

الله
الرحمن الرحيم



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد

گروه زمین شناسی زیست محیطی

ارزیابی کربن آلی کل در منابع آب شرب بسطام و حومه

مژگان شاهسوار

استاد راهنما

دکتر غلامحسین کرمی

تیرماه ۱۳۹۶

مقالات برگرفته از پایان نامه

۱- مروری بر ویژگی‌ها و عوامل مؤثر بر کربن آلی کل در منابع آب شرب، سومین کنگره ملی

غالسنگ ایران، شاهرود، شهریور ماه ۱۳۹۵.

۲- ارزیابی کربن آلی کل در منابع آب شرب منطقه بسطام، شاهرود، سی و پنجمین گردهمایی ملی

علوم زمین، تهران، ۱-۳ اسفند ۱۳۹۵.

تشکر و قدردانی

هر آنکه خلق را سپاس نکرد بی شک رب یگانه را شکر به جای نیاورده است. بر خود لازم می دانم از کلیه کسانی که بنده را در تدوین و نگارش این پایان نامه یاری نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم. به خصوص از اساتید فرزانه جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی (استاد راهنما) در کلیه مراحل انجام این پژوهش با خوشروئی و شکیبایی، همواره با راهنمایی های بی شائبه- شان روشنگر راه من بوده اند و همچنین از اساتید داور آقای دکتر هادی جعفری و آقای دکتر رحیم باقری و نماینده تحصیلات تکمیلی آقای دکتر جعفرزاده به دلیل صبر و حوصله ایشان کمال تشکر را دارم.

از کلیه پرسنل اداره آب و فاضلاب شاهرود که بنده را در جمع آوری اطلاعات یاری دادند کمال تشکر را دارم. از پدر و خواهر و همسر به خاطر کمک های بیشمار و صبر و حوصله ایشان که همواره از هیچ حمایت و کوششی دریغ نکردند کمال تشکر و قدردانی را دارم. در آخر از کلیه همکلاسی ها و دوستان عزیز و اساتید محترم دانشکده علوم زمین و پرسنل محترم دانشکده صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

تقدیم به :

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

موهایشان سپید شد تا ما روسفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

دلسوز ترین پدر و همسر

صبورترین خواهر و فرزند

استادانمان

مژگان شاهسوار

تیرماه ۱۳۹۶

تعهد نامه

اینجانب **مژگان شاهسوار** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی زیست‌محیطی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان ارزیابی کربن آلی کل در منابع آب شرب بسطام و حومه تحت راهنمایی دکتر **غلامحسین کرمی** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

امضای دانشجو

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد.

چکیده

منطقه بسطام با وسعتی حدود ۴۸۴ کیلومتر مربع، در ۶ کیلومتری شمال شرقی شهرستان شاهرود (استان سمنان) و در محدوده جغرافیایی ۵۵ درجه تا ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی مقادیر کربن آلی کل و برخی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب شرب این منطقه بوده است. به منظور بررسی موارد مذکور، از ۸ حلقه چاه و ۲ چشمه، در دو فصل خشک و تر، (تابستان ۱۳۹۵) و (پائیز ۱۳۹۵) نمونه برداری انجام شد. پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری شامل هدایت الکتریکی، اسیدیته و نیز دمای آب می باشند. سایر پارامترها شامل کربن آلی کل، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، بی کربنات، کلر و سولفات می باشند که در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه گیری شده اند. نتایج حاصل از اندازه گیری کربن آلی کل نشان می دهد که بیشینه و کمینه این پارامتر به ترتیب ۳۹ میلی گرم بر لیتر و ۱۴ میلی گرم بر لیتر بوده است که تمامی مقادیر اندازه گیری شده بالاتر از حد مجاز جهانی ۲ تا ۴ میلی گرم بر لیتر بوده است. احتمال می رود که منشأ مواد آلی در منطقه مورد مطالعه ناشی از فعالیت های کشاورزی و استفاده از کودها و آفت کش ها و همچنین وجود سازندهای زغالدار نظیر سازند شمشک در منطقه باشد. نتایج حاصل از بررسی های هیدروژئوشیمیایی نمونه های آب، بیانگر این است که در مجاورت ارتفاعات که منشأ اصلی آب سازندهای سخت هستند، مقادیر هدایت الکتریکی حداقل می باشند. در هر حال، نواحی مرکزی منطقه که مسیر حرکت آب عمدتاً در آبرفت بوده، مقادیر هدایت الکتریکی نسبتاً زیاد می باشند. مقایسه مقادیر کربن آلی کل و هدایت الکتریکی در منابع آب شرب منطقه بسطام نشان می دهد که رابطه مشخصی بین این دو پارامتر وجود ندارد. دلیل این مطلب از این قرار است که منشأ کربن آلی کل، علاوه بر آلاینده های طبیعی به آلاینده های با منشأ انسانزاد هم مربوط می شود. بررسی نمودارهای کیفی نمونه های آب شرب منطقه بسطام، بیانگر تیپ غالب نمونه های آب، از بی کربنات کلسیک تا بی کربنات منیزیک بوده است.

کلید واژه: منطقه بسطام، کربن آلی کل، آب شرب، هیدروژنوشیمیایی

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- بیان مسئله ۲
- ۲-۱- هدف و لزوم انجام تحقیق ۲
- ۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۳
- ۴-۱- هواشناسی منطقه ۳
- ۵-۱- زمین شناسی عمومی منطقه بسطام ۵
- ۱-۵-۱- چینه شناسی منطقه بسطام ۷
- ۲-۵-۱- زمین شناسی ساختمانی منطقه ۱۱
- ۶-۱- هیدرولوژی دشت بسطام ۱۱
- ۷-۱- هیدروژئولوژی دشت بسطام ۱۲

فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین

- ۱-۲- مقدمه‌ای بر کربن آلی کل ۱۵
- ۲-۲- اهمیت کربن آلی کل ۱۶
- ۳-۲- اجزاء مختلف کربن آلی کل در آب ۱۸
- ۴-۲- منابع مختلف کربن آلی کل ۱۹
- ۵-۲- غلظت کربن آلی کل در منابع آب ۲۰
- ۱-۵-۲- آب‌های سطحی ۲۰

