم و کلسیم موجود در سنگ‌ها است (تبادل یونی معکوس) و مقادیر منفی این شاخص‌ها تبادل منیزیم و کلسیم آب با کاتیون‌های سدیم و پتاسیم موجود در سنگ‌ها را نشان می‌دهد (تبادل یونی طبیعی) (Jagadeeswari and Ramesh., 2012; Devaraj et al., 2016; Saleh et al., 2017). محاسبه این دو شاخص نشان داد که در ۸۳٪ از منابع آب مورد مطالعه تبادل یونی طبیعی و تنها در ۱۷٪ از آن‌ها تبادل یونی معکوس روی داده است.

$$CAI I = Cl^{-} - (Na^{+} + K^{+})/Cl^{-} \quad (7)$$

$$CAI II = Cl^{-} - (Na^{+} + K^{+})/(SO_4^{2-} + HCO_3^{-}) \quad (8)$$

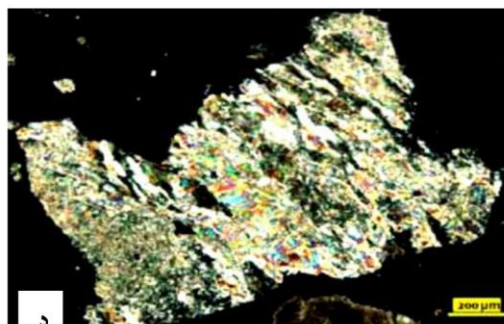
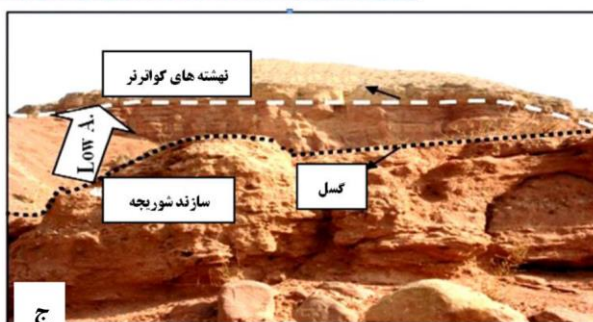
علاوه بر تبادل یونی طبیعی و معکوس که می‌تواند با کانی‌های سیلیکاته K، Na و Ca دار صورت گیرد، وجود سازندهای دربردارنده کانی‌های تبخیری کربناته با مساحتی بالغ بر 690/57 کیلومتر مربع در دشت سرخس نیز می‌تواند از طریق انحلال در آب بر ترکیب شیمیایی منابع آب منطقه اثر بگذارد. مطالعه نسبت‌های یونی که نشان دهنده تاثیر این‌گونه سازندها بر نوع و مقدار یون‌های غالب منابع آب باشند مفید خواهد بود. بررسی همبستگی میان یون‌های سدیم و کلراید، سدیم و مجموع یون‌های محلول و هم‌چنین کلراید با غلظت مجموع یون‌های محلول روابطی خطی با ضرایب همبستگی بالا به ترتیب به میزان $(R^2 = 0/86)$ ، $(R^2 = 0/97)$ و $(R^2 = 0/91)$ نشان می‌دهند که انحلال هالیت را به‌عنوان منشأ اصلی برای یون‌های سدیم و کلراید معرفی می‌نماید (شکل ۸).

از این رو علاوه بر فرآیند تبادل یونی، انحلال کانی هالیت نیز می‌تواند در تعیین غلظت یون‌های سدیم و کلراید در منابع آب منطقه مورد مطالعه نقش داشته باشد.



