



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه زمین شناسی زیست محیطی

عنوان پایان نامه ارشد:

مطالعه خصوصیات چشمه‌های آبگرم سرعین

دانشجو:

سمیه ندایی گیلارلو

اساتید راهنما:

دکتر ناصر حافظی مقدس

دکتر غلامحسین کرمی

استاد مشاور:

دکتر ابراهیم فتائی

بهمن ۱۳۸۹

تقدیم به:

پدر، مادر و خواهر عزیزم که در تمام مراحل زندگی تنها پشتیبانان من بودند. در برابر وجودشان زانوی ادب بر زمین نهاده و با دلی مملو از عشق و خضوع بر دستانشان بوسه می‌زنم.

تقدیم می‌کنم به اسوه مهربانی، برادر عزیزم، به پاس قلب بزرگش که فریادرس است که سرگردانی و ترس در پناهش به شجاعت می‌گراید و به پاس محبت‌های بی‌دریغش که هرگز فروکش نمی‌کند.

تشکر و قدردانی

سپاس بی‌کران خدایی را که به من توانایی بخشید تا این تحقیق را به سر منزل مقصود رسانم. اکنون که گردآوری این پایان‌نامه به پایان رسیده، فرصت را غنیمت شمرده تا از تلاش‌های بی‌شائبه پدر، مادر، خواهر و برادر عزیزم تشکر نمایم.

از اساتید راهنما جانب آقای دکتر ناصر حافظی‌مقدس و آقای دکتر غلامحسین کرمی و از استاد مشاورم آقای دکتر ابراهیم فتائی که در گردآوری این مجموعه مرا راهنمایی نمودند تشکر می‌کنم. از خانم سعیدی، خانم فارسی، آقای خانعلی‌زاده و آقای میرباقری به خاطر همکاری‌شان ممنون می‌باشم. از دوستان خوبم آقای ثوابی، خانم موسوی، خانم حسنونند، خانم حیدریان، خانم رحیمی، خانم کریمی، خانم جنگروی و خانم مریم خسروی که در تمام مراحل پایان‌نامه‌ام کمک‌حالم بودند متشکرم. از خانم معصومی کارشناس محترم اداره آب استان اردبیل و آقای بشیری از استانداری اردبیل و آقای هژیرپور از اداره هواشناسی و آقای نوخواه و درناپور از اداره آب و فاضلاب و خانم شهرداری کارشناس محترم آزمایشگاه شیمی دانشگاه آزاد اردبیل سپاسگذارم.

چکیده

در تحقیق حاضر تاثیر پساب‌های خروجی از مجتمع‌های آبگرم در شهر توریستی سرعین مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور ابتدا اطلاعات شیمیایی و فیزیکی از منابع موجود از سازمان آب منطقه‌ای گردآوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. جهت بررسی دقیق‌تر کیفیت آب، ۱۰ نمونه از پساب خروجی مجتمع‌های آبگرم برداشت گردید و آزمایشات مختلف شیمیایی و فیزیکی بر روی آن‌ها صورت گرفته است. برای نتیجه‌گیری بهتر بر روی ۴ نمونه پساب خروجی مجتمع‌های آبگرم آزمایش فلزات سنگین نیز صورت گرفت. بر روی ۴ نمونه از نمونه‌ها آزمایش تعیین مقدار شوینده نیز صورت گرفت. آزمایش‌های تعیین CO_2 و H_2S برای چشمه‌های آبگرم انجام شد. برای نمونه آب چشمه‌های آبگرم نمودار پایپر و نمودار مثلثی $\text{SO}_4\text{-Cl-HCO}_3$ ترسیم شده است. برای نمونه‌های پساب دیاگرام ویلکوکس رسم شد. برای نمونه‌های آب از چاه‌های شرب و مخزن موجود در ادراه آب و فاضلاب نمودار شولر و پایپر رسم شده است و نتایج زیر حاصل گشته است. غلظت سولفید هیدروژن در چشمه‌های آبگرم سرعین بالاتر از استاندارد می‌باشد. پساب‌ها از نظر شوینده و BOD دارای آلودگی می‌باشد. کاهش فلزات سنگین از محل خروج پساب تا محل پیوستن رودخانه کنزق به رودخانه بالیخلی چای مشاهده شد.

کلمات کلیدی: سرعین، پساب، چشمه آبگرم، آلودگی

فهرست

فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق.....	۱
۲-۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی.....	۱
۳-۱- آب و هوای منطقه.....	۳
۴-۱- جمعیت شهر سرعین.....	۶
۵-۱- زمین شناسی منطقه.....	۷
۱-۵-۱- ویژگی زمین ریخت شناسی و زمین ساختی کوه سبلان.....	۷
۲-۵-۱- چینه شناسی منطقه مورد مطالعه.....	۹
۶-۱- گسل های مهم اطراف سرعین.....	۱۳
۱-۶-۱- گسل بالخلی چای.....	۱۳
۲-۶-۱- گسل سرعین.....	۱۴
۳-۶-۱- گسل ویلادره (ویلادرق).....	۱۵
۷-۱- زمین ساخت منطقه.....	۱۶
۸-۱- تاثیر زلزله ها بر چشمه آب های معدنی منطقه.....	۱۸
۹-۱- زمین شناسی شهر سرعین.....	۱۸
۱۰-۱- ژئومورفولوژی.....	۱۹
۱-۱۰-۱- واحد کوهستان.....	۱۹
۲-۱۰-۱- واحد تپه ماهور.....	۲۰
۳-۱۰-۱- رودخانه ها.....	۲۰
۱۱-۱- هیدرولوژی منطقه.....	۲۰
۱-۱۱-۱- بالخلی چای (رودخانه دارای ماهی).....	۲۱

۲۲	۲-۱۱-۱- رودخانه کنزق
۲۲	۱۲-۱- هیدروژنولوژی منطقه
۲۳	فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته درباره " آلودگی ناشی از چشمه های آبگرم "
۲۳	مقدمه
۲۳	۱-۲- ویژگی های آب های معدنی
۲۴	۱-۱-۲- ویژگی های فیزیکی
۲۵	۲-۱-۲- ویژگی های شیمیایی
۳۰	۳-۱-۲- تغییرات شیمیایی
۳۱	۴-۱-۲- رده بندی آب های معدنی و چشمه های آبگرم بر اساس خصوصیات شیمیایی
۳۳	۲-۲- مثال هایی از تیپ چشمه های آبگرم در دنیا و ایران
۳۴	۳-۲- استفاده و کاربرد آب های چشمه های گرم
۳۵	۴-۲- آلودگی ایجاد شده از چشمه های آبگرم
۳۶	۱-۴-۲- شاخص های ارزیابی اختلاط آب سطحی و منابع ژئوترمال
۳۸	۲-۴-۲- شاخص های شیمیایی آلودگی آب زیرزمینی با آبگرم
۳۸	۵-۲- پساب ها
۴۱	فصل سوم: روش انجام کار
۴۱	۱-۳- نمونه گیری و انجام آزمایشات شیمیایی و میکروبی
۴۳	۲-۳- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری
۴۳	۱-۲-۳- اندازه گیری درجه حرارت
۴۴	۲-۲-۳- اندازه گیری هدایت الکتریکی
۴۴	۳-۲-۳- اندازه گیری اسیدیته
۴۵	۴-۲-۳- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه

۳-۳	اندازه گیری سولفید هیدروژن محلول در آب	۴۷
۳-۴	اندازه گیری دی اکسیدکربن محلول در آب	۴۶
۳-۵	اندازه گیری اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی	۴۷
۳-۶	استانداردهای استفاده شده	۴۸
فصل چهارم: ارزیابی اثر پساب چشمه های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی ۵۳		
مقدمه ۵۳		
۴-۱	معرفی چشمه های آبگرم سریع	۵۴
۴-۱-۱	رده بندی چشمه های آبگرم سریع	۵۷
۴-۱-۲	آبدهی و بارندگی	۵۹
۴-۱-۳	مقایسه بین دبی و هدایت الکتریکی در چشمه های آبگرم سریع	۶۲
۴-۱-۴	مقایسه دبی با دما	۶۴
۴-۱-۵	مقایسه بین دبی و pH	۶۶
۴-۱-۶	مقایسه غلظت عناصر در چشمه های مورد بررسی	۶۸
۴-۲-۷	بررسی غلظت عناصر و نوسانات عناصر در چشمه های آبگرم سریع	۷۰
۴-۲-۸	رابطه غلظت عناصر در چشمه های آبگرم سریع با درجه حرارت آب	۷۶
۴-۲-۹	همبستگی منیزیم و کلر در چشمه های مورد مطالعه	۷۷
۴-۳	اندازه گیری سولفید هیدروژن محلول در آب	۸۱
۴-۴	اندازه گیری CO ₂ محلول در آب	۸۲
۴-۵	نسبت جذب سدیم در چشمه های آبگرم سریع	۸۳
۴-۶	پساب های مجتمع های آبگرم سریع	۸۵
۴-۶-۱	نسبت جذب سدیم در پساب چشمه های آبگرم سریع	۸۷
۴-۶-۲	شوینده ها	۸۸

۸۹	..... اندازه گیری اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD)
۹۰	..... فلزات سنگین
۹۵	..... چاه ها
۱۰۰	..... فصل پنجم: نتیجه گیری
۱۰۰	..... مقدمه
۱۰۰	..... خصوصیات زمین شناسی چشمه های آبگرم سرعین
۱۰۱	..... خصوصیات چشمه های سرعین
۱۰۲	..... آلودگی حاصل از پساب چشمه ها
۱۰۳	..... پیشنهادات
۱۰۴	..... منابع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن ۲
- شکل ۱-۲- متوسط بارندگی سالیانه شهر سرعین طی سالهای ۵۵-۸۸ (هواشناسی استان اردبیل، ۱۳۸۹) ۵
- شکل ۱-۳- موقعیت کوه سبلان در عکس ماهواره ای (Google earth, 2010) ۸
- شکل ۱-۴- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (ترسیم مجدد از ورقه ۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی اردبیل) ۱۰
- شکل ۱-۵- گسل های اطراف شهر سرعین ۱۴
- شکل ۱-۶- نمایی از گسل سرعین در شمال شهر سرعین ۱۵
- شکل ۱-۷- نمایی از گسل ویلادره در حاشیه جاده ویلادره ۱۶
- شکل ۱-۸- نقشه پهنه بندی خطر لرزه‌های ایران ۱۷
- شکل ۱-۹- رخنمون گسل سرعین (صادقی، ۱۳۸۴) ۱۹
- شکل ۱-۱۰- رودخانه‌های اطراف شهر سرعین ۲۱
- شکل ۱-۳- نمونه برداری از پساب شهر سرعین ۴۲
- شکل ۲-۳- اندازه گیری پارامترهای فیزیکی در محل نمونه برداری ۴۳
- شکل ۳-۳- اندازه گیری هدایت الکتریکی چشمه ها ۴۴
- شکل ۳-۴- اندازه گیری اسیدپته چشمه ها ۴۵
- شکل ۱-۴- موقعیت چشمه های آبگرم در شهر سرعین ۵۴
- شکل ۲-۴- نمودار پایپر چشمه های آبگرم سرعین ۵۸
- شکل ۳-۴- محل نمونه برداری ۵۹
- شکل ۴-۴- نمودار آبدهی چشمه‌های گاومیش گلی، ساری سو و بارندگی ۶۰
- شکل ۵-۴- نمودار آبدهی چشمه‌های بش باجیلار، ژنرال و بارندگی ۶۰

- شکل ۴-۶- نمودار آبدهی چشمه‌های قره سو، قهوه سو و بارندگی ۶۱
- شکل ۴-۷- نمودار آبدهی چشمه پهنلو و بارندگی ۶۱
- شکل ۴-۸- مقایسه دبی چشمه های سرعین در سال های مختلف ۶۲
- شکل ۴-۹- مقایسه دبی و هدایت الکتریکی در چشمه آبگرم ژنرال ۶۳
- شکل ۴-۱۰- مقایسه دبی با هدایت الکتریکی در چشمه آبگرم قهوه‌سو ۶۳
- شکل ۴-۱۱- مقایسه بین دبی با هدایت الکتریکی در چشمه آبگرم قره‌سو ۶۳
- شکل ۴-۱۲- مقایسه بین دبی با هدایت الکتریکی در چشمه آبگرم پهنلو ۶۴
- شکل ۴-۱۳- مقایسه بین دبی و درجه حرارت در چشمه آبگرم ژنرال ۶۴
- شکل ۴-۱۴- مقایسه بین دبی و درجه حرارت در چشمه آبگرم قهوه‌سو ۶۵
- شکل ۴-۱۵- مقایسه بین دبی و درجه حرارت در چشمه آبگرم قره‌سو ۶۵
- شکل ۴-۱۶- مقایسه بین دبی و درجه حرارت در چشمه آبگرم پهنلو ۶۶
- شکل ۴-۱۷- مقایسه بین دبی و pH در چشمه آبگرم ژنرال ۶۶
- شکل ۴-۱۸- مقایسه بین دبی و pH در چشمه آبگرم قره‌سو ۶۷
- شکل ۴-۱۹- مقایسه بین دبی و pH در چشمه آبگرم قهوه‌سو ۶۷
- شکل ۴-۲۰- مقایسه بین دبی و pH در چشمه آبگرم پهنلو ۶۷
- شکل ۴-۲۱- مقایسه کاتیون‌ها و آنیون‌ها در چشمه آبگرم ژنرال ۶۸
- شکل ۴-۲۲- مقایسه عناصر اصلی در چشمه آبگرم قره‌سو ۶۸
- شکل ۴-۲۳- مقایسه عناصر اصلی در چشمه آبگرم قهوه‌سو ۶۹
- شکل ۴-۲۴- مقایسه عناصر اصلی در چشمه آبگرم پهنلو ۶۹
- شکل ۴-۲۵- تغییرات غلظت کلسیم در چشمه های آب گرم سرعین ۷۰
- شکل ۴-۲۶- تغییرات غلظت منیزیم در چشمه های آبگرم سرعین ۷۱
- شکل ۴-۲۷- تغییرات غلظت سدیم در چشمه های آبگرم سرعین ۷۲

- شکل ۲۸-۴- تغییرات غلظت پتاسیم در چشمه های آبگرم سرعین ۷۲
- شکل ۲۹-۴- تغییرات غلظت pH در چشمه های آبگرم سرعین ۷۳
- شکل ۳۰-۴- تغییرات غلظت کلر در چشمه های آبگرم سرعین ۷۴
- شکل ۳۱-۴- تغییرات غلظت بیکربنات در چشمه های آبگرم سرعین ۷۴
- شکل ۳۲-۴- تغییرات غلظت سولفات در چشمه های آبگرم سرعین ۷۵
- شکل ۳۳-۴- رابطه غلظت کلر با درجه حرارت آب ۷۶
- شکل ۳۴-۴- رابطه غلظت کربنات با درجه حرارت آب ۷۷
- شکل ۳۵-۴- رابطه غلظت سدیم با درجه حرارت آب ۷۷
- شکل ۳۶-۴- همبستگی بین منیزیم و کلر در چشمه های مورد مطالعه ۷۹
- شکل ۳۷-۴- نمودار گیگینباخ چشمه های آبگرم سرعین برای مشخص کردن به تعادل رسیدن آب های منطقه ۷۹
- شکل ۳۸-۴- نمودار مثلثی $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Cl}$ برای جدا کردن آب های آتشفشانی از بخارات ماگمایی، آب های بالغ و آب های کم عمق (گیگینباخ ۱۹۹۰) ۸۰
- شکل ۳۹-۴- غلظت سولفید هیدروژن محلول در آب چشمه های آبگرم سرعین ۸۱
- شکل ۴۰-۴- رابطه بین CO_2 و pH در چشمه های آبگرم سرعین ۸۳
- شکل ۴۱-۴- موقعیت محل نمونه گیری از پساب های خروجی از چشمه های آبگرم سرعین ۸۵
- شکل ۴۲-۴- نمودار ویلکوکس برای پساب های خروجی مجتمع های آبگرم سرعین ۸۷
- شکل ۴۳-۴- مقدار شوینده در پساب های خروجی مجتمع های آبگرم سرعین ۸۹
- شکل ۴۴-۴- غلظت آهن در پساب خروجی از چشمه های آبگرم سرعین ۹۲
- شکل ۴۵-۴- غلظت لیتیم در پساب خروجی از چشمه های آبگرم سرعین ۹۳
- شکل ۴۶-۴- غلظت آرسنیک در پساب خروجی از چشمه های آبگرم سرعین ۹۴
- شکل ۴۷-۴- غلظت منگنز در پساب خروجی از چشمه های آبگرم سرعین ۹۴

شکل ۴-۴۸- محل چاه های آب شرب سرعین..... ۹۶

شکل ۴-۴۹- نمودار پایپر آب چاه های مورد مطالعه..... ۹۸

شکل ۴-۵۰- نمودار شولر منابع آبی مورد مطالعه..... ۹۹

فهرست جداول

- جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و متوسط درجه حرارت ماهانه در ایستگاه سرعین برای دوره آماری ۸۸-۵۵ (هواشناسی استان اردبیل، ۱۳۸۹)..... ۴
- جدول ۱-۲- طبقه بندی اقلیمی دمارتن..... ۵
- جدول ۱-۳- جمعیت شهر سرعین از ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ (طرح جامع شهر سرعین، ۱۳۸۷)..... ۶
- جدول ۱-۳- مختصات جغرافیایی محل های نمونه برداری در چشمه های آبگرم سرعین..... ۴۲
- جدول ۲-۳- استاندارد خروجی فاضلاب (استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۸۱)..... ۴۸
- جدول ۳-۳- مقایسه استاندارد آب آشامیدنی و حیات آبریان در چند کشور دیگر..... ۵۰
- جدول ۳-۴- حداکثر مواد شیمیائی مجاز در آب های پذیرنده برای مصارف مختلف (استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۸۱)..... ۵۱
- جدول ۳-۵- مقادیر کاتیون ها و آنیون ها در چشمه های آبگرم سرعین..... ۵۳
- جدول ۴-۱- مختصات چشمه های آبگرم شهر سرعین..... ۵۶
- جدول ۴-۲- خصوصیات چشمه های آبگرم سرعین (اردیبهشت ۱۳۸۹)..... ۵۶
- جدول ۴-۳- ارزیابی تغییرات غلظت عناصر مختلف در چشمه های آبگرم مورد مطالعه..... ۷۵
- جدول ۴-۴- مقادیر منیزیم و کلر در چشمه های مورد مطالعه..... ۷۸
- جدول ۴-۵- مقادیر سولفید هیدروژن محلول در آب در چشمه های آبگرم سرعین..... ۸۱
- جدول ۴-۶- مقادیر دی اکسید کربن محلول در آب چشمه های آبگرم سرعین..... ۸۲
- جدول ۴-۷- استاندارد SAR در استفاده از آنها در کشاورزی (بهمنی، ۱۳۸۷)..... ۸۴
- جدول ۴-۸- SAR چشمه های آبگرم سرعین..... ۸۴
- جدول ۴-۹- نتایج برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه های پساب..... ۸۶
- جدول ۴-۱۰- SAR پساب چشمه های آبگرم سرعین..... ۸۷
- جدول ۴-۱۱- مقدار شوینده موجود در پساب خروجی مجتمع های آبگرم سرعین..... ۸۸

- جدول ۴-۱۲- مقادیر اکسیژن محلول و اکسیژن مورد نیاز مصرف بیولوژیکی در نمونه های تهیه شده از
پساب منطقه سرعین..... ۹۰
- جدول ۴-۱۳- BOD در چشمه های آبگرم..... ۹۰
- جدول ۴-۱۴- معیارهای بین المللی کیفیت آب قابل شرب و کیفیت آب مورد استفاده در آبیاری (United
Nations, 1994)..... ۹۱
- جدول ۴-۱۵- مقادیر فلزات سنگین را در نمونه های پساب..... ۹۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

در کشور ما از گذشته دور منابع هیدروترمال توسط افراد بومی جهت آب درمانی استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر خوشبختانه به اهمیت این منابع تا حدودی پی برده شده و استفاده از این منابع در برخی از نقاط همراه با احداث تاسیسات مدرن و بهداشتی شروع شده است که از جمله این اقدامات در منطقه سرعین رشد خوبی داشته است (آبساران، ۱۳۸۳).

در شهر سرعین نه چشمه آب معدنی و یک مرکز آب‌درمانی وجود دارد که در حال حاضر به روش‌های مدرن، نیمه مدرن و سنتی مورد بهره‌برداری تفریحی، شرب، استحمام و درمان ... قرار دارند (طرح جامع شهر سرعین، ۱۳۸۷). هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر پساب مجتمع‌های آبگرم شهر سرعین بر منابع آب در این منطقه می‌باشد، در این خصوص تاکنون مطالعه‌ای صورت نگرفته است.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی

ناحیه مورد بررسی در مختصات جغرافیایی $30^{\circ} 48' - 30^{\circ} 47'$ طول شرقی و $38^{\circ} 30' - 38^{\circ} 00'$ عرض شمالی در استان اردبیل قرار دارد. کوه سبلان با قله‌ای به ارتفاع ۴۸۱۴ متر از سطح دریا بلندترین نقطه را

تشکیل داده است. محدوده مورد بررسی در این تحقیق در ورقه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اردبیل قرار دارد (آبساران، ۱۳۸۳).

در آخرین تقسیمات سیاسی ایران، شهر سرعین جز شهرستان اردبیل و بخش سرعین می‌باشد. این شهر از نظر موقعیت جغرافیایی در مشخصات ۴۸ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا در حدود ۱۶۷۰ متر می‌باشد (طرح جامع شهر سرعین، ۱۳۸۷). مهم‌ترین و عمده‌ترین راه دستیابی به سرعین اتوبان اردبیل - نیر می‌باشد که در کیلومتر ۲۰ از طریق یک سه راهی به سمت سرعین جدا می‌شود و فاصله شهر سرعین تا اردبیل ۲۷ کیلومتر می‌باشد. جمعیت این شهر در سرشماری سال ۱۳۸۵ برابر با ۴۶۶۹ نفر گزارش شده است. شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی منطقه و راه‌های دسترسی به منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن

۱-۳- آب و هوای منطقه

شهر سرعین در تقسیمات اقلیمی در سطح استان جز اقلیم‌های مدیترانه‌ای سرد محسوب می‌شود و عمده‌ترین توده‌های هوایی موثر بر این محدوده، توده‌های هوایی اقیانوسی و قاره‌ای قطبی است که عامل و منشاء بارندگی‌ها و تغییرات درجه حرارت در طول سال می‌باشد. در میان ماه‌های سال دی ماه با ۳- درجه سردترین و تیر ماه با ۱۷/۴ درجه گرم‌ترین ماه سال است و میانگین دمای سالانه در سرعین ۷/۷ درجه سانتی‌گراد است.

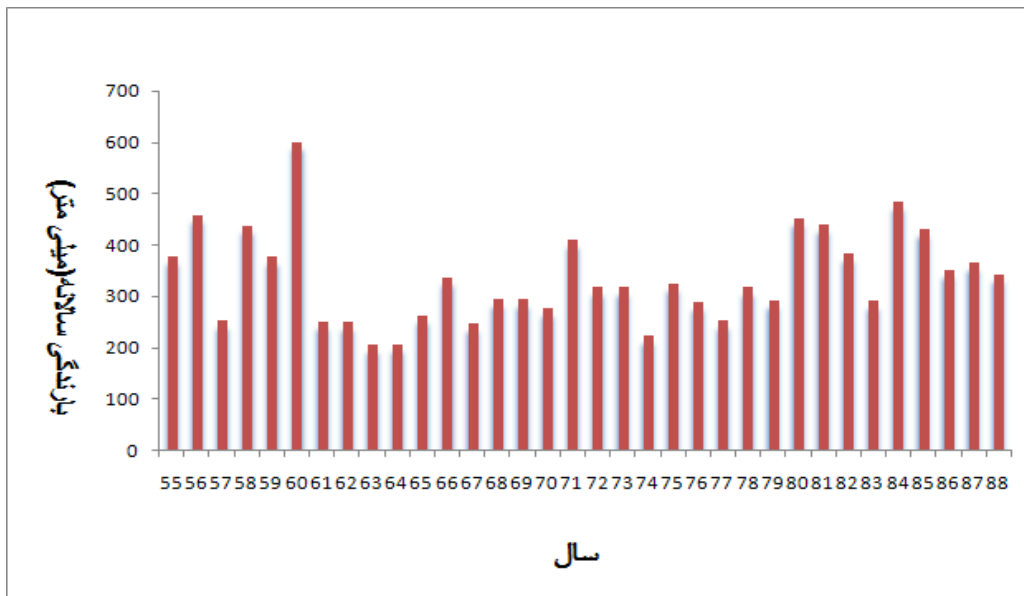
با آغاز فصل پائیز و گسترش و نفوذ توده‌های هوای سرد از نیمکره شمالی، افت دمای هوا با شتاب شروع می‌گردد و این سیر کاهشی تا پایان دی ماه ادامه یافته و سپس به کندی شروع به افزایش می‌کند و تدریجاً از شدت سرما کاسته شده و به آرامی گرم می‌شود. افزایش و کاهش دما بستگی کامل به فعالیت و گسترش سیستم‌های پرفشار مناطق سیبری و قطبی دارند که منطقه را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. بیشترین بارندگی‌های سرعین در فاصله ماه‌های مهر تا اردیبهشت است که همزمان با فعالیت و گسترش سیستم‌های پرفشار مناطق سرد شمالی در این مناطق می‌باشد. تعداد روزهای یخبندان سرعین در سال، ۱۴۹ روز می‌باشد که در ماه‌های مهر تا اردیبهشت به وقوع پیوسته و میانگین ماهیانه تعداد روزهای یخبندان در ماه‌های دی، بهمن و اسفند به ترتیب به ۲۷، ۳۰ و ۲۷ روز می‌رسد و تعداد روزهای یخبندان در ماه‌های فروردین به ۱۰ و در اردیبهشت ماه به یک روز می‌رسد. مجموع ساعات آفتابی شهر سرعین ۶/۵ ساعت در طول روز است و همچنین متوسط حداقل رطوبت شهر سرعین ۴۷/۱ و متوسط حداکثر رطوبت شهر سرعین ۷۸/۹ می‌باشد. انواع بادهایی که در شهر می‌وزد شامل گرمیج و مریلی است. باد گرمیج از سمت غرب به شرق و بخصوص در فصل پاییز و زمستان می‌وزد و باد مریلی از سمت شرق به غرب (از طرف مغان و گیلان) و در فصل بهار و تابستان می‌وزد. مریلی، باد غالب این شهر بوده و باران‌زا و مفید می‌باشد (طرح جامع شهر سرعین، ۱۳۸۷). در جدول (۱-۱) به میانگین بارندگی و متوسط درجه

حرارت ماهانه در ایستگاه سریع برای دوره آماری ۵۵ - ۸۸ اشاره شده است. در شکل ۲-۱ متوسط بارندگی در سال‌های ۵۵-۸۸ نشان داده شده است.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و متوسط درجه حرارت ماهانه در ایستگاه سریع برای دوره آماری ۵۵-۸۸ (هواشناسی استان اردبیل، ۱۳۸۹)

زمان (ماه)	میانگین بارندگی (میلی متر)	متوسط درجه حرارت (سانتیگراد)
مهر	۳۷/۱	۹/۸
آبان	۳۸/۷	۳/۴
آذر	۳۱/۷	-۱/۰
دی	۲۳/۷	۷/۱
بهمن	۲۲/۷	-۳/۰
اسفند	۳۷/۰	-۲/۷
فروردین	۳۸/۵	۸/۰
اردیبهشت	۴۴/۴	۱۱/۷
خرداد	۲۰/۱	۱۵/۱
تیر	۱/۰۳	۱۷/۴
مرداد	۹/۳	۱۷/۰
شهریور	۱۲/۰	۱۴/۶
سالانه	۳۱۶/۸	۸/۲

در شکل (۲-۱) متوسط بارندگی سالیانه شهر سریع طی سال‌های ۵۵-۸۸ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱- متوسط بارندگی سالانه شهر سرعین طی سال‌های ۵۵-۸۸ (هواشناسی استان اردبیل، ۱۳۸۹)

دمارتن جهت تعیین اقلیم فرمول زیر را پیشنهاد نموده است (علیزاده، ۱۳۸۱):

$$I = \frac{P}{T + 10} \quad \text{رابطه (۱-۱)}$$

که در آن P میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر) و T متوسط دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد) می باشد. بر

اساس فرمول دمارتن شش نوع آب و هوا طبقه بندی شده اند (جدول ۲-۱).

جدول ۲-۱- طبقه بندی اقلیمی دمارتن

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچکتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

منطقه مورد مطالعه بر اساس طبقه بندی اقلیمی دمارتن دارای آب و هوای نیمه خشک می باشد.

۴-۱- جمعیت شهر سرعین

شهر سرعین یکی از شهرهای اردبیل به عنوان پایگاه توسعه اقتصادی استان محسوب می‌شود. شهر سرعین با دارا بودن چشمه‌های آبگرم به عنوان مرکز توریستی شهرستان اردبیل محسوب می‌شود. جمعیت شهر سرعین در اولین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۳۵ برابر با ۱۱۹۴ نفر بوده است که پس از گذشت ده سال، سرشماری سال ۱۳۴۵ جمعیت سرعین را ۱۳۱۴ نفر گزارش نمود. نرخ رشد جمعیت در این دوره ۰/۹۶ درصد بوده که از نرخ رشد طبیعی جمعیت به مراتب پایین‌تر است. در سال ۱۳۵۵ جمعیت سرعین به ۱۹۷۴ نفر افزایش یافت که در این دهه رشدی معادل ۳/۱۶ درصد تجربه کرده است. نرخ رشد فوق در مقایسه با نرخ رشد دهه قبل از آن (۴۵-۱۳۳۵)، بیانگر نقش تاسیس شهرداری و تغییر وضع از روستا به شهر و اهمیت یافتن نقش گردشگری در اقتصاد شهر در جمعیت پذیری و یا به عبارت دیگر کاهش یا توقف مهاجرت می‌باشد. جدول (۱-۳) آمار جمعیت شهر سرعین را از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ نشان می‌دهد.

جدول ۱-۳- جمعیت شهر سرعین از ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ (طرح جامع شهر سرعین، ۱۳۸۷)

سال	تعداد جمعیت	میزان رشد سالانه
۱۳۳۵	۱۱۹۴	-
۱۳۴۵	۱۳۱۴	۰/۹۶
۱۳۵۵	۱۹۷۴	۳/۱۶
۱۳۶۵	۵۴۱۶	۱۷/۴
۱۳۷۵	۳۵۸۳	-۳/۴
۱۳۸۵	۴۶۶۹	۲/۸۵

۱-۵- زمین شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه از شمال غرب و غرب توسط کوه سبلان محصور شده است که این کوه روند شرقی - غربی دارد. گدازه‌های آن، سطحی معادل ۱۲۰۰ کیلومتر مربع را زیر پوشش دارند. تاثیرات تکتونیکی ترشیری و آتشفشان کوه سبلان در کواترنری عمده‌ترین عامل شکل‌گیری ساختمانی منطقه است. فعالیت آتشفشان سبلان و خروج گدازه و مواد آذرآواری همراه ایجاد شکاف‌ها و گسله‌های عمیق در منطقه بوده که هم اکنون آب‌های گرم معدنی منطقه از مسیر این شکستگی‌ها و گسله‌ها خارج می‌شوند. این گونه شکستگی‌ها جهات و روند متفاوت دارند. در مطالعه حاضر با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اردبیل و مشگین‌شهر و عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰ نقشه زمین شناسی منطقه تهیه شده است (شکل ۱-۴).

۱-۵-۱- ویژگی زمین ریخت شناسی و زمین ساختی کوه سبلان

آتشفشان سبلان: آتشفشان سبلان در ۴۰ کیلومتری جنوب باختری اردبیل و در ۲۵ کیلومتری جنوب خاوری مشگین‌شهر قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۴۸۲۰ متر است. آتشفشان سبلان سه قله دارد که به دلیل فرو ریختگی به شدت فرسوده است. قله بلندتر « سبلان سلطان » و قله دیگر « هرم داغ » یا سبلان کوچک و « اقام داغ » یا کسری نام دارند. در بلندترین قله دریاچه‌ای وجود دارد که به احتمال زیاد باقیمانده دهانه آتشفشان است. آتشفشان مرکزی بر روی یک فراپوم خاوری- باختری از گدازه‌های ائوسن، فوران کرده است. فعالیت آتشفشانی سبلان از کواترنری پیشین آغاز گشته و تا آخرین دوره یخچالی (حدود ۲۰ تا ۷۰ هزار سال پیش) ادامه یافته است (باباخانی، ۱۳۶۶).



شکل ۱-۳- موقعیت کوه سبلان در عکس ماهواره‌ای (Google earth, 2010)

آتشفشان سبلان از نوع نقطه‌ای و مخروط‌های آتشفشانی چینه‌ای است که از نظر ساختار و حجم، شبیه آتشفشان‌های حاشیه قاره است، ولی از نظر ترکیب شیمیایی شباهتی با انواع حاشیه قاره‌ای ندارد. در کار بازنگاری شده دیدون و ژمن (۱۹۷۶) توسط ریو و باباخانی (۱۹۷۸)، فازهای شکل‌گیری سبلان به شرح زیر بیان شده است:

- ۱- فاز گدازه‌ای سبلان قدیم، که شامل ۵ مرحله ماگمازایی جداگانه است.
- ۲- فاز فرونشینی کالدرا و فعالیت انفجاری که با انباشت حدود ۱۰۰ متر نهشته‌های آذرآواری در دامنه شمالی همراه بوده است.
- ۳- فاز تشکیل گنبدها و جریان‌های گدازه‌ای سبلان جدید که با تشکیل روانه‌های تراکی آندزیت تا داسیت و شکل‌گیری بلندترین قسمت آتشفشان همراه بوده است.

به نظر می‌رسد که تحولات ماگمایی این آتشفشان را نباید به صورت یک تفریق ساده در نظر گرفت، بلکه احتمالاً در روند عادی افزایش اسیدیته در حین تفریق، بازگشت به خصوصیات بازیک نیز صورت گرفته

است. گفتنی است که، تکاپوی قدیمی سبلان از ائوسن شروع شده ولی آنچه که کوه سبلان را به وجود آورده در پلیوسن شروع به فعالیت کرده و تا آخرین دوره یخچالی ادامه داشته است. در یک نگاه کلی، در کوه سبلان سه سری آتشفشان قابل تشخیص است:

نخست، سری پیش از پیدایش کوه سبلان که در واقع شامل گدازه‌های میوسن و از جنس لاتیت-بازالت است.

دوم، سری پیش از پیدایش کالدرا از جنس لاتیت- آندزیت که به داسیت متحول شده‌اند.