- ۲-۵-۲- آب‌های زیرزمینی ۲۱
- ۲-۶- عوامل مؤثر بر غلظت کربن آلی کل در منابع آب ۲۱
- ۲-۷- ارزیابی خطرات زیست‌محیطی مواد آلی موجود در آب ۲۶
- ۲-۸- ارزیابی حد مجاز برای کربن آلی کل در منابع آب شرب ۲۷
- ۲-۹- روش‌های گوناگون برای حذف مواد آلی از منابع آب ۲۹
- ۲-۹-۱- حذف مواد آلی توسط فرآیند انعقاد ۲۹
- ۲-۹-۲- حذف مواد آلی توسط فرآیندهای الکتروشیمیایی ۳۰
- ۲-۹-۳- حذف مواد آلی توسط غشاهای ۳۲
- ۲-۹-۴- حذف مواد آلی از آب توسط فرآیند جذب ۳۴
- ۲-۹-۵- حذف مواد آلی از آب توسط فرآیند تبادل یونی ۳۶

فصل سوم: مواد و روش

- ۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات کمی و کیفی مورد نیاز در دشت بسطام ۳۹
- ۳-۲- تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۴۰
- ۳-۳- بازدیدهای صحرائی، نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها ۴۰
- ۳-۴- بررسی ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی دشت بسطام ۴۳
- ۳-۴-۱- اندازه‌گیری غلظت یون‌های اصلی در نمونه‌های آب شرب بسطام ۴۴
- ۳-۴-۲- ترسیم نقشه‌های مقادیر یون‌های اصلی ۴۴
- ۳-۴-۳- ترسیم نقشه هدایت الکتریکی ۴۵

- ۴۵-۴-۴-۳- ترسیم نمودارهای کیفی
- ۴۶-۵-۳- اندازه‌گیری کربن آلی کل در نمونه‌های آب شرب بسطام
- فصل چهارم: ارزیابی کربن آلی کل و هیدروژئوشیمی آب شرب منطقه
- ۴۹-۱-۴- ارزیابی هیدروژئوشیمیایی منابع آب شرب منطقه بسطام
- ۵۱-۱-۱-۴- ارزیابی تغییرات هدایت الکتریکی
- ۵۲-۲-۱-۴- بررسی هدایت الکتریکی با سایر یون‌ها
- ۵۴-۳-۱-۴- ارزیابی مقادیر pH در نمونه‌های آب
- ۵۶-۴-۱-۴- ارزیابی تغییرات آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی
- ۶۱-۴-۱-۴- بررسی پارامترهای کیفی محاسبه شده در منابع آب شرب منطقه بسطام
- ۶۴-۵-۱-۴- تعیین رخساره‌های نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام
- الف- نمودار استیف
- ب- نمودار پایپر
- ج- نمودار شولر
- ۶۸-۲-۴- تعیین مقادیر کربن آلی کل در منابع آب شرب منطقه بسطام
- ۷۱-۱-۲-۴- ارزیابی رابطه کربن آلی کل با هدایت الکتریکی
- ۷۲-۲-۲-۴- بررسی مقادیر کربن آلی کل با یون‌های اصلی
- ۷۲-۳-۲-۴- بررسی مقادیر کربن آلی کل با pH

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

- ۱-۵- بررسی هیدروژنوشیمیایی آب شرب منطقه بسطام ۷۵
- الف- نتایج حاصل از بررسی هدایت الکتریکی ۷۵
- ب- ارزیابی روند تغییرات یون‌های اصلی ۷۶
- ج- بررسی تیپ آب‌های زیرزمینی منطقه ۷۷
- ۲-۵- ارزیابی کربن آلی کل در منطقه بسطام ۷۷
- ۳-۵- پیشنهادها ۷۹
- منابع ۸۰

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۳
- شکل ۱-۲- الف- نمودار امپروترمیک بسطام در سال ۱۳۹۰-۱۳۹۱ ۴
- شکل ۱-۲- ب- نمودار امپروترمیک شاهرود در سال ۱۳۹۰-۱۳۹۱ ۴
- شکل ۱-۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۹
- شکل ۱-۴- نقشه هم‌پتانسیل دشت بسطام ۱۳
- شکل ۱-۲- مقادیر میانگین کربن آلی کل در سیستم‌های آبی مختلف. ۲۴
- شکل ۲-۲- شکل شماتیک نمایش تبادل یونی بین یون‌های سدیم و کلسیم ۳۸
- شکل ۱-۳- نمایی از نمونه برداری از چاه ابرسج ۴۱
- شکل ۲-۳- اندازه‌گیری یون‌های اصلی در نمونه‌های آب شرب بسطام ۴۲
- شکل ۳-۳- موقعیت نقاط نمونه‌برداری در منطقه بسطام ۴۳
- شکل ۳-۴- روش توربیدیمتری و روش تیتراسیون جهت اندازه‌گیری یون‌های اصلی ۴۴
- شکل ۳-۵- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در محل نمونه‌برداری و آزمایشگاه ۴۵
- شکل ۳-۶- دستگاه آنالیز کننده کربن آلی کل ومانیتور نشان دهنده ثبت کننده اطلاعات ۴۷
- شکل ۱-۴- نقشه هدایت الکتریکی نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام ۵۲
- شکل ۲-۴- رابطه هدایت الکتریکی و یون‌های اصلی در آب شرب منطقه بسطام ۵۳
- شکل ۳-۴- نقشه مقادیر pH نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام (فصل تر) ۵۴
- شکل ۴-۴- نقشه مقادیر pH نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام (فصل خشک) ۵۵

- شکل ۴-۵- مقایسه مقادیر pH در دو فصل تر و خشک ۵۵
- شکل ۴-۶- نقشه یون سدیم نمونه‌ها آب شرب منطقه بسطام ۵۶
- شکل ۴-۷- نقشه یون کلر نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام ۵۸
- شکل ۴-۸- نقشه یون سولفات نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام ۵۹
- شکل ۴-۹- نقشه یون بی‌کربنات نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام ۶۰
- شکل ۴-۱۰- نقشه تغییرات سختی نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام ۶۳
- شکل ۴-۱۱- نمودار استیف نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام ۶۵
- شکل ۴-۱۲- نمودار پایپر مربوط به نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام ۶۶
- شکل ۴-۱۳- نمودار شولر نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام ۶۹
- شکل ۴-۱۴- تغییرات زمانی کربن آلی کل ۷۰
- شکل ۴-۱۵- رابطه کربن آلی کل و هدایت الکتریکی ۷۱
- شکل ۴-۱۶- بررسی رابطه کربن آلی کل با یون‌های اصلی ۷۳
- شکل ۴-۱۷- نمودار کربن آلی کل و pH (فصل خشک) ۷۴
- شکل ۴-۱۸- نمودار کربن آلی کل و pH (فصل تر) ۷۴

