

ارزیابی کیفی و تعیین پتانسیل آلاینده‌های چشمه‌های آبگرم سرعین

سمیه ندایی گیلارلو^۱، ناصر حافظی مقدس^۲، ابراهیم فتائی^۳

۱- دانش آموخته زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه صنعتی شاهرود somayenedae@yahoo.com

۲- دانشیار گروه زمین شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

۳- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۹/۲۰ تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۱۲/۲

چکیده

شهر سرعین از شهرهای استان اردبیل می‌باشد که ۹ چشمه آبگرم دارد. آب این چشمه‌ها بعد از استفاده شدن در مجتمع‌های آب درمانی در رودخانه کنزق ریخته می‌شود که ساکنان بومی از آب این رودخانه برای مصارف کشاورزی و دامی استفاده می‌کنند. به همین دلیل بررسی منشاء و تیپ آب چشمه‌ها و غلظت فلزات سنگین موجود در آن ضروری می‌باشد. جهت بررسی تیپ و منشاء، از آب چشمه‌ها و پساب مجتمع‌های آب درمانی نمونه‌برداری صورت گرفت و بعضی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی غلظت کاتیون‌ها، آنیون‌های اصلی و فلزات سنگین اندازه‌گیری و نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که مقدار گازهای سولفید هیدروژن و دی‌اکسیدکربن در چشمه‌های آبگرم به ترتیب حداکثر ۸/۱۶ و ۴۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. بر اساس نمودار پایپر چشمه‌های آبگرم سرعین در رده‌بندی شیمیایی دارای تیپ آب بیکربنات کلسیم می‌باشند و همچنین بر اساس نمودار مثلثی آنیون‌ها چشمه‌های آبگرم سرعین در محدوده آب‌های حاشیه‌ای غنی در کربنات قرار گرفته‌اند. بر اساس نمودار فیکلین همه چشمه‌ها در محدوده تقریباً خنثی قرار دارند. حداکثر مقدار شوینده اندازه‌گیری شده در محل‌های نمونه‌برداری در ایستگاه ۱، ۵/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر و حداکثر BOD، ۱۵۹۰ میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه ۲ می‌باشد.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، غلظت شوینده‌ها، کیفیت آب، طبقه بندی کیفی

مقدمه

فعالیت‌های انسانی مثل صنایع به وجود آید. H_2S در بدن جمع نمی‌شود و از طریق ادرار از بدن دفع می‌شود [12]. H_2S ترکیب مهمی در جریان‌ها ژئوترمال دارای غلظتی کمتر از ppb تا ۱۰۰ ppm می‌باشد [7]. با استفاده از ژئوشیمی گازهای مناطق

مناطق ژئوترمال که جزء مناطق با انرژی‌های پاک محسوب می‌شوند با انتشار گازهای CO_2 و H_2S باعث آلودگی هوا می‌شوند [18]. H_2S گاز سمی است که می‌تواند از منابع طبیعی مثل آتشفشان چشمه‌های ژئوترمال و تجزیه مواد آلی، از

تراس‌های آبرفتی قدیمی) و سازندهای مارنی و تراورتن و تشکیلات میوسن پائین و میوسن میانی است. سنگ‌های آن از جنس سنگ‌های آذرین اسیدی و متوسط می‌باشد که از گدازه‌ها و نهفته‌های رسوبی تشکیل شده است [5]. شهر توریستی و کوهپایه‌ای سرعین در دامنه شرقی کوه سبلان (در ارتفاع بین ۱۵۵۰ تا ۲۱۰۰ متر) واقع شده است. مساحت این شهر ۴۳۰.۳۶ هکتار، جمعیت آن ۴۵۹۹ نفر و متوسط ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۷۰ متر است [2]. در شهر سرعین چشمه‌های آبگرم معدنی زیاد (۹ چشمه آبگرم) وجود دارد. چشمه‌های آبگرم معدنی استان اردبیل به لحاظ برخورداری از انواع مواد از جمله کلراید، سولفات و بیکربنات شباهت زیادی به آب‌های معدنی بوربون دولاستی واقع در منطقه‌ای از ایالات سائون و لوار فرانسه دارد. در شکل (۱) موقعیت چشمه‌های آبگرم سرعین و موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری پساب در رودخانه کنزق مشخص گردیده است.

روش مطالعه

به منظور انجام این تحقیق اقدام به نمونه‌گیری از ۹ چشمه آبگرم سرعین گردید. همچنین برای بررسی کیفیت پساب خروجی این چشمه‌ها در سه ایستگاه نمونه برداری انجام گرفت. برای تعیین منشأ و تیپ آب چشمه‌ها از نمودارهای پایپر و مثلثی $CL - SO_4 - HCO_3$ استفاده گردید.