الف

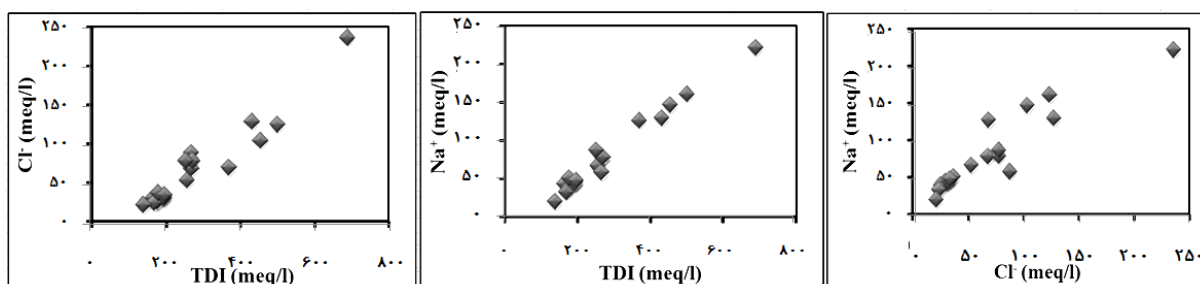
ب



ج

د

شکل ۴- الف) نمودار گیبس نمونه‌های آب مورد مطالعه (برگرفته از Gibbs, 1970)، ب) مجموعه رخسارهای نخست نهشته‌های نئوژن شرق ایران مرکزی (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱)، ج) نمای کلی از نهشته‌های نئوژن در شرق کپه‌داغ (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱)، د) مقطع میکروسکوپی انیدریت از برش زیر سطحی خانگیران (طباطبائی و همکاران، ۱۳۹۲)



شکل ۵- نمودارهای ترکیبی تاثیر انحلال هالیت بر ترکیب شیمیایی منابع آب مورد مطالعه

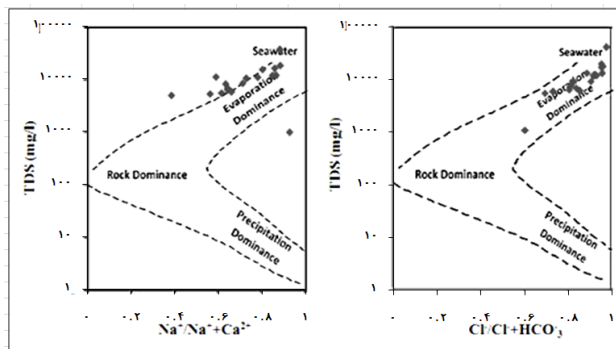
هم‌زمان مجموع غلظت کاتیون‌های $Na^+ + K^+$ و آنیون‌های SO_4^{2-} و Cl^- وجود رابطه‌ای خطی میان آن‌ها نشان‌دهنده حضور سولفات‌های سدیم و پتاسیم در منطقه است (Krishnaraj et al., 2011). همان‌طور که در شکل ۹-الف دیده می‌شود، رابطه‌ای خطی با ضریب همبستگی بالایی میان مجموع کاتیون‌های سدیم و پتاسیم و آنیون‌های سولفات و کلراید (کلراید) وجود دارد که بر این اساس می‌توان گفت فرایند انحلال ژپیس و انیدریت و سولفات‌های سدیم و پتاسیم (و به طور کلی تبخیری‌ها) در منطقه مورد مطالعه فعال می‌باشد. از دیگر نمودارهایی که نشان‌دهنده نوع کانی محلول غالب در آب

با توجه به این که در دشت سرخس حضور سازندهایی مانند پسته لبق و خانگیران که حاوی کانی‌های تبخیری بوده و دارای ارتباط هیدرولیکی نیز با یکدیگر می‌باشند، می‌توان انحلال کانی هالیت به‌عنوان یکی از عوامل موثر در ترکیب شیمیایی منابع آب مورد مطالعه عنوان نمود.

مهم‌ترین دلیل بالا بودن غلظت یون سولفات در منطقه مورد مطالعه را نیز می‌توان به وجود سازندهای تبخیری موجود در منطقه نسبت داد. علاوه بر سولفات کلسیم، حضور سولفات‌های سدیم و پتاسیم نیز می‌تواند بر کیفیت آب تاثیر بگذارد، به طوری که افزایش

مشخص شده است که شامل انحلال ژئیس/انیدریت، انحلال کربنات و انحلال سیلیکات‌ها است (Jeelani et al., 2011).