سوم، سری پس از پیدایش کالدرا، یا سری بالایی که بخش اصلی آن ترکیب داسیتی دارد.

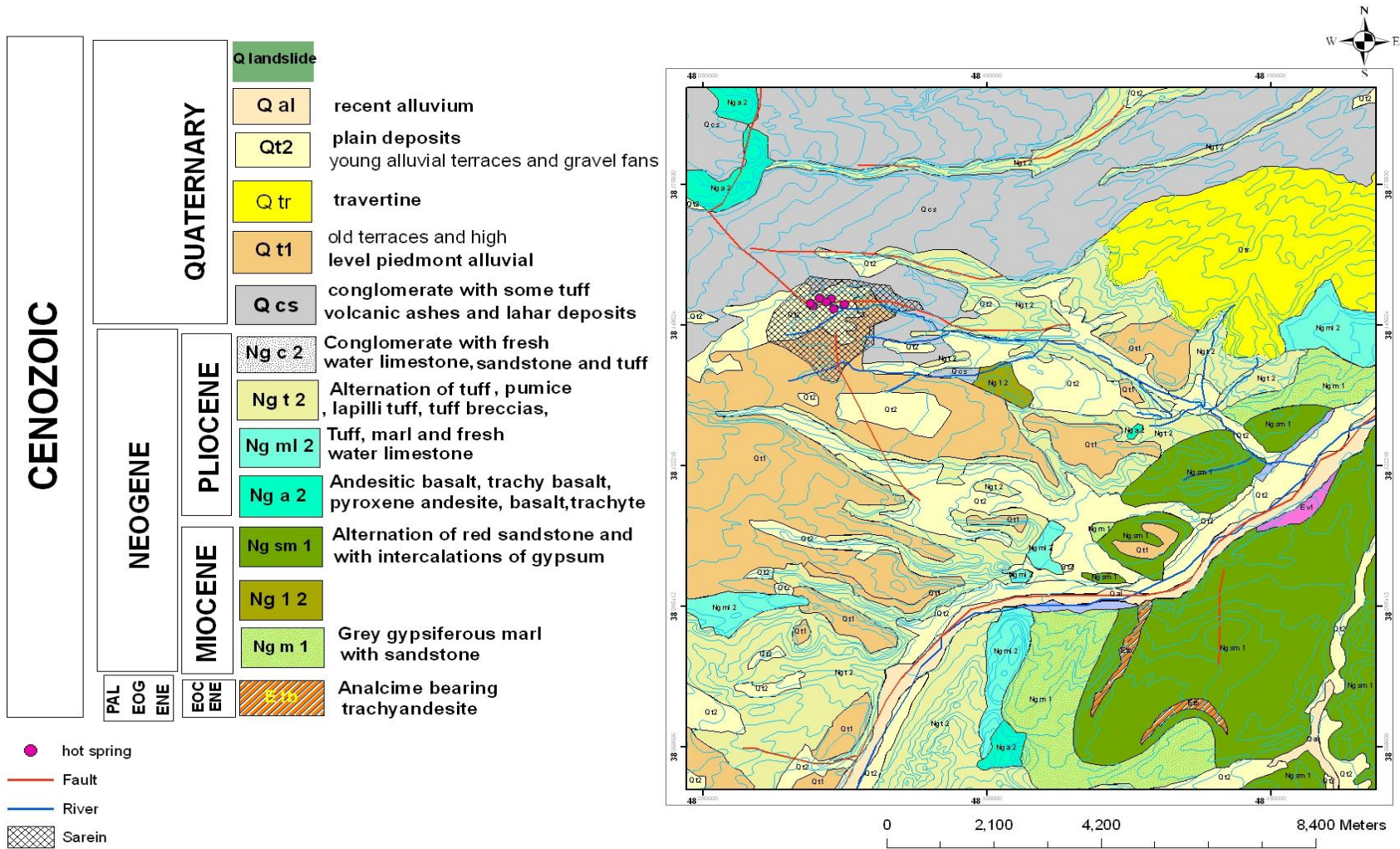
سری دوم و سوم در پلیو- کواترنری به وجود آمده‌اند.

۱-۵-۲- چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه

با توجه به نقشه زمین شناسی منطقه واحدهای سنگی مهمی که در منطقه، رخنمون دارند از قدیم به جدید شامل واحدهای میوسن، پالتوسن، کواترنری که همگی مربوط به سنوزوئیک می‌باشند. خصوصیات چینه نگاری این واحدها به شرح زیر است (برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی اردبیل).

الف - ولکانیک‌های ائوسن (E^{tb})

این واحد در روستای طالب قشلاقی بر روی واحد (E^{p2}) گدازه‌هایی با بافت پورفیری ریز با ستبرای بیش از ۲۰۰ متر قرار دارد (E^{tb}). بررسی‌های ژئوشیمیایی ترکیب آن‌ها را تراکی آندزیت از نوع آکالن با گرایش پتاسیک مشخص می‌کند و در کانی شناسی حاوی فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن و کمی اولیوین و فلدسپاتوئید می‌باشند.



شکل ۱-۴- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (ترسیم مجدد از ورقه ۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی اردبیل)

ب - واحدهای نئوژن - میوسن (سازند Ng₁)

واحد نئوژن شامل نهشته‌های شدیداً "چین خورده و متشکل از تناوب ماسه سنگ و مارن قرمز گچ‌دار می‌باشد (Ngsm₁)، ضخامت این رسوبات ۳۰۰ متر بوده و به سمت بالا به مارن‌های خاکستری گچ‌دار Ng^m₁ تبدیل می‌شود. در این واحد فسیلی یافت نگردیده است ولی با توجه به لیتولوژی و موقعیت چینه‌ای می‌توان این واحد را معادل سازند قرمز بالایی در نظر گرفت. این سازند بیشتر در جنوب شرقی ناحیه سرعین و در حوالی روستای آق قلعه مشاهده می‌گردد.

ج - واحدهای نئوژن - پالئوسن (Ng₂)

این سازند از سنگ‌های آواری و گدازه تشکیل شده است که با شیب کم، به صورت دگرشیب روی واحدهای Ng₁ را پوشانده است. در پایین تناوبی از لایه‌های توف سبز، مارن و آهک‌های آب شیرین می‌باشد (Ng^{ml}₂). روی این واحد و گاهی به طور جانبی واحد توفی Ng^t₂ به رنگ سفید با مورفولوژی صخره‌ساز قرار می‌گیرد که متشکل از تناوب توف، توف برش، پومیس، لاهار، آهک آب شیرین با لایه‌هایی از ماسه‌سنگ، کنگلومرا و دیاتومیت می‌باشد. کنگلومرای در داخل این واحد تشکیل گردیده که به‌طور جانبی به توف تبدیل می‌گردد (Ng^c₂). کل ضخامت بیش از ۴۰۰ متر بوده و فسیلی یافت نمی‌گردد ولی از دید لیتولوژی می‌توان آن‌ها را با نهشته‌های دیاتومه‌دار تبریز با سن پلیوسن زیرین مقایسه نمود. در اطراف روستاهای ویلادرق و آتشگاه این سازند شامل سنگ‌های آندزی‌بازالت و تراکی‌بازالت Ng^a₂ می‌باشد.

د - ولکانیک‌های Ng₂

این واحد شامل گدازه‌هایی با بافت پورفیری حاوی فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، بیوتیت، آمفیبول، پیروکسن و کمی اولیوین و فلدسپات آلکالن می‌باشند که با نام آندزی‌بازالت، تراکی‌بازالت ذکر شده‌اند. مطالعات ژئوشیمیایی ترکیب آن‌ها را تفهیم و فونولیت مشخص کرده که بیانگر یک ماگمای آلکالن تحت

اشباع از سیلیس با گرایش پتاسیک است لذا چنین استنباط می‌شود که یک ماگمای گوشته‌ای تحت اشباع از سیلیس که متحمل تبلور بخشی شده در زمان نئوژن آذربایجان فعال بوده است (قابل مقایسه با زمان پالئوژن). اما سنگ‌های آلکالن اشباع - فوق اشباع از سیلیس نیز همراه آن‌ها وجود دارند که احتمالاً ناشی از ماگمای اولیه با قلیائیت کمتر و یا به علت آلودگی با پوسته چنین گرایشی به وجود آمده است. این گدازه‌ها در جاهایی با ترکیب یکنواخت حالت برشی به خود می‌گیرند.

و - واحدهای کواترنری - رسوبات آذرآواری سبلان (Q_s^c)

این رسوبات با خاستگاه آتشفشانی به سن کواترنر پیشین است که به صورت افقی بر روی رسوبات قدیمی‌تر (توف زردرنگ) قرار گرفته و شامل کنگلومرا، لاهار، توف و خاکسترهای آتشفشانی است. زمینه بین قلوه‌های کنگلومرا سست بوده و از جنس رس و خاکستر می‌باشد. این رسوبات احتمالاً همزمان با فعالیت انفجاری آتشفشان سبلان در طی یک دوره پس از یخچالی همراه با باران‌های شدید فصلی تشکیل شده است. ضخامت این رسوبات به طرف ارتفاعات افزایش می‌یابد، به طوری که در دامنه‌های سبلان به چند صد متر می‌رسد. این واحد سنگی در شمال و شرق شهر سرعین، شمال روستای گازیر، اطراف کرده‌ده، غرب ویلادره، ارجستان، آتشفگاه و حوالی روستاهای آلوچه سبلان تا سئین به صورت یکنواخت و همچنین در نواحی شرقی کنزق، ویلادره و ارجستان به صورت پراکنده و منقطع گسترش یافته است. در روستای ثمرین توف‌های زرد ضخیم لایه Q_s^t با ضخامت ۵۰ متر درون این واحد جای گرفته که با نام دویتریک توف حفره‌دار نامگذاری شده است. ستبرای این نهشته‌ها به سمت ارتفاعات افزوده شده و در دامنه سبلان به چند صد متر می‌رسد.

ه - رسوبات کواترنر

رسوبات کواترنری موجود در رخنمون شامل آهک‌های متخلخل با ستبرای ۱۵ متر است که در یک محیط رسوبی آب شیرین تشکیل شده (Q^{tt})، آبرفت‌های دشت اردبیل (Q_2^t)، آبرفت‌های بستر رودخانه‌ها (Q^{al})،

مناطق لغزشی (Q_1^1) و پادگانه‌های آبرفتی قدیمی (Q_1^1) که به صورت منقطع تقریباً در حواشی آبراه‌های منطقه، غرب و جنوب غربی سرعین و روستاهای این ناحیه گسترده شده است و در آن تکه سنگ‌هایی که بیشتر شامل گدازه‌های قدیمی‌تر سبلان است که به قطر یک متر در زمینه‌ای که شامل ماسه رس و سیلت است دیده می‌شود. نقاط مسکونی محدوده مورد مطالعه اغلب در روی این زون شکل گرفته است. تغییرات لیتوژیکی آنها به طور جانبی است. کنگلومرایی که در داخل این واحد تشکیل گردیده که به طور جانبی به توف تبدیل می‌گردد. ضخامت این واحد بیش از ۴۰۰ متر بوده و در آن فسیلی پیدا نشده است. از شهر سرعین به طرف جنوب و جنوب شرق، منطقه به صورت پراکنده این سازند رخنمون دارد.

۱-۶- گسل‌های مهم اطراف سرعین

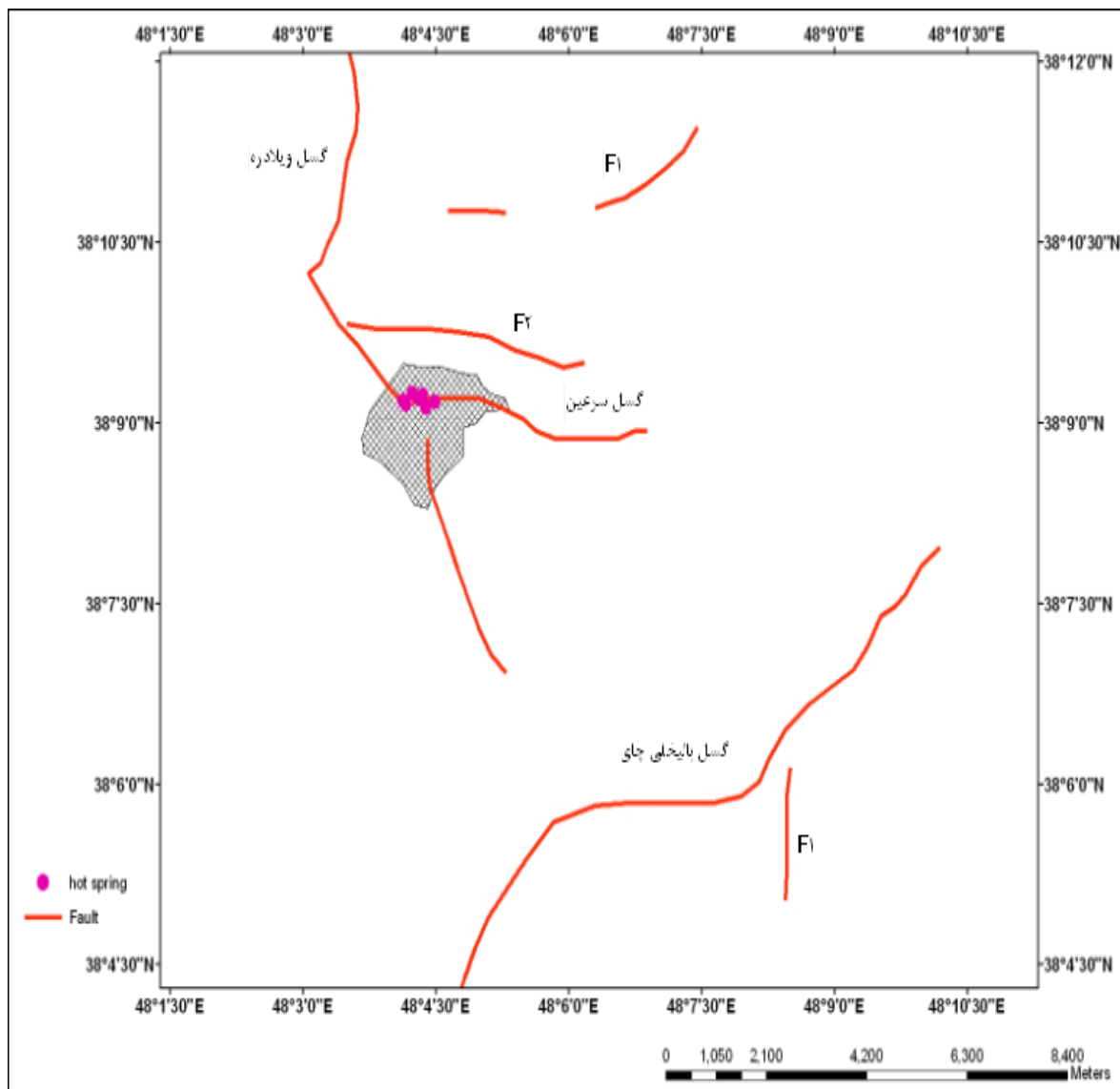
در محدوده شهر سرعین گسل‌های متعددی وجود دارد که غالباً "کواترنر بوده و پتانسیل فعالیت لرزه‌ای بالایی را دارا می‌باشند مهم‌ترین گسل‌های موجود در شعاع ۳۰ کیلومتری سرعین عبارتند از:

۱-۶-۱- گسل بالخلی‌چای

به نظر می‌رسد که رودخانه بالخلی‌چای واقع در جنوب منطقه مورد مطالعه در امتداد گسلی که روند آن با روند گسل دامنه غربی تالش موازی است بوجود آمده است. از علائم آن جابجایی رسوبات میوسن در نزدیکی روستای چای سقرلو است و چون بستر این رودخانه عریض است احتمالاً "خط گسل را رسوبات آبرفتی این رودخانه پوشانده است.

۱-۶-۲- گسل سرعین

این گسل دارای روندی شرقی - غربی بوده و چشمه‌های آبگرم زیادی در امتداد آن از زمین خارج می‌شود. این گسله که احتمالاً "عمق نرمال با شیب حدود ۷۰ تا ۸۰ درجه به طرف شمال است. از طریق شهر سرعین به طرف شرق کشیده شده است.



شکل ۱-۵- گسل‌های اطراف شهر سرعین



شکل ۱-۶- نمایش از گسل سرعین در شمال شهر سرعین (صادقی، ۱۳۸۴)

۱-۶-۳- گسل ویلادره (ویلادرق)

این گسل که دارای روند شمالی- جنوبی است دقیقاً از روستای سردابه (شمال شهر سرعین) آغاز شده و پس از گذشتن از روستای آتشگاه و ارجستان، در روستای ویلادرق به دو شاخه تقسیم می‌شود که شاخه غربی- شرقی آن به روستای اردیموسی می‌رسد. اما شاخه شمالی- جنوبی آن با کمی انحراف به طرف غرب و سپس بازگشت به مسیر اولیه خود، در فاصله ۱/۳ کیلومتری شمال شهر سرعین دوباره به دو شاخه تقسیم می‌شود که شاخه اصلی روند خود را ادامه داده و به سمت شهر سرعین ادامه می‌یابد این شاخه در داخل شهر باز به دو شاخه تقسیم می‌گردد که شاخه‌ای از آن پس از گذشتن از شهر به روستای ویند کلخوران ختم می‌شود و شاخه دیگر گسل سرعین نامیده می‌شود که به سمت شرق شهر سرعین امتداد می‌یابد و در چهار کیلومتری شرق آن پایان می‌یابد. چشمه‌های آب گرم و آب سرد معدنی منطقه

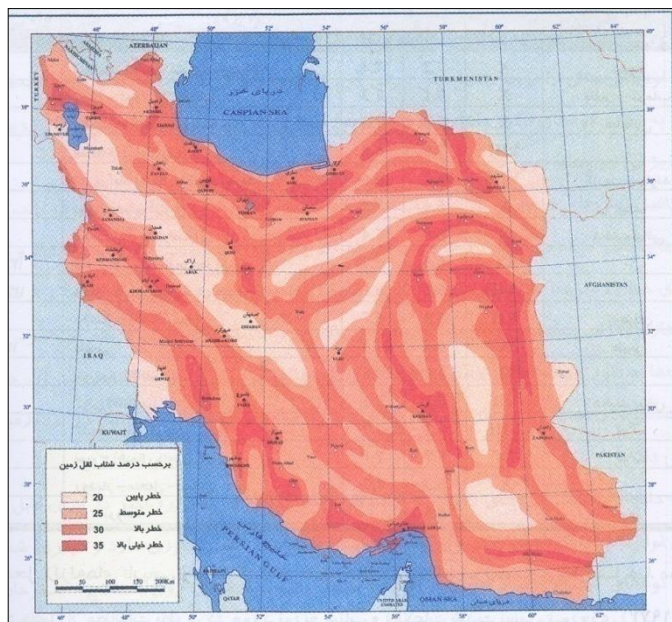
در امتداد این گسل از زمین خارج می‌شود. در شکل (۷-۱) موقعیت یکی از شاخه‌های فرعی گسل ویلادره نشان داده شده است.



شکل ۷-۱- نمایشی از گسل ویلادره در حاشیه جاده ویلادره

۷-۱- زمین ساخت منطقه

منطقه آذربایجان از دیدگاه تکتونیکی جز مناطق فعال محسوب می‌شود. فعالیت عمده این منطقه در نتیجه حرکت بلوک عربستان است که در سال، سه سانتیمتر در راستای شمالی، گوشه شمال غربی ایران، کوه‌های قفقاز و شرق ترکیه را متأثر می‌کند. منطقه جنوب غربی اردبیل توسط گسل‌های فعالی چون بزقوش با روند شرقی- غربی (جنوب اردبیل) و گسل نئور با روند شمال شرقی- جنوب غربی (شرق اردبیل) احاطه شده است.



شکل ۸-۱- نقشه پهنه بندی خطر لرزه‌ای ایران

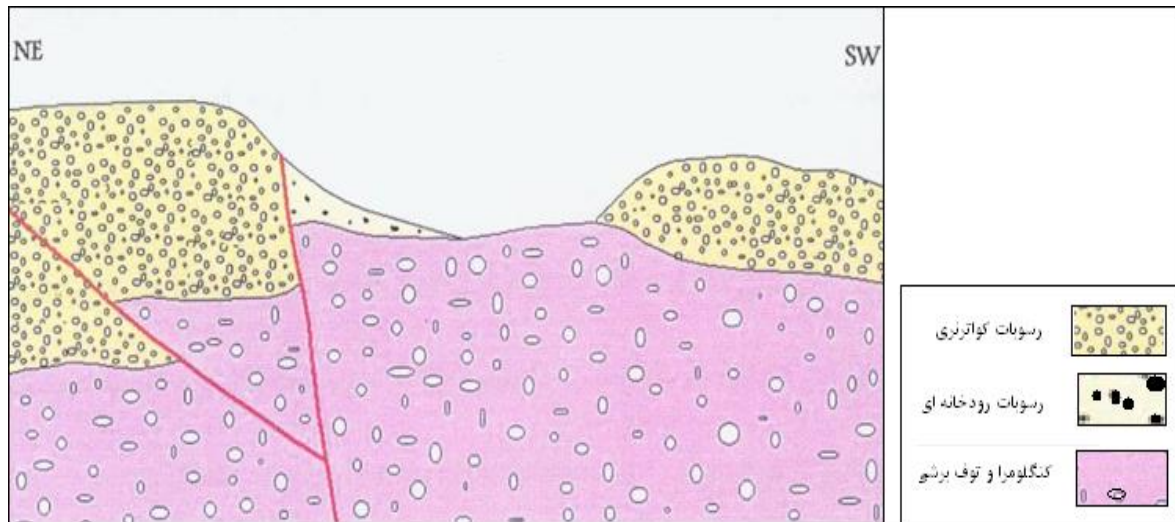
گسل‌های این منطقه عمدتاً از نوع راستالغز و فشاری هستند. این ناحیه در زون ساختاری البرز-آذربایجان که دارای فعالیت‌های وسیع آتشفشانی سنوزوئیک و کواترنری است، قرار دارد، این زون با داشتن ساختارهایی موسوم به هورست و گراین، گسترده‌ترین زون زمین‌ساختی ایران است. در این میان منطقه آذربایجان لرزه‌خیزترین بخش این زون است که با داشتن گسل‌هایی با سابقه لرزه‌خیزی بالا از دیگر بخش‌های آن متمایز است. آمار زلزله‌های ثبت شده در منطقه بیانگر این است که این ناحیه نه تنها در پهنه زلزله با خطر نسبتاً بالا قرار دارد، بلکه زلزله‌ها نیز اغلب دارای عمق کانونی کمی بوده و از قدرت تخریبی بالایی برخوردار است (طرح جامع شهر سرعین، ۱۳۸۷).

۸-۱- تاثیر زلزله‌ها بر چشمه‌های آب‌معدنی منطقه

زلزله‌های سال‌های ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ و اسفند ۱۳۷۵ اردبیل بر درجه حرارت و آبدهی بعضی از چشمه‌های آبگرم معدنی تاثیر گذاشته است و دمای آن‌ها افزایش یافته است. بیشترین این تغییرات در امتداد گسل سریع و گسل ویلادره نمایان گردید. احتمالاً "علت افزایش درجه حرارت امتزاج (آمیخته شدن) آب‌های فرو رونده با بخارات و گازهای حاصل از سرد شدن گدازه آتشفشان سبلان می‌باشد. باز شدن شکاف‌ها سبب می‌شود آب‌ها ممزوج با بخارات ماگمایی با سرعت و مقدار بیشتری به سطح زمین برسند و همچنین سرعت زیادتر در بالا آمدن باعث افت کم‌تر دمای آن‌ها شده و نتیجه حرارت و آبدهی آن‌ها کمی بیشتر از زمان قبل از زمین لرزه‌ها است.

۹-۱- زمین شناسی شهر سریع

شهر سریع بر روی نهشته‌های آبرفتی، آگلومرایبی و توف مربوط در آخرین فعالیت آتشفشانی می‌باشد. در شکل (۴-۱) نقشه زمین شناسی شهر سریع نشان داده شده است. با توجه به این شکل در محدوده شهر سازند Q_s^c با خاستگاه آتشفشانی به سن کواترنر پیشین قرار دارد که شامل کنگلومرا، لاهار، توف و خاکستر آتشفشانی است که در بخش شرقی شهر سریع رخنمون دارد. در بخش جنوبی شهر سریع توف‌های ضخیم لایه (Q_s^l) قرار دارد و در بخش شمالی شهر رسوبات دشت (Q_2^l) دیده می‌شود. در شکل (۹-۱) رخنمون گسل سریع نشان داده شده است.



شکل ۱-۹- رخمون گسل سرعین (صادقی، ۱۳۸۴)

۱-۱۰- ژئومورفولوژی

ژئومورفولوژی شهر سرعین شامل کوهستان، تپه ماهورها و رودخانه را شامل می‌شود که در ادامه هر یک از واحدهای فوق شرح داده می‌شود:

۱-۱۰-۱- واحد کوهستان

شهر سرعین در جنوب شرقی ارتفاعات سبلان و در دامنه‌های آن واقع شده است. ارتفاع متوسط شهر سرعین حدود ۱۶۷۰ و ارتفاع کوه سبلان ۴۸۲۰ متر می‌باشد.

۱-۱۰-۲- واحد تپه ماهور

خود شهر سرعین در بین تپه ماهورها جای گرفته است. تپه ماهورهای متعدد موجب پدیدار شدن دره‌ای آبرفتی شده است، که به مرور زمان خاک‌های آن شسته شده و در حال حاضر شهر سرعین در خط‌القعر این دره آبرفتی کاسه مانند واقع شده است.

۱-۱۰-۳- رودخانه‌ها

از شمال و جنوب شهر سرعین رودخانه‌های درویش‌چای و ساری‌چای عبور می‌کند و همچنین شاخه‌ای از رودخانه‌های فصلی از شرق وارد شهر می‌شود.

محدوده شهر از نظر توپوگرافی به دو قسمت تقسیم می‌شود:

۱- محدوده غرب شهر که دلیل قرارگیری در دامنه‌های سبلان، در ارتفاع بالاتری نسبت به محدوده‌های دیگر واقع شده است.

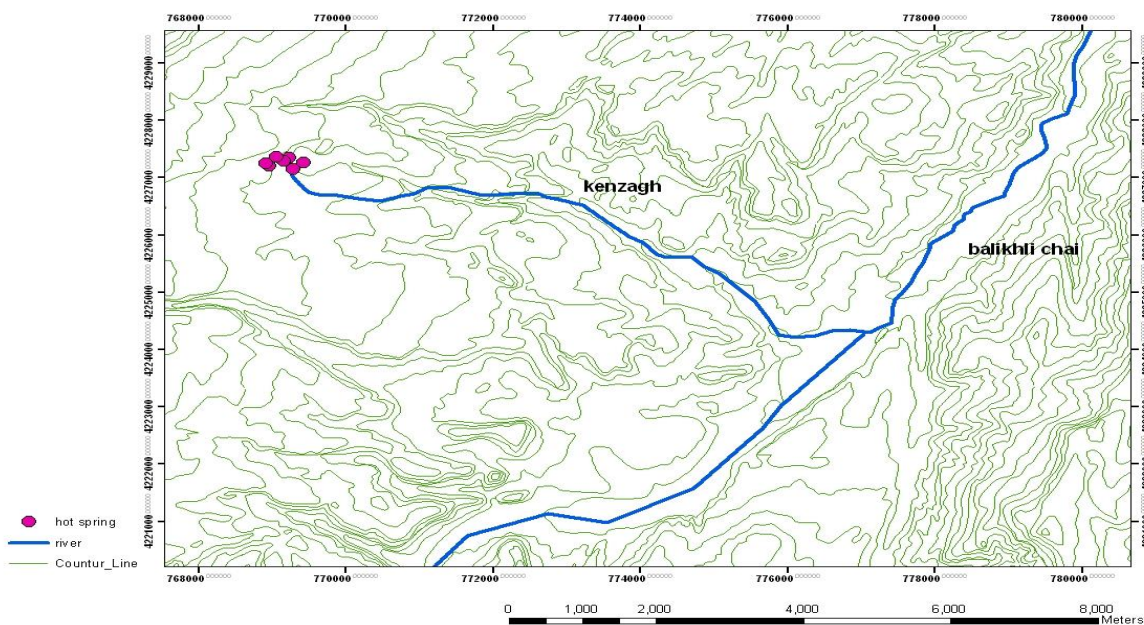
۲- محدوده شرق شهر که از نظر ارتفاعی در یک محدوده گودتر واقع شده است و چشمه‌های آب گرم نیز در این محدوده واقع شده‌اند. شکل‌گیری شهر سرعین کاملاً "منطبق بر عوارض طبیعی است و وجود ارتفاعات شمال غرب و دره آبرفتی در شرق و همچنین عبور رودخانه از مرکز شهر کاملاً" بر شکل‌گیری زمین اثر گذاشته است. اراضی پیرامونی شهر سرعین به طور کلی کشاورزی بوده که توسط اراضی مرتعی احاطه شده‌اند (طرح جامع شهر سرعین، ۱۳۸۷).

۱-۱۱- هیدرولوژی منطقه

به علت بالا بودن شیب و لیتولوژی نسبتاً "غیر قابل نفوذ سیل خیزی منطقه بالاست. مهمترین رودخانه‌های منطقه شامل رودخانه بالیخلی‌چای و رودخانه کنزق می‌باشد. در شکل (۱-۱۰) این رودخانه‌ها نشان داده شده است.

۱-۱۱-۱- بالخلی چای (رودخانه دارای ماهی)

بالخلی چای طولی‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه منطقه است. رودخانه‌های درویش‌چای، جوراب‌چایف آق، لاقان چای از شاخه‌های فرعی این رودخانه است. بیشتر آب این شاخه‌ها به مصرف آبیاری اراضی کم‌شیب (واقع در ارتفاعات و دره‌ها) رسیده و مازاد آن به شاخه اصلی بالخلی چای می‌ریزد که مقدار ناچیزی است. مقدار زیادی از آب بالخلی چای در بخش نیر تا روستای شام‌اسبی، که اراضی مزروعی دره بالخلی چای در آن قرار دارد، مصرف می‌شود. رژیم آبی این رودخانه از طریق چشمه‌های گسترده در بخش علیای حوضه و ذوب تدریجی برف دامنه‌های سبلان و باران‌های بهاری منطقه تأمین می‌شود. جریان‌های سیلابی آن عمدتاً در اوایل بهار با افزایش درجه حرارت محیط و ریزش‌های بهاری آغاز شده و تا اواخر خرداد ماه ادامه دارد و مقدار آبی که سالانه از این رودخانه عبور می‌کند (پل الماس) حدود ۱۱۶/۵ میلیون مترمکعب است. درصد جریان آب سالیانه به ترتیب عبارت است از: تابستان ۶، بهار ۴۲، پاییز ۲۲ و زمستان ۳۰ درصد.



شکل ۱-۱۰-۱- رودخانه‌های اطراف شهر سرعین

۱-۱۱-۲- رودخانه کنزق

این رودخانه یکی از شاخه‌هایی است که به رودخانه بالیخلی چای می‌ریزد. تمام پساب چشمه‌های آبگرم سرعین از طریق این رودخانه به رودخانه بالیخلی چای منتقل می‌شود.

۱-۱۲- هیدروژئولوژی منطقه

در شهر سرعین نه چشمه آبگرم و سه چشمه آب سرد و دو چاه آب شرب وجود دارد. چشمه‌های آبگرم در این منطقه دمای بین ۳۵ تا ۵۰ دارند. حداکثر آبدهی مربوط به چشمه گاومیش‌گلی که ۶۸ لیتر در ثانیه می‌باشد، است و بقیه چشمه‌ها آبدهی کمتر از ۵ لیتر بر ثانیه دارند. دمای چشمه‌های آب سرد در حدود ۸ درجه سانتی‌گراد و دمای چاه‌های آب شرب در حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته درباره "آلودگی ناشی از چشمه‌های آبگرم"

مقدمه

در این فصل ابتدا به ویژگی‌ها و رده بندی آب‌های معدنی پرداخته شده و کاربرد چشمه‌های آبگرم و آلودگی احتمالی آن‌ها معرفی شده است. همچنین تیپ چشمه‌های آبگرم در ایران و دنیا بررسی شده و نهایتاً به کاربرد و آلودگی پساب چشمه‌های آبگرم پرداخته شده است.

۱-۲- ویژگی‌های آب‌های معدنی

املاح موجود در آب معدنی که مشخص کننده ترکیب شیمیایی آن است عموماً "سازنده ویژگی‌های ظاهری نیز می‌باشد. آب‌های گوگردی می‌توانند دارای کدورتی کم و بیش زیاد باشند و همین طور هیدروژن سولفور نیز ممکن است در مراحل مختلف از آب خارج گردد. غالباً آب‌های معدنی بدون رنگ هستند ولی در برخی موارد مانند آب‌های آهن و یا گوگرددار می‌توانند به رنگ‌های قرمز یا شیری باشند. مزه آب‌های معدنی نیز در رابطه با املاح موجود در آن‌هاست، چنانچه آب‌های کلروره سدیک شور، آب‌های منیزیم‌دار تلخ می‌باشند و آب‌های سیلیس‌دار دارای لمس چسبنده هستند (غفوری، ۱۳۶۶).

۲-۱-۱- ویژگی‌های فیزیکی

درجه حرارت: حرارت آب معدنی یکی از ویژگی‌های مهم و قابل لمس آن می‌باشد که از جنبه‌های مختلف، از جمله خاصیت درمانی آن مطرح است. منشاء حرارت آب معدنی می‌تواند از حرارت مرکزی و یا گرادبان ژئوترمیک، ولکانیسم یا آب‌های عمقی و سرانجام فعل و انفعالات فیزیکوشیمیایی داخل زمین باشد. عمق منشاء و سرعت بالا آمدن آب نیز دو عامل اصلی در حصول به درجه حرارت معین آب می‌باشد. درجه حرارت آب با عواملی دیگر چون حرکات ارتعاشی زمین و اختلاط با آب‌های خارجی که باعث تغییرات درجه آن می‌باشد رابطه دارد. علاوه براین، سرانجام ورود احتمالی آب آبخوان‌های سطحی به داخل آب معدنی می‌توانند عامل تغییر درجه حرارت آب باشد. درجه حرارت آب‌های معدنی از کم تا حد جوشش می‌باشد، مثلاً "آب چشمه دیون - آن (Divonne-Ain) فرانسه ۶۵ درجه سانتی‌گراد و حمام مسکوتین الجزایر ۹۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در ایران چشمه آب معدنی لاریجان در پای کوه دماوند ۶۵ درجه و در نزدیکی آن آب آهن ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

آب‌های معدنی را از نظر درجه حرارت تقسیم بندی کرده‌اند که در زیر به یک نوع از تقسیم بندی اشاره می‌شود:

- آب‌های خیلی گرم (بالتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد)

- آب‌های گرم (۳۵ الی ۴۵)

- آب‌های نیم‌گرم (۲۸ الی ۳۵)

- آب‌های معتدل (۲۳ الی ۲۸)

- آب‌های سرد (زیر ۲۳ درجه سانتی‌گراد)

در منطقه تفتان دما بین ۶ تا ۴۸ درجه بوده و دبی چشمه‌ها ۰/۵ تا ۱۰ لیتر بر ثانیه می‌باشد (Shakery et al, 2008).