نمودار پایپر رابطه آنیون‌های $Cl - SO_4 - HCO_3$ را در بین ترکیب نمونه‌ها نشان می‌دهد. در این نمودار آب می‌تواند به چهار تیپ تقسیم‌بندی شود: آب ژئوترمالی یا آب کلریدی (غنی از کلر)، آب‌های

ژئوترمال به اطلاعاتی در مورد دمای تعادل، شرایط واکنش، منابع ترکیبات و سنگ‌های میزبان می‌توان دست یافت [9,16]. محاسبات صورت گرفته توسط ژئوتومومتر $Na-k SiO_2$ دمای عمق آب در ناحیه سرعین ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است [۱]. بررسی هیدروژئوشیمیایی چشمه‌های آبگرم در مناطق سرعین بوشلی و مشکین‌شهر نشان می‌دهد که شرایط تعادلی بین آب و سنگ‌های دربرگیرنده در عمق برقرار نبوده و این آب‌ها هنگام صعود از عمق به سطح زمین با آب‌های سرد سطحی برخورد کرده که در اثر این برخورد بسیاری از خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن‌ها تغییر کرده است [۱]. در تحقیقی بر روی چشمه‌های آبگرم منطقه مشکین‌شهر به این نتیجه رسیده‌اند که اکثر چشمه‌ها توسط فلزات سنگین دارای آلودگی بالایی هستند که این آلودگی توسط این چشمه‌ها به رودخانه خیاو منتقل شده است [۳]. در منطقه مورد مطالعه به دلیل اینکه تحقیقی جامعی هم بر روی چشمه‌های آبگرم و هم بر روی پساب این چشمه‌ها انجام نشده بود. در این تحقیق سعی بر انجام این دو مهم بوده است.

معرفی منطقه مورد بررسی

شهر سرعین یکی از شهرهای شهرستان اردبیل، در فاصله ۲۶ کیلومتری غرب شهر اردبیل و در فاصله ۱۰ کیلومتری شمال جاده اردبیل- سراب در کف کاسه‌ای قرار گرفته است. مرتفع‌ترین و پست‌ترین نقاط شهر حدود ۶۰ متر می‌باشد. این شهر در سطوح توپوگرافی با شیب متغیر (بین ۰.۵ الی ۱۵٪) و متوسط شیب شهر ۵٪ می‌باشد) در روی مواد پرتابه‌های آتشفشانی (توف، کنگلومرا، خاکستر و لاهار و مواد

C_{sample} نشان دهنده غلظت عنصر در نمونه آب
 $C_{background}$ حداکثر مقدار مجاز عنصر مورد نظر بر
 طبق استاندارد مورد استفاده می‌باشد.

درجه آلودگی به سه دسته زیر تقسیم می‌شود:
 $1 < Cd < 3$ درجه آلودگی پایین،
 متوسط و $Cd > 3$ درجه آلودگی بالا [۱۳، ۱۰، ۸].

نتایج و بحث

امروزه روش‌های متنوعی برای رده‌بندی نمونه‌های
 هیدروشیمیایی وجود دارد. روش‌های گرافیکی
 روش‌های قدرتمندی برای رده‌بندی و تعیین تیپ
 آب‌ها و نمونه‌ها می‌باشند.

آنالیز ترکیب شیمیایی نمونه‌های چشمه آبگرم
 اطلاعاتی را از تیپ آن‌ها و از دمای زیر سطحی در
 اختیار ما قرار می‌دهد.

به همین منظور، در ادامه با ارائه نمودارهای گرافیکی
 شامل نمودار مثلثی آنیونی مربوط به نمونه‌ها، بر روی
 تیپ آب‌ها و دیگر ویژگی‌های آن بحث می‌گردد.
 در جدول (۱) نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های
 چشمه‌های آبگرم سرعین ارائه شده است.

نمودار مثلثی آنیون‌ها

از غلظت بعضی آنیون‌های اصلی مثل SO_4 ، Cl ،
 HCO_3 و کاتیون‌های K ، Ca ، Na و Mg برای
 تفسیر کیفی چشمه‌های آبگرم استفاده شد. همان‌طور
 که در شکل (۲) مشخص است، مشخص می‌گردد
 که چشمه‌های آبگرم سرعین در محدوده آب‌های
 حاشیه‌ای غنی در کربنات قرار گرفته‌اند.