می‌باشد، نمودار Langlier-Ludwig است (شکل ۶-ب). در این نمودار که بر حسب غلظت یون‌های بی‌کربنات، سولفات، کلراید، کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم رسم می‌شود، سه مسیر اصلی



شکل ۶- (الف) رابطه مثبت بین مجموع یون‌های سدیم و پتاسیم با مجموع یون‌های سولفات و کلراید (برگرفته از Krishnaraj et al., 2011)، (ب) نمودار Langlier-Ludwig نمونه‌های آب مورد مطالعه (برگرفته از Jeelani et al., 2011)

نمونه‌ها در حد بالاتری قرار دارد و در مجموع این پارامتر مشکلی جدی برای آبیاری زمین به وجود نمی‌آورد. کیفیت پساب‌های مورد مطالعه نیز در اکثر موارد مشابه منابع آب می‌باشد و تنها شاخصه‌ای که در آن‌ها نسبت به نمونه‌های آب دارای تفاوت قابل توجهی است pH پایین دو نمونه پساب (TW12, TW22) است که علت آن می‌تواند مجاورت با محل قالب‌گیری گوگرد تولیدی در پالایشگاه باشد. بررسی هیدروژئوشیمیایی نشان داد از بین مهم‌ترین مکانیسم‌های کنترل کننده ترکیب شیمیایی، فرآیند تبخیر و وجود کانی‌های تبخیری بیش‌ترین اهمیت در منابع آب مورد مطالعه هستند که وجود غلظت‌های بالای شوری و مجموع مواد جامد محلول را باعث شده‌اند. حضور سازندهای دربردارنده کانی‌های تبخیری در منطقه مورد مطالعه موجب اثرگذاری فرآیندهایی مانند انحلال هالیت، ژئیس و انیدریت و همچنین تبادل یونی طبیعی بر غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در منابع آب مورد مطالعه شده و در نتیجه بر روی کیفیت منابع آب منطقه برای مصارف کشاورزی تاثیر گذاشته‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله براساس طرح پژوهشی شماره ۳/۲۷۶۱۶ تهیه شده است که بدین وسیله از حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد قدردانی می‌گردد. همچنین از شرکت پالایش گاز شهید هاشمی‌نژاد برای همکاری‌های موثر در بازدید از منطقه و انجام نمونه‌برداری‌های میدانی سپاس‌گزاری می‌شود.

با ترسیم این نمودار برای نمونه‌های آب مورد مطالعه مشخص شد که در مقایسه با کانی‌های کربناته و سیلیکاته، انحلال کانی ژئیس یا انیدریت نقش بیش‌تری را در ترکیب شیمیایی آب‌های منطقه ایفا می‌کند. علاوه بر دلایل گفته شده در مورد غلظت آنیون سولفات که مبتنی بر طبیعی بودن منبع این آنیون در منابع آب منطقه است، فعالیت صنعتی پالایشگاه گاز شهید هاشمی‌نژاد که در جهت تصفیه و فرآوری گاز حجم قابل توجهی گوگرد به‌عنوان محصول جانبی تولید می‌کند نیز می‌تواند به‌عنوان منبع انسان‌زاد این آنیون در نظر گرفته شود.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به دست آمده کیفیت منابع آب مورد مطالعه به طور قابل توجهی تحت تاثیر غلبه سازندهایی با جنس کانی‌های تبخیری مانند ژئیس و هالیت در منطقه می‌باشد که از قابلیت انحلال بالایی برخوردارند. علاوه بر لیتولوژی موجود در منطقه و همچنین سرعت کم آب‌های زیرزمینی که موجب انحلال هر چه بیش‌تر سازندهای موجود در مسیر جریان آب می‌شود، بارش‌های جزئی و دمای بالای هوا را می‌توان از عوامل دیگر افزایش املاح محلول و در نتیجه کاهش کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی مورد مطالعه جهت مصارف کشاورزی در نظر گرفت. به دلیل غلبه یون سدیم در نمونه‌های آب مورد مطالعه، اکثر شاخص‌های مربوط به خطر سدیم کیفیت نامناسبی را برای آبیاری نشان می‌دهند. وجود آنیون کلراید در منابع آب مورد مطالعه موجب قرارگیری آن‌ها در رده آب‌هایی با شوری بالا شده است که برای مصارف کشاورزی مناسب نیستند. قلیابیت آب‌های سطحی مورد مطالعه از نظر میزان pH نسبت به سایر