فهرست جداول

- جدول ۱-۱- آمار ۲۶ ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود ۶
- جدول ۱-۲- غلظت متوسط کربن آلی در انواع گوناگون آبخوان‌ها (ایبای ۱۳۹۰) ۲۵
- جدول ۲-۲- طبقه بندی کیفیت آب بر طبق آیین نامه کنترل کیفیت آب ترکیه ۲۸
- جدول ۱-۳- موقعیت نقاط نمونه برداری ۴۲
- جدول ۱-۴- مقادیر پارامترهای شیمیایی اندازه گیری شده ۵۰
- جدول ۲-۴- مقادیر سایر پارامترهای شیمیایی نمونه‌های آب شرب منطقه ۵۱
- جدول ۳-۴- مقادیر نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها در نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام ۶۱
- جدول ۴-۴- مقادیر نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها در نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام ۶۲
- جدول ۵-۴- مقادیر کربن آلی کل در فصل‌های خشک و تر ۷۰

فصل اول: مقدمه

کره زمین به عنوان تنها زیستگاه آدمیان، گیاهان و جانوران، مهمترین و اصلی ترین منبع تأمین کننده مواد مورد نیاز بشر می باشد. آب آشامیدنی سالم و به دور از هر گونه آلودگی، یکی از مهمترین پارامترهای مؤثر در سلامت جوامع بشری و محیط زیست، و جزء اصلی ترین جنبه های توسعه پایدار برای هر کشور می باشد. امروزه آلودگی های محیطی، به ویژه آلودگی آب در اشکال مختلف در نتیجه پیشرفت تکنولوژی و بالا رفتن استانداردهای زندگی، به طور فزاینده ای در حال افزایش است. از آنجا که آلاینده ها در ارتباط با مسائل زیست محیطی مشکلاتی را موجب می شوند و شرایط محیطی را برای زندگی جانداران نامطلوب می گردانند، این مسأله توجه بسیاری از دولتمردان دنیا را به خود جلب نموده است. میزان این آلودگی ها در جوامع پیشرفته بشری در نتیجه فعالیت های انسانی که تکنولوژی مدرن دنیا را در خدمت دارند، روندی فزاینده داشته است. با توجه به اینکه آب یکی از مهمترین و بنیادی ترین عوامل حیات موجودات زنده است، از این نظر جلوگیری از آلودگی نیز به همان نسبت مهم و مورد توجه می باشد. بر این اساس آلودگی آب عبارت است از افزایش مقدار هر معرف اعم از فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی که موجب تغییر خواص و نقش اساسی آن در مصارف ویژه اش شود. بر اساس برآورد انجمن حفاظت محیط زیست ایالت متحده آمریکا، تقریباً یک سوم آب های جهان به طور مشخص آلوده و اصل حفظ کیفیت آب بر هم زده شده است. عوامل عمده آلوده کننده آب عبارتند از: زباله ها، عوامل بیماری زا، مواد غذایی گیاهی، ترکیبات آلی، نفت، مواد شیمیایی معدنی و کانی ها، مواد رادیواکتیو.

۱-۱- بیان مسئله

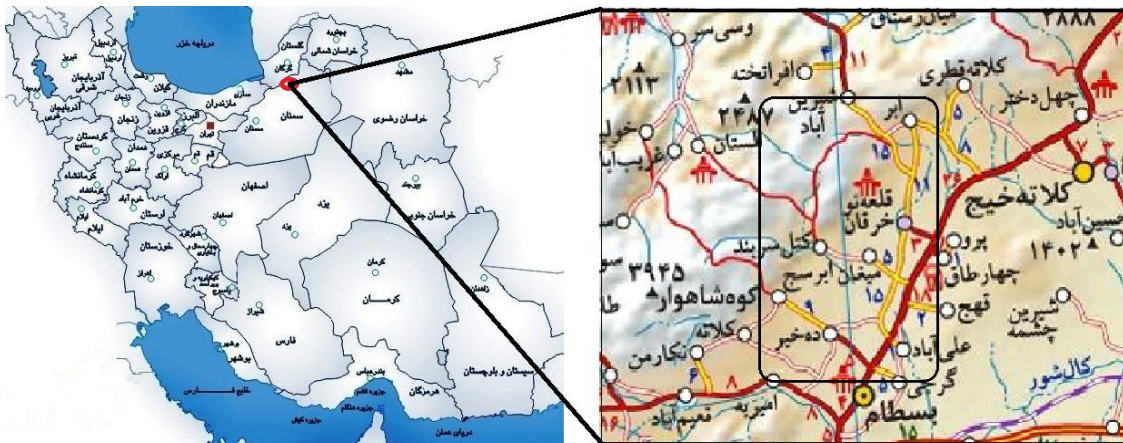
آلودگی آب یک مشکل بزرگ جهانی است که به ارزیابی مداوم و تجدید نظر در سیاست منابع آبی در همه سطوح احتیاج دارد (از آب‌های بین‌المللی گرفته تا آب‌های درون مرزی و چاه‌ها). همواره اشاره شده است که آلودگی آب علت مرگ و میر در سراسر جهان است و اینکه روزانه بیش از ۱۴۰۰ نفر در اثر آلودگی آب می‌میرند (Larry 2006). در این میان یکی از منابع آلاینده مهم در آب‌های آشامیدنی کربن آلی کل می‌باشند؛ که در کشور ما مطالعات چندانی در مورد این آلاینده انجام نشده است. با توجه به اهمیت کربن آلی کل در منابع آب و نقش منفی آن برای سلامتی انسان، لازم است بررسی‌های لازم در این باره انجام شود. یکی از دشت‌های مهم در منطقه شاهرود، دشت بسطام می‌باشد و در مورد پارامتر کربن آلی کل کاری انجام نشده است. با توجه به وجود سازندهای زغالدار (سازند شمشک)، فاضلاب‌های خانگی و آب‌های برگشتی کشاورزی در این منطقه، می‌تواند مقدار این پارامتر زیاد باشد.