رابطه بین pH و مجموع غلظت فلزات محلول در
 آب را می‌توان با استفاده از نمودار فیکلین نشان

حاشیه‌ای (غنی از کربنات)، آب‌های اسیدی
 ماگمایی (غنی از کلر و سولفات)، آب‌های اسیدی
 سطحی (غنی از سولفات) [15]. این نمودار وسیله
 خوبی برای تشخیص انواع آب‌ها شامل آب‌هایی با
 منشاء عمیق، pH خنثی، حاوی کلر (نمونه‌های نزدیک
 به راس کلر) از نمونه‌های آب ثانویه غیر
 اصلی ($HCO_3 - SO_4$) و آب‌های آتشفشانی
 ($SO_4 - Cl$) می‌باشد. با ترسیم نمودار فیکلین
 نمونه‌ها، موقعیت نمونه‌ها از لحاظ میزان فلز محلول
 و همچنین میزان اسیدیته تعیین شد و همچنین به
 دلیل اینکه اطلاع دقیق از مقدار سولفید هیدروژن
 و دی‌اکسیدکربن چشمه‌ها بدست آید اقدام به
 اندازه‌گیری این گازها شد و این گازها به روش
 تیتراسیون اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری اکسیژن
 محلول آب (DO) به وسیله روش وینکلر در محل
 نمونه برداری انجام شد. در انتها جهت تعیین کیفیت
 آب چشمه‌ها برای مصارف مختلف مانند کشاورزی
 نمودار ویلکوکس نمونه‌ها ترسیم گردید. جهت
 ارزیابی آلودگی آب چشمه‌ها به فلزات سنگین، از
 اندیس درجه آلودگی (C_d) استفاده گردید.

درجه آلودگی: از این اندیس برای تشخیص آلودگی
 آب به انواع عناصر مختلف اعم از فلزی یا غیر فلزی
 می‌توان استفاده کرد. با این شرط که حداکثر غلظت
 مجاز برای عنصر مورد نظر در آب مشخص
 باشد [10].

اندیس درجه آلودگی از رابطه زیر محاسبه گردید:

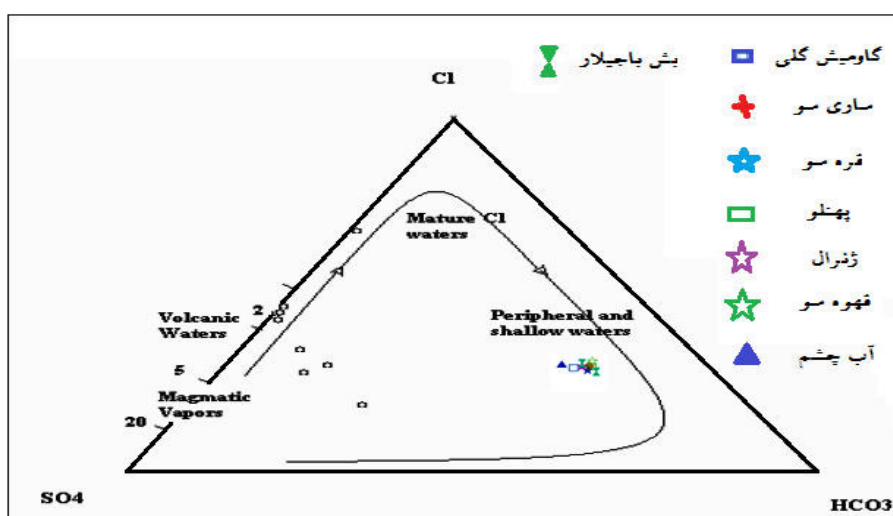
$$C_d = \sum_{i=1}^n CF \quad (1)$$

$$CF = \frac{C_{sample}}{C_{background}} \quad (2)$$

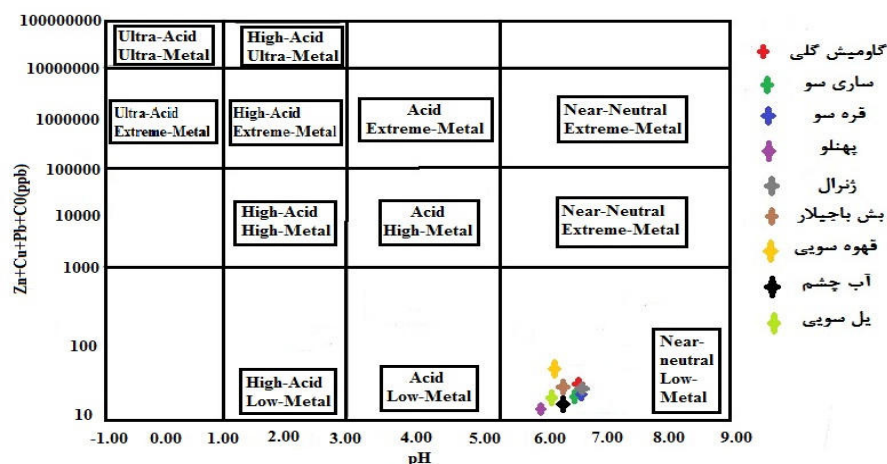
ارزیابی آلودگی آب چشمه‌ها

اندیس آلودگی برای غلظت عناصر سمی موجود در آب Ni, Pb, Ba, As, Cr, Sb, Mo و B بر اساس استاندارد WHO محاسبه شده است. درجه آلودگی برای اکثریت چشمه‌ها بالای ۳ بوده که نشان دهنده آلودگی بالا می‌باشد (شکل ۴)