آب‌های داغ در منطقه بالکوا در ترکیه محدوده‌ای بین ۱۰۴ تا ۱۳۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و همچنین این آب‌ها شور است (Aksoy et al, 2009).

در چشمه‌های داغ دره بوجیموو (Bujiemu) در چین دمای ۳۵ و ۸۶ درجه دارند. این آب‌ها کم‌تر با اختلاط و سرد شدن متاثر شده اند (Guo et al, 2009).

چشمه آبگرم آین آل خوبا (Ain AL - Khoba) در عربستان سعودی دارای دمای ۵۷ درجه سانتی‌گراد و pH ۷/۸ و قابلیت هدایت الکتریکی $2700 \mu\text{s cm}^{-1}$ می‌باشد (Basahy and King saud, 1994).

رادیواکتیویته: تقریباً غالب چشمه‌های معدنی دارای مقدار کم و بیش مواد رادیواکتیو می‌باشند که می‌تواند یکی از اختصاصات درمانی آن‌ها باشد. رادیواکتیویته به دو صورت گازی (مانند گاز رادون با نیمه عمر کم) و یا به صورت ترکیب با آب عناصر با (نیم عمر طولانی) وجود دارد که حالت دوم مربوط به آب‌های عمیق می‌باشد. منشاء رادیواکتیویته آب‌ها در رابطه با زمین‌هایی می‌باشد که آب از آن عبور کرده است. عموماً چشمه‌هایی که بیشتر رادیواکتیو هستند از زمین‌های قدیمی‌تر سرچشمه می‌گیرند. چنانچه منشاء رادیواکتیویته آب عمیق باشد همیشه میزان آن ثابت است مگر در صورتی که با آب‌های سطحی اختلاط حاصل شود. رادیواکتیویته با منشاء سطحی دستخوش تغییرات فصلی که در اثر مخلوط شدن با آب‌های سطحی است می‌باشد (غفوری، ۱۳۶۶).

۲-۱-۲- ویژگی‌های شیمیایی

ویژگی‌های شیمیایی آب‌های معدنی به طور کلی در رابطه با املاح و گازهای موجود در آب می‌باشد که خود در رابطه با منشاء آب است. همچنین عوامل دیگری چون ترکیب زمین‌هایی که آب از آن گذشته است، فشار، حرارت، سرعت حرکت و مدت جریان آب در زمین نیز در آن موثر است. مساله دیگری که باعث اختلاف آب‌های معدنی با معمولی می‌باشد تغییرات سریع آن پس از خروج از زمین است مانند کم شدن رادیواکتیویته آب، از دست دادن گازها، اکسیداسیون و تعلیق و احتمالاً رسوب مواد آن.

به طور کلی میزان مواد محلول آب در طول زمان ثابت می‌باشد، چنانچه این بررسی در برخی چشمه‌ها انجام گرفته، مثلاً "چشمه آب معدنی بوروبون له‌بن در فرانسه میزان املاح آن در طول سیصد سال تغییر نکرده است.

آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در چشمه‌های معدنی و آبگرم به طور خلاصه در زیر توضیح داده می‌شوند:

کلر: کلر به شکل کلرور به فراوانی در آب‌های معدنی وجود دارد. منشاء کلر زمین‌های نمک‌دار دوره تریاس یا دارای منشاء عمیق هست. برخی از آب‌های خروجی در مجاور آتشفشان‌ها حاوی مقدار فراوانی اسید کلریدریک می‌باشند مانند ریوونانگر - کلمبیا غلظت کلر ۱/۰۸ گرم در لیتر می‌باشد.

برم: برم به شکل برمور و همراه منیزیم و سدیم در آب‌های معدنی یافت می‌شود، در چشمه شال فرانسه غلظت برمور ۱۸ میلی گرم در لیتر گزارش شده است (غفوری، ۱۳۶۶).

ید: منشاء ید از مواد آلی بوده، یدورها به طور کلی به همراه کلورهای با منشاء مردابی می‌باشند. در چشمه شال فرانسه غلظت یدور ۹۲ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (Schoeller, 1962).

فلوئور: منشاء فلوئور از مواد خروجی عمقی می‌باشد (غفوری، ۱۳۶۶).

آرسنیک: منشاء آرسنیک از انحلال نمک‌های آرسنیک می‌باشد، این عنصر به صورت سه ظرفیتی در زمین وجود داشته که در ترکیب آب وارد می‌شود و پس از خروج از زمین اکسیده شده و به ظرفیت‌های بالاتر مبدل می‌گردد. در چشمه معدنی بوروبول فرانسه غلظت آرسنیک ۷ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (Schoeller, 1962).

گوگرد: گوگرد به شکل گازی که به صورت هیدروژن سولفور، سولفات، سولفور، هیپوسولفیت و در بعضی موارد مثلاً در آگ‌های مخصوص آب‌های گوگردی که به نام سولفور موسوم است به حالت گوگرد آزاد وجود دارد (جنیدی، ۱۳۴۳).

بیکربنات و کربنات: در آب‌های معدنی که در داخل زمین دارای فشار و حرارت معین و انیدریدکربنیک محلول می‌باشند. در هنگام رسیدن به سطح زمین با از دست دادن حرارت، فشار و خروج گاز کربنیک املاح کربناته از حالت محلول به صورت رسوب در آب درآمده و در اطراف مظهر چشمه معدنی به صورت توف آهکی رسوب و

سخت می‌شوند. بسیاری از چشمه‌های معدنی ایران مانند محلات - دلیجان و اسک هراز در اطراف خود رسوبات کربناته که ایجاد سنگ‌های تراورتن را می‌نماید در طول زمان‌های گذشته به جای گذرانده‌اند (جنیدی، ۱۳۴۳).

نیترات و نیتريت: وجود نیترات و نیتريت در آب‌های معدنی می‌تواند نشان دهنده آلودگی با آب‌های سطحی باشد (غفوری، ۱۳۶۶).

پتاسیم: یون پتاسیم به همراه یون سدیم در طبیعت به مقدار مساوی وجود دارد ولی در آب‌ها نسبت سدیم به مراتب بیشتر از پتاسیم و حدود ۱۰ الی ۲۰ برابر آن می‌باشد. پتاسیم به شکل سولفات، کربنات و کلرور گزارش شده است.

یون‌های دیگری چون لیتیم، منیزیم، سدیم، آلومینیوم، باریم، استرانسیم، منگنز، روی، کادمیوم، مولیبدن، تنگستن، ژرمانیم، نیکل، کبالت، مس و نقره در برخی از آب‌های معدنی یافت می‌شوند. این عناصر که از نظر حیاتی و در نتیجه مسائل درمانی گاهی اوقات حائز اهمیت فراوان هستند هر کدام به سبب ویژگی‌های مخصوص به خود در موارد گوناگون در آب‌های معدنی مورد استفاده پیدا می‌کنند (غفوری، ۱۳۶۶).

عناصر غیر الکترولیت نظیر بر و سیلیس نیز در آب‌های معدنی وجود دارد. بر در آب‌های گرم توسکان (Toscane) به صورت اسید بوریک با منشاء جوان وجود دارد. در برخی از آب‌های معدنی نیز از رسوبات سطحی منشاء می‌گیرد.

سیلیس در آب‌های معدنی گرم و کربناته به مقدار زیاد یافت می‌شود که به صورت یونی یا کلوئیدی می‌باشد. سیلیکات‌ها در جریان تماس با آب‌ها به صورت انحلال در آب در آمده که به سادگی در اثر عمل هیدرولیز به سبب کم‌قلیایی بودن آب تجزیه می‌شوند. انیدرید کربنیک که در این عمل نقش مهمی را دارد باعث تجزیه آن در آب و ایجاد رسوبات کلوئیدی سیلیس می‌گردد.

سیلیس موجود در آب‌های معدنی غالباً "حالت لزج و چسبندگی به آب می‌دهد که در کاربردهای درمانی مانند ماساژ بسیار مناسب می‌باشد. برخی از چشمه‌های حاوی مقدار فراوان سیلیس پس از خروج از زمین در مسیر حرکت آب فراوان املاح سیلیکاته که به نام گیسریت موسومند بر جای می‌گذرند که می‌توانند از منشاء عمقی

باشند. در برخی از آب‌های سولفور سدیک مانند آب‌های گرم کوه‌های پیرنه میزان سیلیس به حدی زیاد می‌باشد که تا حدود ۴۵ درصد از باقیمانده خشک آب را تشکیل می‌دهد (Pieri, 1946).

گازها

غالب آب‌های معدنی هنگام خروج از زمین به همراه خود مقداری گاز به صورت آزاد یا محلول دارند که متداول‌ترین آن‌ها شامل اکسیژن، هیدروژن، ازت و دی‌اکسید کربن می‌باشند.

اکسیژن: اکسیژن که ندرتاً به مقدار تشخیص بوده و در صورت پیدا شدن آن می‌توان منشأ آن را خارجی دانست.

هیدروژن: هیدروژن در آب‌های آبفشان‌ها که دارای منشأ عمیق هستند یافت می‌شود.

ازت: ازت دارای منشأ خارجی بوده و در غالب آب‌های معدنی وجود دارد و می‌تواند دارای منشأ آتشفشانی نیز باشد.

هیدروژن سولفور: هیدروژن سولفور که در آب‌های گوگردی وجود دارد غالباً از هیدرولیز سولفورهای قلیایی خاکی و یا احیا سولفات‌ها حاصل می‌شود.

انیدرید کربنیک: انیدرید کربنیک یکی از گازهای فراوان در آب‌های گرم معدنی می‌باشد که غالباً دارای منشأ عمیق می‌باشد، ایجاد انیدرید کربنیک در رابطه با کربنات‌ها و خصوصاً کربنات کلسیم می‌باشد. منشأ انیدرید کربنیک را در آب‌های معدنی سرد به آب‌های با منشأ سطحی نسبت می‌دهند. متان از زمین‌هایی که دارای منابع هیدروکربور هستند مانند برخی از نقاط ایران از زمین خارج شده و یا از منشأ تخمیری مواد آلی که باعث احیا سولفات‌های آب‌های سولفات کلسیک شدید می‌شوند منشأ می‌گیرد (غفوری، ۱۳۶۶).

اسیدینه آب‌های معدنی

آب‌های با pH کم معمولاً دارای اسید کربنیک آزاد، هیدروژن سولفور آزاد و اسید هومیک می‌باشند. آب‌های زمین‌های پیریتی یا آتشفشانی دارای اسید کلریدریک و اسید سولفوریک هستند. آب‌های زمین‌های سیلیسی دارای pH پایین‌تر از ۷ می‌باشند. آب‌های آهکی و سولفور سدیک دارای pH بالا بین ۸ الی ۱۰ و آب‌های سولفور کلسیک pH ۶/۵ الی ۷/۵ هستند، آب‌های بیکربناته سدیک معمولاً دارای pH کمی پایین‌تر از ۷ می‌باشند. آب پس از خروج از چشمه در طول زمان تغییراتی را به سبب از دست دادن دی‌اکسید کربن و یا اکسیداسیون و غیره حاصل می‌کند. در اثر اکسیداسیون سولفورهای آب به سولفات تبدیل و در نتیجه pH آب کم می‌شود و چنانچه اسید کربنیک آب از دست داده شود، ازدیاد pH حاصل خواهد شد (غفوری، ۱۳۶۶).

pH بالای آب‌ها ممکنه به دلیل تعامل آب - گرانیته در دمای بین ۲۵ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد با نرخ خیلی زیاد آب به سنگ به‌وجود آمده باشد. در طبیعت دو نوع اصلی آب با pH بالا (بیش از ۱۰) وجود دارد: ۱- آب‌هایی از چشمه‌ها و دریاچه‌های سودا (کربنات سدیم)، این آب‌ها به سنگ‌های کربنات، بازالت‌های آلوکالی و فونولیتیک‌ها مربوط بوده و pH این آب‌ها به وسیله آبکافت CO_3^{2-} کنترل می‌شود.

۲- آب‌های تخلیه شده از سنگ‌های اولترامافیک، در مقابل این آب‌ها معمولاً رقیق شده و کربنات کم دارند، گرچه pH آن‌ها می‌تواند به بالای ۱۲ برسد، محلول‌های رقیق شده $\text{NaOH} + \text{Ca}(\text{OH})_2$ که خالی شده از Mg که در نتیجه رسوب بروسیت و سرپانتین می‌باشد. آب‌های داغ از آبخوان مناطق گنیس - گرانیته گوررو (Guerrero) با سنگ‌های اولترامافیک یا کربنات و یا سیستم‌های هیدروترمال دما بالا رابطه‌ای ندارد. مکانیسم کنترل pH در طول واکنش آب با گرانیته یا سنگ‌های بلوری متامورفیک بستگی به نرخ سنگ/آب و محتوای CO_2 در سنگ اولیه دارد (Ramirez – Guiman et al, 2004).

۲-۱-۳- تغییرات شیمیایی

به طور کلی آب‌های معدنی دارای ترکیبی یکنواخت در طول زمان می‌باشند ولی روند ثابت نبوده و در برخی موارد دستخوش تغییراتی نیز می‌گردد. این تغییرات به دو نوع می‌باشند:

الف - تغییرات ناگهانی

این نوع تغییرات در مواردی چون برداشت شدید آب از سفره‌های آبدار به وسیله چاه می‌تواند انجام گیرد. بدین صورت که خروج شدید آب از چاه آب شیرین باعث انتقال آب معدنی به طرف آن شده و در نتیجه آب‌های اطراف با ترکیب شیمیایی متفاوت وارد سفره آب معدنی و تغییرات ناگهانی آن می‌شود. همچنین در اثر عملیات ساختمانی و نقل و انتقال موجودات ریز گیاهی یا حیوانی به سبب عدم رعایت اصول فنی بهداشتی استخراج مثلاً "یک آب معدنی کلروسولفات کلسیک در اثر وارد شدن سولفورها مانند گلرین به آب سولفور می‌تواند تبدیل شود.

ب - تغییرات طبیعی

تغییرات طبیعی به چندین صورت ممکن است اتفاق بیفتد. یکی آن‌که در مدت زمان طولانی در اثر انحلال و تغییرات در سنگ‌ها و زمین‌هایی که جریان آب معدنی با آن در تماس است نوع سنگ و مواردی که در تماس با آب می‌باشد تغییر پیدا کرده و در نتیجه ترکیب شیمیایی آب نیز در اثر پدیده‌های شیمیایی مختلف چون انحلال و تبادل یون عوض شود. این نوع تغییر را در خیلی از چشمه‌ها می‌توان یافت که رسوبات حاصل از خروج آب از زمین در اطراف چشمه در طول زمان تغییر یافته‌اند. نوع دیگر تغییرات در اثر نفوذ آب‌های نافذ سرد در جریان آب معدنی می‌تواند صورت گیرد که باعث بالا یا پایین آوردن میزان املاح آب معدنی بشود.

۲-۱-۴- رده‌بندی آب‌های معدنی و چشمه‌های آبگرم بر اساس خصوصیات شیمیایی

در این نوع رده‌بندی، آنیون‌ها و کاتیون‌های آب را در نظر گرفته و نسبت به میزان آن‌ها در آب، نوع آب مشخص می‌شود که به طور مختصر در زیر توضیح داده می‌شوند:

آب‌های بیکربناته سدیک: 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 می‌شوند. چنانچه این آب‌ها با زمین‌های کلروره نیز تماس داشته باشند دسته آب‌های کلروبیکربناته سدیک را به‌وجود می‌آورند و اگر با ترکیبات آهن برخورد داشته باشد، آب‌های فروبیکربناته سدیک به‌وجود می‌آیند.

آب‌های بیکربناته کلسیک و منیزیم: میزان املاح این نوع آب‌ها کم است و غالباً به همراه کلسیم مقداری نیز منیزیم وجود دارد. این دسته آب‌ها نیز مانند آب‌های بیکربناته سدیک از همان نوع زمین‌ها خارج می‌شوند میزان املاح در رابطه با مقدار و فشار انیدریدکربنیک موجود در آب می‌باشد. خروج انیدریدکربنیک موجود در آب به هنگام خروج باعث تغییرات زیادی در ترکیب شیمیایی آب و ایجاد رسوب در اطراف مظهر می‌گردد. دسته آب‌های کلروبیکربناته کلسیک و فروبیکربناته کلسیک نیز از نوع این دسته آب‌ها هستند که در طبیعت دیده می‌شوند.

آب‌های سولفور سدیک: این دسته آب‌ها با حضور سولفور سدیم، مقدار کم هیدروژن سولفور و نیز سیلیس آزاد که بیشتر آن به صورت کلوئیدی است مشخص می‌شوند. میزان سیلیس این دسته آب‌ها در برخی موارد زیاد بوده و حتی تا ۴۵ درصد از باقیمانده خشک آب را تشکیل می‌دهد. همچنین این نوع آب‌ها حاوی سولفات، هیپوسولفیت سدیم و کربنات‌های قلیایی نیز می‌باشند. باقیمانده خشک این آب‌ها کم و درجه حرارت آن‌ها زیاد می‌باشد. نوع دیگری که دارای ترکیب فوق بوده و به همراه آن کلرور نیز می‌باشد آب‌های کلروسولفور سدیک می‌باشند که تعداد آن‌ها کم‌تر از سولفور سدیک بوده و غالباً سرد هستند (جنیدی، ۱۳۴۴).

آب‌های سولفور کلسیک: اکثر این آب‌ها از زمین‌های دوره تریاس که مردابی هستند خارج می‌شوند و حاوی مقدار زیادی املاح سولفات و کلرور می‌باشند. در نزدیکی سطح زمین تحت اثر باکتری‌های مختلف مانند دسته غیر هوازی‌ها و یا مواد بی‌تومی، مواد سولفات احیا و به سولفور تبدیل می‌شوند و آب تبدیل به نوع سولفور کلسیک اتفاقی می‌گردد. در برخی موارد آب‌های نفوذی که منبع اصلی این دسته از آب‌ها هستند تا حد زمین‌های دوره تریاس نفوذ نکرده و سولفور موجود در آب از حاصل اکسیداسیون پیریت موجود در زمین می‌باشد. دسته آب‌های سولفور تغییر یافته که حاصل تغییر سولفور به هیپوسولفیت و حتی سولفات می‌باشد در اثر ورود اکسیژن موجود در اتمسفر یا متابولیسم میکربی در آب می‌باشد (جنیدی، ۱۳۴۴).

آب‌های سولفور نیتراته: این دسته آب‌ها که بسیار کمیاب می‌باشند ترکیب خود را از اکسیداسیون عناصر موجود در زمین‌های دوران دوم و موجودات حاوی ازت به دست می‌آورند (جنیدی، ۱۳۴۴).

آب‌های سولفات سدیک: این دسته آب‌ها عموماً دارای درجه حرارت زیاد، املاح کم و غالباً دارای مقداری سیلیس در ترکیب خود می‌باشند. منشاء این آب‌ها عمقی و در رابطه با فعالیت‌های آتشفشانی می‌باشد (جنیدی، ۱۳۴۴).

آب‌های کلرور سدیک: برخی از این آب‌ها سرد بوده و از زمین‌های نمکی منشاء می‌گیرند و برخی دیگر گرم و دارای عناصری چون برم، ید، بر، مس بوده و در مناطق آتشفشانی ظاهر می‌شوند.

آب‌های آهن‌دار: غالب آب‌های معدنی دارای مقادیر کم و بیش آهن در ترکیب خود هستند ولی چنانچه میزان یون‌های فروفریک بیش از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر باشد آن را جزء دسته آب‌های آهن‌دار محسوب می‌کنند. معمولاً آهن به همراه یون‌های فراوان دیگر در آب بوده ولی میزان املاح کل این دسته آب‌ها پایین می‌باشد. درجه حرارت آب‌های آهن‌دار غالباً کم و جز دسته آب‌های سرد می‌باشند.

آب‌های رادیواکتیو‌دار: اکثر آب‌های معدنی کم یا بیش دارای مواد رادیواکتیو می‌باشند. این مواد یا به صورت فلزات رادیواکتیو مانند رادیوم، توریم در آب حضور داشته و یا به صورت تشعشعات مختلف در آب می‌باشند.

امروزه از این خاصیت آب‌های معدنی برای درمان بیماری‌های مختلف در مراکز یا آب‌های معدنی به صورت آب و بخار استفاده فراوان می‌شود.

ترکیب شیمیایی آب‌های گرم بر اساس تقسیم بندی ورنر و گیگینباخ (Gigginbach and Verner 1988) به شرح زیر است:

- ۱- آب‌های اسید - سولفات بالا: نتیجه حل شدن گازهای ماگمایی در آب‌های زیرزمینی نزدیک به انحلال ایزوشیمیایی در همبری با سنگ میزبان که نشان دهنده شرایط درونی عمیق و عدم تعادل است.
- ۲- چشمه‌های سدیمی که نشان دهنده آب‌های با واکنش پذیری بالای CO₂ در سیستم‌های گرمابی است.
- ۳- آب‌های ژرف زمین گرمابی تحت عنوان "چشمه‌های کلریدی خنثی" که ضمن بالا آمدن با سنگ میزبان به تعادل رسیده‌اند (مر و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۲- مثال‌هایی از تیپ چشمه‌های آبگرم در دنیا و ایران

در ایران بر اساس مطالعات انجام شده شاکری (Shakeri et al, 2008) تیپ آبگرم در تفتان کلروکلسیک می‌باشد. در چشمه‌های آبگرم سراب تیپ آب از نوع سولفات سدیک گزارش شده است. چشمه معدنی گرماب در نزدیکی سبزواری از نوع کلروره سولفات سدیک می‌باشد. چشمه قی‌نجه در ارومیه از نوع آب‌های کلروبیکربناته می‌باشد. چشمه خرقان در قزوین از نوع کلروره سدیک می‌باشد (غفوری ۱۳۶۶).

آب‌های ژئوترمال داغ BGF از آب‌های با تیپ Na-HCO_3^- اند. این آب‌ها دارای pH ۷-۸/۹ و $\text{Ec } ۱۴۷۳$ تا $۲۱۹۰ \mu\text{s/cm}$ دارند (Aksoy et al, 2009).

تیپ آب در چشمه‌های داغ و چاه‌های ژئوترمال یانگی (Yangyi of Tibet) چین از نوع $\text{HCO}_3^+(\text{CO}_3)$ است (Guo et al, 2009).

آب چشمه‌های آگوکالییدت (Aguacaliente) اکثراً از نوع Na-Cl اند. Ec این آب‌ها (۱۰ mV)±، pH (۰/۰۵)± (۹/۵) با TDS (۰/۵ g/kg) و دمای ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد دارند (Ramirez – Guiman et al, 2004).

۲-۳- استفاده و کاربرد آب‌های چشمه‌های گرم

سیستم هیدروترمال دما- بالا با منابع گرمایی ماگماتیک کم عمق پتانسیل زیادی برای تولید الکتریسیته دارند که امروز به این مسئله توجه زیادی می‌شود. تخلیه جریان‌های ژئوترمال به محیط طبیعی ممکن است منجر به خطر زیست محیطی جدی شود. همه مناطق ژئوترمال شامل جریان‌های گرم و بخارات گرفتار در زیر پوسته زمین‌اند، اما بسته به موقعیت زمین شناسی، عمق، فشار، دما و خصوصیات شیمیایی آن‌ها میدان به میدان می‌تواند فرق کند (Yousefi et al, 2009).

نحوه استفاده از چشمه‌های آبگرم به حجم تخلیه و دمای منابع ژئوترمال بستگی دارد. رایج‌ترین استفاده‌هایی که از چشمه‌های آبگرم می‌شود شامل استحمام، تولید گرما و تولید برق می‌باشد (Shakeri et al, 2007). انرژی ژئوترمال جز منابع انرژی مهم در چین، ژاپن، ایالت متحده، ایسلند و ترکیه و جاهایی که فعالیت‌های تکتونیکی مهمی دارد شده است (Aksoy et al, 2009). در منطقه ژئوترمال افیون (Afyon) در ترکیه با هدف تولید انرژی گرما نیروگاه برای ۲۰۰۰۰ نفر طراحی شده است. دمای آب در این منطقه ۹۵ درجه سانتی‌گراد و دبی آب ژئوترمال ۱۷۰ لیتر بر ثانیه می‌باشد (Dogdu and Bayari, 2005).

مهم‌ترین عوامل موثر بر درجه حرارت و دبی چشمه‌های هیدروترمال عبارتند از: مقدار آبی که در سیستم زیرزمینی جریان دارد، منبع گرمایی اعماق و مقدار اختلاط آبگرم با آب زیرزمینی سرد (Shakeri et al, 2007).

۲-۴- آلودگی ایجاد شده از چشمه‌های آبگرم

جریان‌های ژئوترمال معمولاً اجزای حل شده با غلظت بالاتر از حد طبیعی می‌باشند. آلودگی آب‌های سطحی و زیرسطحی با فلزات سنگین سمی جز اثرات زیست محیطی انرژی ژئوترمال محسوب می‌شود (Aksoy et al, 2009).

در منطقه افیون در کشور ترکیه آلودگی آب رودخانه در نتیجه تخلیه آبگرم برگشتی از شهر به رودخانه منجر به تنزل کیفیت آب در این منطقه شده که این تنزل کیفیت آب در آب دریاچه ابر (Eber) نیز مشهود است. حدود ۶٪ آب رودخانه شامل آبگرم می‌باشد (Dogdu and Bayari, 2005).

طبق آنالیزهای انجام شده در دریاچه بایکال، در این دریاچه غلظت عناصری مثل U, Sr, Ni, Cu, Ba, Mg کاهش یافته و در عوض Na, K, Cl, Li, Al, Ge افزایش یافته است. در این منطقه چهار چشمه آبگرم وجود دارد که هیچ کدام در شرایط طبیعی قرار ندارند (Kenison et al, 1997).

در میدان‌های ژئوترمالی بالکوا (Balcova) در ترکیه در نتیجه کنترل نشدن تخلیه پساب میدان‌های ژئوترمالی به شبکه زهکش طبیعی آلودگی آرسنیک در آب زیرزمینی سرد دیده شده است. در آبخوان آبرفتی کواترنری آلودگی حرارتی و شیمیایی مثل آرسنیک و آنتیموان و برم دیده می‌شود. البته آلودگی درون آبخوان آبرفتی کواترنری در نتیجه فعالیت‌های طبیعی و بشرزاد می‌باشد که عبارتند از:

۱- حرکت رو به بالای طبیعی آب در میادین ژئوترمال در طول خط گسل

۲- تزریق مجدد آب آلوده

۳- کنترل نشدن تخلیه پساب میدان ژئوترمال به شبکه زهکش طبیعی (Aksoy et al, 2009).

تخلیه آب‌های ژئوترمال با محتوای بالای عناصر سمی مثل B, As, F در رودخانه لولانگ (Luolang)، تنها منبع آب آشامیدنی برای ساکنین محلی، باعث آلوده شدن کم آب رودخانه شده است. در مناطق ژئوترمال مشکل آلودگی ممکن است از تخلیه زیاد آب‌های ژئوترمال شور شامل سیلیکا، سولفور، بور و فلزات سنگین نتیجه شود (Ellis, 1975).

۲-۴-۱- شاخص‌های ارزیابی اختلاط آب سطحی و منابع ژئوترمال

دمای آب زیرزمینی منطقه‌ای یک پارامتر فیزیکی است که مستقیماً روی کیفیت آب آشامیدنی و آبیاری تاثیر می‌گذارد. اگر دمای آب بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد برای آشامیدن مناسب نمی‌باشد. لازم به ذکر است که اثرات زیان‌بار این آب‌ها نه تنها مربوط به درجه حرارت است بلکه ترکیب شیمیایی آن‌ها هم خطرناک است (Aksoy et al, 2009). بسیاری از چشمه‌های آبگرم از اختلاط آب‌های عمیق ژئوترمالی و آب‌های سطحی‌تر سرچشمه می‌گیرند. برای تشخیص میزان اختلاط از پارامترهای مختلفی کمک گرفته می‌شود که از جمله آن‌ها O₁₈ و کلر می‌باشد. وجود کلر در چشمه‌های آبگرم نشان دهنده آمیختگی آن‌ها با آب‌های سطحی می‌باشد. مقدار O₁₈ آب‌های ژئوترمال از آب‌های سرد در نتیجه برهم کنش آب - سنگ بیشتر است. به خاطر چرخه کوتاه‌تر، آب‌های سرد دارای مقدار تریتیوم بیشتری‌اند که وجود تریتیوم بالا در آب‌های ژئوترمال نشان دهنده اختلاط آب‌های سرد با آب‌های ژئوترمال است. همچنین در نمونه‌های آب به استثنای آب دریا، ارتباط خطی قوی بین سطح تریتیوم و غلظت Cl وجود دارد که مقدار بالای Cl در آب‌های ژئوترمال نشان از اختلاط با آب‌های سرد دارد (Aksoy et al, 2009). در منطقه بوشلی در اطراف سبلان برای تعیین درصد اختلاط آب‌های سطحی با آب‌های گرم عمقی با استفاده از مدل Rayamashay (۱۹۹۶) استفاده شده است. در این منطقه به علت تنوع در دمای چشمه‌ها و همچنین میزان کلر این چشمه‌ها که از علائم اختلاط آب‌های سرد سطحی با آب‌های گرم عمقی است برای تشخیص اختلاط از این معیارها استفاده شده است. در این مدل از دو معادله بقای سیلیس و آنتالپی استفاده شده است. از نتایج معادلات و نمودارها برای منطقه بوشلی و همچنین برای منطقه سرعین چنین برمی‌آید که احتمالاً آب چشمه‌های مناطق فوق حاصل اختلاط بیش از ۸۰٪ درصد آب سرد سطحی با ۲۰٪ آب‌های گرمی است که از اعماق به طرف سطح زمین صعود کرده است (رجائی ریزی، ۱۳۸۱).

بالا بودن مقدار کلر در بیشتر چشمه‌های تفتان و سنگین‌تر بودن ایزوتوپ‌های دوتریم و ^{۱۸}O نسبت به خط جهانی می‌تواند تا حدود زیاد نشان دهنده ماهیت آب‌های آتشفشانی و عمیق‌تر بودن منشأ این چشمه‌ها باشد.

وجود رابطه خطی مستقیم بین کلر و منیزیم نشانگر این مطلب است که پدیده آمیختگی با آب‌های سطحی مولفه قابل ملاحظه‌ای در این سیستم نبوده است (مر و همکاران، ۱۳۸۴).

بالا بودن غلظت کلر در چشمه آبگرم خوراب در استان فارس را می‌توان ناشی از انحلال نمک‌های موجود در گنبد نمکی خوراب دانست. مقایسه میزان بارندگی و تغییرات هدایت الکتریکی چشمه آبگرم نشان می‌دهد که با افزایش بارندگی، هدایت الکتریکی کاهش یافته و همچنین ارتباط مثبتی بین هدایت الکتریکی، مقدار کلر و SO_4 وجود دارد. می‌توان نتیجه گرفت که در تغذیه چشمه آبگرم خوراب آب‌های سطحی نیز علاوه بر آب‌های عمقی تا حدی دخالت دارند. غلظت کلر چشمه آبگرم خوراب بین ۲۸/۵ تا ۸۰ میلی‌اکی‌والان بر لیتر تغییر می‌کند. آب چشمه خوراب در ناحیه آب‌های نابالغ قرار دارد یعنی آب با سنگ به تعادل کامل نرسیده است (صادقی و مر، ۱۳۷۹).

بر اساس مطالعات ایزوتوپی انجام شده در منطقه خوی آب‌های زمین گرمایی خوی از نظر موقعیت در امتداد خط آب‌های جوی منطقه قرار می‌گیرد. این وضعیت نشان می‌دهد که آب‌های زمین گرمایی این منطقه منشاء جوی دارند (محمدی و ناصری، ۱۳۸۵).

همچنین دارا بودن مقدار کمتر تریتیوم در چشمه‌های آبگرم نسبت به چشمه‌های آب سرد در هر منطقه نشانگر گردش طولانی‌تر آب چشمه‌های گرم می‌باشد. در منطقه دماوند pH چشمه‌ها در محدوده وسیعی تغییر می‌کند که این امر نشان دهنده وجود آبخیزهای متعدد و آمیختگی آب‌های زمین گرمایی با آب‌های زیرزمینی می‌باشد. رسوبات پیرامون چشمه‌ها از نوع تراورتن، سیلیس و در برخی موارد اکسید آمونیوم می‌باشد (تمجیدی و خسروی، ۱۳۷۷).

نمودار اکسیژن ۱۸ در مقابل $D = 8\delta^{18}O + 10$ نشان می‌دهد که آب‌های بیابان کویین (Desert Queen) در نوادا احتمالاً از رودخانه هامبودت (Humboldt) منشاء گرفته است (Garchar, 2008).

چشمه‌های داغ چنا (Chena) در بخش شرقی مرکز آلاسکا در فلات یوکن تانانا (Yukon - Tanana)، در ۷۵ کیلومتری فایر بانک (Fairbank) قرار گرفته با انجام آزمایشاتی معلوم شده که تغییر کم اکسیژن ۱۸ از خط

جوی نشان می‌دهد که آب‌های عمیق منشاء جوی دارند. آنالیز ژئوشیمیایی آب‌ها نشان می‌دهد که مقدار قابل توجهی اختلاط بین آب زیرزمینی و آب‌های ژئوترمال در اینجا اتفاق افتاده است. آنالیز کربن ۱۴ و اکسیژن ۱۸ چشمه‌های آب نشان می‌دهد که زمان چرخش آب متتوریک کمتر از ۳۰۰۰ سال است (Erkan, 2007).

۲-۴-۲- شاخص‌های شیمیایی آلودگی آب زیرزمینی با آبگرم

اگرچه غلظت‌های جیوه و تیتانیوم در اغلب آب‌های ژئوترمال خطرناک نیست ولی اگر همین عناصر در رسوبات رودخانه‌ای و دریاچه‌های محلی جمع شوند خطرناک می‌شوند (Ellis, 1975). در منطقه مطالعاتی بالکوا منابع آب زیرزمینی به وسیله بور در نتیجه نفوذ آب ژئوترمال از جنوب آلوده شده است. در جریان‌های ژئوترمال از عناصر ردیاب می‌توان به لیتیم اشاره کرد که منشاء آن کانی‌های سیلیکاته است. در درون منطقه مطالعاتی لیتیم و بور ارتباط قوی‌ای در همه نمونه‌های آب‌ها نشان می‌دهد. غلظت منگنز در منطقه مطالعاتی بالای استاندارد آب آشامیدنی است که به لیتولوژی محل مربوط است. آب‌های داغ با تمرکز بالای As و B و Br و Li و Sb در منطقه بالکوا برای انسان و گیاهان سمی است. سطح عناصر سمی در آب‌های سرد در شرایط نرمال پایین است در منطقه بالکوا مقادیر ۱۷۰/۱، ۸۴۶۳، ۷۱۱/۹ و ۲۵/۶، برای As، B، Li، Sb نشان می‌دهد که آب‌های سرد این منطقه به وسیله آب‌های ژئوترمال و آب دریا آلوده شده‌اند (Aksoy et al, 2009).