۱-۲- هدف و لزوم انجام تحقیق

به طور کلی در تمام آب‌ها، مقداری مواد آلی وجود دارد. وقتی که برای مصارف شرب آب با ترکیبات کلروره (Cl_2 , HOCl , ClO^-) ضدعفونی می‌شود، با مواد آلی واکنش داده و محصولات جانبی فرعی (BPDs) را در آب ایجاد کرده که غلظت بالای آن‌ها باعث بروز سرطان‌هایی نظیر سرطان کلیه و مثانه می‌شود. این امر اهمیت برآورد و تعیین میزان کربن آلی کل (TOC) را قبل از فرآیند ضدعفونی نشان می‌دهد. مقدار و منشأ کربن آلی کل در منابع آب شرب منطقه بسطام و حومه تاکنون ارزیابی نشده است. بنابراین هدف اساسی از انجام این تحقیق، تعیین مقدار کربن آلی کل در منابع آب شرب منطقه بسطام و حومه است.

۱-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

دشت بسطام با وسعتی حدود ۴۸۴ کیلومتر مربع، در ۶ کیلومتری شمال شرقی شهرستان شاهرود (استان سمنان) در مسیر جاده شاهرود-آزادشهر واقع شده است. این دشت از طرف شمال به رشته کوه شاهوار، از سمت شرق به کوه سیاه و زرین کمر و از جنوب به ارتفاعات آهکی بین این دشت و دشت شاهرود ختم می‌شود. منطقه بسطام بین مختصات ۵۵ درجه تا ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه طول‌های شرقی و ۳۶ درجه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض‌های شمالی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا، به طور متوسط ۱۴۰۰ متر است. شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

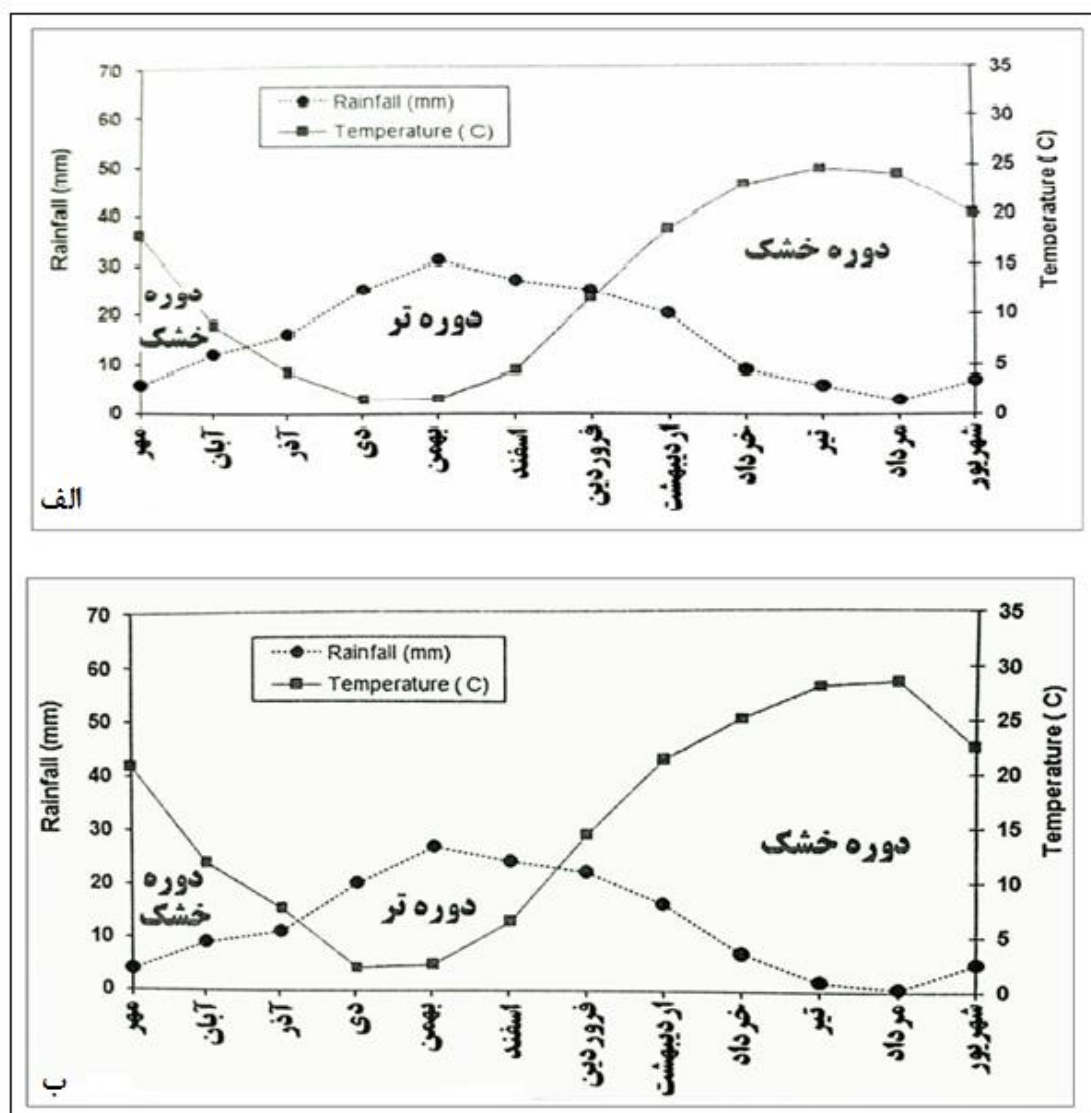


شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۱-۴- هواشناسی منطقه

دشت بسطام در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد. به طور کلی در دشت بسطام مقدار بارندگی و درجه حرارت هوا در نقاط مختلف دشت بسیار متنوع می‌باشد. به این ترتیب که در محدوده جنوب دشت مقدار بارندگی و میانگین درجه حرارت هوا کم و بیش شبیه به دشت شاهرود می‌باشد. در

محدوده مجن مقدار بارندگی در مقایسه با دیگر نقاط دشت به طور قابل توجهی بالاتر و میانگین درجه حرارت هوا نیز کمتر می‌باشد. شکل (۱-۲-الف) نمودار آمیروترمیک بسطام و شکل (۱-۲-ب) نمودار آمیروترمیک شاهرود را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲-الف- نمودار آمیروترمیک بسطام در سال ۱۳۹۰ ب- نمودار آمیروترمیک شاهرود در سال ۱۳۹۰-۱۳۹۱ (برگرفته از کرمی، ۱۳۹۱)

مقایسه نمودار آمیروترمیک شاهرود و بسطام بیانگر این است که دوره تر در بسطام اندکی طولانی تر و دوره‌های خشک اندکی کوتاه تر می‌باشد. به منظور بررسی آب و هوا و اقلیم منطقه مورد مطالعه از آمار ایستگاه سینوپتیک شهرستان شاهرود استفاده گردیده است. با توجه به جدول (۱-۱) که مربوط به آمار ۲۶ ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود می‌باشد، در دوره آماری (۱۳۶۲-۱۳۸۸)، متوسط درجه حرارت سالانه ۱۲/۳ درجه سانتی گراد و میانگین بارش سالانه در حدود ۱۶۳ میلی‌متر می‌باشد.