HealthAssociation.

Ayers,R.S and Westcot,D.W. 1985. Water Quality for Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, (Paper No. 29).

Bashir,E., Huda,S.N., Naseem,S and Hamza,S. 2017. Geochemistry and quality parameters of dug and tube well water of Khipro, District Sanghar, Sindh, Pakistan. Applied Water Science. 7:1645-1655.

Carroll,D. 1962. Rainwater as a chemical agent of geologic processes – A review. United States Geological Survey Water, Supply paper (1535-G).

Devaraj,N., Thivya,C., Thilagavathi,R., Aditya,V.S and Chidambaram,S. 2016. A study on the hydrogeochemical processes groundwater quality of Ariyalur region, Tamilnadu. International Journal of Current Research and Development. 4.1:1-13.

Eaton,F.M. 1950. Significance of carbonate in Irrigation waters. Soil Sciences. 67.3: 128-133.

Elphick,J.R., Davies,G., Gilron,E.C., Canaria,B.L and Bailey,H.C. 2011. An aquatic toxicological evaluation of sulfate: The case for considering hardness as a modifying factor in setting water quality guidelines. Environmental Toxicology Chemistry. 30.1:247-253.

El-Sayed,M and Salem,W.M. 2015. Hydrochemical assessments of surface Nile water and ground water in an industry area – South West Cairo. Egyptian Journal of Petroleum. 4:1-12.

Falah,F and Haghizadeh,A. 2017. Hydrochemical evaluation of river water quality a case study: Horroud River. Applied Water Science. 7:4725-4733.

Ghalib,H.B. 2017. Groundwater chemistry evaluation for drinking and irrigation utilities in east Wasit province, Central Iraq. Applied Water Science. 7:3447-3467.

Gibbs,R.J. 1970. Mechanisms Controlling World Water Chemistry. Science. 170.3962: 1088-1090.

Godbole Mahendra,T and Patode,H.S. 2014. Evaluation of Groundwater Quality and its Suitability for Drinking and Agricultural use in and around Hingoli Region, Maharashtra, India. American International Journal of Research in Humanities, Arts and Social Sciences. 3.6:256-263.

Grillot,G., Hayward,H.E and Everett,D.H. 1956. Utilization of Saline Water. UNESCO, (NS.56, III.F).

Gupta,S.K and Gupta,I.C. 1987. Management of Saline Soils and Water. Oxford and IBH Publication Coy, New Delhi.

افشار حرب،ع. ۱۳۶۱. نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سرخس. وزارت نفت، شرکت ملی نفت، اکتشاف و تولید، تهران.

افشار حرب،ع. ۱۳۷۳. زمین‌شناسی کپه‌داغ. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.

جنگجو،م.، اجتهادی،ح.، دانش،ش. ۱۳۸۷. معرفی گونه‌های گیاهی مناسب جهت کاشت در فضای سبز اطراف پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد سرخس. طرح پژوهشی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه فردوسی مشهد.

حسینی،ح.، نجفی،م.، موسوی حرمی،ر. ۱۳۹۱. تفسیر محیط رسوبی، چینه‌نگاری سکانسی و منشا نهشته‌های نتورن شرق کپه‌داغ و شرق ایران مرکزی. نشریه رخساره‌های رسوبی. ۱. ۵: ۳۱-۴۵.