داد [8] که برای ارزیابی همبستگی بین انواع کانی‌ها و نهشته‌ها و فلزات موجود، شبه فلزها، pH و سولفات به کار می‌رود [8]. دیاگرام فیکلین (شکل ۳) تغییرات مجموع غلظت فلزات (بر حسب میکروگرم بر لیتر) بر حسب مقدار pH را برای نمونه‌های آبی مربوط به هر یک از چشمه‌ها نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که همه چشمه‌ها دارای غلظت پایینی از فلزات می‌باشد و در محدوده تقریباً خنثی قرار دارند.



شکل ۲- نمودار مثلثی آنیون‌ها برای چشمه‌های آبگرم سریع



شکل ۳- نمودار فیکلین برای چشمه‌های آبگرم سریع

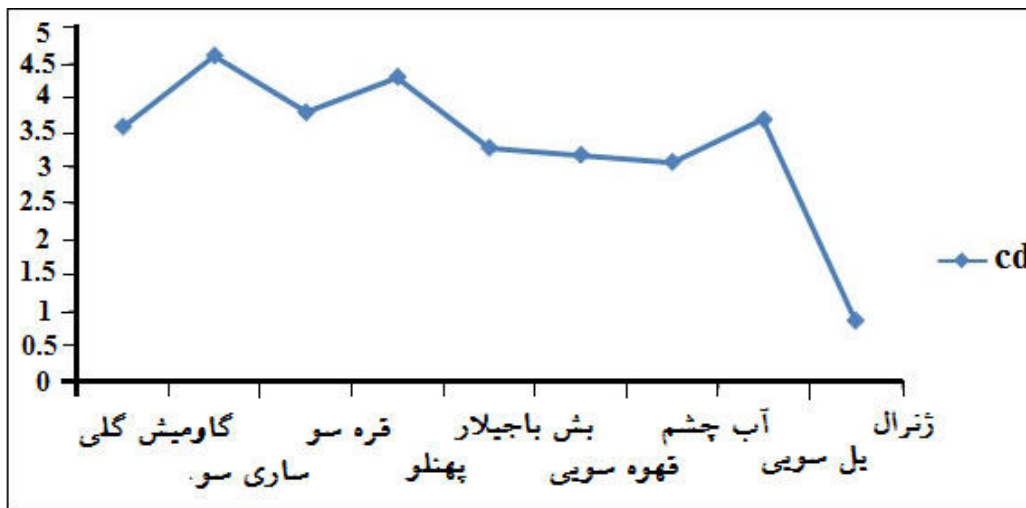
که در آن M_{I_r} : غلظت ید، V_{I_r} : حجم ید مصرفی و V_w : حجم نمونه آب در آزمایش می‌باشد. با توجه به استاندارد ۱۰۵۳ آب مقدار سولفید هیدروژن مجاز ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که با توجه به این استاندارد مقدار سولفید هیدروژن در چشمه‌های آبگرم سرعین بالا می‌باشد (شکل ۵).

اندازه‌گیری CO_2 محلول در آب

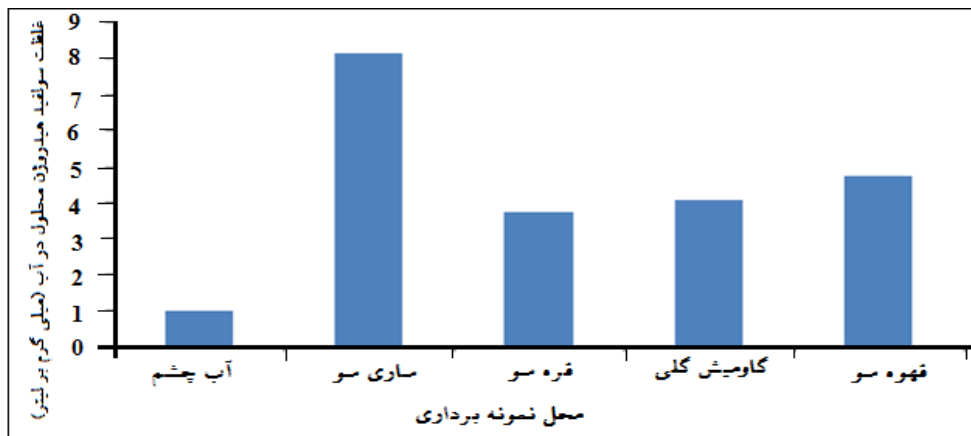
برای اندازه‌گیری دی‌اکسیدکربن محلول از روش تیتراسیون استفاده گردید. برای اینکار ۱۰۰ میلی‌لیتر از آب چشمه در داخل بشر ۲۰۰ میلی‌لیتری ریخته شود و ۵ تا ۶ قطره شناساگر (Indicator) فنل فتالین به آن اضافه گردید.