۲-۵- پساب‌ها

پساب حاصل از چشمه‌های آبگرم دارای آلاینده‌هایی می‌باشد که می‌توان به وجود شوینده‌ها و آلودگی‌های بیولوژیکی اشاره کرد. عوامل بیولوژیکی می‌توانند باعث ایجاد بیماری شوند (Santa). تخلیه پساب‌های حاوی شوینده‌ها از مجتمع‌های آبگرم باعث بروز مشکلات زیست محیطی عمده‌ای می‌شوند. ورود پساب حاوی مواد شوینده به منابع آب‌های سطحی مشکلات زیست محیطی مثل کاهش اکسیژن محلول

آب، تولید کف فراوان، بد منظره شدن چشم‌اندازها و سواحل و اماکن تفریحی، مسمومیت و پیری زودرس رودخانه‌ها، آلودگی آب‌های زیرزمینی، بد بو شدن آب، کاهش کشش سطحی آب، دفلوکولاسیون کلوئیدها و در نتیجه مصرف بیشتر منعقد کننده در تصفیه خانه‌های آب، امولسیون سازی چربی‌ها و روغن‌ها و از بین رفتن باکتری‌های مفید و افزایش جمعیت باکتری‌هایی که از سورفاکتانت به عنوان منبع اصلی کربن یا فسفات و یا هر دو استفاده می‌کند، می‌باشد. این مواد در قبل از جنگ جهانی به انواع صابون‌ها محدود می‌شد ولی از آن به بعد تحت عنوان شوینده در فرم پودر و مایع به بازار عرضه شدند. کمیت و تنوع شوینده‌ها به حدی افزایش یافت که در حال حاضر صنعت مزبور به این نام شناخته می‌شود (شاهمنصوری و روشنی، ۱۳۸۴ و Adewoye, 2010)

آب و فاضلاب‌ها برای استفاده و برگشت به محیط یا استفاده مجدد نیاز به تصفیه دارند. روش‌های مختلفی برای تصفیه آب‌ها و فاضلاب‌ها وجود دارد که بسته به مصارف آب و نوع آلودگی از این روش‌ها استفاده می‌گردد. عمده‌ترین روش‌های تصفیه آب عبارتند از: تصفیه مکانیکی، تصفیه شیمیایی، تصفیه آب به روش اسمز معکوس، تصفیه بیوشیمیایی آب و فیلتراسیون آب (گلپایگانی، ۱۳۸۷).

از روش‌های تصفیه شوینده از منابع آب می‌توان به روش انعقاد نیز اشاره نمود که از منعقد کننده‌های مرسوم می‌توان به آهک و آلوم اشاره کرد، در این روش انعقاد فاضلاب محتوای مواد شوینده توسط کلرید آهن بهترین نتایج را می‌دهد (شاهمنصوری و روشنی، ۱۳۸۴).

روش‌های مختلف برای اهداف مختلف مفید می‌باشد. در دهه‌های گذشته از ناسیون و دیگر روش‌های اکسیداسیون، فرایندهای پیشرفته به‌عنوان پیش تصفیه بر روی سورفاکتانت‌ها مقاوم مورد بررسی قرار گرفته‌اند. هزینه است ولی روش فنتون (اکسیداسیون پیشرفته با فنتون) برای حذف شوینده آنیونیک، حذف COD و افزایش نسبت BOD/COD استفاده می‌شود کاراتر و کم هزینه می‌باشد (Farrokhi et al, 2004; Sheng et al, 1999). شوینده‌های آنیونیک تصفیه پذیری بیولوژیکی پایینی دارند که علت آن قرار گرفتن آن‌ها در دسته مواد مقاوم به تجزیه بیولوژیکی می‌باشد (Bhair, 2001). از علل مقاوم شدن ترکیبات آلی، استخلافی است که موجب به‌وجود آمدن کربن سوم یا چهارم می‌گردد نظیر ABS و دیگر شوینده‌هایی که دارای مقاومت زیادی در

برابر تجزیه بیولوژیکی هستند. گروه کرین چهارم از تاثیر آنزیم‌های باکتریایی بر روی نقطه حساس جلوگیری می‌کند و به همین دلیل تجزیه صورت نمی‌گیرد (Droste et al, 1998). شوینده‌ها را از نظر قابلیت تجزیه بیولوژیکی به دو دسته تقسیم می‌کنند. شوینده‌های نرم مثل آلکیل سولفات‌ها، استرها و آمیدها که در اثر تصفیه بیولوژیکی فاضلاب تجزیه شده و ایجاد اشکال نمی‌کنند و دیگری شوینده‌های سخت مثل آلکیل بنزن سولفونات شاخه‌ای ABS، آلکیل فتوکسی پلی اتیلن گلیکول جز این دسته قرار می‌گیرند (EPA, 2005) (Adewoye, 2010) (Oja and Osa, 2009). در سال ۱۹۹۵، تولید جهانی LAS $10^6 * 2,8$ تن بوده است (Oja and Osa, 2009). در فرایند اکسیداسیون با فنتون پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و سولفات آهن ($FeSO_4$) به‌عنوان کاتالیست با تولید یک عامل اکسیداسیون قوی (رادیکال هیدروکسیل) مطابق معادله (۱-۱) عمل اکسیداسیون را انجام می‌دهند (Harry 1998; Munter 2001).



به جهت کاهش بیشتر شوینده آنیونی و بار آلی می‌توان از یک سیستم فنتون دو مرحله‌ای استفاده کرد که در این روش بعد از فرایند فنتون یک مرحله انعقاد به‌کار گرفته شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۷). از روش‌های بیولوژیکی برای حذف دترجنت‌ها می‌توان به سیستم بیولوژیکی هوادهی ممتد با سیکل متناوب که یکی از روش‌های لجن فعال است اشاره کرد که در آن، فاضلاب با استفاده از مجموعه میکروارگانیسم‌های مختلف تصفیه می‌شود. مراحل تصفیه شامل هوادهی، ته‌نشینی و تخلیه می‌باشد (مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۷). تجزیه شوینده‌ها با استفاده از سیستم‌های بیولوژیکی به چند روز وقت نیاز دارد، همچنین در این سیستم‌ها تجزیه شوینده‌ها به ساختار شیمیایی مولکولی‌اشان نیز بستگی دارد (Oja and Osa, 2009). مطابق گزارشات مختلف، غلظت سورفاکتانت‌های آنیونی در فاضلاب‌های شهری ۳-۲۱ mg/L می‌باشد. مقادیر بالاتر از ۲۱ mg/L مربوط به فاضلاب‌های صنعتی است که در صنایع نفت و پتروشیمی، نساجی، تولید رنگ و ... کاربرد دارد (مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۷).

فصل سوم: روش انجام کار

انتخاب روش مناسب جهت انجام تحقیق و آنالیزهای مختلف از جمله موارد ضروری جهت انجام تحقیق می باشد. در این فصل به توضیح مراحل انتخاب محل نمونه برداری و تعداد نمونه ها، نحوه نمونه برداری و آنالیزهای انجام شده بر روی نمونه ها پرداخته شده است.

۱-۳- نمونه گیری و انجام آزمایشات شیمیایی و میکروبی

به منظور بررسی اثر پساب بر منابع آب، نمونه گیری از دو چاه آب شرب، نه چشمه آبگرم، پساب چهار مجتمع آب درمانی و سه نمونه از اختلاط کل مجتمع ها در رودخانه در محدوده شهر و مخزن آب موجود در اداره آب و فاضلاب شهر سرعین در اردیبهشت ماه ۱۳۸۹ انجام شد. (جدول ۱-۳ و شکل ۳-۳)

برای نمونه برداری از ظرف های پلاستیکی ۲۵۰ میلی لیتری استفاده شد و ظرف نمونه قبل از نمونه برداری سه مرتبه با آب چشمه و پساب شستشو داده شد ظرف نمونه را از نمونه ها پر نموده درب نمونه را محکم بسته و پس از شماره گذاری به آزمایشگاه پارک علم و فن آوری استان سمنان (مرکز شاهرود) فرستاده شد تا مورد آنالیز شیمیایی کامل قرار گیرد. در آزمایشگاه غلظت کاتیون ها و آنیون های اصلی محلول در آب که شامل یون های پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم، نترات، سولفات، کلر، بی کربنات و کربنات و همچنین BOD اندازه گیری شده

است. چهار نمونه برای اندازه‌گیری فلزات سنگین به دانشگاه تربیت مدرس فرستاده شد. پنج نمونه برای اندازه‌گیری شوینده‌های موجود در آب تهیه گردید.



شکل ۳-۱- نمونه برداری از پساب شهر سرعین

جدول ۳-۱- مختصات جغرافیایی محل‌های نمونه‌برداری در چشمه‌های آبگرم سرعین

UTM(Y)	UTM(X)	نام محل نمونه‌برداری
۴۲۲۷۰۲۴	۲۴۳۶۳۵	چشمه ژنرال
۴۲۲۷۰۲۷	۲۴۳۵۳۴	چشمه بش‌باجیلار
۴۲۲۸۶۴۱	۲۴۳۵۱۳	چشمه ساری‌سو
۴۲۲۶۷۳۵	۲۴۳۹۹۱	چشمه پهنلو
۴۲۲۶۸۰۸	۲۴۴۲۴۲	اختلاط ۱
۴۲۲۵۹۷۲	۲۴۵۹۵۰	اختلاط ۲
۴۲۲۳۰۱۱	۲۵۰۳۱۱	اختلاط ۳

۳-۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری

در محل نمونه‌برداری خصوصیات فیزیکی شامل درجه حرارت آب و خصوصیات شیمیایی شامل اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC) اندازه‌گیری شده است. روش اندازه‌گیری این خصوصیات به طور مختصر ارائه خواهد شد:



شکل ۳-۲- اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی در محل نمونه‌برداری

۳-۲-۱- اندازه‌گیری درجه حرارت

از پارامترهای فیزیکی مهم دمای آب می‌باشد. دمای آب برای ارزیابی مستقیم آب آشامیدنی یا فاضلاب به کار برده نمی‌شود ولی یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های آب سطحی در طبیعت به‌شمار می‌رود. افزایش دمای آب باعث کاهش خاصیت خودپالایی آب، تغییر در حلالیت مواد آلی و معدنی موجود در آب و افزایش سینیتیک واکنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی موجود در آب می‌شود (هوشمندزاده، ۱۳۸۶). مقدار درجه حرارت آب با استفاده از دماسنج جیوه‌ای در محل اندازه‌گیری شده است. دقت دماسنج مذکور برابر با ۰/۱ درجه سانتی‌گراد بوده است.

۳-۲-۲- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی پساب در محل اندازه‌گیری شده است. از مهمترین خصوصیات شیمیایی آب هدایت الکتریکی می‌باشد. زیرا با املاح جامد حل شده (TDS) در آب رابطه مستقیم دارد. مقدار هدایت الکتریکی پساب چشمه‌ها به وسیله دستگاه هدایت سنج (Conductivity meter) مدل WP-۸۴ اندازه‌گیری شده است. دقت دستگاه برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی برابر با یک میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد.



شکل ۳-۳- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی چشمه‌ها

۳-۲-۳- اندازه‌گیری pH

مقدار pH آب به عواملی از قبیل مقدار دی‌اکسیدکربن محلول در آب، مقدار آنیون‌های کربنات و بی‌کربنات و همچنین درجه حرارت آب وابسته است. هر چه قدر که مقدار دی‌اکسیدکربن محلول در آب افزایش یابد، مقدار pH کم می‌شود. اسیدیته آب چشمه‌ها در محل به وسیله دستگاه pH متر سانتکس (Suntex) مدل SP-701 ساخت تایوان اندازه‌گیری شده است. دقت این دستگاه برای اندازه‌گیری pH برابر با 0.1 واحد می‌باشد.



شکل ۳-۴- اندازه‌گیری اسیدیته چشمه‌ها

۳-۲-۴- پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه

اندازه‌گیری کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی شامل یون‌های پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم، نترات، سولفات، کلر، بی‌کربنات و کربنات و برای کلیه نمونه‌ها در آزمایشگاه پارک علم و فن آوری استان سمنان (شاهرود) انجام شده است و همچنین BOD و فلزات سنگین و شوینده نیز اندازه‌گیری شدند. پس از دریافت نتایج آزمایشگاه پارامترهای آماری مانند، درصد خطای آزمایش، نسبت جذب سدیم (SAR)، درصد سدیم، کل املاح جامد محلول، سختی کل، و نمودارهای ویلکوکس، پایپر برای آنها ترسیم گردید. جهت ترسیم نمودارهای کیفی مذکور از نرم افزار Rock Work ۲۰۰۶ استفاده شد.

۳-۳- اندازه‌گیری سولفید هیدروژن محلول در آب:

سولفید هیدروژن پارامتر دیگری است که در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. بدین منظور ۲۰ میلی لیتر از نمونه در داخل یک بشر ۱۰۰ میلی لیتری ریخته شده و به آن یک میلی لیتر معرف چسب نشاسته اضافه گردید. سپس مخلوط آب و چسب نشاسته به وسیله محلول ۰/۰۰۱ مولار ید تیترا شد. با تغییر رنگ از بی‌رنگ

به آبی کم رنگ میزان ید مصرفی یادداشت گردید. با توجه به میزان ید مصرفی و داشتن غلظت آن غلظت سولفید هیدروژن محلول در آب برای نمونه‌های منطقه به صورت زیر محاسبه می‌شود (Merk, 1970).

$$H_2S(mg/l) = \frac{M_{I_r} \times V_{I_r} \times 34 \times 1000}{V_w} \quad \text{معادله (۱-۳)}$$

که در آن M_{I_r} : غلظت ید، V_{I_r} : حجم ید مصرفی و V_w : حجم نمونه آب در آزمایش می‌باشد.

۳-۴- اندازه‌گیری دی‌اکسیدکربن محلول در آب:

برای اندازه‌گیری دی‌اکسیدکربن محلول از روش تیتراسیون استفاده شده است. ابتدا ۱۰۰ میلی لیتر از آب چشمه در داخل بشر ۲۰۰ میلی‌لیتری ریخته می‌شود و ۵ تا ۶ قطره شناساگر (Indicator) فنل‌فتالین به آن اضافه می‌شود. سپس همزمان با تکان دادن بشر، آنقدر به محلول مزبور سود (NaOH) استاندارد با نرمالیتیه ۰/۰۲۵ اضافه می‌شود تا رنگ محلول پوست پیازی شود و این رنگ تا ۳۰ ثانیه پایدار بماند. اگر آب چشمه‌ها فقط با اضافه کردن شناساگر فنل‌فتالین 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 شده است:

$$CO_2(mg/l) = \frac{A \times N \times 4400}{V_w} \quad \text{معادله (۲-۳)}$$

که در این رابطه A مقدار سود مصرفی بر حسب میلی‌لیتر، N نرمالیتیه‌ی سود و V_w حجم آب مورد آزمایش بر حسب میلی‌لیتر می‌باشد (Merk, 1970).

۳-۵- اندازه‌گیری اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی:

برای اندازه‌گیری اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD) به این ترتیب عمل شده است که ابتدا اکسیژن محلول در یک آب غیر آلوده اندازه‌گیری شده است و سپس با اضافه کردن یک میلی لیتر از آب‌های آلوده مورد نظر به آب آلوده فوق‌الذکر بعد از پنج روز مقدار اکسیژن محلول آن‌ها دوباره اندازه‌گیری شده است.

برای اندازه‌گیری اکسیژن محلول در آب (D.O) به وسیله روش وینکلر در محل نمونه برداری انجام شده است. در این روش از محلول‌های اسید سولفوریک غلیظ ۳۶ نرمال، تیوسولفات سدیم استاندارد ۰/۰۲۵ نرمال، چسب نشاسته، سولفات منگنز ۰/۰۲۵ نرمال و یدور قلیایی استفاده شده است. نمونه‌گیری در ظروف ۳۰۰ میلی لیتری انجام گرفته شده است. پس از پر شدن ظرف، ابتدا دو میلی لیتر از سولفات منگنز و به دنبال آن دو میلی لیتر از یدور قلیایی به وسیله پیمت پیستونی در زیر سطح آب مورد آزمایش وارد می‌شود و به طریقی که هیچ گونه حبابی در ظرف باقی نماند و پس از گذاشتن درپوش، ظرف را تکان داده تا محلول خوب مخلوط شده و رسوب سفید رنگ هیدروکسید منگنز ایجاد شود. پس از ته نشین شدن رسوب هیدروکسید منگنز، دو میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آرامی از طریق تماس پیمت با جداره ظرف، به محلول اضافه می‌گردد و دوباره به نحوی که حبابی در ظرف باقی نماند درپوش آن گذاشته می‌شود. تا این مرحله، که تثبیت اکسیژن محلول در آب می‌باشد، در محل نمونه برداری انجام می‌شود، سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و پس از پنج روز اکسیژن محلول آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود. بدین ترتیب که ۱۰۰ میلی لیتر از محلول فوق را در بشر ۲۰۰ میلی لیتری ریخته شده و یک میلی لیتر شناساگر چسب نشاسته به آن اضافه می‌گردد. سپس به محلول حاصل آن قدر تیوسولفات سدیم اضافه می‌شود تا رنگ آبی روشن ظاهر شود. در صورتی که ۱۰۰ میلی لیتر از محلول مورد آزمایش قرار گرفته باشد، هر میلی لیتر از تیوسولفات مصرفی معادل با دو میلی گرم در لیتر محلول خواهد بود.

برای تهیه یدور قلیایی از روش زیر استفاده شده است:

برای این کار ۵۰ گرم سود سوزآور با ۱۳/۵ گرم NaI مخلوط نموده و در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل می‌شود و سپس به این محلول یک گرم آزید سدیم که در چهار میلی لیتر آب مقطر حل شده اضافه می‌گردد.

روش محاسبه BOD

با عنایت به اندازه‌گیری انجام شده مقدار اکسیژن محلول برای آب غیر آلوده مورد استفاده برابر با شش میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شده است. بنابراین مقدار اکسیژن محلول در نمونه ۳۰۰ میلی لیتری به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$(mg) = 300 \text{ cc} * 6 \text{ mg} / 1000 \text{ cc}$$

برای محاسبه BOD₅ به صورت زیر عمل می‌شود:

$$(mg) = 300 \text{ cc} * 3/5 \text{ mg} / 1000 \text{ cc}$$

$$1/8 - 1/0.5 = 0.75 \text{ mg/L}$$

با توجه به این که یک میلی‌لیتر از آب پساب به ۳۰۰ میلی‌لیتر آب غیر آلوده اضافه شده است.

$$BOD_5 = 1000 \text{ cc} * 0.75 \text{ mg} / 1 \text{ cc} = 750 \text{ mg}$$

۳-۶- استانداردهای استفاده شده

در مطالعه حاضر از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران و برخی از استانداردهای جهانی دیگر استفاده شده است. در جداول ۲-۳ تا ۴-۳ حد قابل قبول از غلظت هر یک از عناصر جهت کاربردهای مختلف ارائه شده است.

جدول ۲-۳- استاندارد خروجی فاضلاب (استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۸۱)

مواد آلوده کننده	(mg/L) تخلیه به آبهای سطحی	تخلیه به چاه جاذب (mg/L)	مصارف کشاورزی و آبیاری (mg/L)
نقره	۱	۰/۱	۰/۱
آلومینیم	۵	۵	۵
آرسنیک	۰/۱	۰/۱	۰/۱

ادامه جدول ۳-۲-

مواد آلوده کننده	(mg/L) تخلیه به آبهای سطحی	تخلیه به چاه جاذب (mg/L)	مصارف کشاورزی و آبیاری (mg/L)
بر	۲	۱	۱
باریم	۵	۱	۱
بریلیوم	۰/۱	۱	۰/۵
کلسیم	۷۵	-	-
کادمیم	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵
کلراید	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰
کبالت	۱	۱	۰/۰۵
کرم	۰/۵	۱	۱
کرم	۲	۲	۲
مس	۱	۱	۰/۲
فلوراید	۲/۵	۲	۲
آهن	۳	۳	۳
جیوه	ناچیز	ناچیز	ناچیز
لیتیم	۲/۵	۲/۵	۲/۵
منیزیم	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
منگنز	۱	۱	۱
مولیبدن	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
نیکل	۲	۲	۲
نیترات	۵۰	۱۰	-
فسفات	۶۰	۶	-
سرب	۱	۱	۱
سدیم	۱	۰/۱	۰/۱
سولفات	۴۰۰	۴۰۰	۵۰۰
روی	۲	۲	۲
دترجنت	۱/۵	۰/۵	۰/۵
BOD ₅	۳۰	۳۰	۱۰۰
COD	۶۰	۶۰	۲۰۰
Do	۲	-	۲
pH	۶/۵-۸/۵	۵-۹	۶-۸/۵

جدول ۳-۳- مقایسه استاندارد آب آشامیدنی و حیات آبیان در چند کشور دیگر

ماهگیری و حیات آبیان		آب آشامیدنی				کاربری
USSR	Canada	USSR	USA	Canada	WHO	پارامتر
			۵۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	TDS
	۶/۵-۹		۶/۵-۸/۵	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۸/۵	pH
۴-۶	۵-۹/۵	۴				DO
					۵۰۰	سختی (mg/l caco ₃)
۴۰		۱۰				نیترات
۳		۳				BOD
					۲۰۰	سدیم
۳۰۰		۳۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	کلرید
۱۰۰		۵۰۰	۲۵۰	۵۰۰	۴۰۰	سولفات
	۰/۰۵		۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	آرسنیک
			۱	۱		باریم
۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	کادمیم
۰/۰۱-۰/۰۵	۰/۰۲-۰/۰۰۲	۰/۱-۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	کروم
۰/۰۱		۰/۱				کیالت
۰/۰۰۱	۰/۰۰۲-۰/۰۰۴	۱	۱	۱	۱	مس
۰/۰۳	۰/۳	۰/۵	۰/۳	۰/۳	۰/۳	آهن
	۰/۰۰۱-۰/۰۰۷	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	سرب
۰/۰۰۰۵			۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱	منگنز
	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۱/۰۰	جیوه
	۰/۰۲۵-۰/۱۵					نیکل
	۰/۰۰۱		۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	سلنیم
۰/۰۱	۰/۰۳	۱	۵	۵	۵	روی
۰/۱		۰/۵	۰/۱۲			شوینده‌ها
				۰/۰	۰/۰	کلیرم مدفوعی (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)
			۱	۱۰	۰/۰-۳۱۳	کل کلیرم (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)

واحدها بر حسب میلی گرم در لیتر می‌باشند مگر اینکه واحد دیگری ذکر شده باشد.

جدول ۳-۴- حداکثر مواد شیمیائی مجاز در آب‌های پذیرنده برای مصارف مختلف (استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۸۱)

آبیاری	مواد
۴/۵-۹	pH
۰/۱	آرسنیک
۰/۰۱	بریلیوم
۲	بور
۰/۰۱	کادمیم
مهم نیست	کلرید
۰/۱	کرومیوم
۰/۵	کبالت
۰/۲	مس
۲	فلورید
۵	آهن
۵	سرب
۲/۵	لیتیم
۰/۲	منگنز
۰/۰۱	مولیبدنم
۰/۲	نیکل
۰/۰۲	سلنیم

در جدول (۵-۳) مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های اندازه‌گیری شده در اردیبهشت سال ۸۹ برای چشمه‌های آبگرم ذکر شده است.

جدول ۵-۳- مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌ها در چشمه‌های آبگرم سرعین

Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	نام چشمه
۳۸	۱۴/۶	۲۳۰	۴۱۴/۸	۹۱/۲	۱۸۰/۸	گاومیش‌گلی
۳۸	۱۴/۶	۲۲۳/۱	۳۷۲/۱	۱۱۰/۸	۱۷۰/۲	ساری‌سو
۵۰	۱۵/۸	۲۳۰	۳۷۲/۱	۱۳۲	۱۸۰/۸	قره‌سو
۴۰/۸	۱۳/۴	۲۳۲/۷	۴۳۳	۹۱/۸	۱۷۷/۳	پهنلو
۳۸	۱۸	۲۲۵/۴	۳۷۸/۲	۹۲/۶	۱۹۱/۷	ژنرال
۳۸	۱۷	۲۵۳	۴۳۹/۲	۱۰۲/۲	۱۹۱/۴	بش‌باجیلار
۴۰	۱۹/۴	۲۳۰	۴۳۳/۱	۱۰۲/۲	۱۹۱/۷	قهوه‌سو
۴۴	۱۸/۲	۱۱۰/۴	۲۲۷/۷	۱۳۲	۱۸۴/۴	آب‌چشم
۴۰	۱۳/۴	۲۵۳	۳۸۹	۱۰۵	۱۸۴/۴	یل‌سو

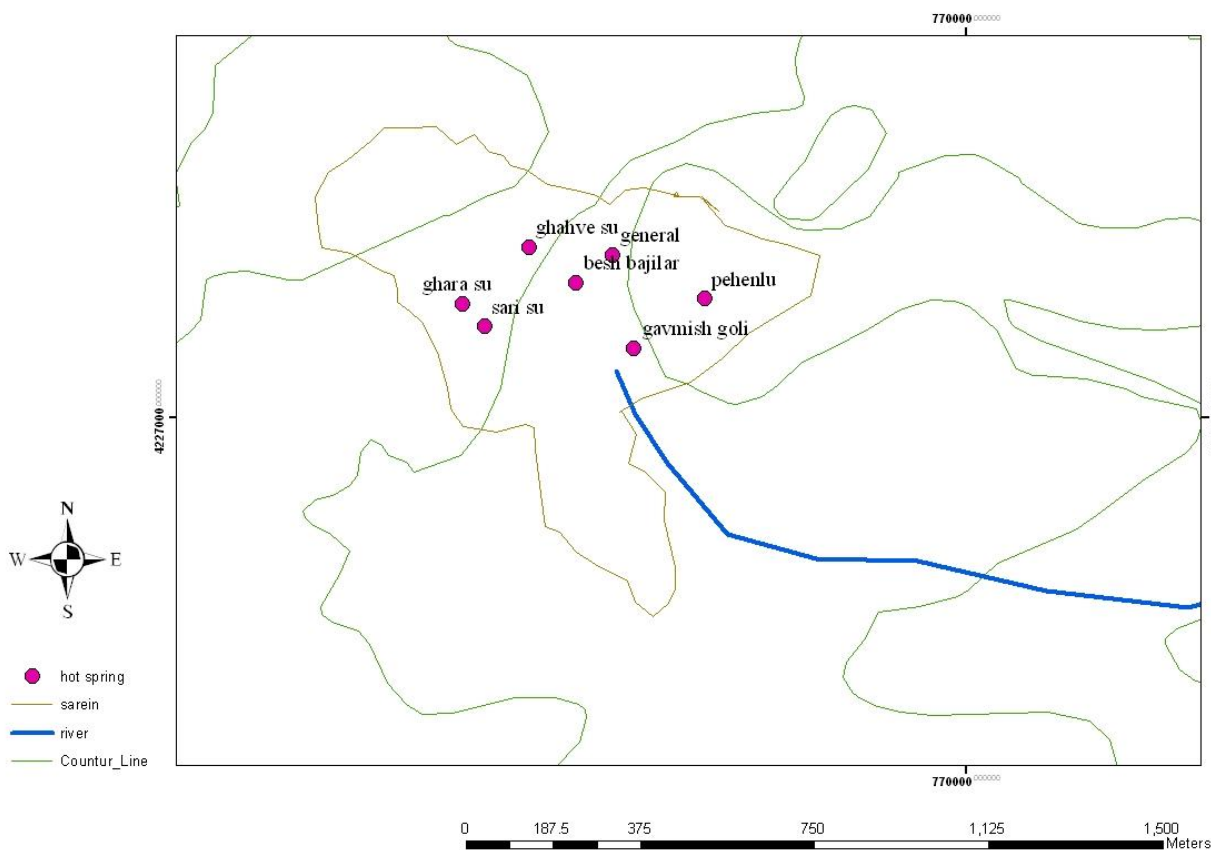
فصل چهارم: ارزیابی اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

مقدمه

در این فصل به معرفی چشمه‌های آبگرم سرعین و محل‌های نمونه‌گیری از منابع آب در بخش‌های مختلف شهر و انجام آزمایشات شیمیایی و میکروبی پرداخته و در ادامه رابطه بین آبدهی و بارندگی بررسی شده و همچنین به مقایسه‌ای بین دما و هدایت الکتریکی و pH با دبی چشمه‌های آبگرم پرداخته شده است. از روابط محاسبه شده می‌توان به رابطه غلظت عناصر در چشمه‌های آبگرم سرعین با دبی اشاره کرد و همچنین به روش‌ها و مقادیر اندازه‌گیری شده سولفید هیدروژن و دی‌اکسید کربن و BOD اشاره شده و مقادیر محاسبه شده نسبت جذب سدیم برای چشمه‌های آبگرم و پساب ذکر شده است. از جمله آنالیزهای انجام شده برای پساب‌ها که در این فصل به آن‌ها پرداخته شده می‌توان به آنالیز فلزات سنگین و شوینده‌ها اشاره کرد. در نهایت به بررسی منابع آب شرب شهر سرعین پرداخته شده است.

۱-۴- معرفی چشمه‌های آبگرم سرعین

شهر سرعین دارای نه چشمه آبگرم به نام‌های گاو میش گلی، ساری سو، اعصاب سو (قره سو)، پهنلو، آب چشم، قهوه سوئی، یل سوئی، بش باجیلار و ژنرال می‌باشد. به جز چشمه آب چشم، بقیه چشمه‌ها دارای خصوصیات یکسان می‌باشند که در ادامه خصوصیات هشت چشمه به طور کلی و خصوصیات چشمه آب چشم به طور مجزا ذکر شده است. در شکل (۱-۴) موقعیت چشمه‌های آبگرم سرعین نشان داده شده است. در جداول (۱-۴) و (۲-۴) مختصات و خصوصیات (دما، دبی، pH، TDS و EC) چشمه‌های آبگرم سرعین که در اردیبهشت سال ۸۹ اندازه‌گیری شده، نشان داده شده است.



شکل ۱-۴- موقعیت چشمه‌های آبگرم در شهر سرعین

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

این هشت چشمه به علت داشتن دمای ($50 < T < 35$) جز آب‌های گرم محسوب می‌شود البته به جز آب چشمه که جز آب‌های ولرم می‌باشد. همچنین این چشمه‌ها به علت داشتن pH بین $5/4$ تا $6/8$ جز آب‌های اسیدی قرار دارند. این چشمه‌ها دارای TDS کمتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشند و جز آب‌های شیرین محسوب می‌شود. سختی این چشمه‌ها حدود ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که جز آب‌های سنگین محسوب می‌شوند. این چشمه‌ها بر حسب آنیون غالب جز گروه نامشخص می‌باشند که در مثلث پایپر (شکل ۴-۲) در بخش مرکزی قرار دارند. یون کربنات و کلراید چشمه‌های مذکور نسبت به یون سولفات آن بیشتر است ولی مقدار کلراید آن‌ها نشان می‌دهد که شورابه‌های خنثی سیستم هیدروترمال منطقه در تشکیل این چشمه‌ها نسبت به چشمه‌های مناطق نیر و مشکین شهر (گروه آب‌های کلراید) نقش کمتری را عهده‌دار هستند و یا به صورت رقیق شده در این چشمه دخالت داشته و سهم آب جوی نسبت به سهم سیال اولیه و داغ سیستم بیشتر می‌باشد. تیپ این آب‌ها بیکربناته سدیک است و آنیون‌های کلر و سولفات و کاتیون‌های کلسیم و منیزیم در مرتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. مقدار هر یک از آنیون‌ها از ۵۰٪ مجموع آنیون تجاوز نمی‌کند. کاهش دما و در نتیجه واکنش اکسایشی گاز دی‌اکسیدکربن باعث پیدایش ترکیباتی غنی از بیکربنات در آب این چشمه شده است. این چشمه‌ها از نظر شرب قابل قبول‌اند. تغییرات آبدی چشمه گاومیش‌گلی درانتهای سال ۱۳۷۵ و ابتدای سال ۱۳۷۶ بسیار بارز بوده است که احتمالاً "به علت وقوع زلزله این تغییر مشهود شده است.

چشمه آب چشمه دارای دمای متوسط $27/8$ درجه سانتی‌گراد و همچنین دارای دبی متوسط $0/8$ می‌باشد. این چشمه دارای pH متوسط $6/3$ که جز آب‌های اسیدی بوده و هدایت الکتریکی متوسط $1087/9$ میکروموس بر سانتی‌متر است. این چشمه جز چشمه‌های ولرم (Hypothermal) می‌باشد چون دارای دمای بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. از نظر شرب جز چشمه‌های خوب برای شرب محسوب می‌شود و از نظر کشاورزی در کلاس C_3S_1 قرار دارد ($SAR=2/031$). حاوی گاز دی‌اکسیدکربن است که در حدود ۶۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و غلظت گاز سولفید هیدروژن آن $1/02$ میلی‌گرم بر لیتر است. این چشمه دارای سختی کل ۳۰۸

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

میلی‌گرم بر لیتر است و جز آب‌های خیلی سنگین می‌باشد، همچنین کل مواد جامد محلول ۶۵۵/۵ میلی‌گرم بر لیتر است که جزء آب‌های شیرین محسوب می‌شود.

چشمه آب‌چشم از دمای کمی برخوردارند و در مجموع مشابه آب‌های زیرزمینی منطقه هست. غلظت عناصر موجود در آب این چشمه به گونه‌ای که از نظر مصارف شرب و کشاورزی، خوب و مناسب است (آب‌ساران، ۱۳۸۳).