شرکت پالایش گاز شهید هاشمی نژاد. ۱۳۹۴. برنامه مدیریت زیست محیطی شرکت پالایش گاز شهید هاشمی نژاد: آب و پساب. واحد حفاظت، ایمنی و بهداشت محیط زیست، ایران.

رضانی،ش.، ذاکریان مقدم،م.، موسوی حرمی،ر.، محمودی قرائی،م.ح.، و محبوبی،ا. ۱۳۸۷. مکانیزم تشکیل کانی‌های تبخیری سازند پسته لیق در برش چهل کمان شرق حوضه کپه‌داغ. شانزدهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران. خردادماه، دانشگاه گیلان.

صفری سنجانی،ع.ا.، حاج رسولی‌ها،ش. ۱۳۸۰. پیامد آبیاری با پساب پالایشگاه فاضلاب شمال اصفهان بر برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های ناحیه برخوردار. مجله علوم کشاورزی ایران. ۱. ۳۲: ۷۹-۸۸.

طباطبائی،پ.، لاسمی،ی.، جهانی،د.، اصیلین مهابادی،ح. ۱۳۹۲. رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی سازند سُوری‌جه در برش‌های قرقره و خانگیران، خاور حوضه رسوبی کپه‌داغ. ماهنامه اکتشاف و تولید نفت و گاز. ۱۰۴. ۲: ۷۸-۷۲.

غلامعلی‌زاده آهنگر،ا. ۱۳۸۶. کیفیت و ارزیابی آب آبیاری. انتشارات علوم کشاورزی، تهران.

قاسمی،ع.، آریایی،ع.ا.، علیرضا،ع. ۱۳۷۸. میکروپالئونولوژی و ریز رخساره‌های سازند چهل کمان در کوه باباکمال (کلات نادری)، حوضه رسوبی کپه‌داغ. سومین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران. اردیبهشت‌ماه، دانشگاه شیراز.

APHA. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th Edition. American Public