۱-۵- زمین شناسی عمومی منطقه بسطام

دشت بسطام بخشی از ایالت ساختاری البرز شرقی است. در منطقه مورد مطالعه سنگ‌ها و سازندهای مختلف از دوران پالئوزوئیک تا عهد حاضر رخنمون دارند. بخش‌های شمال غربی دشت بیشتر از سنگ‌هایی با سن دونین، قسمت جنوب غربی پوشیده از سنگ‌هایی با سن کرتاسه، در بخش شرقی دشت سنگ‌هایی با سن ائوسن و میوسن و قسمت مرکزی از رسوبات عهد حاضر (کواترنری) تشکیل شده است. کوه‌های این منطقه با روند شمال شرقی جنوب غربی، جزئی از رشته کوه‌های البرز شرقی هستند، که خود بخشی از قسمت شمالی کوهزایی آلپ- هیمالیا در آسیای غربی به شمار می‌رود که از شمال به بلوک فرورفته خزر و از جنوب به فلات ایران مرکزی محدود می‌شود. گسل‌های اصلی در منطقه مورد مطالعه شامل گسل میقان، گسل زرین کمر و شاهرود-ابر با روند شمال شرقی جنوب غربی می‌باشند. شکل (۱-۳) نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱- آمار ۲۶ ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود

| سال | بارش سالانه (mm) | متوسط درجه حرارت سالانه (سائتی گراد) |
|---------|------------------|--------------------------------------|
| ۶۲-۶۳ | ۱۶۲/۲ | ۱۲/۲ |
| ۶۳-۶۴ | ۱۲۵/۰ | ۱۱/۸ |
| ۶۴-۶۵ | ۱۵۷/۵ | ۱۲/۲ |
| ۶۵-۶۶ | ۱۸۵/۰ | ۱۳/۱ |
| ۶۶-۶۷ | ۲۲۴/۵ | ۱۱/۶ |
| ۶۷-۶۸ | ۱۲۵/۰ | ۱۱/۶ |
| ۶۸-۶۹ | ۱۳۵/۹ | ۱۲/۲ |
| ۶۹-۷۰ | ۲۲۹/۰ | ۱۱/۵ |
| ۷۰-۷۱ | ۲۵۱/۰ | ۱۰/۰ |
| ۷۱-۷۲ | ۱۹۹/۰ | ۱۱,۱ |
| ۷۲-۷۳ | ۸۸/۰ | ۱۱/۴ |
| ۷۳-۷۴ | ۱۹۵/۰ | ۱۱/۸ |
| ۷۴-۷۵ | ۱۸۲/۶ | ۱۱/۴ |
| ۷۵-۷۶ | ۸۱/۵ | ۱۲/۴ |
| ۷۶-۷۷ | ۱۷۷/۴ | ۱۲/۷ |
| ۷۷-۷۸ | ۹۲/۵ | ۱۳/۳ |
| ۷۸-۷۹ | ۱۰۴/۸ | ۱۲/۹ |
| ۷۹-۸۰ | ۱۶۳/۰ | ۱۳/۰ |
| ۸۰-۸۱ | ۱۱۸/۰ | ۱۳/۳ |
| ۸۱-۸۲ | ۲۵۱/۰ | ۱۲/۸ |
| ۸۲-۸۳ | ۱۸۱/۴ | ۱۳/۱ |
| ۸۳-۸۴ | ۱۴۹/۴ | ۱۲/۴ |
| ۸۴-۸۵ | ۱۴۲/۵ | ۱۳/۶ |
| ۸۵-۸۶ | ۱۷۷/۴ | ۱۲/۳ |
| ۸۶-۸۷ | ۹۷/۷ | ۱۲/۴ |
| ۸۷-۸۸ | ۲۰۲/۶ | ۱۲/۷ |
| ۸۸-۸۹ | ۱۹۱/۵ | ۱۳/۵ |
| میانگین | ۱۶۲/۶ | ۱۲/۳ |

۱-۵-۱- چینه شناسی منطقه بسطام

ارتفاعات این ناحیه از سازندهای متنوع زمین‌شناسی از اردویسین تا عهد حاضر تشکیل شده است. بر اساس نقشه زمین‌شناسی منطقه، مهم‌ترین سازندهایی که در منطقه رخنمون دارند از قدیم به جدید شامل شیرگشت، سلطان میدان، خوش ییلاق، مبارک، درود، الیکا، لار، مجن، زیارت، کرج و رسوبات کواترنری منطقه را نشان می‌دهد (درویش‌زاده ۱۳۸۵).

۱- پالتوزوئیک

محدوده مورد بررسی در این دوره تنها منحصر به رسوبات اردویسین، دونین، کربونیفر و پرمین می‌باشد. رخنمون‌های سازند شیرگشت، سلطان میدان، خوش ییلاق، مبارک و در نهایت درود تنها در قسمت شمال غربی دشت برونزد دارند.

- سازند شیرگشت

این سازند با ضخامت ۱۰۰ متر از تناوب شیل سبز خاکستری با ماسه‌سنگ کوارتزیتی تشکیل شده است. این تشکیلات مربوط به اردویسین پیشین می‌باشد.

- سازند سلطان میدان

بازالت‌های پورفیری، آندزیت و توف با ضخامت ۷۵ متر و با سنی حدود دونین پسین در این سازند دیده می‌شوند.

- سازند خوش ییلاق

این سازند دارای مجموعه‌ای از آهک‌های دولومیتی، شیل توفی، دولومیت و ماسه‌سنگ می‌باشد. همچنین با فسیل‌های فراوان براکیوپودا، تریلوبیت و مرجان مشخص می‌شود. این سازند مربوط به دوره دونین می‌باشد.