اندازه‌گیری سولفید هیدروژن محلول در آب به منظور اندازه‌گیری سولفید هیدروژن در چشمه‌های آبگرم سرعین ۲۰ میلی‌لیتر از نمونه در داخل یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و به آن یک میلی‌لیتر معرف چسب نشاسته اضافه گردید. سپس مخلوط آب و چسب نشاسته به وسیله محلول ۰/۰۰۱ مولار ید تیتره شد. با تغییر رنگ از بی‌رنگ به آبی کم رنگ میزان ید مصرفی یادداشت گردید. با به دست آوردن میزان ید و داشتن غلظت آن با استفاده از فرمول زیر میزان سولفید هیدروژن نمونه‌ها محاسبه گردید [11].

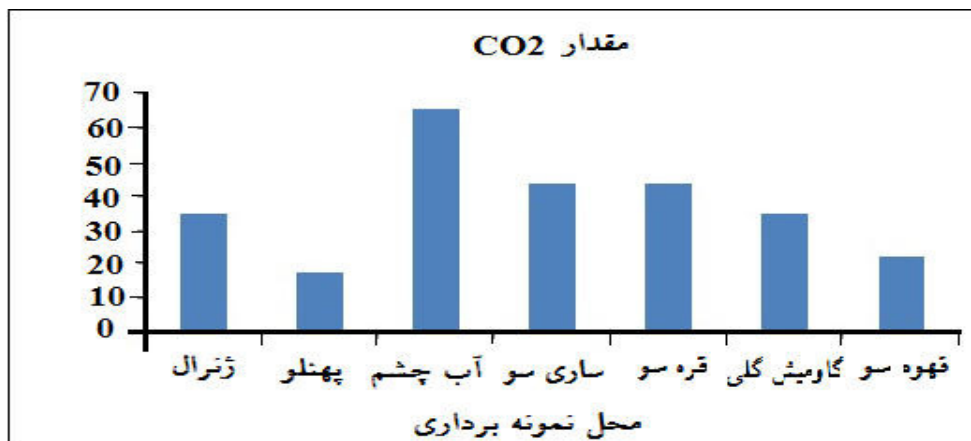
$$H_2S(mg/l) = \frac{M_{I_r} \times V_{I_r} \times 34 \times 1000}{V_w} \quad (3)$$



شکل ۴- نمودار درجه آلودگی چشمه‌های آبگرم سرعین



شکل ۵- نمودار مقدار سولفید هیدروژن در چشمه‌های آبگرم



شکل ۶- نمودار مقدار دی‌اکسیدکربن در چشمه‌های آبگرم

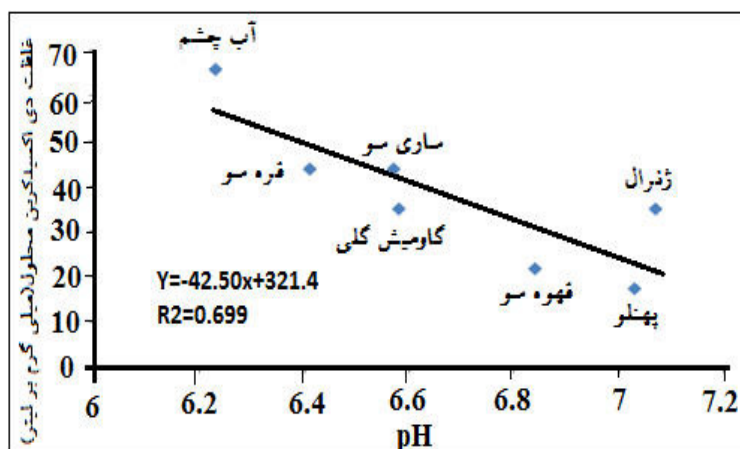
$$CO_2(mg/l) = \frac{A \times N \times 4400}{V_w} \quad (4)$$

که در این رابطه A مقدار سود مصرفی بر حسب میلی‌لیتر، N نرمالیت‌های سود و V_w حجم آب مورد آزمایش بر حسب میلی‌لیتر می‌باشد [11]. شکل (۷) مقایسه‌ای بین مقدار دی‌اکسیدکربن و pH را نشان می‌دهد که با افزایش pH، مقدار دی‌اکسیدکربن محلول در آب کاهش می‌یابد.