- Sciences. 95.4:355-391.
- Krishnaraj,S., Murugesan,V., Sabarathinam,C., Anandhan,P and Ramachandran,M. 2011. Use of Hydrochemistry and Stable Isotopes as Tools for Groundwater Evolution and Contamination Investigations.Geoscience. 1.1:16-25.
- Majumdar,D.K. 2004. Irrigation Water Management: Principles and Practice. PHI Learning PVT.Ltd, New Delhi.
- Meays,C and Nordin,R. 2013. Ambient Water Quality Guidelines For Sulphate. Water Protection and Sustainability Branch Environmental Sustainability and Strategic Policy Division BC Ministry of Environment, (Technical Appendix).
- Michael,A.M., Kherpar,S.D and Sondhi,S.D. 2008. Water wells and pumps.McGraw-Hill, New Delhi.
- Nag,S.Kand Suchetana,B. 2016. Groundwater Quality and its Suitability for Irrigation and Domestic Purposes: A Study in Rajnagar Block, Birbhum District, West Bengal, India. Journal of Earth Science and Climatic Change. 7.2:1-15.
- Naseem,S., Hamza,S and Bashir,E. 2010. Groundwater geochemistry of Winder agricultural farms, Balochistan, Pakistan and assessment of irrigation water quality.European Water. 31.2:21-32.
- Obiefuna,G.I and Sheriff,A. 2011. Assessment of Shallow Ground Water Quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria for Irrigation and Domestic Purposes. Research Journal of Environmental and Earth Sciences. 3.2: 131-141.
- Odukoya,A.M., Folorunso,A.F., Ayolabi,E.A and Anderian,E.A. 2013. Groundwater Quality and Identification of Hydrogeochemical Processes within University of Lagos, Nigeria. Journal of Water Resource and Protection. 5.10: 930-940.
- Oladeji,O.S., Adewoye,A.O and Adegbola,A.A. 2012. Suitability assessment of groundwater resources for irrigation around Otte Village, Kwara State, Nigeria.International Journal of Applied Sciences and Engineering Research. 1.3:437-445.
- Peiyue,L., Quan,W and Jianhua,W. 2011. Groundwater suitability for drinking and agricultural usage in Yinchuan Area, China.International Journal of Environmental Sciences.1.6:1241 – 1249.
- Rahman,T., Saadat,A.H.M., Islam,S., Al-Mansur,A and Ahmed,S. 2017. Groundwater characterization and selection of suitable water type for irrigation in the western region of Bangladesh. Applied Water Science. 7:233-243.
- Randev,N.D and Puri,S. 2017. Determination of suitability of water quality for agricultural purposes Hapkins,B.G., Horneck,D.K., Horneck,R.G., Stevens,R.G., Ellsworth,J.W and Sullivan,D.M. 2007. Managing Irrigation Water Quality for Crop Production in Pacific. Northwest Extension Publication, Oregon., 53-58.
- Haque,S., Rayhan,S., Islam,M., Sultana,Z., Narggis,A and Hassan,M. 2017. Assessment of Irrigation Water Quality of Pabna District (North-Western Part) of Bangladesh for Securing Risk-Free Agricultural Production.American Journal of Water Science and Engineering. 3.6:67-71.
- Honarbaksh,A and KakaeiLafdani,E. 2013. Performance Comparison of ANN and Geo statistics Methods for Estimating Spatial Distribution of Sodium Adsorption Ratio (SAR) in Groundwater.International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5.23: 2837-2844.
- Husien,A., Seboka,S and Shifarra,W. 2017. Assessment of irrigation water quality of lowlands in the Bale Zone,South Eastern Oromia, Ethiopia.International Journal of Water Resources and Environmental Engineering. 9.12:264-269.
- Hwang,J.Y., Park,S., Kim,H.K., Kim,M.S., Jo,H.J., Lee,G.M., Shin,I.K and Kim,T.S. 2017. Hydrochemistry for the Assessment of Groundwater Quality in Korea.Journal of Agricultural Chemistry and Environment. 6:1-29.
- Ibraheem,A.M and Nazeeb Khan,M.M. 2017. Suitability Assessment of Groundwater for Irrigation Purpose in Veppanthattai Block, Perambalur District, Tamil Nadu. World Scientific News. 81.2:81-93.
- Iowa Department of Natural Resources. 2009. Water Quality Standards Review: Chloride, Sulfate and Total Dissolved Solids, (Consultation Package).15.81:81-93.
- Ishaku,J.M., Ahmed,A.S and Abubakar,M.A. 2011. Assessment of groundwater quality using chemical indices and GIS mapping in Jada area, Northeastern Nigeria.Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering. 1.1: 35-60.
- Jagadeeswari,B.P and Ramesh,K. 2012. Deciphering Fresh and Saline Groundwater Interface in South Chennai Coastal Aquifer, Tamil Nadu, India. International Journal of Research in Chemistry and Environment. 2.3:123-132.
- Jeelani,G.H., Bhat,N., Shivanna,K and Bhat,M.Y. 2011. Geochemical characterization of surface water and spring water in SE Kashmir Valley, western Himalaya: Implications to water-rock interaction. Journal of Earth Science.120.5 :921-932.
- Kelley,W.P. 1963. Use of saline irrigation water.Soil