جدول ۴-۱- مختصات چشمه‌های آبگرم شهر سرعین

ردیف	نام چشمه	شهر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	UTM(X)	UTM(Y)	ارتفاع
۱	گاومیش‌گلی	سرعین	۴۸۰۴۲۹	۳۸۰۹۰۷	۲۴۳۶۶۹	۴۲۲۶۸۸۵	۱۶۷۵
۲	ساری‌سو	سرعین	۴۸۰۴۲۹	۳۸۰۹۰۵	۲۴۳۵۱۳	۴۲۲۸۶۴۱	۱۶۷۸
۳	قره‌سو	سرعین	۴۸۰۴۲۳	۳۸۰۹۰۵	۲۴۳۵۱۵	۴۲۲۸۶۴۱	۱۶۷۸
۴	پهنلو	سرعین	۴۸۰۴۱۶	۳۸۰۹۲۵	۲۴۳۹۹۱	۴۲۲۶۷۳۵	۱۶۴۶
۵	ژنرال	سرعین	۴۸۰۴۲۳	۳۸۰۹۱۱	۲۴۳۶۳۵	۴۲۲۷۰۲۴	۱۶۶۸
۶	بش‌باجیلار	سرعین	۴۸۰۴۲۸	۳۸۰۹۱۱	۲۴۳۵۳۴	۴۲۲۷۰۲۷	۱۶۷۸
۷	قهوه‌سو	سرعین	۴۸۰۴۲۳	۳۸۰۹۱۱	۲۴۳۵۳۲	۴۲۲۷۰۲۵	۱۶۷۷
۸	آب‌چشم	سرعین	۴۸۰۴۲۳	۳۸۰۹۱۱	۲۴۳۵۳۲	۴۲۲۷۰۲۵	۱۶۷۷
۹	یل‌سو	سرعین	۴۸۰۴۲۳	۳۸۰۹۱۰	۲۴۳۲۷۲	۴۲۲۷۰۰۸	۱۶۹۰

جدول ۴-۲- خصوصیات چشمه‌های آبگرم سرعین (اردیبهشت ۱۳۸۹)

نام چشمه‌ها	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	دبی (لیتر بر ثانیه)	EC (میکروموس بر ثانیه)	pH	TDS (میلی‌گرم بر لیتر)
گاومیش‌گلی	۴۶/۰	۸۰/۵	۱۴۲۶/۶	۶/۵	۸۴۱/۶
ساری‌سو	۴۵/۹	۴/۸	۱۳۷۸	۶/۳	۷۹۹/۸
بش‌باجیلار	۳۹/۷	۸/۹	۱۴۵۲/۴	۶/۳	۷۸۰/۵
پهنلو	۴۱/۱	۱/۵	۱۴۶۲/۸	۶/۵	۸۴۸/۶
قره‌سو	۴۳/۲	۱/۱	۱۵۱۸/۷	۶/۵	-
قهوه‌سو	۴۳/۶	۱/۲	۱۳۵۶/۳	۶/۲	۷۵۵/۲
آب‌چشم	۲۷/۸	۰/۸	۱۰۸۷/۹	۶/۳	۶۵۵/۵

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

ادامه جدول ۴-۲.

نام چشمه‌ها	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	دبی (لیتر بر ثانیه)	EC(میکروموس بر ثانیه)	pH	TDS(میلی‌گرم بر لیتر)
یل‌سو	۴۱/۱	۰/۸۵	۱۴۱۹/۹	۶/۱	۸۵۶/۵
ژنرال	۴۴	۲/۴	۱۳۹۰/۵	۶/۵	۷۹۷/۹

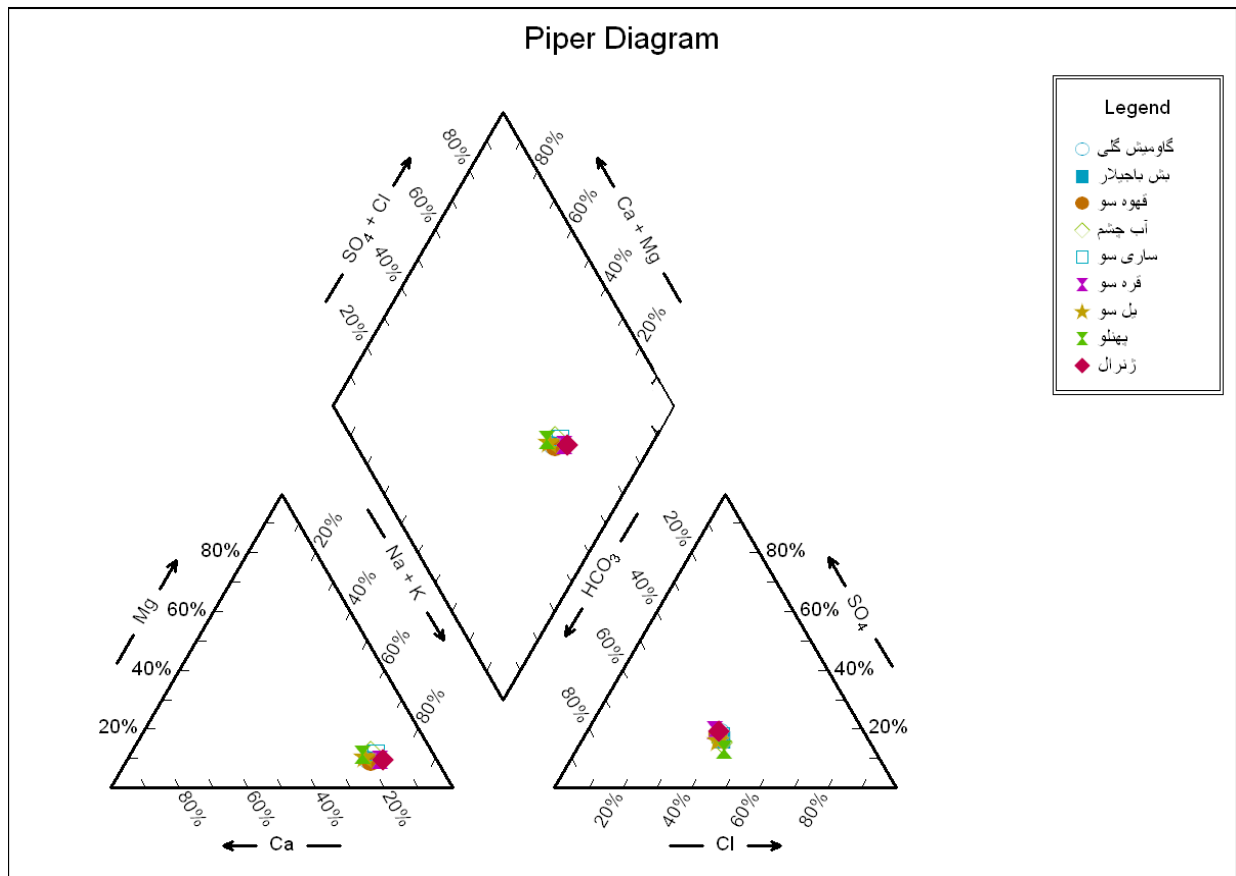
۴-۱-۱-۴- رده بندی چشمه‌های آبگرم سریع

در این بخش چشمه‌های آبگرم سریع از نظر شیمیایی، گازهای محلول و دما طبقه بندی می‌شوند:

الف - از نظر شیمیایی: بر اساس نمودار پایپر که در شکل (۴-۲) مشاهده می‌شود که چشمه‌های آبگرم سریع در رده بندی شیمیایی دارای تیپ آب بیکربنات سدیک 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 کلر و بیکربنات سدیک را به وجود می‌آورند.

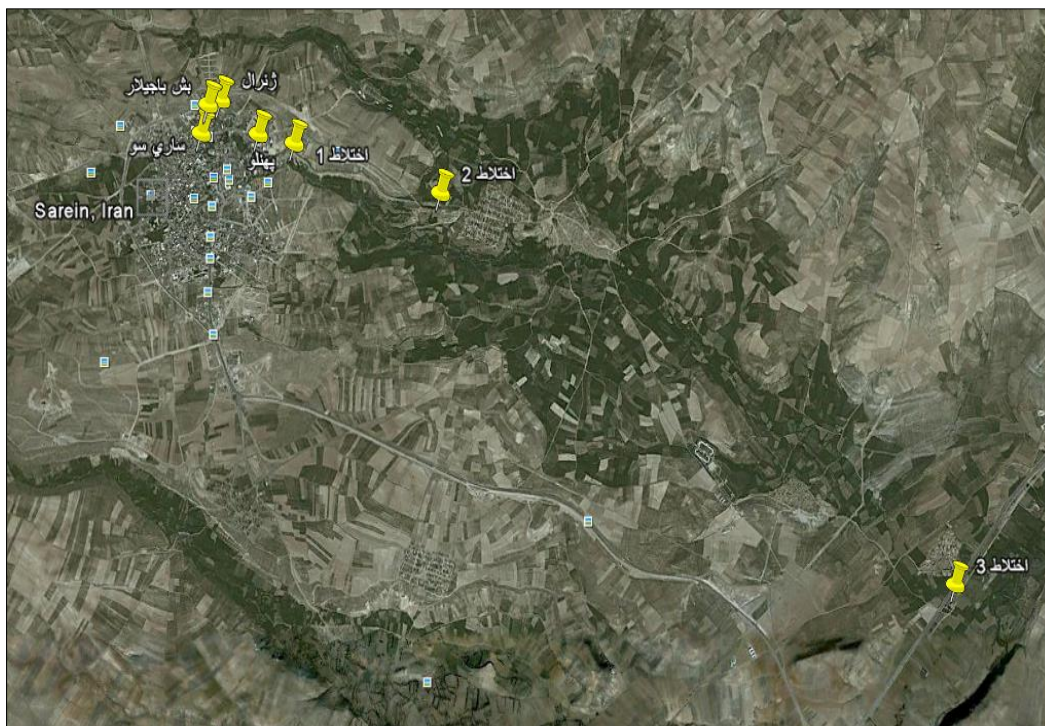
ب - از نظر دما: چشمه‌های آبگرم سریع به علت دمایی بین ۳۵ تا ۴۵ جزء چشمه‌های آبگرم محسوب می‌شوند.

ج - از نظر گازهای محلول: چشمه‌های آبگرم سریع دارای گاز دی‌اکسیدکربن بوده که غالباً دارای منشاء عمیق می‌باشند. این چشمه‌ها همچنین دارای گاز سولفید هیدروژن می‌باشد.



شکل ۴-۲- نمودار پایپر چشمه‌های آبگرم سرعین

در شکل (۴-۳) محل نمونه‌برداری چشمه‌های آبگرم و پساب‌ها نشان داده شده است.

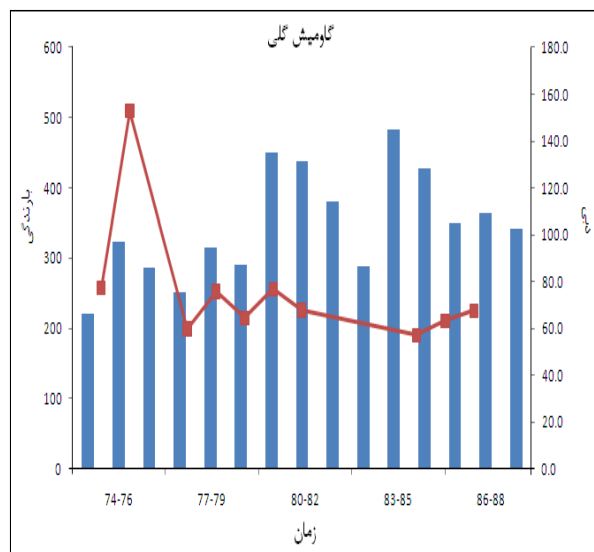
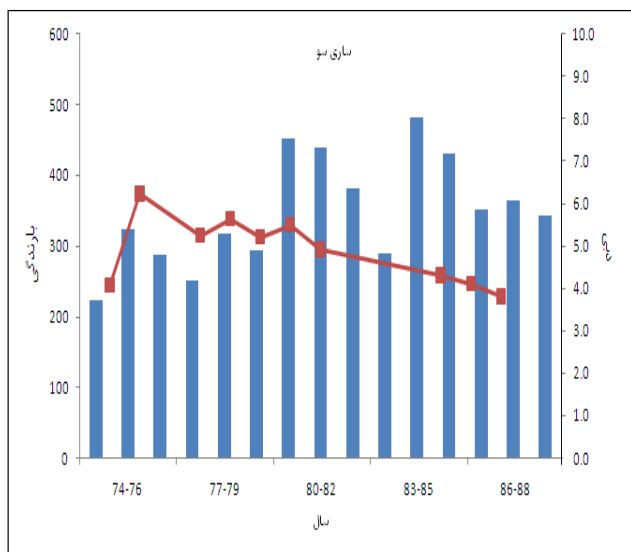


شکل ۴-۳. محل نمونه‌برداری

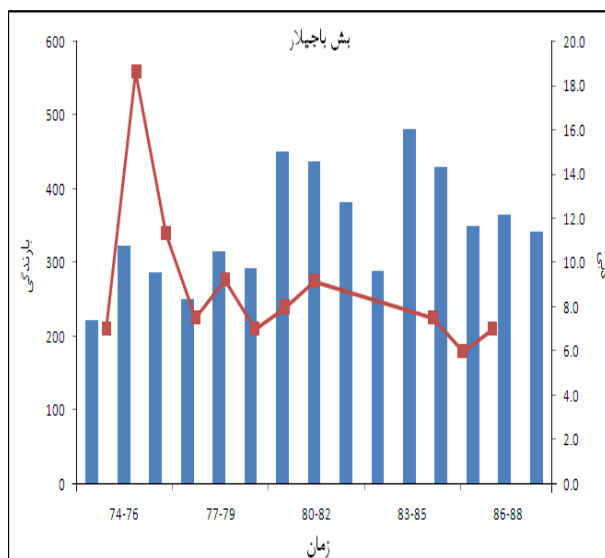
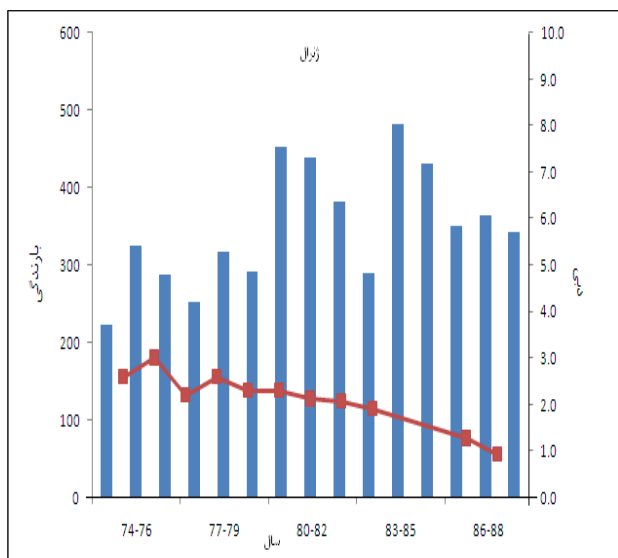
۴-۱-۲- آبدهی و بارندگی

در شکل‌های (۴-۴) تا (۷-۴) به مقایسه بین آبدهی و بارندگی چشمه‌های آبگرم که از اطلاعات بین سال‌های ۷۴ تا ۸۷ استفاده شده، اشاره شده است (آبساران، ۱۳۸۳). این نمودارها برای چشمه‌های آبگرم گاومیش‌گلی، ساری‌سو، بش‌باجیلار، ژنرال، قره‌سو، قهوه‌سو و پهنلو رسم شده است که بین این چشمه‌ها فقط چشمه گاومیش‌گلی دارای دبی بیش از ۶۰ لیتر بر ثانیه دارد و بقیه چشمه‌ها دبی کم‌تر از ۱۰ لیتر بر ثانیه دارند. با توجه به شکل‌های (۴-۴) تا (۷-۴) که مقایسه بین دبی چشمه‌ها با بارندگی را نشان می‌دهد، نتیجه به‌دست می‌آید که به استثناء نقطه دو تغییرات دبی نسبتاً اندک است و این تغییرات اندک با مقدار بارندگی سالانه رابطه مستقیمی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که افزایش ناگهانی دبی چشمه‌ها در نقطه دو به علت زلزله بوده است.

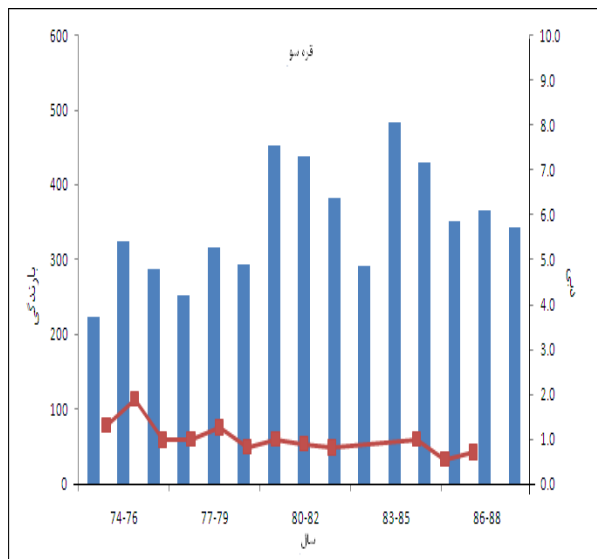
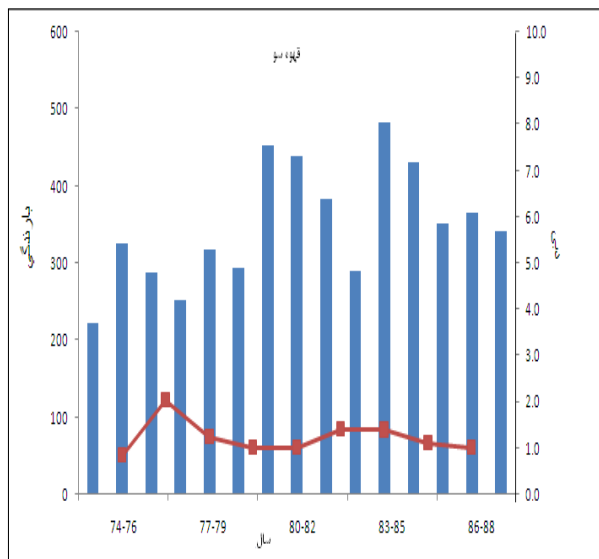
فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی



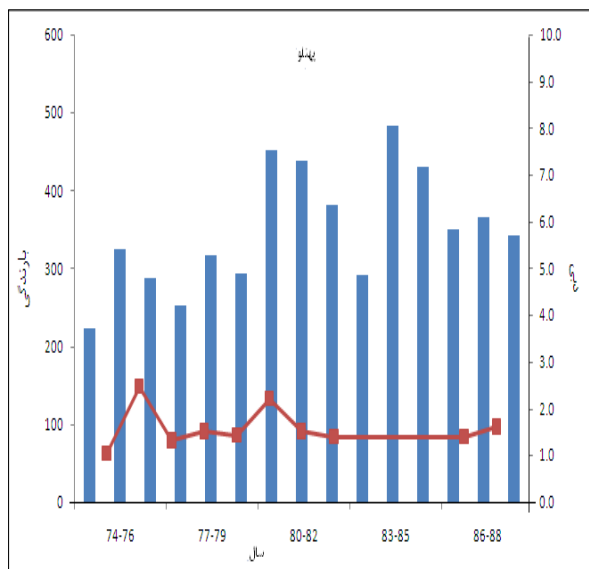
شکل ۴-۴- نمودار آبدهی چشمه‌های گاو میش گلی، ساری سو و بارندگی



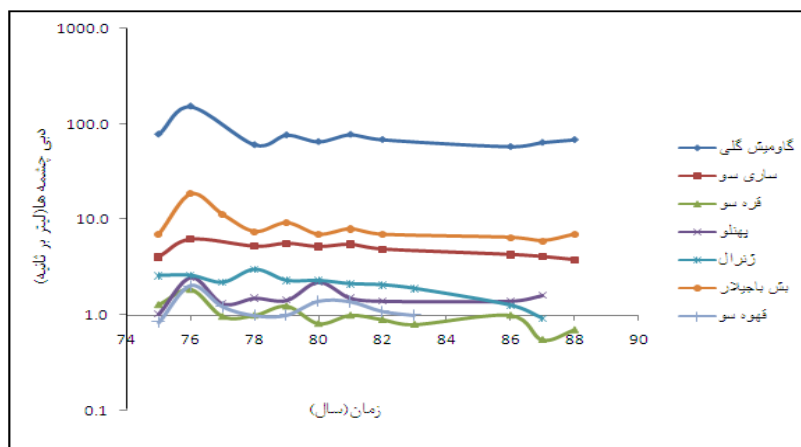
شکل ۴-۵- نمودار آبدهی چشمه‌های بش باجیلار، ژرنال و بارندگی



شکل ۴-۶- نمودار آبدهی چشمه‌های قره‌سو، قهوه‌سو و بارندگی



شکل ۴-۷- نمودار آبدهی چشمه پهنلو و بارندگی



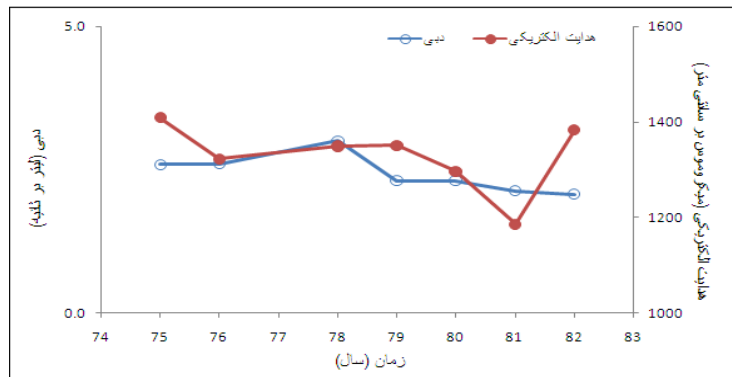
شکل ۴-۸- مقایسه دبی چشمه‌های سرعین در سال‌های مختلف

با توجه به شکل (۴-۸) که مقایسه بین دبی چشمه‌های آبگرم در سال‌های مختلف می‌باشد متوجه می‌شویم که تقریباً "چشمه‌ها تغییرات دبی هماهنگی دارند که البته چشمه‌های ژنرال و پهنلو نوسانات بیشتری را نشان می‌دهد که شاید به علت در ارتباط بودن با آب‌های سطحی باشد.

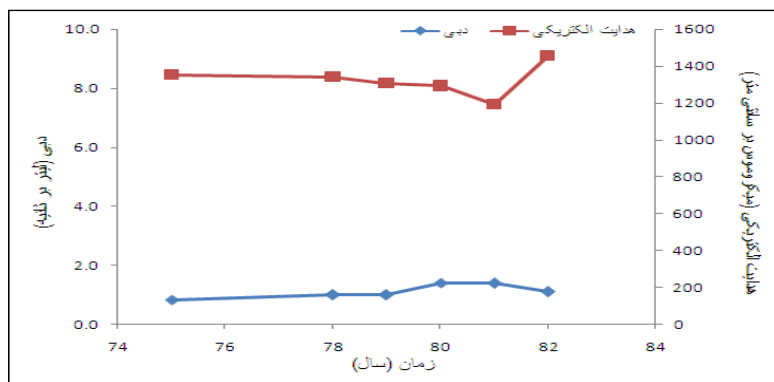
۴-۱-۳- مقایسه بین دبی و هدایت الکتریکی در چشمه‌های آبگرم سرعین

در اشکال (۴-۹) تا (۴-۱۲) مقایسه بین دبی و هدایت الکتریکی چشمه‌های آبگرم سرعین نشان داده شده است که از اطلاعات بین سال‌های ۷۴ تا ۸۳ استفاده شده است (آبساران، ۱۳۸۳). این مقایسه برای چشمه‌های ژنرال، قهوه‌سو، پهنلو، قره‌سو انجام شده است. با توجه به شکل‌ها به این نتیجه می‌رسیم که تقریباً "در این چشمه‌ها با افزایش دبی کاهش هدایت الکتریکی داشتیم.

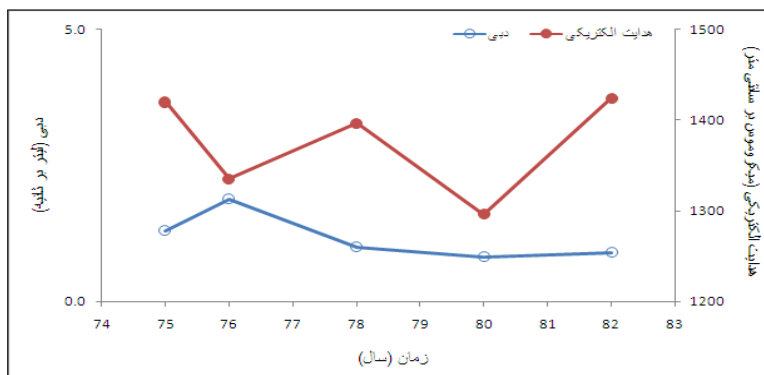
فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی



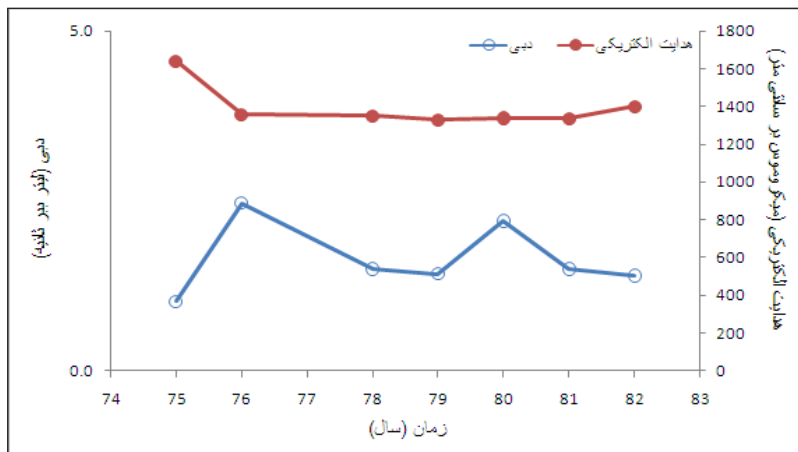
شکل ۹-۴- مقایسه دبی و هدایت الکتریکی در چشمه آبگرم ژنرال



شکل ۱۰-۴- مقایسه دبی با هدایت الکتریکی در چشمه آبگرم قهوه‌سو



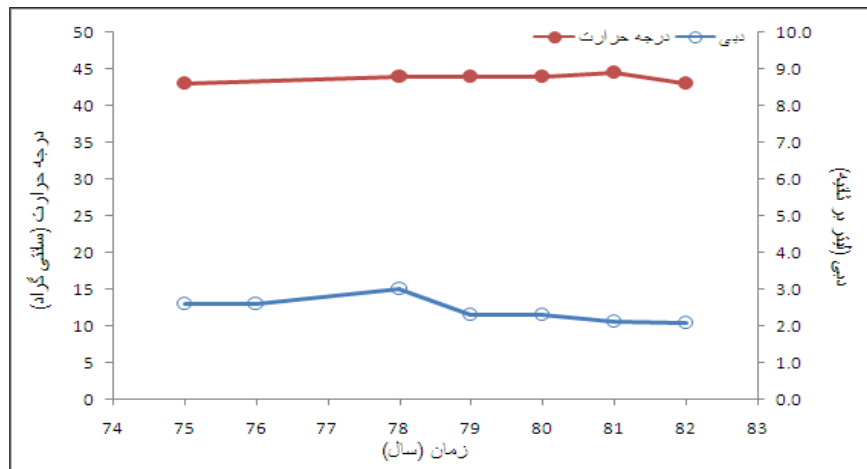
شکل ۱۱-۴- مقایسه بین دبی با هدایت الکتریکی در چشمه آبگرم قره‌سو



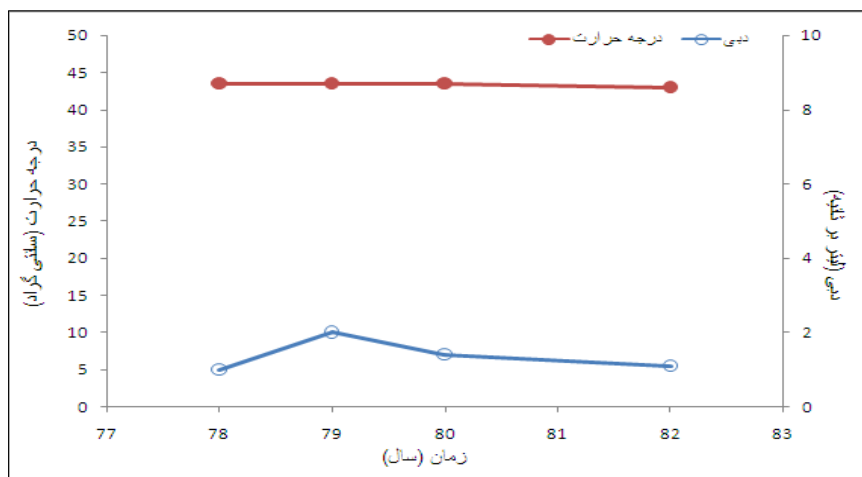
شکل ۴-۱۲- مقایسه بین دبی با هدایت الکتریکی در چشمه آبگرم پهنلو

۴-۱-۴- مقایسه دبی با دما

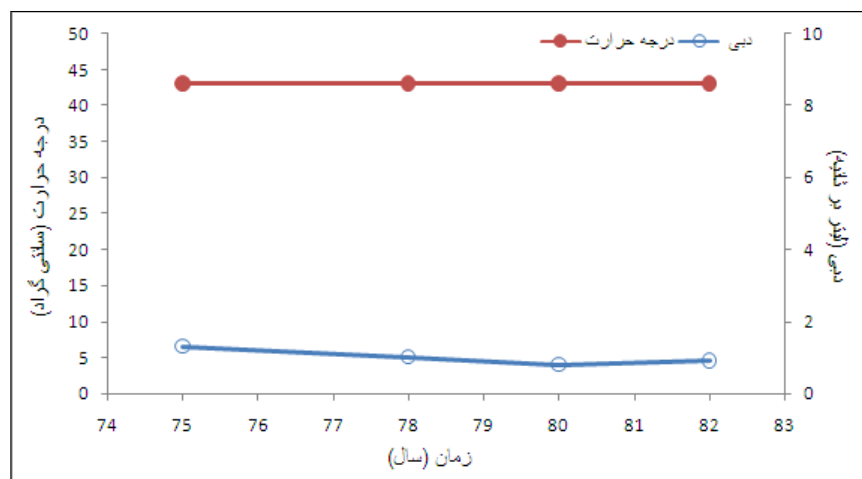
در شکل‌های ۴-۱۳ تا ۴-۱۶ مقایسه بین دبی و دما چشمه‌ها نشان داده شده است. با توجه به اشکال دما و دبی روند خاصی را نشان نمی‌دهند.



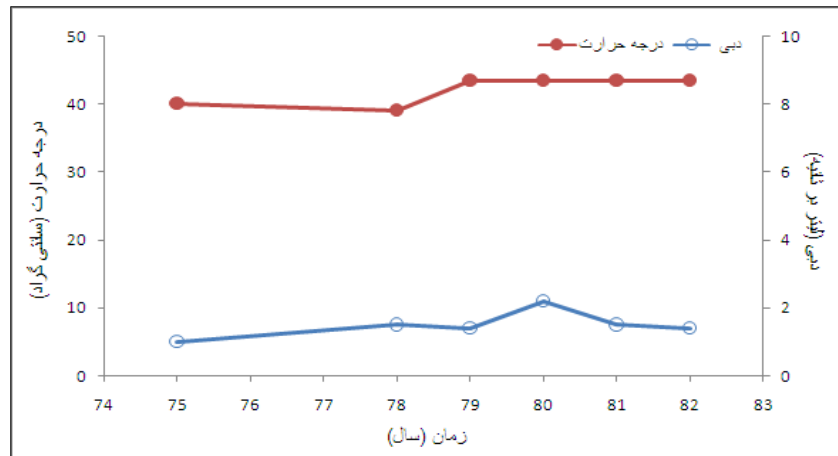
شکل ۴-۱۳- مقایسه بین دبی و درجه حرارت در چشمه آبگرم ژنرال



شکل ۴-۱۴- مقایسه بین دبی و درجه حرارت در چشمه آبگرم قهوه‌سو



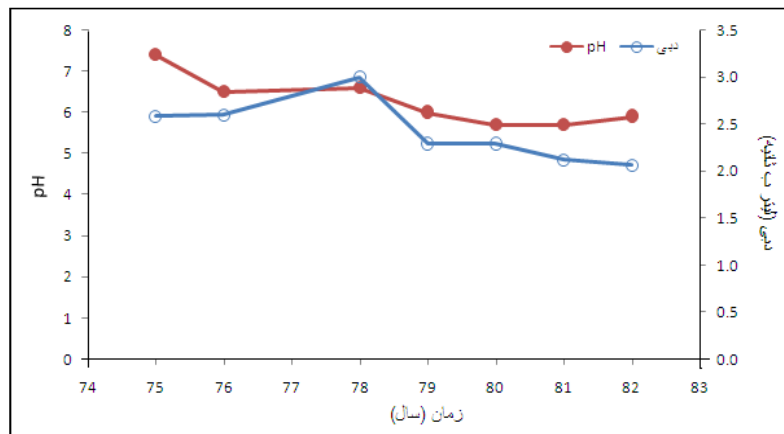
شکل ۴-۱۵- مقایسه بین دبی و درجه حرارت در چشمه آبگرم قره‌سو



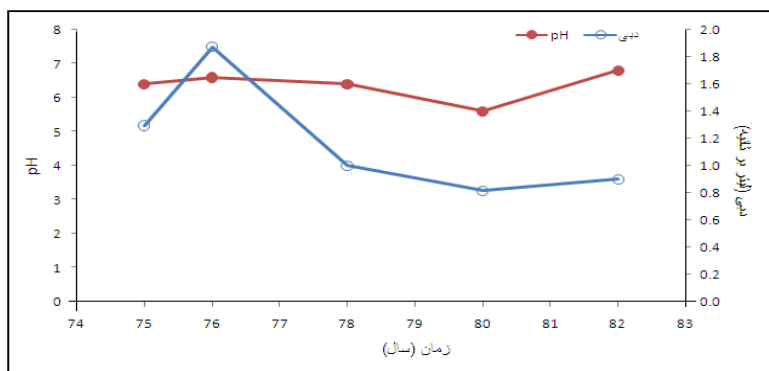
شکل ۴-۱۶- مقایسه بین دبی و درجه حرارت در چشمه آبگرم پهنلو

۴-۱-۵- مقایسه بین دبی و pH

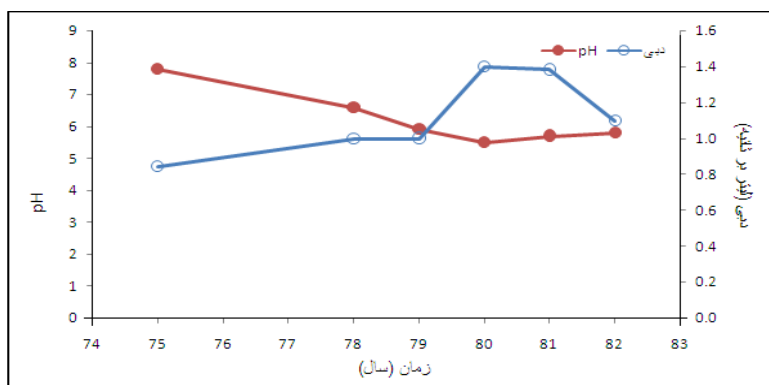
در اشکال (۴-۱۷) تا (۴-۲۰) مقایسه بین دبی و pH انجام شده است. با توجه به اشکال عموماً "تغییری نداریم بجز در شکل (۴-۱۹) با افزایش دبی کاهش pH را شاهد می‌باشیم.