سپس همزمان با تکان دادن بشر، آن‌قدر به محلول مزبور سود (NaOH) استاندارد با نرمالیت ۰/۰۲۲۷ اضافه گردید تا رنگ محلول پوست پیازی شود و این رنگ تا ۳۰ ثانیه پایدار بماند. اگر آب چشمه‌ها فقط با اضافه کردن شناساگر فنل فتالین قرمز رنگ شود (قبل از اضافه کردن سود)، نشانگر عدم وجود دی‌اکسیدکربن محلول در آب است. به منظور محاسبه مقدار دی‌اکسیدکربن محلول در آب از فرمول زیر استفاده شد:

برای ارزیابی کیفیت پساب آنالیز BOD و مواد شوینده استفاده گردید (جدول ۲). مقایسه مقادیر BOD و DO نمونه‌های پساب با نمونه شاهد و نیز استانداردهای مختلف نشان می‌دهد BOD همه نمونه‌های ایستگاه‌ها بیش از مقدار توصیه شده برای کاربرد پساب در کشاورزی می‌باشد. با توجه به استاندارد مقدار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر مقدار BOD در آب برای آبیاری توسط سازمان حفاظت محیط زیست ملاحظه می‌گردد که در آب چشمه‌های گرم مقدار BOD از مقدار استاندارد زیاد بوده است.

نمودار پایپر: بر اساس نمودار پایپر (شکل ۸) مشاهده می‌شود که چشمه‌های آبگرم سرعین در رده بندی شیمیایی تیپ آب بیکربنات کلر سدیم می‌باشد. عامل اصلی این دسته آب‌ها کربنات منوسدیک بوده و در هنگام خروج به همراه آب گاز کربنیک با فشار زیاد خارج می‌شود غالباً درجه حرارت آب زیاد بوده و این نوع آب‌ها در طول شکستگی‌های بزرگ سطح کره زمین خارج می‌شود. چنانچه این آب‌ها با زمین‌های کلروره تماس داشته باشند دسته آب‌های بیکربنات کلر سدیم را به وجود می‌آورند.



شکل ۷- نمودار بین CO₂ و pH در چشمه‌های آبگرم سرعین

جدول ۲- مقادیر اکسیژن محلول و اکسیژن مورد نیاز مصرف بیولوژیکی در نمونه‌های تهیه شده از پساب منطقه سرعین

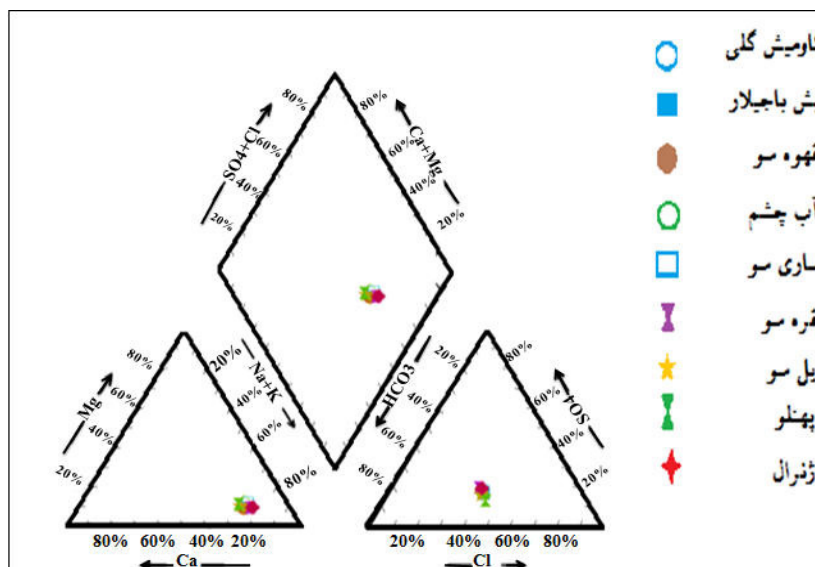
ردیف	نمونه‌ها	D.O	BOD
۱	آب غیر آلوده	۶/۰	۰
۲	چشمه قهوه سویی	۵/۵	۱۵۰
۳	ایستگاه ۱	۲/۵	۱۰۵۰
۴	ایستگاه ۲	۰/۷	۱۵۹۰
۵	ایستگاه ۳	۱/۲	۱۴۴۰
۶	استاندارد BOD برای کشاورزی	-	۱۰۰/۰
۷	استاندارد BOD برای تخلیه به چاه و آب‌های سطحی	-	۳۰/۰
۸	استاندارد USSR برای آشامیدن	۴/۰	۳/۰

که در پساب‌های خروجی مجتمع‌های آبگرم سرعین این مقدار خیلی بیشتر (۵/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر) از استاندارد می‌باشد ولی به دلیل پایش مناسب رودخانه در طول مسیر این مقدار در ایستگاه آخر در محل اتصال رودخانه کنزق‌چای به رودخانه بالیخلی‌چای مقدار آن کم‌تر (۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر) و به حد قابل قبول رسیده است.