– سازند مبارک

این سازند مربوط به دوران کربونیفر می‌باشد و با آهک‌های حاوی مواد آلی نازک تا متوسط لایه، شیل‌های با رنگ خاکستری تیره و آهک شیلی شناخته می‌شود.

– سازند درود

این سازند با ضخامت ۱۵۰ متر از ماسه‌سنگ قهوه‌ای و قرمز، شیل و آهک تشکیل شده است. فسیل بلروفن گاستروپودی موجود در آهک‌های این سازند شاخص پرمین زیرین می‌باشد.

۲- مزوزوئیک

– سازند الیکا

این سازند با ضخامتی حدود ۲۹۰ متر به تریاس زیرین و میانی تعلق دارد. این سازند از آهک‌های دولومیتی نازک تا ضخیم لایه تشکیل شده است و در بخش بالایی دشت بسطام رخنمون دارد. شاخص این سازند آهک‌های ورمیکوله‌دار می‌باشد.

– سازند لار

این سازند از نظر لیتولوژی شامل آهک‌های لایه‌ای تا توده‌ای حاوی چرت با نوارهای سیلیسی با ضخامت ۲۵۰ تا ۳۵۰ متر است و فسیل آمونیت پریسفتکس، سن این آهک‌ها را ژوراسیک بالایی تعیین می‌کند. رخنمون این سازند در بخش جنوب‌شرقی دشت می‌باشد.

– سازند آبدراز

این سازند بیشتر از آهک‌های سفید رنگ نازک تا متوسط لایه تشکیل شده و در جنوب شرق رخنمون دارد.

۳- سنوزوئیک

– سازند زیارت

در منطقه مورد مطالعه این سازند به روی سازند آبدراز قرار گرفته که متعلق به ائوسن زیرین است. این سازند از نظر سنگ‌شناسی از سنگ آهک ماسه‌ای خاکستری مایل به زرد و شیل آهکی خاکستری تیره تشکیل شده و فسیل‌های موجود در این سازند انواع نومولیت‌ها می‌باشند. این سازند به دلیل وجود لایه آهکی برای ذخیره‌سازی آب‌های نفوذی اهمیت دارد.

– سازند کرج

این سازند به روی سازند زیارت قرار دارد و بر اساس شواهد چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، این سازند متعلق به ائوسن میانی می‌باشد و از واحدهای توف سبز و سنگ‌های ولکانیکی با جنس آندزیت و بازالت، تشکیل شده است. در دوران ائوسن رسوباتی از جنس مارن سبز روشن گچ‌دار با ماسه سنگ‌های بین لایه‌ای ایجاد شده است و در پلیوسن رسوبات از جنس کنگلومرای پلی مکتیک با بین لایه‌های ماسه‌سنگی تشکیل یافته است.

۴- رسوبات عهد حاضر (کواترنری)

این رسوبات متعلق به آخرین دوران بوده و غالباً از نهشته‌های آبرفتی، پادگانه‌های مسطح و بادبزنی‌های آبرفتی و رسوبات آبرفتی رودخانه‌های عهد حاضر تشکیل شده است. ضخامت لایه آبرفت در مرکز دشت زیاد است. با نزدیک‌تر شدن به ارتفاعات، از ضخامت آبرفت کاسته می‌شود. این رسوبات به

وسیله دریا‌های کم عمق و جریان‌های سطحی بر جا مانده‌اند که در سطح دشت‌ها و حاشیه ارتفاعات گسترش زیادی دارند.

۱-۵-۲- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه

فلات ایران از نگاه ساختمانی-رسوبی به چندین زون ساختاری تقسیم می‌شود که مرز جدایش بیشتر آن‌ها گسل‌های اصلی یا روران‌دگی‌های مهم است. از دیدگاه زمین‌شناختی، منطقه مورد بررسی در دو پهنه ساختاری ایران مرکزی و البرز شرقی قرار گرفته است. بخش کوچکی از منطقه (کوه بسطام) در گوشه شمال غربی ورقه، با پهنه ساختاری البرز شرقی هم‌خوانی دارد. پهنه ساختاری ایران مرکزی دربرگیرنده گستره پهنآوری از شمال تا جنوب منطقه است. مرز جدایش این دو پهنه ساختاری در منطقه، گسل رانده شاهرود است. این گسل در حقیقت دنباله گسل اصلی و شناخته شده آبیگ-فیروزکوه-شاهرود است. پهنه ایران مرکزی در محدوده ورقه بسطام به دلیل نزدیکی به زون البرز شرقی، دارای روندهای ساختاری اصلی با گرایش شمال شرقی-جنوب غربی است. پهنه البرز شرقی در منطقه مورد مطالعه تنها شامل سنگ‌های ژوراسیک (سازند دلیچای و لار) با رخساره کربناتی است (نبوی ۱۳۵۵).