- in the Soconusco, Chiapas, Mexico. *Earth Science Research Journal*. 21.3:117-127.
- Sharma, K., Farooq, U., Pandey, R and Jain, M. 2015. Physico-Chemical Analysis of Ground Water of Ramganjmandi Tehsil of Kota District and Their Statistical Interpretation. *International Journal of Scientific Research*. 4.4:131-133.
- Sridharan, M and Nathan, D.S. 2017. Groundwater quality assessment for domestic and agriculture purposes in Puducherry region. *Applied Water Science*. 7:4037-4053.
- Stuyfzand, P.J. 1989. Nonpoint source of trace element in potable ground water in Netherland. 18th TWSA Water Working, August, Testing and Research Institute, KIWA, Nieuwegein, The Netherlands.
- WHO/UNICEF. 2004. Meeting the MDG drinking water and sanitation target: A Midterm assessment of progress. World Health Organization, WA 675.
- Wilcox, L.V. 1948. The quality of Water for Irrigation Use. United States Department of Agriculture (USDA), Technical Bulletin No. 962.
- Wilcox, L.V. 1955. Classification and use of irrigation waters. United States Department of Agriculture (USDA), Circular No. 969.
- using new scoring based Randev and Puri classification. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 4.5:44-49.
- Richards, L.A. (U.S. Salinity Laboratory). 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils (Agriculture Handbook No. 60). United States Department of Agriculture (USDA), United States of America.
- Sadick, A., Asante, P.C., Dugan, E and Assana, J. 2017. Correlation analysis of Irrigation water quality parameters from Lake Bosomtwe in the Ashanti Region of Ghana. *SCIREA Journal of Agriculture*. 2.2:11-23.
- Saleh, S.M.K., Al-Alaiy, S., Addul-Razzak, B.I and Nasher, G.A. 2017. Evaluation of Groundwater Quality and its Suitability for Drinking and Agricultural Use of Rural Areas for Zabid Directorate-Wadi Zabid, Hodiedah, Yemen. *Journal of Scientific and Engineering Research*. 4.7:10-24.
- Salifu, M., Aidoo, F., Saah Hayford, M., Adomako, D and Asare, E. 2017. Evaluating the suitability of groundwater for irrigational purposes in some selected districts of the Upper West region of Ghana. *Applied Water Science*. 7:653-662.
- Santacruz de Leon, G., Leal, J.A.R., Ramirez, J.M., Alvarez, B.L and Santacruz de Leon, E.E. 2017. Quality Indices of Groundwater for Agricultural Use

Qualitative Assessment of Wastewater of Shahid Hashemi Nezhad Gas Refinery and Adjacent Water Resources for Agricultural Uses

M. Tajbakhshian¹, M. Mahmoodi Gharaie^{*2}, A. Mahboobi³, R.harami⁴, I.Ejlali⁵

Recived: May.26, 2018

Accepted: Feb.06, 2018

Abstract

To assess surface and groundwater quality in Shahid Hashemi Nezhad Gas Refinery region and effluent wastewaters from this industrial unit, 18 water and 5 wastewater samples were studied. Major anions and cations concentration, pH, temperature, EC and TDS were measured in water and wastewater samples. Most of the water and wastewater samples were classified as brackish and saline water based on TDS content. Calculation of sodium hazard indices of irrigation water showed that only 30% of the water samples were in excellent range according to SAR, and the others have good, fair and poor quality. Among the wastewater samples only one sample showed excellent quality according to this parameter. Majority of water and wastewater samples had fair and unfavorable quality based on %Na and KR. Based on SAR and EC, only one wastewater sample had fair quality. RCS and RSCB showed suitable quality for the water and wastewater resources. Gibbs diagram, chloroalkaline index and binary diagrams showed evaporation, normal ion exchange and evaporative mineral dissolution (halite, gypsum and anhydrite) as effective factors on chemical composition of water resources.

Keywords: Agricultural uses, Chloroalkaline index, Shahid Hashemi Nezhad Gas Refinery, Water quality.

1- Department of Geology, Faculty of science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

2- Department of Geology, Faculty of science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3- Department of Geology, Faculty of science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

4- Department of Geology, Faculty of science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

5- Head of health, Security and Environment (HSE) of Shahid Hashemi Nezhad Gas Refinery (Khangiran), Iran

(* - Corresponding Author Email: mhmgharaie@um.ac.ir)