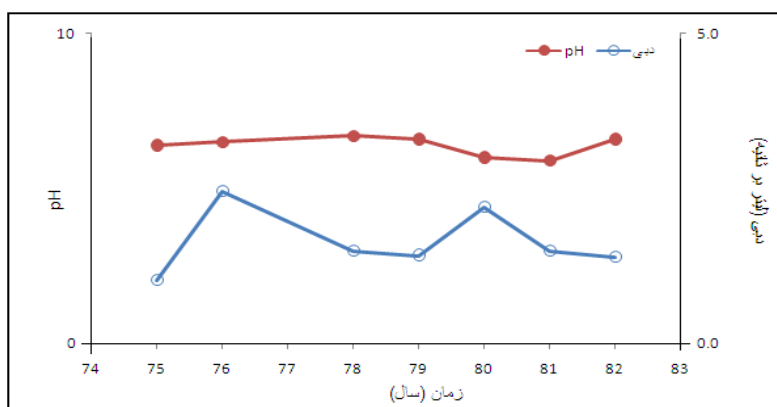
شکل ۴-۱۷- مقایسه بین دبی و pH در چشمه آبگرم زرنال



شکل ۴-۱۸- مقایسه بین دبی و pH در چشمه آبگرم قره‌سو



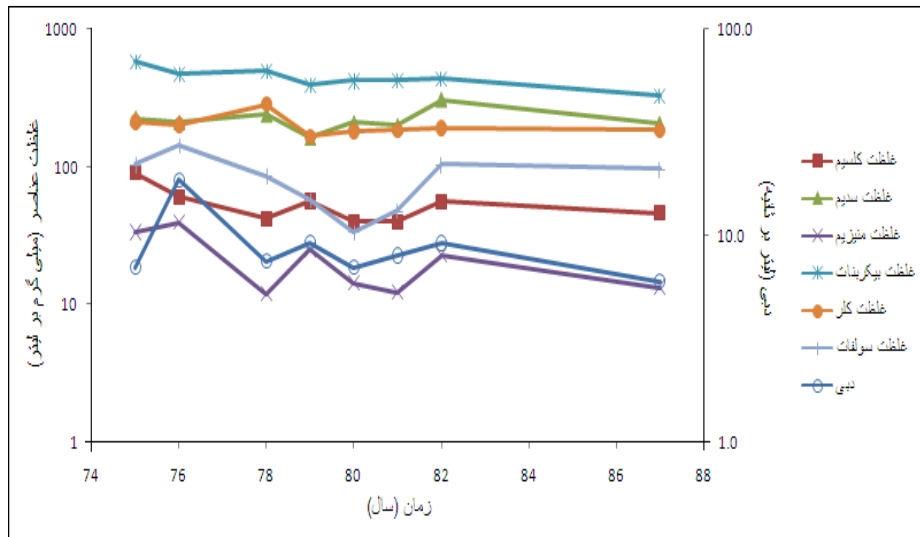
شکل ۴-۱۹- مقایسه بین دبی و pH در چشمه آبگرم قهوه‌سو



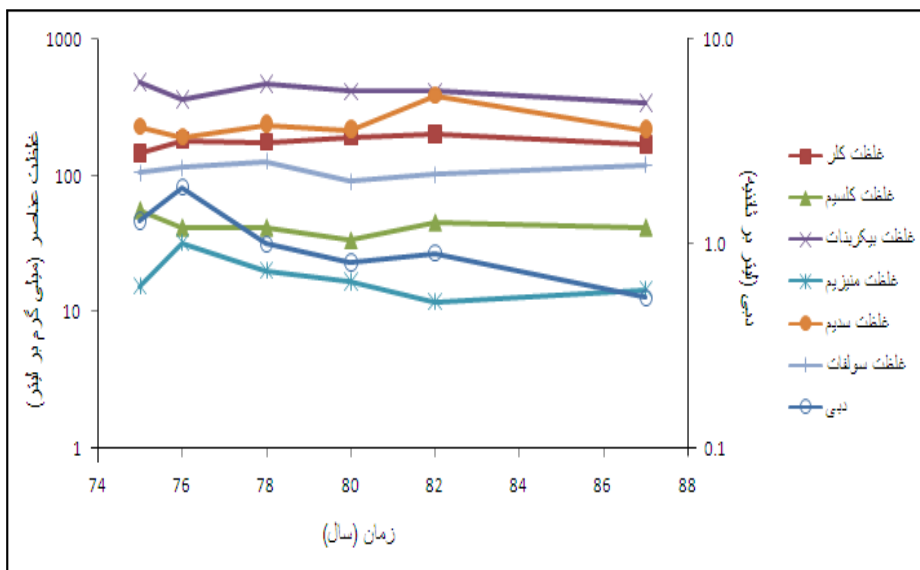
شکل ۴-۲۰- مقایسه بین دبی و pH در چشمه آبگرم پهنلو

۴-۱-۶- مقایسه غلظت عناصر در چشمه‌های مورد بررسی

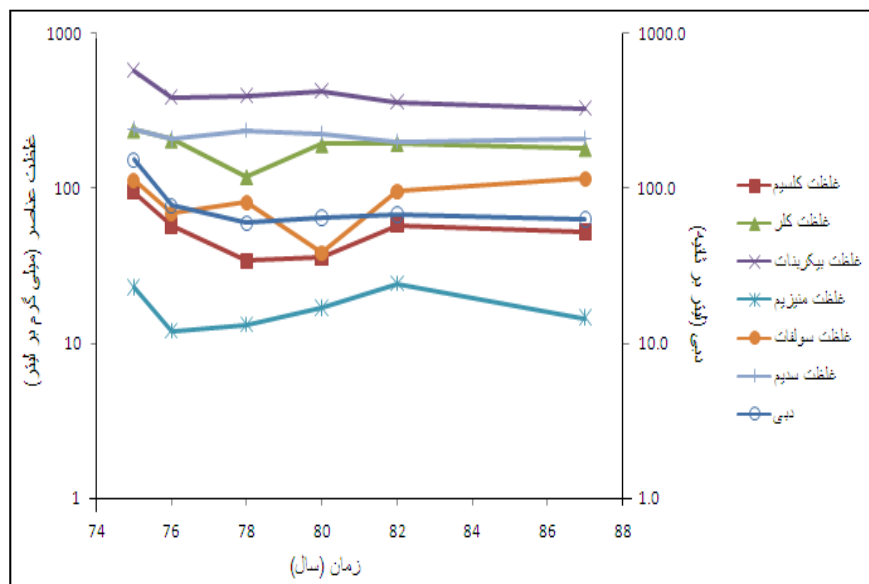
در اشکال (۲۱-۴) تا (۲۴-۴) مقایسه کاتیون‌ها و آنیون‌ها در چهار چشمه آبگرم سریعین مورد بررسی قرار گرفته است.



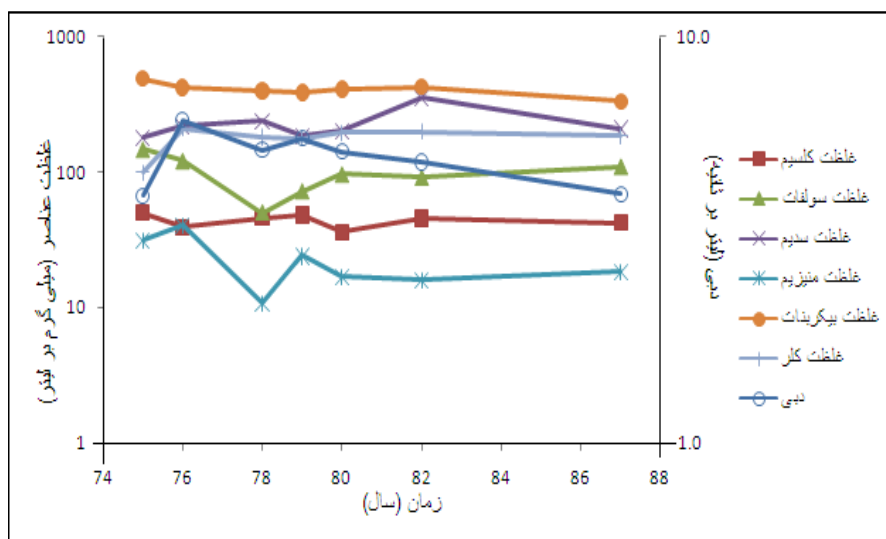
شکل ۲۱-۴- مقایسه کاتیون‌ها و آنیون‌ها در چشمه آبگرم ژنرال



شکل ۲۲-۴- مقایسه عناصر اصلی در چشمه آبگرم قره‌سو



شکل ۴-۲۳- مقایسه عناصر اصلی در چشمه آبگرم قهوه‌سو

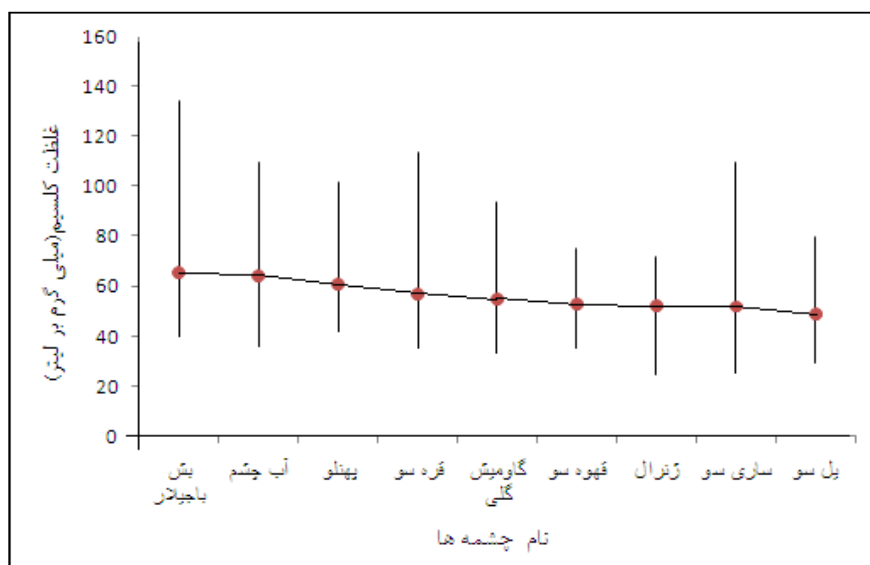


شکل ۴-۲۴- مقایسه عناصر اصلی در چشمه آبگرم پهنلو

۴-۲-۷- بررسی غلظت عناصر و نوسانات عناصر در چشمه‌های آبگرم سرعین

در اشکال (۴-۲۵) تا (۴-۳۳) تغییرات غلظت عناصر مختلف در چشمه‌های مورد بررسی طی سال‌های ۷۲ تا ۸۷ نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که میانگین مقادیر در همه چشمه‌ها یکسان است اما تغییرات غلظت در برخی از چشمه‌ها خیلی زیاد است. به عنوان مثال غلظت کلسیم در چشمه قره‌سو تغییرات زیادی دارد در حالی که تغییرات غلظت کلر، سولفات و بیکربنات در این چشمه ناچیز است. در جدول (۴-۳) تغییرات غلظت عناصر در چشمه‌های مورد مطالعه به سه گروه کم، متوسط و زیاد تقسیم شده است. تغییرات زیاد در شرایطی اطلاق شده که اختلاف مقادیر کم و زیاد بیش از مقدار متوسط است، تغییرات کم در شرایطی که تغییرات کم‌تر از ۵۰ درصد میانگین است و حد بین این دو به عنوان تغییرات متوسط منظور شده است.

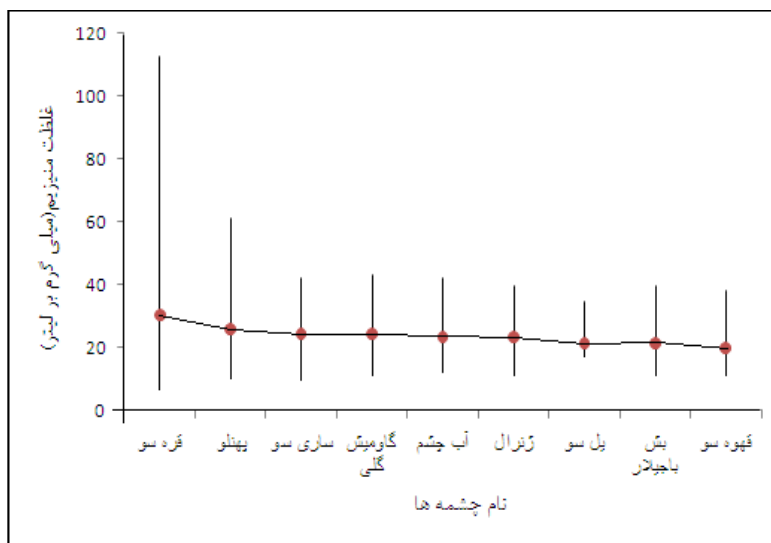
کلسیم: این عنصر در پوسته زمین به‌وفور یافت می‌شود، و وجود آن مشکلی به‌وجود نمی‌آورد ولی در حضور یون بی‌کربنات موجب سختی موقت، و در حضور یون سولفات موجب سختی دائم آب می‌شود (حاج‌ملک، ۱۳۸۶).
تغییرات این عنصر در اغلب چشمه‌ها زیاد می‌باشد.



شکل ۴-۲۵- تغییرات غلظت کلسیم در چشمه‌های آب گرم سرعین

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

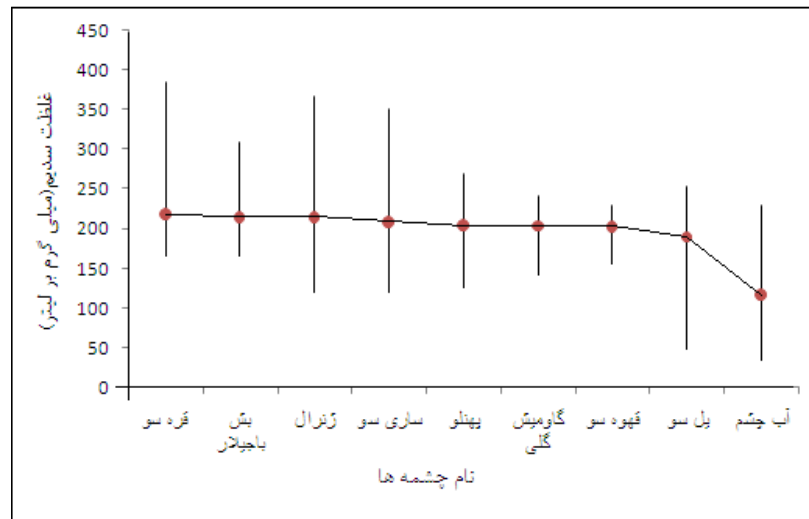
در شکل (۴-۲۵) تمام چشمه‌ها دارای کلسیمی در حدود ۶۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشند که نوسان این عنصر چشمه بش باجیلار و قره‌سو بیشتر می‌باشد. در اغلب چشمه‌ها این عنصر دارای نوسان متوسطی می‌باشد. منیزیم: این عنصر در پوسته زمین فراوان است و یکی از عناصر ضروری برای انسان و حیوانات محسوب می‌شود (حاج‌ملک، س. ۱۳۸۶).



شکل ۴-۲۶. تغییرات غلظت منیزیم در چشمه‌های آبگرم سرعین

سدیم: این کاتیون، متحرک‌ترین کاتیون در آب محسوب می‌شود و در کانی‌های سیلیکاته سدیم‌دار (مانند آلبیت و نفلین) و در سنگ‌های رسوبی به ویژه سنگ‌های تبخیری (مانند هالیت) به وفور یافت می‌شود (حاج‌ملک، ۱۳۸۶).

در شکل (۴-۲۷) نوسان غلظت عنصر سدیم در اغلب چشمه‌ها متوسط دیده می‌شود.

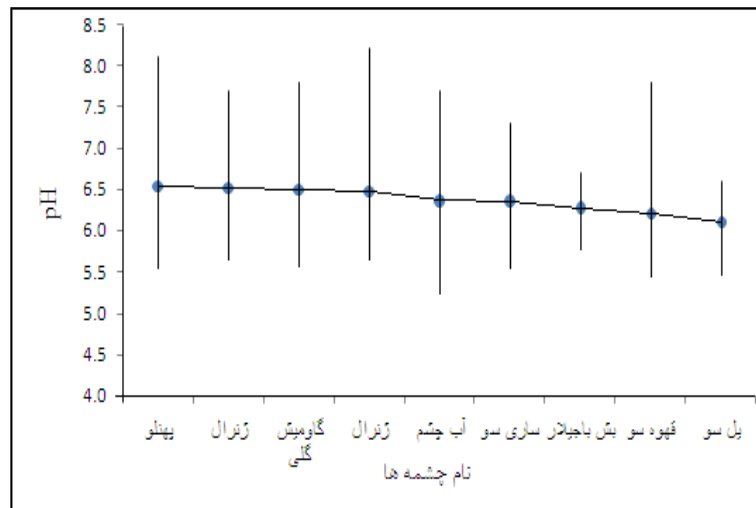


شکل ۲۷-۴- تغییرات غلظت سدیم در چشمه‌های آبگرم سریع

پتاسیم: این عنصر در پوسته زمین به وفور یافت می‌شود و در اثر افزایش سنگ‌های پوسته‌ای وارد منابع آب می‌شود. شکل (۲۸-۴) نوسان غلظت عنصر پتاسیم در چشمه‌ها را نشان می‌دهد. در اغلب چشمه‌ها به جز چشمه ژنرال بقیه چشمه‌ها دارای نوسان زیاد عنصر پتاسیم را نشان می‌دهند.

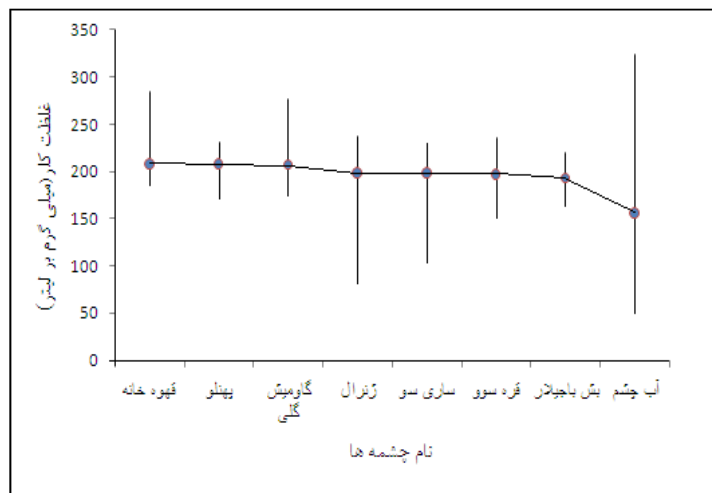


شکل ۲۸-۴- تغییرات غلظت پتاسیم در چشمه‌های آبگرم سریع



شکل ۴-۲۹. تغییرات غلظت pH در چشمه‌های آبگرم سرعین

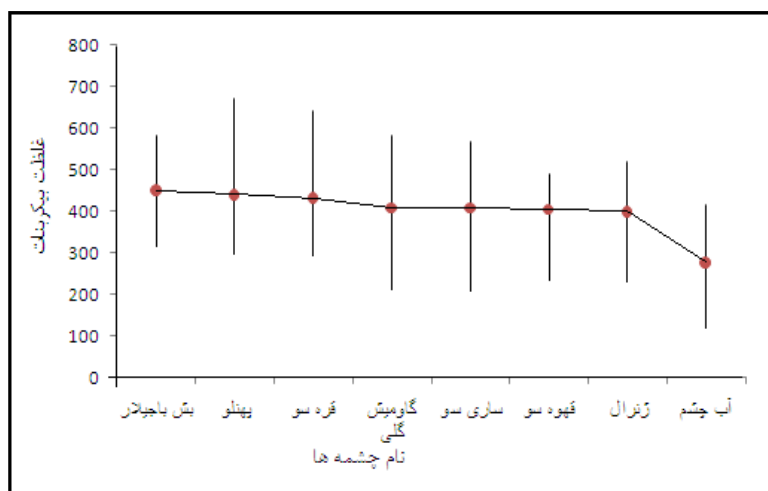
در شکل (۴-۲۹) نوسانات pH را در چشمه‌های آبگرم نشان می‌دهد. pH این چشمه‌ها کمتر از ۷ بوده که به علت اینکه این چشمه‌ها در زمین‌های سیلیسی قرار گرفته است. در تمام چشمه‌ها نوسان pH کم می‌باشد. کلر: این یون در پساب صنایع شیمیایی و تاسیسات چاه‌های نفت، فاضلاب‌ها، زهکش زمین‌های کشاورزی، نمک مورد استفاده برای ذوب برف و در آب وجود دارد (حاج‌ملک، س. ۱۳۸۶). غلظت این یون در چشمه‌های آبگرم سرعین از حد استاندارد آب شرب سازمان جهانی (۲۵۰ میلی گرم در لیتر) کم‌تر است (دولتی‌ارده‌جانی و همکاران، ۱۳۸۴).



شکل ۳۰-۴. تغییرات غلظت کلر در چشمه‌های آبگرم سریع

شکل (۳۰-۴) غلظت کلر در اغلب چشمه‌ها نوسان کمی را نشان می‌دهد.

در شکل (۳۱-۴) چشمه‌ها تقریباً "از غلظت بی‌کربنات یکسانی برخوردارند، و اغلب چشمه‌ها نوسان متوسطی برای بی‌کربنات نشان می‌دهند.

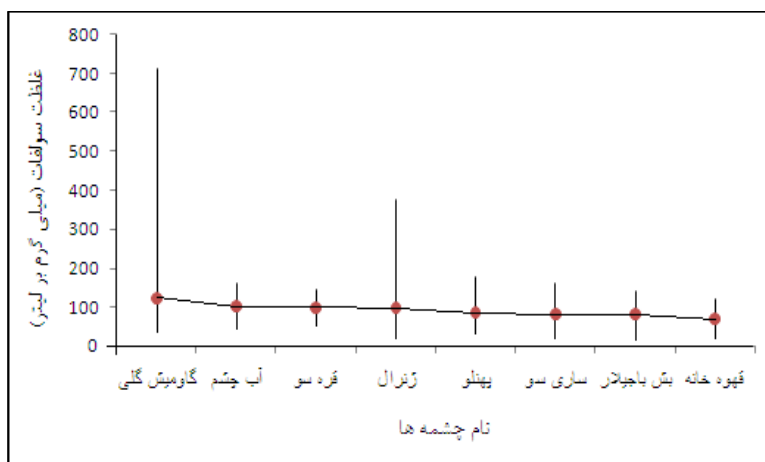


شکل ۳۱-۴. تغییرات غلظت بی‌کربنات در چشمه‌های آبگرم سریع

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

سولفات: منشاء سولفات‌ها، ممکن است پیریت (FeS_2)، ژیپس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) و انیدریت ($CaSO_4$)، کودهای شیمیایی و پساب‌های صنعتی باشد (حاج‌ملک، ۱۳۸۶). متوسط این یون از حد استاندارد آب شرب سازمان بهداشت جهانی (دولتی‌ارده‌جانی و همکاران، ۱۳۸۴) (۲۵۰ میلی گرم در لیتر) کم‌تر است. نوسانات سولفات در اکثر چشمه‌ها زیاد می‌باشد. علت این نوسانات احتمالاً می‌تواند مربوط به در ارتباط بودن با آب‌های سطحی و تاثیر بارندگی بر روی چشمه‌های آبگرم می‌باشد.

با توجه به جدول (۴-۴) تغییرات هدایت الکتریکی در این چشمه‌ها کم می‌باشد.



شکل ۴-۳۲. تغییرات غلظت سولفات در چشمه‌های آبگرم سرعین

جدول ۴-۳. ارزیابی تغییرات غلظت عناصر مختلف در چشمه‌های آبگرم مورد مطالعه

نام چشمه‌ها	گاومیش گلی	بش باجیلار	ساری سو	پهنلو	قره سو	ژنرال	قهوه سو	آب چشم
کلسیم	زیاد	زیاد	زیاد	متوسط	زیاد	کم	کم	متوسط
منیزیم	متوسط	متوسط	متوسط	زیاد	زیاد	متوسط	متوسط	متوسط
سدیم	کم	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	کم	زیاد

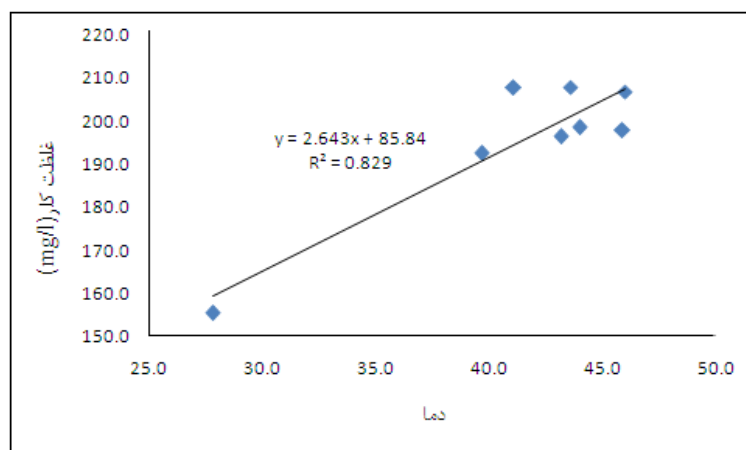
فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

ادامه جدول ۴-۳-

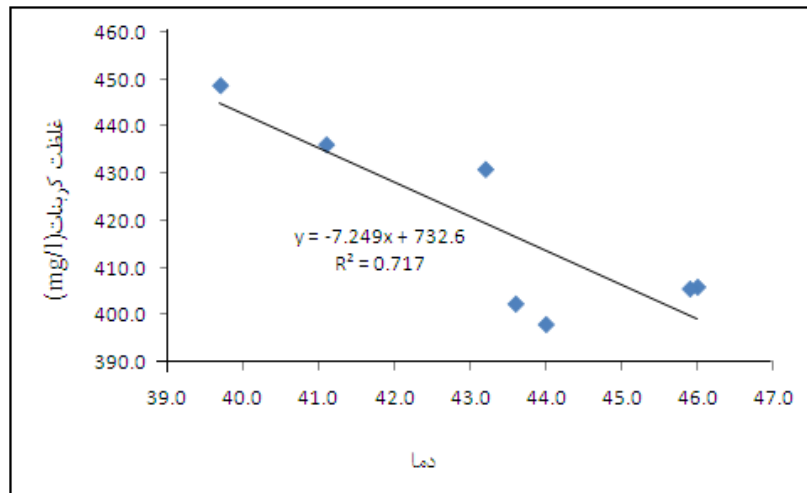
متوسط	زیاد	کم	زیاد	زیاد	زیاد	متوسط	زیاد	پتاسیم
زیاد	متوسط	متوسط	کم	کم	متوسط	کم	کم	کلر
زیاد	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	بیکربنات
زیاد	زیاد	زیاد	متوسط	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	سولفات
کم	کم	کم	کم	کم	کم	کم	کم	pH
کم	کم	کم	کم	کم	کم	کم	کم	هدایت الکتریکی

۴-۲-۸- رابطه غلظت عناصر در چشمه‌های آبگرم سریعین با درجه حرارت آب

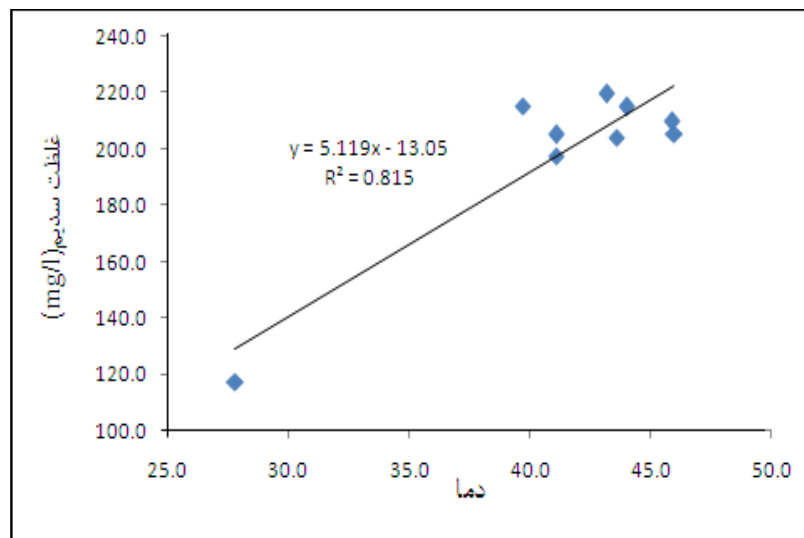
با توجه به نمودارهای زیر با افزایش دما در چشمه‌های آبگرم سریعین سدیم و کلر افزایش نشان می‌دهد در صورتی که کربنات با افزایش دما کاهش نشان داده است. سایر عناصر اصلی تغییر خاصی نسبت به دما نشان نداده‌اند.



شکل ۴-۳-۳- رابطه غلظت کلر با درجه حرارت آب



شکل ۴-۳۴- رابطه غلظت کربنات با درجه حرارت آب



شکل ۴-۳۵- رابطه غلظت سدیم با درجه حرارت آب

۴-۲-۹- همبستگی منیزیم و کلر در چشمه‌های مورد مطالعه:

وجود رابطه خطی مستقیم بین کلر و منیزیم نشانگر این مطلب است که پدیده آمیختگی (Mixing) با آب‌های

سطحی مولفه قابل ملاحظه‌ای در سیستم گرمایی نیست (مر و همکاران، ۱۳۸۴).

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

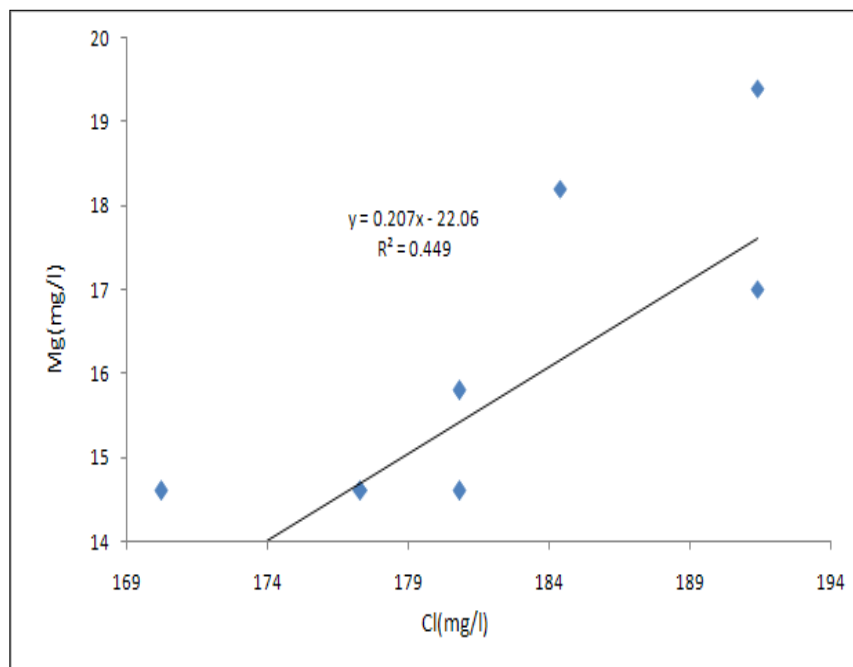
در جدول (۴-۵) مقادیر منیزیم و کلر در چشمه‌های آبگرم سرعین ارائه شده است و در شکل (۴-۳۶) همبستگی بین منیزیم و کلر در این چشمه نشان داده شده است.

در شکل (۴-۳۶) رابطه همبستگی منیزیم و کلر نشان داده شده است با افزایش کلر، منیزیم نیز افزایش می‌یابد. از همبستگی محاسبه شده به این نتیجه می‌رسیم به علت پراکنش موجود بین رابطه کلر با منیزیم احتمالاً "پدیده آمیختگی با آب‌های سطحی رخ داده است.

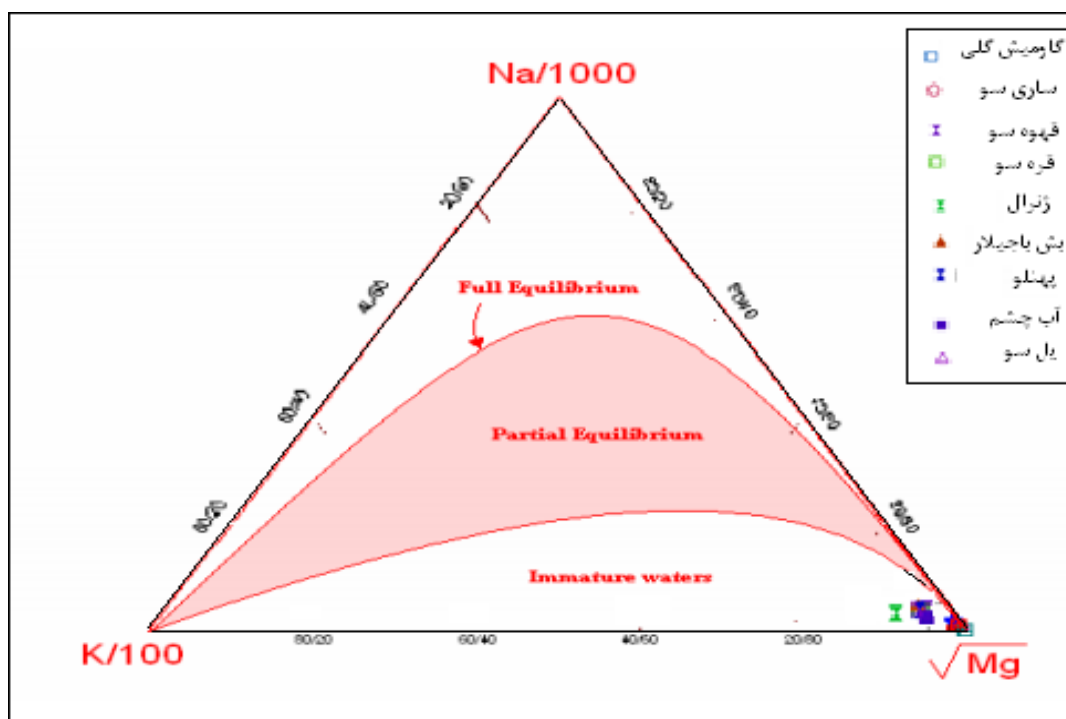
در شکل (۴-۳۷) نمودار مثلثی گیگینباخ که برای نشان دادن به تعادل رسیدن آب‌های منطقه به کار رفته نشان می‌دهد که آب‌های منطقه جز آب‌های نابالغ بوده است.