۱-۶- هیدرولوژی دشت بسطام

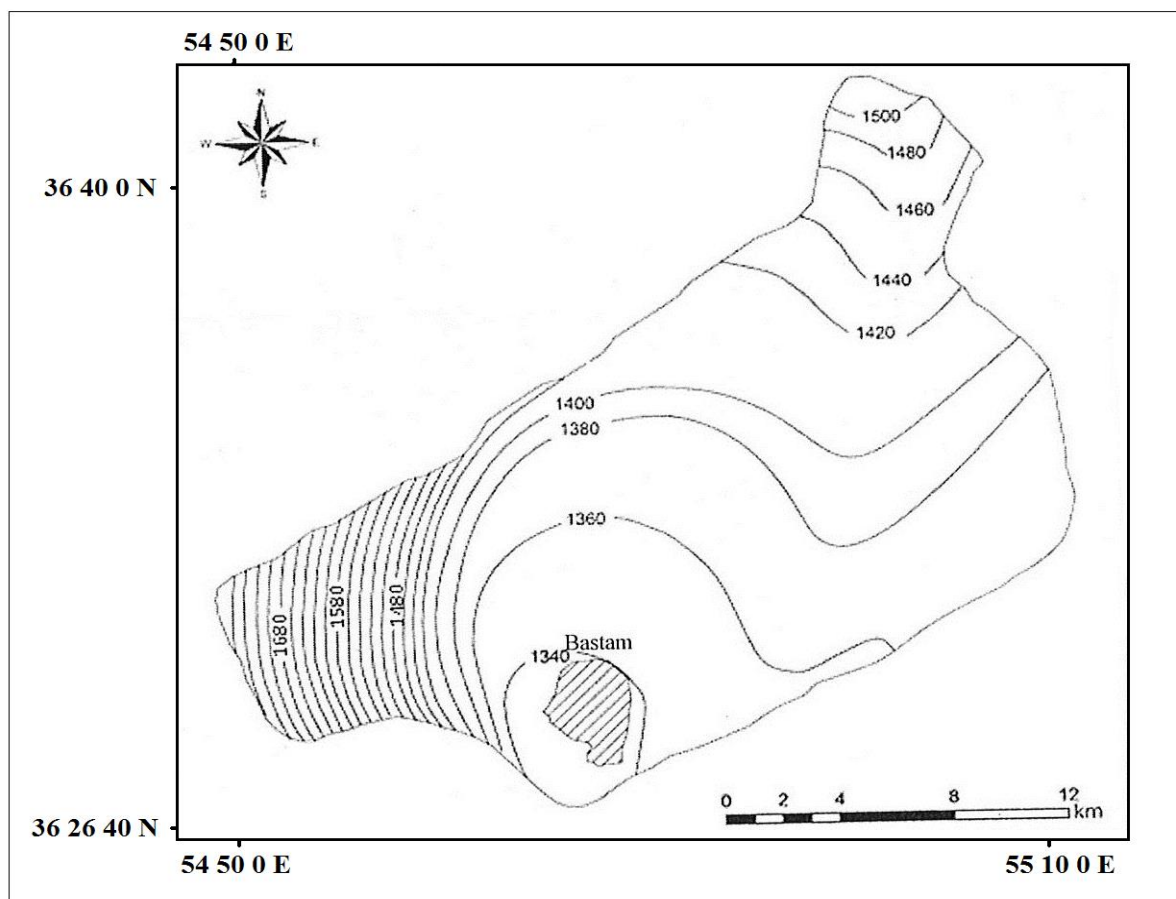
دشت بسطام شامل دو زیر حوضه اصلی مجن و بسطام می‌باشد. با توجه به توپوگرافی کوهستانی و همچنین زمین‌های پرشیب و از طرف دیگر بارش‌های مناسب، دارای رودخانه‌های دائمی و متعدد می‌باشد. از رودخانه‌های مهم منطقه که اغلب دارای دبی پایه می‌باشند، می‌توان به رودخانه تاش، فرحزاد، میقان، ابرسج، داستان و سرتنگه اشاره کرد. مجموع جریان‌ات سطحی این محدوده از طریق رودخانه شاهرود و کال محمودآباد که واقع در دشت بسطام است، وارد حوضه شاهرود شده و در نهایت از کال شاهرود یا کال سیاه در جهت غرب به کویر حاج علیقلی تخلیه می‌گردد. پتانسیل آب‌های سطحی این حوضه حدود ۵ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است؛ که غالب این مقدار

از منابع آب، به مصرف کشاورزی اهالی منطقه، به ویژه مردم منطقه مجن می‌رسد (ذاکری ۱۳۸۲). به غیر از رودخانه‌های دائمی ذکر شده، چندین رشته قنات در این محدوده وجود دارد که از ارتفاعات به سمت دشت بسطام کشیده شده و دشت بسطام را تغذیه می‌کند. از جمله این قنات‌ها می‌توان به قنات‌های صادق‌خان، امیریه، دولت‌آباد و میقان اشاره کرد. علاوه بر این، تعدادی چشمه در ارتفاعات مشرف به دشت منطقه مورد مطالعه نیز وجود دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها چشمه مریم می‌باشد (بر پایه آماربرداری منابع آب سال ۱۳۸۹).

۷-۱- هیدروژئولوژی دشت بسطام

با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی و زمین‌ریخت‌شناسی در دشت بسطام، این منطقه از نظر هیدروژئولوژی بسیار متنوع است. در محدوده شمال دشت (محدوده بین ابرسج تا ابر) و نیز در محدوده شرق بسطام (ارتفاعات تپال) آبخوان‌های آبرفتی منطقه به طور قابل ملاحظه‌ای توسط سازندهای سخت منطقه تغذیه می‌شوند. دشت بسطام به صورت مثلثی است که قاعده آن در جنوب و رأس آن در دو راهی ابر قرار دارد. آبخوان‌های آبرفتی دشت بسطام در مجموع دارای وسعتی برابر ۴۰۶ کیلومتر مربع و دارای ضخامت متوسط ۷۰ متر است. سنگ کف در مرکز، شرق و شمال غربی دشت از مارن‌های میوپلیوسن و در شمال آهکی است. جهت عمومی جریان آب زیرزمینی در آبخوان بسطام از شمال و غرب به سمت جنوب است (کریمی ۱۳۹۱). با توجه به نقشه هم پتانسیل دشت بسطام در شکل (۴-۱)، می‌توان دریافت که مقادیر شیب هیدرولیکی، دشت را به سه قسمت تقسیم کرده است. بیشترین شیب هیدرولیکی مربوط به غرب دشت می‌باشد، جایی که نهشته‌های آبرفتی درشت دانه از طریق رودخانه شاهرود بیشترین مقدار تغذیه را به سفره می‌رسانند. در این منطقه متوسط مقدار شیب هیدرولیکی حدود ۷٪ می‌باشد. به دلیل برداشت بیش از حد آب زیرزمینی در

اطراف شهر بسطام کمترین مقدار شیب هیدرولیکی در این قسمت قرار دارد و متوسط مقدار شیب هیدرولیکی آن نیز بین 0.04% تا 0.08% است (Karami 2010).