نتایج حاصل از نمونه برداری از رودخانه دریافت کننده پساب آبگرم‌های شهر سرعین (جدول ۳) نشان داد که ایستگاه ۲ به دلیل قرار گرفتن بعد از روستا متأثر از پساب ورودی از روستا بوده و نسبت به بقیه ایستگاه‌ها آلوده‌تر بوده است. بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست مقدار شوینده موجود برای آبیاری ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد در حالی

جدول ۳- مقدار شوینده موجود در پساب خروجی مجتمع‌های آبگرم سرعین

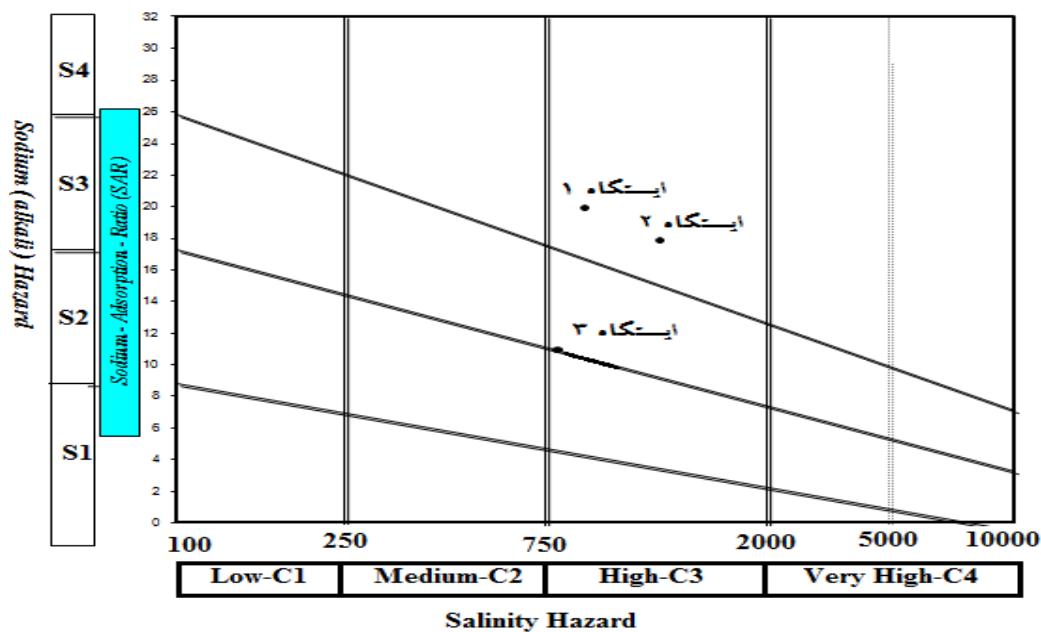
مقدار شوینده (mg/l)	نام نمونه
۵/۲۳	ایستگاه ۱
۲/۰۸	ایستگاه ۲
۰/۳	ایستگاه ۳
۰/۱۲	استاندارد USA برای آب آشامیدنی
۰/۵	استاندارد USSR برای آب آشامیدنی
۰/۱	استاندارد USSR برای حیات آبریان



شکل ۸- نمودار پایپر برای چشمه‌های آبگرم سرعین

استفاده گردید (شکل ۹). ملاحظه می‌شود کیفیت آب این رودخانه در طبقه‌بندی کشاورزی در گروه شوری بالا قرار دارد که قابل استفاده برای کشاورزی می‌باشد. محل ایستگاه ۱ در محل خروجی پساب مجتمع‌های آبگرم قرار دارد که از شوری بیشتری برخوردار بوده و محل ایستگاه ۲ به علت اینکه بعد از روستای کنزق قرار دارد دچار آلودگی در آن بخش می‌شود بعد از ایستگاه ۱ دارای شوری بیشتر می‌باشد.

با توجه به اینکه آب رودخانه کنزق (دریافت کننده پساب مجتمع‌های آبگرم سرعین) در پایین دست به مصرف کشاورزی می‌رسد به همین خاطر و برای کلاس آب این نمونه‌ها در نمودار ویلکوکس برای نمونه‌های ایستگاه ۱ و ۲، C_3-S_3 و برای نمونه ایستگاه ۳ C_3-S_2 می‌باشد که کیفیت آب برای کشاورزی شور و قابل طبقه بندی کیفی آب این رودخانه جهت مصرف کشاورزی از نمودار ویلکوکس



شکل ۹- نمودار ویلکوکس برای نمونه‌های پساب در ایستگاه‌های ۱ و ۲ و ۳

نتیجه گیری

سولفید هیدروژن و دی اکسید کربن در چشمه‌های آبگرم به ترتیب ۸/۱۶ و ۴۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. لذا لازم است تدابیری اندیشه شود تا از انتشار گازهای فوق در فضای مرکزی شهر و مکان‌های پر تردد جلوگیری گردد. به علت استفاده از پساب چشمه‌های آبگرم سرعین در کشاورزی لازم به بهسازی این پساب می‌باشد. به علت وجود

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که بر اساس نمودار پاییز چشمه‌های آبگرم سرعین در رده بندی شیمیایی دارای تیپ آب بی‌کربنات کلر سدیم می‌باشد. همچنین بر اساس نمودار مثلثی با محاسبه اندیس درجه آلودگی چشمه‌های آبگرم سرعین این نتیجه بدست آمد که اکثریت چشمه‌ها نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که مقدار گازهای سمی

9- Bergfeld, D., Goff, F., Janik, C.J., 2001. Carbon isotopes and CO₂ sources in the geysers-clear lake region, northern California. *Geothermics* 30, pp.303-331.