جدول ۴-۴- مقادیر منیزیم و کلر در چشمه‌های مورد مطالعه

نام چشمه	منیزیم (mg/l)	کلر (mg/l)
گاومیش گلی	۱۴/۶	۱۸۰/۸
یل سو	۱۳/۴	۱۸۴/۴
پهنلو	۱۳/۴	۱۷۷/۳
قهوه سو	۱۹/۴	۱۹۱/۴
آب چشم	۱۸/۲	۱۸۴/۴
ساری سو	۱۴/۶	۱۷۰/۲
قره سو	۱۵/۸	۱۸۰/۸
بش باجیلار	۱۷	۱۹۱/۴



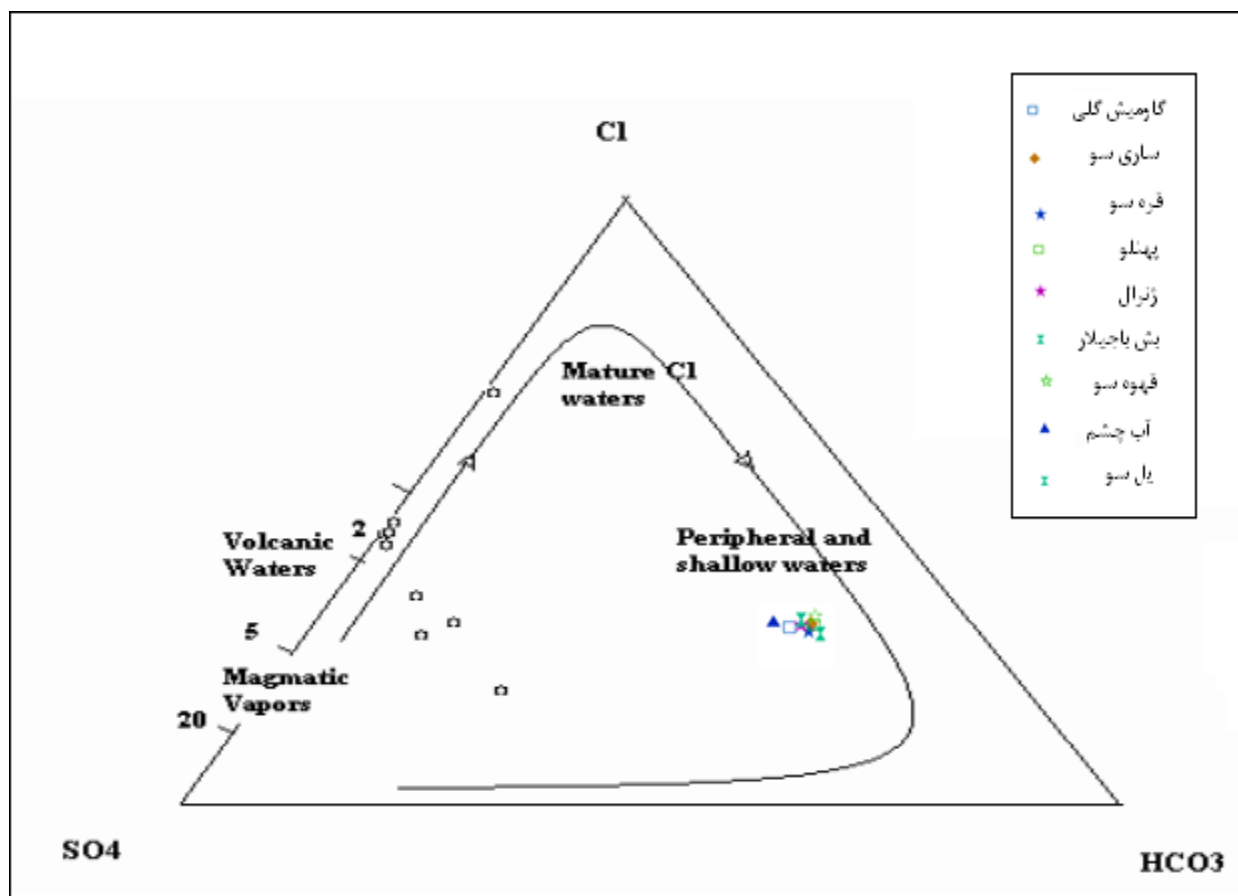
شکل ۴-۳۶- همبستگی بین منیزیم و کلر در چشمه‌های مورد مطالعه



شکل ۴-۳۷- نمودار گیگینباخ چشمه‌های آبگرم سریع برای مشخص کردن به تعادل رسیدن آب‌های منطقه

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

بر اساس نظر گیگینباخ ۱۹۹۰ اگر نسبت SO_4/Cl برابر ۵ تا ۲۰ باشد متعلق به بخار ماگمایی است و اگر این نسبت در حدود دو باشد در محدوده آب‌های آتشفشانی قرار دارد. با پلات کردن نسبت SO_4/Cl آب‌های منطقه بر روی دیاگرام مثلی SO_4-HCO_3-Cl که در شکل (۴-۳۸) مشاهده می‌شود آب‌های گرم منطقه سرعین در محدوده آب‌های کم عمق قرار دارد.



شکل ۴-۳۸. نمودار مثلی HCO_3-SO_4-Cl برای جدا کردن آب‌های آتشفشانی از بخارات ماگمایی، آب‌های بالغ و آب‌های کم عمق (گیگینباخ ۱۹۹۰)

۴-۳- اندازه‌گیری سولفید هیدروژن محلول در آب

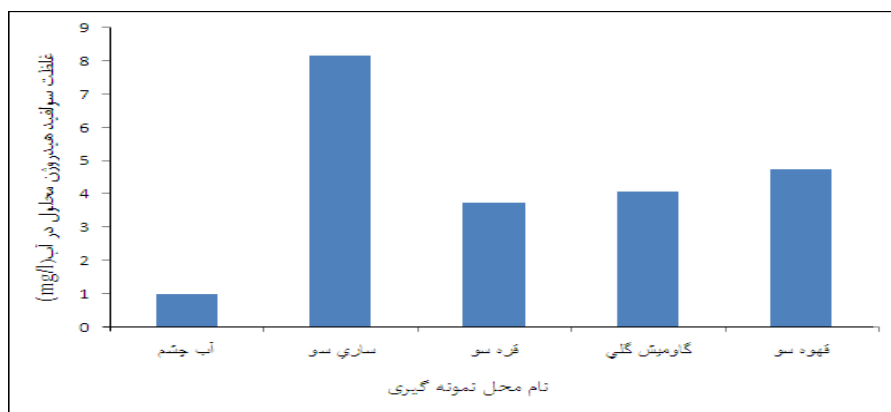
در جدول (۴-۶) مقادیر اندازه‌گیری شده دی‌اکسیدکربن در چشمه‌های آبگرم سرعین ذکر شده است و در شکل (۴-۳۹) این مقادیر به صورت شماتیک نشان داده شده است.

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.

در شکل (۴-۳۹) غلظت سولفید هیدروژن محلول در آب چشمه آبگرم ساری سو از بقیه چشمه‌ها بیشتر می‌باشد.

جدول ۴-۵- مقادیر سولفید هیدروژن محلول در آب در چشمه‌های آبگرم سرعین

نام	ید مصرفی (میلی لیتر)	(mg/L) H ₂ S
آب چشم	۰/۳	۱/۰۲
ساری سو	۲/۴	۸/۱۶
قره سو	۱/۱	۳/۷۴
گاومیش گلی	۱/۲	۴/۰۸
قهوه سو	۱/۴	۴/۷۶
بش باجیلار	به علت اینکه مخلوطی از چند آبگرم بود اندازه‌گیری نشد	-
یل سو	به علت تعطیلی مجتمع آبگرم اندازه‌گیری نشد	-



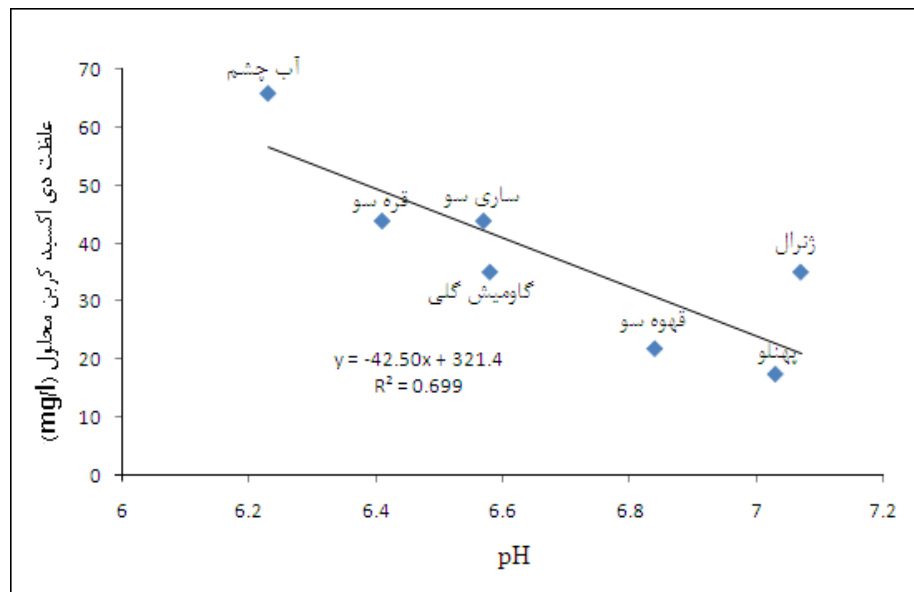
شکل ۴-۳۹- غلظت سولفید هیدروژن محلول در آب چشمه‌های آبگرم سرعین

۴-۴- اندازه‌گیری CO₂ محلول در آب

در جدول (۴-۷) مقادیر دی‌اکسیدکربن محلول اندازه‌گیری شده در آب چشمه‌های آبگرم سرعین ذکر شده است و در شکل (۴-۴۰) مقایسه بین مقدار دی‌اکسیدکربن و pH نشان داده شده است.

جدول ۴-۶- مقادیر دی‌اکسید کربن محلول در آب چشمه‌های آبگرم سرعین

نام	سود مصرفی (میلی لیتر)	دی‌اکسید کربن (میلی گرم بر لیتر)
ژنرال	۰/۸	۳۵/۲
پهنلو	۰/۴	۱۷/۶
آب چشم	۱/۵	۶۶
ساری سو	۱/۰	۴۴
قره سو	۱/۰	۴۴
گاومیش گلی	۰/۸	۳۵/۲
قهوه سو	۰/۵	۲۲
بش باجیلار	به علت اینکه مخلوطی از چند آبگرم بود اندازه گیری نشد	
یل سو	به علت تعطیلی مجتمع آبگرم اندازه گیری نشد	



شکل ۴-۴- رابطه بین CO₂ و pH در چشمه‌های آبگرم سرعین

در شکل (۴-۴) مقایسه‌ای بین مقدار دی اکسید کربن و pH را نشان می‌دهد که با افزایش pH، مقدار دی اکسید کربن محلول در آب کاهش می‌یابد.

۴-۵- نسبت جذب سدیم در چشمه‌های آبگرم سرعین

نسبت جذب سدیم (SAR) یکی از پارامترهایی است که برای بیان مقدار سدیم موجود در آب مورد استفاده قرار می‌گیرد و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad \text{رابطه (۴-۱)}$$

که در این رابطه SAR بیانگر نسبت جذب سدیم می‌باشد و غلظت تمامی کاتیون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر بیان می‌شود (صداقت، ۱۳۸۵).

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

عمدتاً جهت بررسی نقش سدیم در کیفیت آب آبیاری از نسبت جذب سدیم (SAR) استفاده می‌شود. این پارامتر یکی از شاخص‌های مهم در بررسی کیفیت آب در مصارف کشاورزی می‌باشد. اصولاً "یون سدیم باعث از هم پاشیدن خاکدانه‌ها می‌گردد؛ به طوری که خاک مرطوب نسبت به نفوذ آب و هوا مقاوم شده و به صورت کلوخه‌ای در می‌آید. همچنین سطح خاک‌هایی که دارای سدیم هستند، از قشر سختی پوشیده می‌شود که مانع جوانه زدن گیاه می‌گردد با توجه به رابطه SAR نقش سدیم توام با کلسیم و منیزیم بررسی می‌گردد؛ به عبارت دیگر زمانی که مقدار کلسیم و منیزیم در آب آبیاری افزایش پیدا کند، اثر زیان‌آور سدیم کاهش پیدا می‌کند (بهمنی، ۱۳۸۷). در جدول ۴-۹ مقادیر SAR برای چشمه‌های آبگرم سرعین ارائه شده است.

جدول ۴-۷- استاندارد SAR در استفاده از آب‌ها در کشاورزی (بهمنی، ۱۳۸۷)

میزان SAR	۱-۱۰	۱۰-۱۸	۱۸-۲۶	>۲۶
خطر مشکل سدیم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

جدول ۴-۸- SAR چشمه‌های آبگرم سرعین

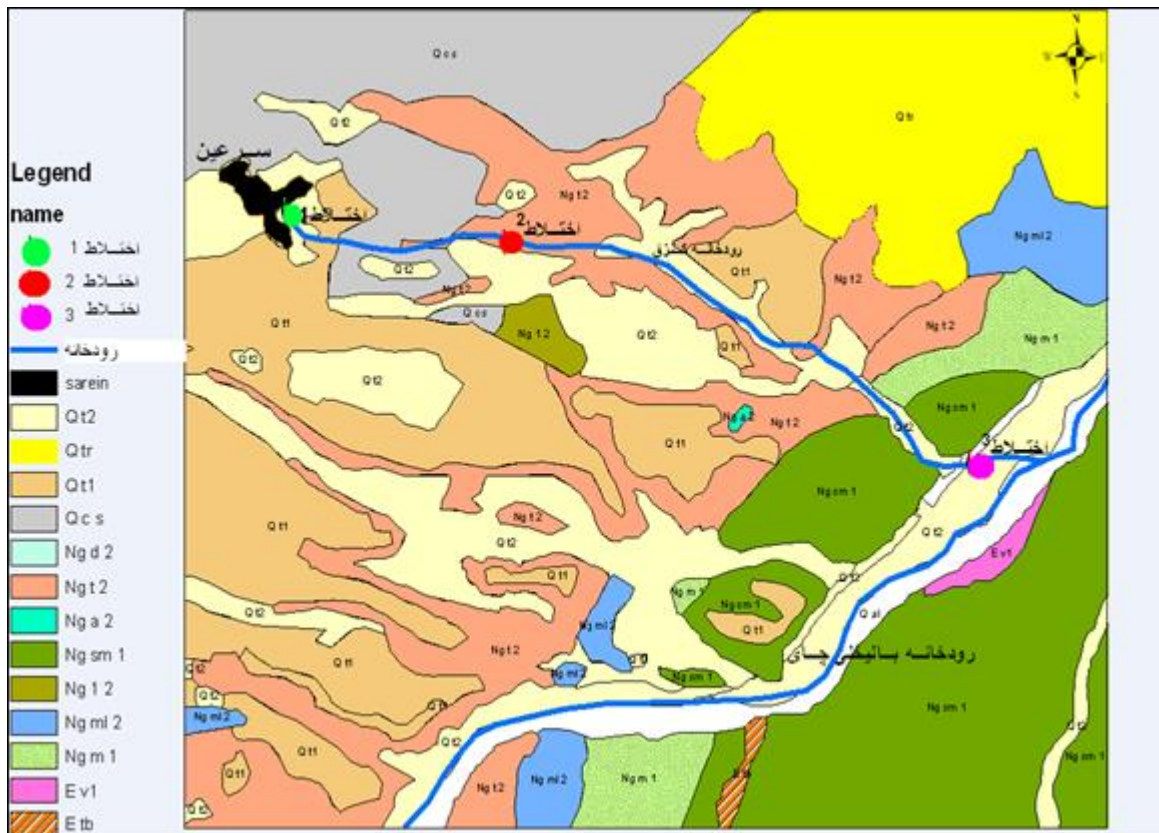
نام چشمه	SAR
گاومیش گلی	۲/۵
ساری سو و قره سو	۵/۳
پهنلو	۵/۵
ژنرال	۵/۳
بش باجیلار	۵/۲
قهوه سو و یل سو	۵/۹
آب چشم	۱/۲

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

با توجه به نسبت جذب سدیم حساب شده و استاندارد (بهمنی و همکاران، ۱۳۸۷) مقدار این شاخص در آب چشمه‌های گرم سرعین بین ۱-۱۰ که کم می‌باشد قرار گرفته است.

۴-۶- پساب‌های مجتمع‌های آبگرم سرعین

در شکل (۴-۴) محل‌های نمونه‌گیری از پساب مجتمع‌های آبگرم در سرعین نشان داده است. در جدول (۴-۱۰) نتایج برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های پساب مجتمع‌های آبگرم سرعین ذکر شده است.



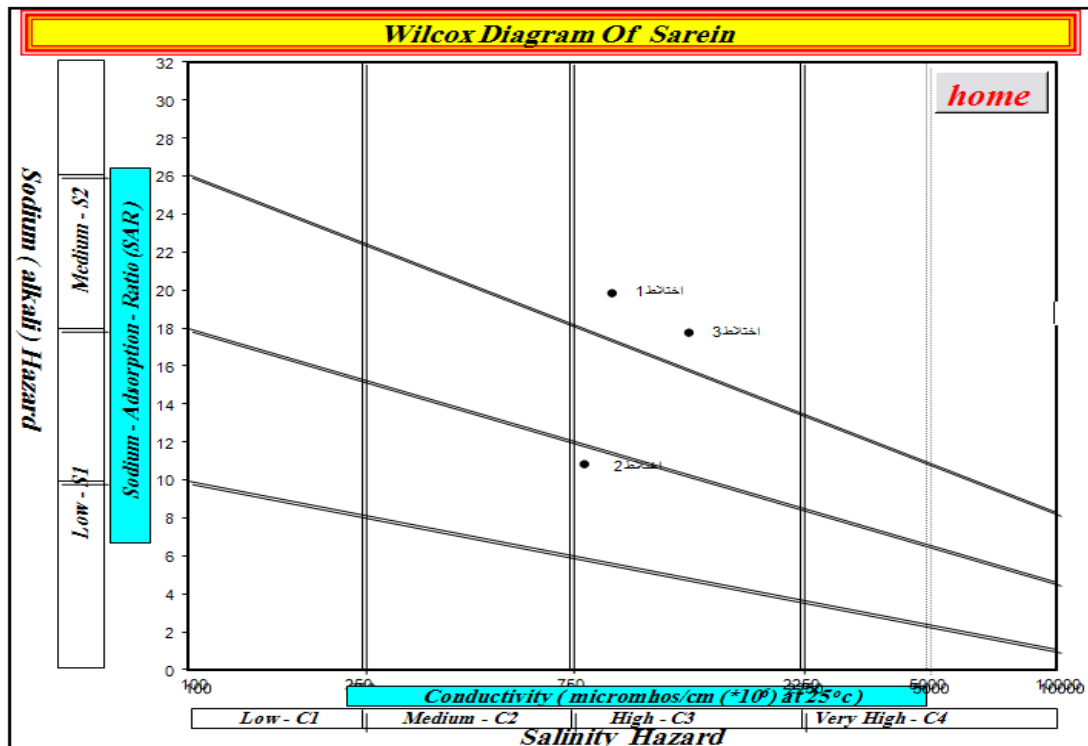
شکل ۴-۴- موقعیت محل نمونه‌گیری از پساب‌های خروجی از چشمه‌های آبگرم سرعین

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

جدول ۹-۴- نتایج برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های پساب

نام ایستگاه‌ها	HCO ₃	CO ₃ ⁻²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SAR
اختلاط ۱	۳۸۱	۰	۱۷۰	۲۰۲	۱۹۵/۵	۱۲۳	۱۶/۸	۳/۸
اختلاط ۲	۳۲۰	۰	۱۱۶	۱۹۲	۱۱۵	۱۳۵	۱۹/۲	۲/۱
اختلاط ۳	۱۵۰	۳۶	۲۱۷	۴۱۳	۲۳۰	۹۴	۴۵/۵	۳/۳
نام ایستگاه‌ها	NO ₃ ⁻	T.S.S	سختی کل	دما	EC	pH	T.D.S	-
اختلاط ۱	۵/۲	۱۳	۱۶۴	۱۳/۲	۹۴۶	۶/۹	۵۱۷	-
اختلاط ۲	۳/۸	۱۰۰	۱۷۲	۱۰/۳	۸۲۱	۶/۹	۴۴۶	-
اختلاط ۳	۱/۴	۴۲	۱۵۹	۱۰/۵	۱۴۲۶	۸/۵	۷۸۸	-

در شکل (۴-۴) موقعیت نمونه‌های پساب در نمودار ویلکوکس نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود نمونه‌های فوق از نظر طبقه بندی کشاورزی در گروه شوری بالا قرار دارد که قابل استفاده برای کشاورزی می‌باشد. کلاس آب این نمونه‌ها در نمودار ویلکوکس برای نمونه‌های اختلاط ۱ و ۳، C₃-S₄ که خیلی شور برای کشاورزی می‌باشد و برای نمونه اختلاط ۲، C₃-S₂ می‌باشد که کیفیت آب برای کشاورزی شور و قابل استفاده برای کشاورزی می‌باشد.



شکل ۴-۴. نمودار ویلکوکس برای پساب‌های خروجی مجتمع‌های آبگرم سرعین

۴-۶-۱- نسبت جذب سدیم در پساب چشمه‌های آبگرم سرعین

با توجه به نسبت جذب سدیم حساب شده و استاندارد (بهمنی و همکاران، ۱۳۸۷) مقدار این شاخص در پساب چشمه‌های آبگرم بین ۱-۱۰ که کم می‌باشد قرار گرفته است.

جدول ۴-۱۰- SAR پساب چشمه‌های آبگرم سرعین

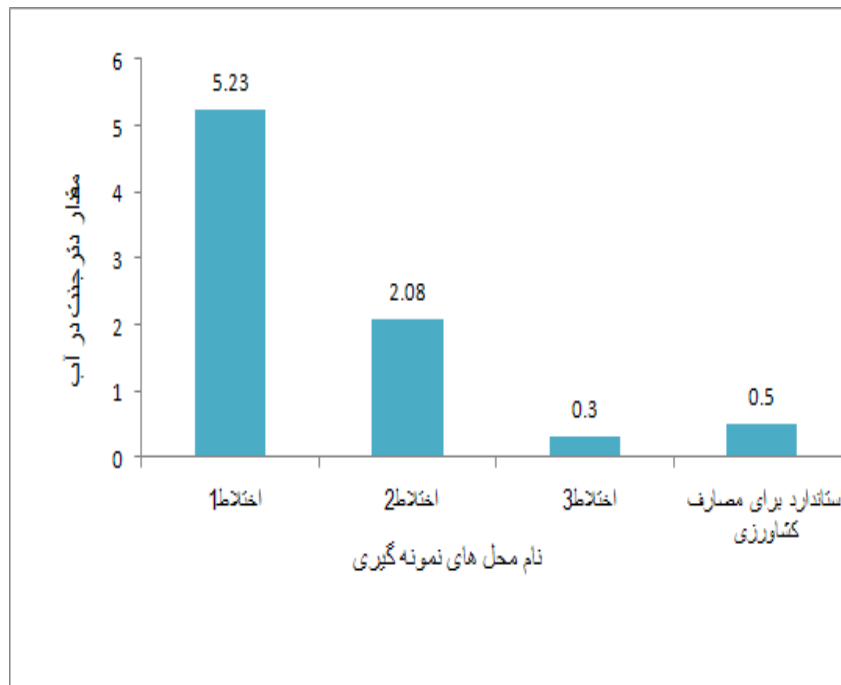
SAR	نام
۴/۵	اختلاط ۱
۲/۵	اختلاط ۲
۵	اختلاط ۳

۴-۶-۲- شوینده‌ها

در شکل (۴-۴۳) مقدار شوینده موجود در پساب‌های خروجی از مجتمع‌های آبگرم سرعین نشان داده شده است. بر طبق استاندارد مقدار شوینده موجود برای آبیاری ۰/۵ میلی گرم در لیتر می‌باشد (استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۸۱) که در پساب‌های خروجی مجتمع‌های آبگرم سرعین این مقدار خیلی بیشتر از استاندارد می‌باشد و در دورترین نقطه که محل الحاق رودخانه کنزق‌چای به رودخانه بالیخلی‌چای مقدار آن کم‌تر از استاندارد می‌باشد. در جدول (۴-۱۲) مقدار دترجنت موجود در پساب خروجی مجتمع‌های آبگرم سرعین ذکر شده است.

جدول ۴-۱۱- مقدار دترجنت موجود در پساب خروجی مجتمع‌های آبگرم سرعین

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



شکل ۴-۴- مقدار شوینده در پساب‌های خروجی مجتمع‌های آبگرم سرعین

۴-۶-۳- اندازه‌گیری اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD)

در جدول (۴-۱۳) مقادیر BOD و DO نمونه‌های پساب با نمونه شاهد و نیز استانداردهای مختلف نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود BOD همه نمونه‌های اختلاط بیش از مقدار توصیه شده برای کاربرد پساب در کشاورزی می‌باشد.

با توجه به استاندارد مقدار BOD در آب برای آبیاری باید ۱۰۰ باشد (سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۸۱) که در آب چشمه‌های گرم مقدار BOD از مقدار استاندارد زیاد بوده است.

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

جدول ۴-۱۲- مقادیر اکسیژن محلول و اکسیژن مورد نیاز مصرف بیولوژیکی در نمونه‌های تهیه شده از پساب منطقه سرعین

ردیف	نام	D.O	(mg/L)BOD
۱	آب غیر آلوده	۶/۰	
۲	چشمه قهوه سویی	۵/۵	۱۵۰/۰
۳	اختلاط ۱	۲/۵	۱۰۵۰/۰
۴	اختلاط ۲	۰/۷	۱۵۹۰/۰
۵	اختلاط ۳	۱/۲	۱۴۴۰/۰
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

جدول ۴-۱۳- BOD در چشمه‌های آبگرم

نام نمونه	مقدار BOD
ساری سو	۲۲۰
ژنرال	۱۹۰
قره سو	۱۸۰
پهنلو	۱۴۰
بش باجیلار	۱۳۰
استاندارد	۱۰۰

۴-۶-۴- فلزات سنگین

به منظور بررسی مقدار فلزات سنگین در پساب چشمه‌های مورد بررسی اقدام به نمونه‌گیری و آنالیز انجام شده

است. در جدول (۴-۱۶) مقادیر فلزات سنگین در پساب چشمه‌های مورد مطالعه آمده است.

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

جدول ۴-۱۴. معیارهای بین‌المللی کیفیت آب قابل شرب و کیفیت آب مورد استفاده در آبیاری (United Nations, 1994)

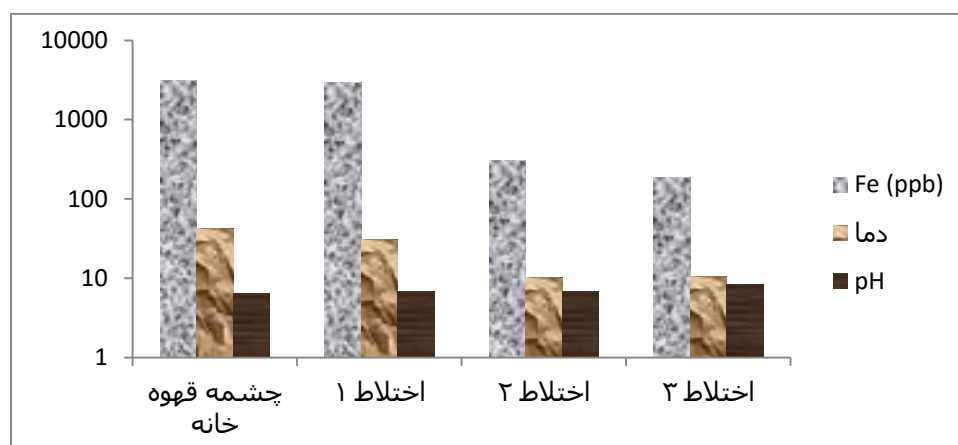
پارامتر	کیفیت آب قابل شرب			آب آبیاری
	WHO(۱۹۹۳)	Canada(۱۹۷۸)	Australia(۱۹۹۲)	Australia(۱۹۹۲)
pH	۶/۵ - ۸/۵	۶/۵ - ۸/۵	۶/۵ - ۸/۵	
سختی	-	-	۵۰۰	-
کلراید	۲۵۰	۲۵۰	۴۰۰	۳۰۰۰ - ۷۰۰
SO ₄	۲۵۰	۵۰۰	۴۰۰	-
نیترات	۵۰	۱۰	۱۰	-
سدیم	۲۰۰	-	۳۰۰	۱۰۰
منیزیم	-	-	۰/۱	-
آهن	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۱
منگنز	۰/۵	۰/۰۵	۰/۱	۲
مس	۲	۱	۱	۰/۲
کادمیوم	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۱
کروم	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۱
جیوه	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
سرب	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۲
سلنیوم	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
روی	۳	۵	۵	۲

جدول ۴-۱۵. مقادیر فلزات سنگین را در نمونه‌های پساب

Cr (ppb)	Co (ppb)	Cu (ppb)	Zn (ppb)	As (ppb)	Li (ppb)	Mn (ppb)	Fe (ppb)	نام اصلی
۲	۲	۲	۶/۵	۳۵/۲	۶۷۰/۱	۳۴۵/۹	۳۱۳۰	قهوه خانه
۲	۲	۲	۱۳/۹	۳۲/۷	۵۴۳/۸	۳۲۹/۸	۲۹۴۰	اختلاط ۱
۲	۲	۲	۲	۱۹	۴۷۷/۱	۱۱۹/۷	۳۰۵/۲	اختلاط ۲
۲	۲	۲	۲	۱۸/۶	۳۸۱/۱	۶/۳	۱۸۸/۷	اختلاط ۳

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

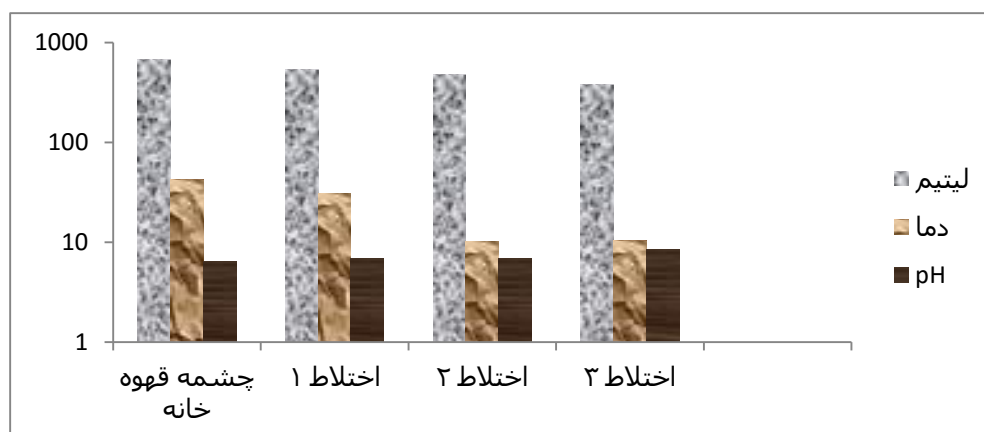
آهن: مقدار این عنصر در محل‌های نمونه‌برداری برای پساب کم‌تر از استاندارد (۱۹۹۲) Australia که ۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد بوده و همانطور که در شکل (۴-۴۳) مشاهده می‌کنیم مقدار این عنصر از محل اختلاط ۱ تا محل ورود این پساب‌ها به رودخانه بالیخلی‌چای کاهش می‌یابد.



شکل ۴-۴- غلظت آهن در پساب خروجی از چشمه‌های آبگرم سریع

با توجه به شکل که رابطه بین میزان آهن و دما و pH را نشان می‌دهد متوجه می‌شویم که با کاهش دما و افزایش pH در منطقه مورد نمونه‌گیری مقدار آهن در نمونه‌های پساب کاهش می‌یابد.

لیتیم: با توجه به استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست استاندارد این عنصر ۲/۵ برای آبیاری می‌باشد که مقدار این عنصر مانند آهن از محل نمونه‌برداری اختلاط ۱ که نزدیک‌ترین ایستگاه به محل تولید پساب‌ها می‌باشد تا محل اختلاط ۳ که محل ورود پساب‌ها به رودخانه بالیخلی‌چای می‌باشد با توجه به شکل (۴-۴۵) کاهش نشان می‌دهد.



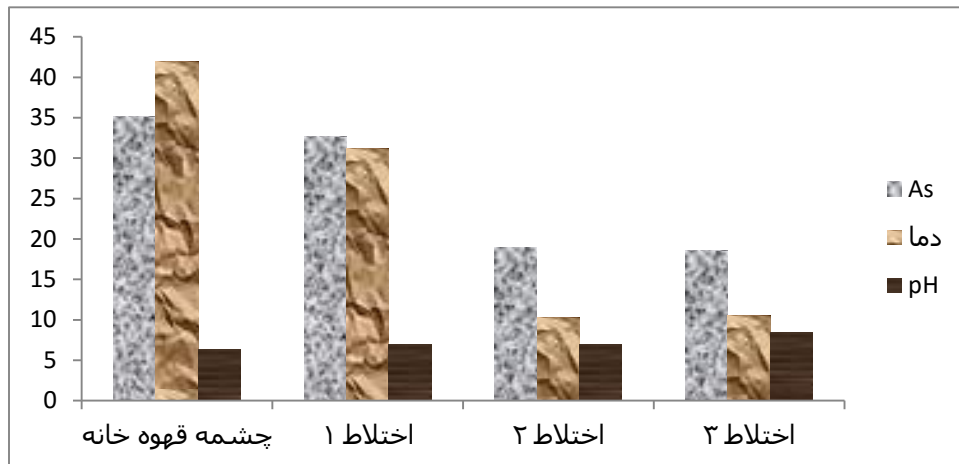
شکل ۴-۴۵. غلظت لیتیم در پساب خروجی از چشمه‌های آبگرم سرعین

با توجه به شکل که رابطه بین میزان لیتیم و دما و pH را نشان می‌دهد متوجه می‌شویم که با کاهش دما و افزایش pH در منطقه مورد نمونه گیری مقدار لیتیم در نمونه‌های پساب اندکی کاهش می‌یابد. به علت رسوب همراه با آهک، مقدار لیتیم کاهش نشان می‌دهد.