10- Bhuiyan, MAH. Parvez, L. Lslam, MA. Dampare, SB. Suzuki, S., (2010). "Heavy metal pollution of coal mine-affected agricultural soils in the northern part of Bangladesh, *J Hazard Mater*, 173(1-3): pp.384-392.

11- Howell, R.J. Parshley, J. V. "Contra of pit-lake water chemistry by secondary minerals, Summer Camp pit, Gethell mine □, Nevada Chem. Geol. 215 (2005) pp.373-385..

12- Brown, k., (1995): occupational safety aspects of geothermal development. *World geothermal congress (1995), IGA pre congress, Pisa, Italy.* pp.235-288.

13- Edet, A. E. Offiong, O. E., (2002). "Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal Contamination monitoring . A study case from Akpabuyo-Odukpani area, lower cross River Basin (South-eastern Nigeria). *Geojournal* 57: 295-304.

14- Ficklin, W. H. Plumlee, G.S. Smith, K.S. McHugh, J.B., (1992). "Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas , in: Y. K. Kharaka, A.S. Maest(Eds.), *Proceeding of the 7th International Symposium on Water Rock Interaction, Park City, Utah*, pp.381-384.

15- Giggenbach, W.F., (1992). "Chemical techniques in geothermal exploration . In: F.D, Amore(Ed.), *Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir development. UNITAR/UNDP*, pp.119-144.

16- Giggenbach, W. F., (1980). *Geothermal gas equilibria. Geochim. Cosmochim. Acta* 44, 2021.17- Merk, E., (1970) "The testing of water, a selection of chemical methods for partical use" 5th ed., Darmstadt, Germany, 107.

17- Merk, E., (1970) "The testing of water, a selection of chemical methods for partical use" 5th ed., Darmstadt, Germany, 107.

18- Stefansson, A. Arnorsson, S, Gunnarsson, I. Kasalainen, H. Gunnlaugsson, E. (2010). The geochemistry and sequestration of H₂S into the geothermal system at Hellisheidi, Iceland. *Institute of earth sciences, university of Iceland, sturlugata V, 101.* pp.112-154.

شوینده و زیاد بودن BOD بهتر است روشی برای بهسازی انتخاب شود که این دو عامل آلودگی را تا حدی بهبود بخشد. از روش های بهسازی پساب خروجی می توان به روش هوادهی در طول مسیر رودخانه اشاره کرد. بدین منظور می توان از برج های آبشاری در طول مسیر که حالت پله پله دارد استفاده کرد.

منابع

۱- آقازاده، ن. اصغری مقدم، ا. (۱۳۸۵)، ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی و هیدرولوژیکی چشمه های آبگرم منطقه سیلان، مجموعه دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۳ ص.

۲- بابائی اقدم، ف: مدل سازی کاربری اراضی شهر سرعین با استفاده از مدل کلو در افق ۱۴۰۰. طرح پژوهشی در دانشگاه محقق اردبیلی. ۳۵۰ ص.

۳- خوجم لو، ا. دولتی ارده جانی، ف. مرادزاده، ع. کرمی غ. (۱۳۹۰)، بررسی زیست محیطی تاثیر چشمه های آبگرم منطقه مشکین شهر بر روی رودخانه خیاو، مجموعه هفتمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۳۴۵ ص.

۴- عابدینی، م: (۱۳۸۸)، بررسی نقش مخاطرات هیدروژئومورفولوژی در ناپایداری ساخت و سازه های شهر توریستی سرعین، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، ۲۵۳ ص.

۵- مهندسین مشاور فراز آب (۱۳۸۲)، طرح آبرسانی سرعین (مطالعات مرحله اول)، ۸۷ ص.

۶- نظری، ش. (۱۳۸۷)، خواص درمانی آب های معدنی (سرد و گرم) استان اردبیل، نشریه بین المللی تجارت و توسعه، شماره ۱۲۲، ص ۳۳.

7- Arnorsson, S., (1995). Geothermal system in Iceland: structure and conceptual models.

8- Backman, B. Bodis, D. Lahermo, P. Rapant, S. Tarvainen, T., (1997). "Application of a groundwater contamination index in finland and Slivakia . *Environmental Geology*, vol.36, pp.55-64.