آرسنیک: آرسنیک از انحلال نمک‌های آرسنیکی وارد آب‌های معدنی می‌شود. این عنصر به صورت سه ظرفیتی در زمین وجود داشته که در ترکیب آب وارد می‌شود و پس از خروج از زمین اکسید شده و به ظرفیت‌های بالاتر مبدل می‌گردد. میزان آن در آب‌ها کم و در برخی موارد نسبتاً زیاد می‌باشد. در چشمه معدنی بوربول فرانسه میزان آن به ۷ میلی گرم در لیتر می‌رسد (غفوری، ۱۳۶۶).

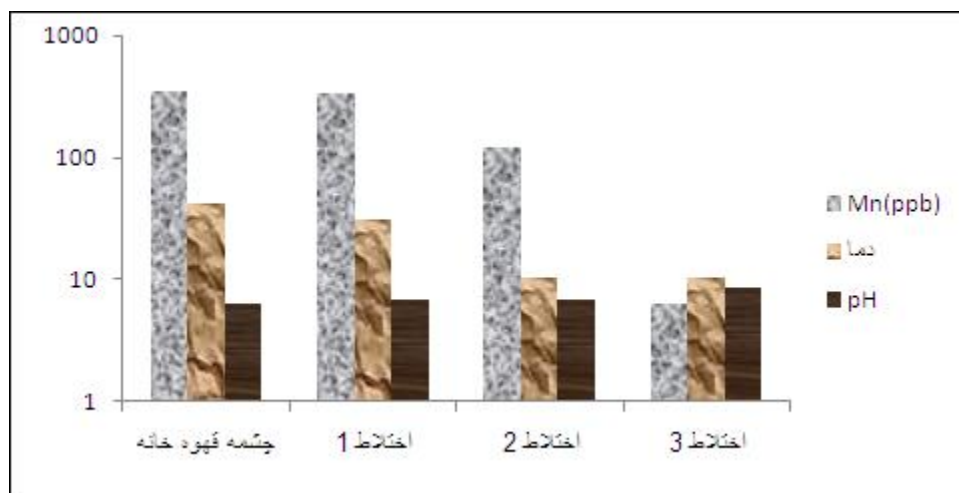
با توجه به استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست استاندارد این عنصر ۰/۱ برای آبیاری می‌باشد که مقدار این عنصر نیز مطابق با شکل (۴۶-۴) کاهش نشان می‌دهد.

با توجه به شکل که رابطه بین میزان آرسنیک، دما و pH را نشان می‌دهد متوجه می‌شویم که با کاهش دما و افزایش pH در منطقه مورد نمونه گیری مقدار آرسنیک در نمونه‌های پساب کاهش می‌یابد.



شکل ۴-۴۶- غلظت آرسنیک در پساب خروجی از چشمه‌های آبگرم سریع

منگنز: این عنصر در پوسته زمین وجود دارد و یکی از عناصر ضروری برای انسان محسوب می‌شود (حاج‌ملک، ۱۳۸۶). مقدار این عنصر با توجه به استاندارد Australia (۱۹۹۲) برای آبیاری که ۲ میلی گرم بر لیتر می‌باشد کم‌تر بوده و همچنین از محل نمونه‌برداری نزدیک به منبع آلودگی تا نقطه دورتر کاهش نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴۷- غلظت منگنز در پساب خروجی از چشمه‌های آبگرم سریع

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

با توجه به شکل که رابطه بین میزان منگنز و دما و pH را نشان می‌دهد متوجه می‌شویم که با کاهش دما و افزایش pH در منطقه مورد نمونه‌گیری مقدار منگنز در نمونه‌های پساب کاهش می‌یابد.

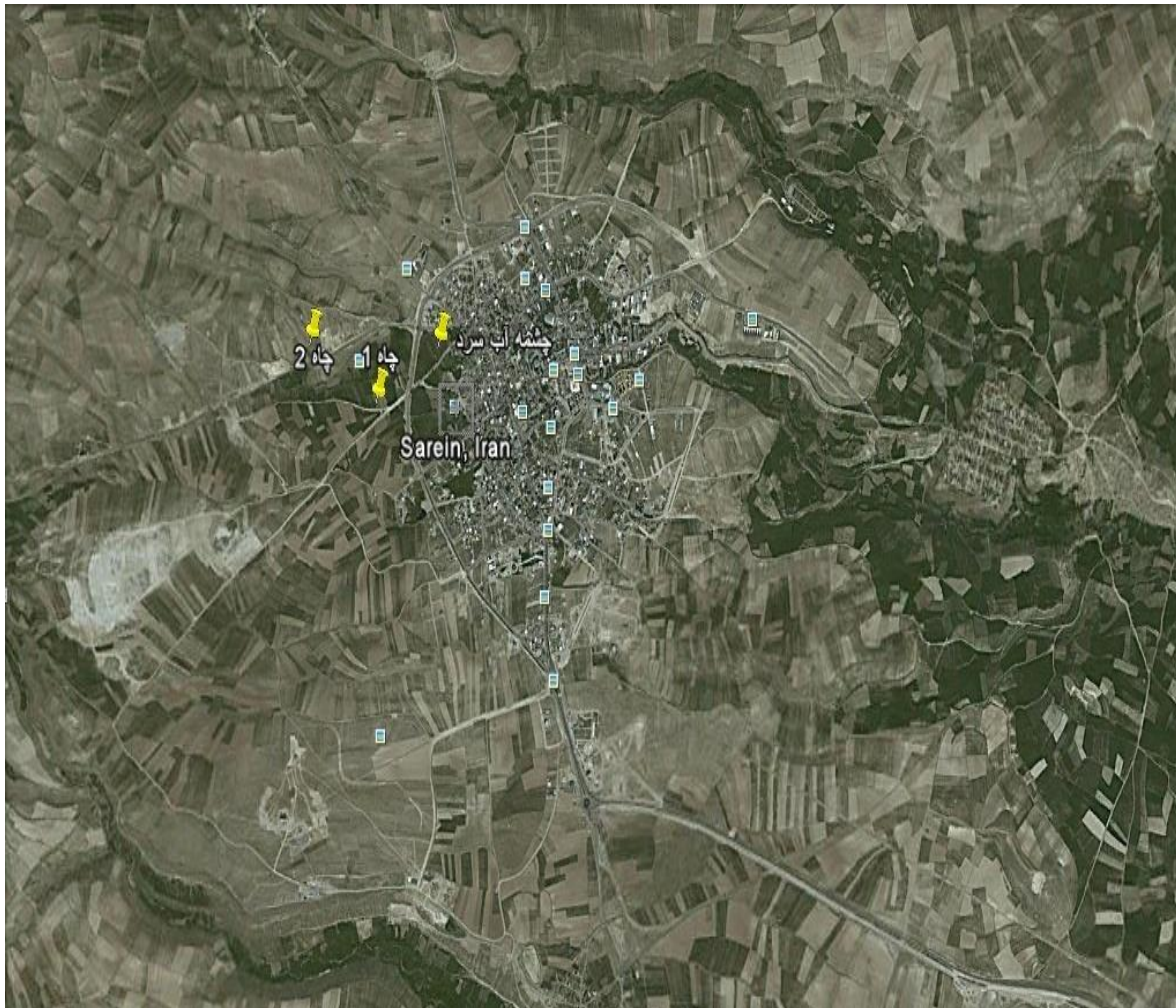
مس: این عنصر در اکثر محیط‌ها وجود دارد، در اثر خوردگی و استحلاک لوله‌های آبرسانی گالوانیزه، برنجی و مسی و پساب مراکز صنعتی می‌تواند وارد منابع آب شود (حاج‌ملک، ۱۳۸۶).

مقدار استاندارد برای مس مطابق با استاندارد (۱۹۹۲) Australia برای آبیاری حدود ۰/۲ میلی‌گرم بوده که از این مقدار کمتر بوده است. در مورد عناصر کروم و روی نیز کاهش کم بودن این عناصر می‌باشم.

با توجه به نتایج آنالیزها و مقایسه بین دما و pH مشاهده می‌کنیم مقدار عناصر مورد نظر برای آنالیز یا ثابت بوده و یا کاهش نشان می‌دهد.

۴-۷- چاه‌ها

به منظور بررسی منابع آب زیرزمینی در شهر سرعین از دو چاه آب شرب در این شهر نمونه‌گیری انجام شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده در جدول (۴-۱۷) ذکر شده است. اهمیت نمونه‌گیری از چاه‌های آب شرب به علت قرارگیری این چاه‌ها در بین زمین‌های کشاورزی و همچنین به علت نزدیکی این چاه‌ها به محل دفن زباله شهری بوده است. در شکل (۴-۴۸) محل چاه‌ها در شهر سرعین نشان داده شده است.



شکل ۴-۴۸- محل چاه‌های آب شرب سرعین

با توجه به جدول ۴-۱۷ و مقایسه داده‌ها با استانداردها متوجه می‌شویم منابع آب شرب سرعین از مشکل خاصی برخوردار نبوده و مطلوب می‌باشد.

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

جدول ۴-۱۶- خصوصیات فیزیکوشیمیایی چاه‌های آب شرب سرعین

نام محل نمونه‌برداری	چاه ۱	چاه ۲	استاندارد ارائه شده (WHO) (2008)	
تاریخ نمونه‌برداری	۱۳۸۹/۴/۹	۱۳۸۹/۴/۹	-	
pH	۷/۴	۶/۹	۸/۵ - ۶/۵	
EC(μS/cm)	۳۶۴	۲۹۲	-	
غلظت (mg/l)	HCO ₃ ⁻	۱۵۸/۵	۱۱۶	-
	CO ₃ ^{۲-}	۰	۰	-
	CL ⁻	۸/۹	۱۲/۴	۲۵۰
	SO ₄ ^{۲-}	۵۷/۶	۵۱/۸	۲۵۰
	Na ⁺	۲۳	۱۴	۲۰۰
	Ca ^{۲+}	۹۲	۸۲	۲۰۰ (ایران ۱۰۵۳)
	Mg ^{۲+}	۱۴/۴	۱۱	۱۵۰ (ایران ۱۰۵۳)
	K ⁺	۱/۸	۱/۹	-
	NO ₃ ⁻	۱۰/۲	۱۰	۵۰ (WHO)
سختی کل P.P.M	۱۴۴	۱۱۲	۵۰۰ (ایران ۱۰۵۳)	
(mg/l)T.S.S	۶۲	۲۰	-	
(mg/l)T.D.S	۲۱۸	۱۷۵	۵۰۰ (EPA)	

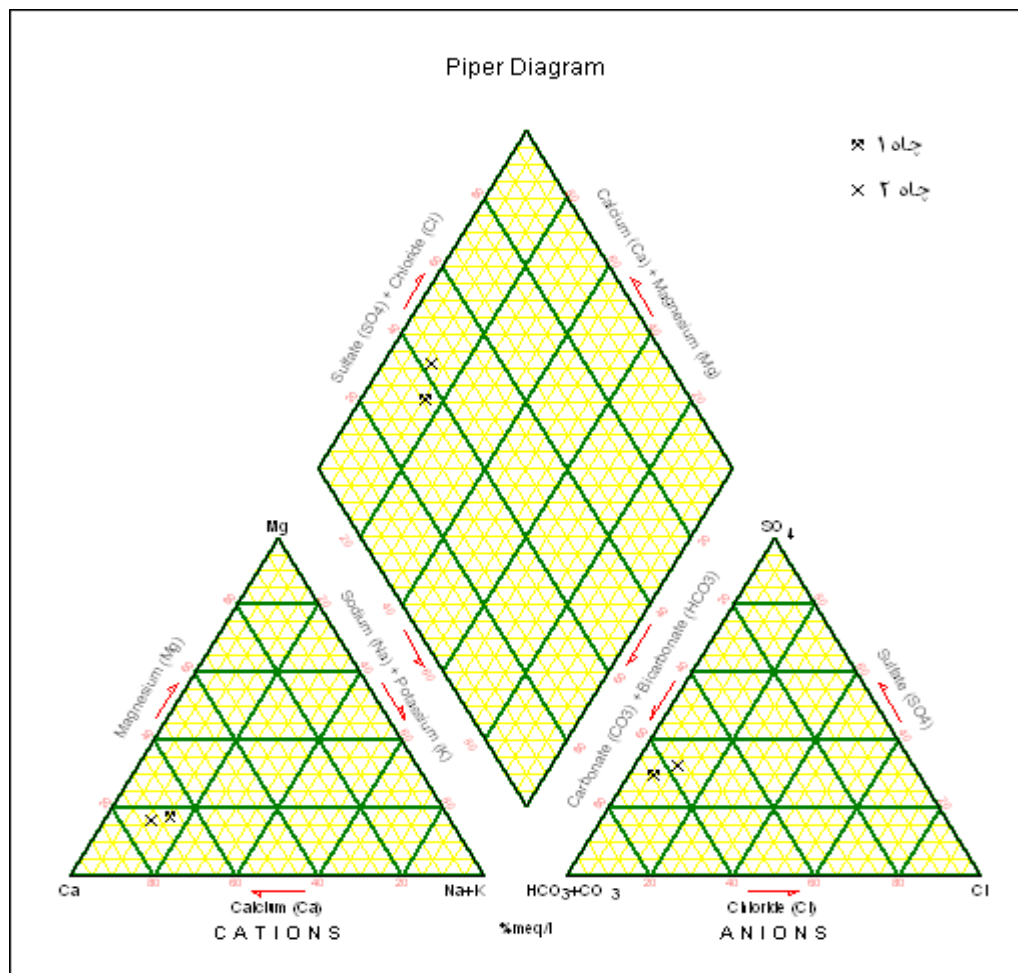
جدول ۴-۱۷- تقسیم بندی آب‌ها بر اساس سختی (پوی و همکاران ۱۳۸۶)

سختی کل بر حسب mg/l CaCO ₃	نوع آب
۵۰ >	نرم
۱۵۰ - ۵۰	نسبتاً سخت
۳۰۰ - ۱۵۰	سخت
>۳۰۰	بسیار سخت

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

با توجه به جدول ۴-۱۸ آب چاه‌های مورد مطالعه در منطقه مورد مطالعه جز آب‌های نسبتاً سخت محسوب می‌شود.

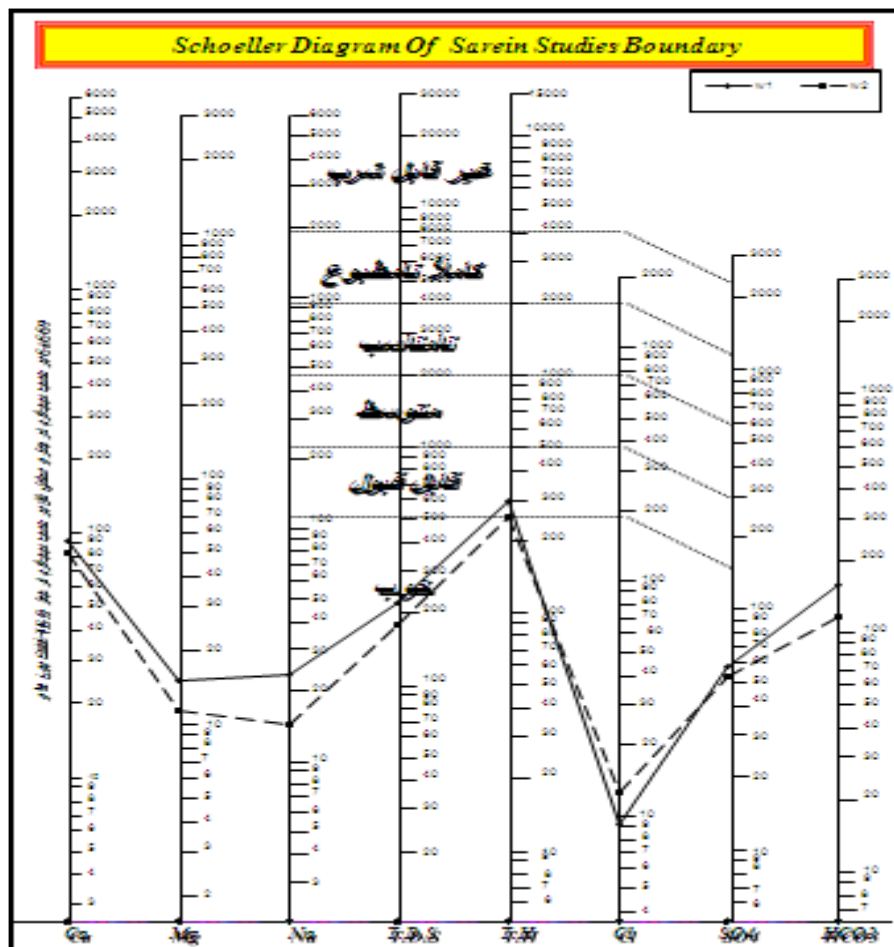
با توج به شکل (۴-۴۹) که نمودار پایپر را نشان می‌دهد تیپ و رخساره آب‌های مورد مطالعه بیکربنات کلسیک می‌باشد.



شکل ۴-۴۹. نمودار پایپر آب چاه‌های مورد مطالعه

فصل چهارم: اثر پساب چشمه‌های آبگرم در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی

با توجه به نمودار شولر در شکل (۴-۵۰) به این نتیجه می‌رسیم آب چاه‌های مورد بررسی در محدوده خوب از نظر شرب قرار دارد.



شکل ۴-۵۰. نمودار شولر منابع آبی مورد مطالعه

فصل پنجم: نتیجه گیری

مقدمه

در این تحقیق خصوصیات چشمه‌های آبگرم و پساب آن‌ها در منطقه سرعین مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور از چشمه‌های آبگرم، چاه‌های آب شرب و پساب‌های حاصل از مجتمع‌های آبگرم نمونه‌برداری شد. نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌برداری‌ها با استانداردها مقایسه شده است. در این فصل چکیده‌ای از نتایج حاصل از تحقیق حاضر ارائه می‌گردد.

خصوصیات زمین شناسی چشمه‌های آبگرم سرعین

این منطقه در زون ساختاری البرز - آذربایجان که دارای فعالیت‌های وسیع آتشفشانی سنوزوئیک و کواترنری است، قرار دارد. آتشفشان سبلان از نوع مرکزی است که از سنگ‌های تراکیتی، تراکی‌آندزیتی، آندزیتی، ریولیتی و داسیتی می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه از شمال غرب و غرب توسط کوه سبلان محصور شده است که این کوه روند شرقی - غربی بر روی زمین دارد. گدازه‌های آن، سطحی معادل ۱۲۰۰ کیلومتر مربع را زیر پوشش دارند. تاثیرات تکتونیکی ترشیری و آتشفشان کوه سبلان در کواترنری عمده‌ترین عامل شکل‌گیری ساختمانی منطقه است. فعالیت

آتشفشان سبلان و خروج گدازه و مواد آذرآواری همراه ایجاد شکافها و گسله‌های عمیق در منطقه بوده که هم اکنون آب‌های گرم معدنی منطقه از مسیر این شکستگی‌ها و گسله‌ها خارج می‌شوند. این گونه شکستگی‌ها جهات و روند متفاوت دارند.

در منطقه مورد مطالعه واحدهای کواترنری - رسوبات آذرآواری سبلان (Q_s^c)، رسوبات کواترنری (Q_1^t و Q_2^t) مشاهده می‌شود.

خصوصیات چشمه‌های سرعین

شهر سرعین دارای ۹ چشمه آبگرم می‌باشد که ماکزیمم دما در این چشمه‌ها ۴۶ می‌باشد. در شهر سرعین چشمه‌های معدنی و آبگرم با pH ۵/۶ تا ۶/۳ و هدایت الکتریکی ۱۲۴۰ تا ۱۲۹۰ بوده است. آب این چشمه‌ها به جز چشمه آب‌چشم همه جز آب‌های سنگین‌اند در حالی که چشمه آب‌چشم جز آب‌های خیلی سنگین می‌باشد. BOD این چشمه‌ها خیلی بالاتر از استانداردهای موجود جهت کاربری کشاورزی می‌باشد.

در این تحقیق چشمه‌های آبگرم سرعین از نظر شیمیایی، گازهای محلول و دما طبقه بندی شده است:

الف - از نظر شیمیایی: بر اساس نمودار پایپر چشمه‌های آبگرم سرعین در رده بندی شیمیایی دارای تیپ آب بیکربنات سدیک می‌باشد.

ب - از نظر دما: چشمه‌های آبگرم سرعین به علت دمایی بین ۳۵ تا ۴۵ جزء چشمه‌های آبگرم محسوب می‌شوند.

ج - از نظر گازهای محلول: چشمه‌های آبگرم سرعین دارای گاز دی‌اکسیدکربن بوده که غالباً دارای منشاء عمیق می‌باشند. همچنین این چشمه‌ها دارای گاز سولفید هیدروژن نیز می‌باشند.

آلودگی حاصل از پساب چشمه‌ها

برای بررسی آلودگی حاصل از پساب چشمه‌های آبگرم سرعین آزمایشاتی بر روی این پساب‌ها صورت گرفت. آزمایشات شامل اندازه‌گیری عناصر اصلی، فلزات سنگین، شوینده‌ها، BOD که در آزمایشگاه انجام شد و در بازدید صحرایی دما، pH، هدایت الکتریکی و گازهای CO₂ و H₂S نیز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که این پساب‌ها از نظر شوینده و BOD دارای آلودگی می‌باشد. در طی بررسی فلزات سنگین معلوم شد که فلزات سنگین از محل خروج پساب تا محل پیوستن رودخانه کنزق به رودخانه بالیخلی‌چای کاهش نشان می‌دهد.

پیشنهادها

برای بررسی منابع آلوده کننده آب شهر سرعین انجام مطالعات بیشتر پیشنهاد می‌گردد. بدین منظور نمونه‌گیری دوره‌ای و ارزیابی خصوصیات چشمه‌ها در دراز مدت پیشنهاد می‌شود. برای پی بردن به میزان آلودگی از جمله اقدامات می‌توان به بررسی اثر استفاده پساب بر روی گیاهان منطقه اشاره کرد. برای بررسی تجمع آلودگی در منطقه پیشنهاد می‌شود که روی رسوبات رودخانه کنزق و همچنین رودخانه بالیخلی‌چای مطالعه بیشتری صورت گیرد.

به علت استفاده از پساب چشمه‌های آبگرم سرعین در بخش کشاورزی لازم به بهسازی این پساب می‌باشد. به علت وجود شوینده و زیاد بودن BOD بهتر است روشی برای بهسازی انتخاب شود که این دو عامل آلودگی را تا حدی بهبود بخشد. از روش‌های بهسازی پساب خروجی می‌توان به روش هوادهی در طول مسیر رودخانه اشاره کرد. بدین منظور برای ایجاد برج‌های آبخاری در طول مسیر که حالت پله پله دارد می‌توان استفاده کرد. تعداد پله‌ها زمان برخورد بین آب و هوا را تعیین می‌کند.

منابع

- استاندارد ۱۰۵۳ آب آشامیدنی، (۱۳۷۱)، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- آساران، (۱۳۸۳)، مطالعات مرحله اول تعیین منشا، پتانسیل و استفاده از چشمه‌های معدنی منطقه اردبیل، گزارش به شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل، اداره کل امور آب استان اردبیل.
- آقنابتی، ع. (۱۳۸۳) "زمین شناسی ایران" چاپ اول، انتشارات صنوبر، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- بهمنی، ا. و گلابی، م. و برومندنسب، س. (۱۳۸۷)، مروری بر وضع موجود تخلیه پساب‌های کشاورزی و شهری به رودخانه کارون و ارائه راهکارهای مدیریتی، دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۲۸ اردیبهشت لغایت ۱ خرداد.
- تمجیدی، ا. و خسروی، خ. (۱۳۷۷)، اکتشاف انرژی زمین گرمایی در ناحیه دماوند، مرکز تحقیقات نیرو، سازمان انرژی‌های نو ایران، تهران، سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق.
- پوی ه، س. چپانوغلاس، ج. (۱۳۸۶)، ترجمه "مهندسی محیط زیست" جلد اول، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، ۵۴۵ صفحه.
- حاج‌ملک، س. (۱۳۸۶)، اثرات شهرسازی بر منابع آب شهر کرمان، دانشگاه صنعتی شاهرود، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۲۷ صفحه.
- جنیدی. (۱۳۴۳)، چشمه قینرجه - همدان - ماهنامه دارو پزشکی، شماره نوزدهم، خرداد ماه.
- رجائی‌ریزی، م. (۱۳۸۱)، هیدروژئوشیمی چشمه های انتخابی دامنه جنوب شرقی سبلان، دانشگاه تبریز، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۰۱ صفحه.

- دولتی‌ارده‌جانی، ف. و شفایی‌تنکابنی، ض. و میرحبیبی، ع. و بدیعی، خ. (۱۳۸۴). بیوتکنولوژی، ژئوشیمی زیست محیطی و مدیریت پساب‌ها، جلد اول، پژوهشکده صنایع رنگ ایران.
- شاهمنصوری، م. و روشنی، ب. (۱۳۸۴)، بررسی تصفیه فاضلاب صنایع شوینده به کمک انعقاد در مقیاس آزمایشگاهی، مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی شهید صدوقی یزد، دوره سیزدهم، شماره اول، بهار، صفحات ۶۲-۶۵.
- طرح جامع شهر سرعین، ۱۳۸۷
- صادقی، ر. (۱۳۸۴)، بررسی ریخت ساخت و لرزه زمین ساخت ساخت‌های خطی گستره اردبیل با تاکید ویژه بر روندهای شمالی - جنوبی، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- صادقی، م. و مر، ف. (۱۳۷۹)، هیدرووشیمی، زمین گرماسنجی و سازوکار چشمه آبگرم خوراب استان فارس، چهارمین همایش زمین شناسی ایران، تبریز، صفحات ۴۷ تا ۴۹.
- صداقت، م. (۱۳۸۵)، زمین و منابع آب (آب‌های زیرزمینی)، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- کرمی، غ. (۱۳۷۲)، بررسی رابطه بین عوامل موثر بر نفوذ آب و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی چشمه‌های کارستی کوه‌های گر و برم فیروز، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز، ۳۴۹ صفحه.
- گلپایگانی، ه. (۱۳۸۷)، مدیریت آب و استفاده مجدد از پساب‌ها در کشاورزی، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران، ۲۳ الی ۲۵ مهر، شماره صفحه ندارد.
- غفوری، م. (۱۳۶۶)، شناخت آب معدنی و چشمه‌های معدنی ایران، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۸ صفحه.
- محمدی، ر. و ناصری، م. (۱۳۸۵)، انرژی ژئوترمال با تاکید بر وضعیت پترولوژیکی و ژئوترمال منطقه خوی - ماکو در ایران، دومین همایش زمین شناسی کاربردی و محیط زیست.

- مر، ف. و شاکری، ع. و کمپانی زارع، م. و رئیسی، ع. (۱۳۸۴)، بخش زمین آب شیمی و زمین دماسنجی چشمه‌های آب گرم و معدنی دامنه جنوبی و جنوب غربی تفتان، علوم زمین، مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، صفحات ۲۸ تا ۴۰.
- مرتضوی، ب. و ازدرپور، ا. و خوانین، ع. و موسوی، غ. (۱۳۸۷)، حذف سورفاکتانت و مواد آلی کربنه از فاضلاب شهری با استفاده از سیستم بیولوژیکی هوادهی ممتد با سیکل متناوب، مجله زیست شناسی ایران، جلد ۲۸، شماره ۱، ویژه نامه میکروبیولوژی، بهار، صفحات ۱۵۰ تا ۱۵۸.
- موسوی، ع. و محوی، ا. و مصداقی، ع. و ناصری، س. (۱۳۸۷)، کارآیی فرآیند فنتون در حذف دترجنت و بهبود تصفیه پذیری بیولوژیکی پساب صنایع شوینده و پاک کننده، مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دوره ۶، شماره ۱، بهار، صفحات ۶۳ تا ۷۳.
- نقشه توپوگرافی، سرعین، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروی مسلح، شماره ۵۶۶۶.
- نقشه توپوگرافی، نیر، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروی مسلح، شماره ۵۶۶۶.
- نقشه زمین شناسی، اردبیل، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور.
- نقشه زمین شناسی، مشگین شهر، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور.
- هوشمندزاده، م. (۱۳۸۶)، مدلسازی مدیریت کیفیت آب با نگرشی بر کیفیت آب رودخانه گرگر و تاثیر پساب‌های صنعتی، کشاورزی و خانگی بر آن، سومین همایش زمین شناسی کاربردی و محیط زیست، شماره صفحه ندارد.

- Adewoye, S.O.(2010).“Effects of detergent effluent discharges on the aspect of water quality of Asa river, Ilorin, Nigeria” **AGRICULTURE AND BIOLOGY JOURNAL**, 731-736.
- Aksoy, N. Simsek, C. Gunduz, O. (2009). “Groundwater contamination mechanism in a geothermal Field: A case study Balçova, Turkey,” **Journal of contaminant Hydrology** 103 (2009) 13-28.
- Agricultural communication, Texas A&M university system, IRRIGATION WATERQUALITY STANDARDS AND SALINITY MANAGEMENT. <http://agnews.Tamu.Edu/drought/DRGHTPAK/Salinity.html>.
- .Basahy, A.Y. King Saud, J.(1994). “water chemistry of hot spring in Gizan Area of Saudi Arabia” *Vniv.*, Vol.6, Science (1), pp.23-29 (A.H.1414/1994).
- Bhair, S.M., 2001. Detergents, a guide to the properties and uses of detergents in biological systems. Copyright up dated by calbiochem- Novabiochem corporation.
- Dogdu, M.S. Bayari, C.S. (2005). “Environmental impact of geothermal fluids on surface water, groundwater and streambed sediments in the Akarcay Basin, Turkey,” **Environmrntal Geology** (2005) 47: 325- 340.
- Droste, R.L.K., Kennedy, J., Lu. M., (1998). Removal of chlorinated phenol in UP Flow anaerobic sluge blanket reactors, **Wat, Sci, teach**, 38 (8-9), pp. 359, 368.
- Ellis, A.J.(1975). “some Geochemical Problems in the utilization of Geothermal waters,” chemistry Division, Department of scientific and industrial Research, Newzealand. publication n 119 of the International Association of Hydrological sciences proceeding of the Grenoble symposium, August.
- Erkan, K. Holdman,G. Blackwell, D. Benoit, Walter.(2007). “THERMAL CHARACTERISTICS OF THE CHENA HOT SPRING ALASKA GEOTHERMAL SYSTEM,” PROCEEDINGS, Thirty. Second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, January 22-24, 2007, SGP- TR-183.
- EPA., (2005). Detergents. Available from: <http://www.epa.News.Gov.au/smallbusiness/car-yardsdetergents.Htm>. [cited 2007 Sep 28]
- Farrokhi, . M.,Mesdaghinia,A. and Nasser, S., (2004). Characteristics of Fenton s oxidation of 2, 4, 6 Trichlorophenol. **Iranian J Env Health Sci Eng**,1 (1), pp. 12- 18.

- Harry, M., (1998).Freeman, Standard handbook of Hazardous waste treatment and disposal, Second Edition, **Mc Graw Hill**, New York, pp. 7- 54.
- Garchar, L. Arehart, Greg.(2008). “Origin and Characterization of Geothermal Waters at Desert Queen, Nevada,” University of Nevada, Reno, GRC Transactions, Vol. 32.
- Guo, Q. Wang, Y. Liu, W.(2009). “Hydrogeochemistry and environmental impact of geothermal waters from Yangyi of Tibet, china,” **Journal of volcanology and geothermal Research** 180 (2009) 9-20.
- Kenison, K. Falkner. Church,M. Oceanogr, L.(1997). “ minor and trace element chemistry of lake Baikal, its tributaries, and surrounding hot spring,” 42 (2), 1997, 329-345, 1997, by the American society of limnology and oceanography , Inc.
- Kent, S. Murray.(1996). “Hydrology and Geochemistry of thermal Waters in the Upper Napa Valley, California,” Department of Natural Sciences, University of Michigan Dearborn, Dearborn, Michigan 48128-1491, Received September 1994, revised August 1995, accepted February 1996. Vol. 34,6 – GROUND WATER – November.
- Merk, E., (1970) “The testing of water,a selection of chemical methods for partical use”5 th ed., Darmstadt,Germany.
- Munter, R., (2001). Advanced oxidation processes- current status and prospects, Deparment of chemistry Engineering, Tallinn, prco. Estonian **Acad. Sci. chem**,5082, pp. 59-80.
- Oja, O. Osa, B.(2009). “Biodegradation of synthetic detergents in wastewater” African **journal of Biotechnology**, VOL.8 (6), pp.1090-1109, 20 March.
- Pieri,J.(1964). “ la therapeutique hydro-climatologique en pratique medical imprimerie genin frère”.
- Ramirez- Guzman, A. Taran, Y. AURORA, M.(2004). “Geochemistry and of high-pH thermal spring in the pacific coast of Guerrero, Mexico,” Armienta, Geofisica Internacional (2004), Vol.43, Num.3, pp.415-425.
- Santa, B. “contamination accidents in public swimming pools and spa”. **Environmental Health services**.
- Schoeller, H. (1962). “ Les eaux souterraines”, Masson et cie editeurs paris.

- Shakeri, A. Moore, F. Kompani- Zare, M. (2008). “Geochemistry of the thermal spring of Mount Taftan, south eastern Iran,” **Journal of Volcanology and Geothermal Research** 178 (2008) 829-836.
- Sheng, H., Chi, M. and Horng, G., (1999). Operating characteristics and kinetic studies of surfactant wastewater treatment by fenton oxidation,
- Yousefi, H. Ehara, S. Yousefi, A. seiedi, F.(2009). “Environmental impact assessment of Sabalan Geothermal powerplant,NW IRAN,” PROCEEDINGS, Thirty- Fourth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stan Ford University, Stanfourd, California, February 9-11, 2009, SGP-TR-187.

Abstract

In this study the characteristics and environmental impact of integrated warm spring's wastewater of Sarein tourist town has been studied. For this purpose, firstly the chemical and physical existing data in the Regional Water Organization were collected and analyzed. For detailed study of water quality, 10 samples of output wastewater were taken and the chemical and physical properties and the values of CO_2 and H_2S of them were measured. Also in four samples of SPA output sewage heavy metals concentration and amount of detergent were calculated. For interpretation of results, the Piper $\text{SO}_4\text{-Cl-HCO}_3$ triangle charts of all hot spring water and Wilcox diagram of wastewater samples was draw. The results show that the concentration of H_2S of all hot springs is more than the standard. Also the waste waters show the pollution of detergents and BOD. The concentration of heavy metals in wastewater decrease from output location up to Kenzagh river.

Keywords: Sarein, Effluent, Hot springs, Pollution



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

Thesis MSc

Study on the characteristic of Sarein hot springs

By:

Somaye Nedaei

Supervisors:

Dr. Naser hafezi moghaddas

Dr. Gholam Hossein Karami

Advisor:

Dr. Ebrahim Fataei

February 2011