شکل ۱-۴- نقشه همپتانسیل دشت بسطام (برگرفته از پایان نامه مسلمی، ۱۳۹۰)

فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین درباره کربن آلی کل

۱-۲- مقدمه‌ای بر کربن آلی کل

امروزه به دنبال فعالیت‌های انسانی و نیز رشد روزافزون جمعیت دنیا و در پی آن گسترش شهرها و جوامع صنعتی و فعالیت‌های کشاورزی، آلاینده‌های مختلفی به محیط‌زیست، به ویژه به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی وارد شده‌اند. از این میان، مواد آلی یکی از آلاینده‌های خطرناک محسوب می‌شوند که با ورود به منابع آب، به روی سلامت انسان و سایر موجودات اثر می‌گذارند. ترکیبات آلی معمولاً موادی هستند متشکل از عناصر کربن، هیدروژن، اکسیژن و گاهی نیتروژن که بر حسب شمول هر یک از این عناصر نام‌هایی چون پروتئین‌ها، هیدروکربن‌ها، چربی و روغن و غیره را به خود اختصاص می‌دهند. بدن تمام موجودات زنده (چه گیاهان و چه جانوران) از مواد آلی تشکیل شده است. این مواد ممکن است از طریق تجزیه اجساد این موجودات وارد آب‌های طبیعی، از جمله آب‌های زیرزمینی شوند. بنابراین، تمام آب‌های زیرزمینی به طور طبیعی و نرمال دارای مقداری مواد آلی طبیعی (Natural Organic Matter = NOM) هستند. کربن آلی کل (TOC) جزء ذرات مهم و اصلی در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و مخازن سدها است. کربن آلی کل، توسط کربن آلی حل‌شده (Dissolved Organic Carbon=DOC) و کربن آلی ذره‌ای (Particulate Organic Carbon = POC) اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۲- اهمیت کربن آلی کل

کربن آلی حل شده در آب، نقش مهمی را در انتقال و زیست دسترس پذیری فلزات (نظیر مس، آهن، آلومینیوم و جیوه)، واکنش های اکسیداسیون و احیا و نیز pH بافر در سیستم هایی با قلیائیت کم، بازی می کند. در سالهای اخیر، نقش ماده آلی طبیعی در تشکیل تری هالومتان ها (Trihalomethanes) و دیگر محصولات جانبی گندزدایی (BPDs = By-products disinfection) که در اثر کلرزنی به آب شرب تشکیل می شوند، حائز اهمیت بوده است (Parks and Baker 1996). اگر چه مواد آلی طبیعی (NOMs)، به تنهایی بی ضرر و فاقد خطر است، اما به دلیل توانایی در انجام واکنش با کلر و تشکیل محصولات جانبی گندزدایی، که اغلب سرطان زا نیز هستند، خطرناک و مورد توجه می باشند (Krasner et al. 1989).

جذب پرتو فرابنفش در طول موج ۲۵۴ نانومتر (UV254) به عنوان پارامتری از غلظت مجموع اجزای آلی جذب کننده پرتو فرابنفش از قبیل مواد هیومیکی و ترکیبات آروماتیکی می باشد. اندازه گیری مقدار مواد آلی در یک نمونه آب با پرتو فرابنفش یک فرآیند بسیار سریع و ارزان است. هر چه محتوای کربن آلی حل شده در یک نمونه آب بیشتر باشد، جذب پرتو فرابنفش در طول موج ۲۵۴ نانومتر (UV254) بیشتر است. جذب ویژه فرابنفش (SUVA)، پارامتر مناسبی برای توصیف ترکیب مواد آلی موجود در آب از نظر هیدروفوبیک و هیدروفیلیک بودن آن است. زمانی که مقدار جذب ویژه فرابنفش، کمتر از ۲ واحد باشد، اجزاء آلی موجود در آب، آبگریزی کمتری دارند و بیشتر از اجزاء غیرهیومیک می باشند. وقتی که مقدار آن بین ۲ و ۴ باشد، اجزاء آلی موجود در نمونه آب مخلوطی از اجزاء آبگریز و آبدوست است. و زمانی که مقدار آن بیشتر از ۴ باشد، اجزاء آلی موجود در نمونه های آب، آبگریز ترند و بیشتر از اجزاء هیومیک تشکیل شده اند (Edzwald and Tobiason 1999).

صنایع تولید محصولات نیمه رسانا و صنایع داروسازی نیازمند آب شدیداً خالص هستند. کربن آلی کل (TOC) اطلاعات در مورد حضور کربن در اکوسیستم های آبی را فراهم می کند، و درجه آلودگی

آب را مشخص می‌کند؛ در نتیجه فاکتور مهمی در تعیین درجه زیست‌تجزیه و خالص‌سازی آبهای سطحی و فاضلاب است (Siepak 1999).

بررسی‌های انجام شده از سال ۱۹۶۰ تا کنون علاقه زیادی به تجزیه و تحلیل کربن آلی کل نشان داده‌اند. دلیل افزایش توجه به کربن آلی کل (TOC)، تعیین کیفیت آب است (Urbansky 2۰۰۱). بسیاری از منابع آب، به ویژه منابع آب‌های سطحی دارای مقدار زیادی مواد آلی طبیعی هستند. این مواد از تجزیه و فساد مواد آلی در اکوسیستم‌ها آبی که به طریق طبیعی و مصنوعی وارد محیط شده‌اند، بوجود می‌آیند (Zazouli *et al.* 2007a).

مرحله اول قانون حفاظت محیط‌زیست آمریکا (USEPA) حداکثر غلظت برای تری‌هالومتان‌ها (THMs) و هالواستیک‌اسیدها (HAAs = Haloaceticacids) را به ترتیب ۸۰ میکروگرم بر لیتر و ۶۰ میکروگرم بر لیتر اعلام نموده است و در مرحله دوم به کمتر از مقادیر ذکر شده و به ترتیب حدود ۴۰ میکروگرم بر لیتر و ۳۰ میکروگرم بر لیتر بیان کرده است. به دلیل پیچیدگی در ترکیبات مواد آلی، اندازه‌گیری آنها آسان نیست، در نتیجه از پارامترهای جانشین استفاده شده است. پارامتر جانشین پارامتری است که سریعاً قابل اندازه‌گیری باشد و نیاز به تجهیزات یا آموزش ویژه نداشته باشد و تخمین درستی از پارامتر مورد نظر ارائه دهد (USEPA 1999). متداول‌ترین پارامترهای مرتبط در این زمینه عبارتند از: ۱- کربن آلی کل (TOC) و کربن آلی محلول (DOC) ۲- جذب پرتو فرابنفش در طول موج ۲۵۴ نانومتر ۳- جذب ویژه فرابنفش (Crittenden *et al.* 2005).

کربن آلی کل (TOC) معادل غلظت مواد آلی طبیعی (NOMs) نیست؛ اما یک پارامتر جانشینی و شاخص غلظت مواد آلی طبیعی است تا هنگامی که ترکیب عنصری آن تغییری نکند. بر اساس ترکیب عنصری، معمولاً غلظت مواد آلی طبیعی (NOMs) دو برابر غلظت کربن آلی کل (TOC) است. غلظت و ساختمان مواد آلی طبیعی به علت تفاوت در فعالیت‌های انسان و اکوسیستم‌های طبیعی، از مکانی به مکانی دیگر متغیر است. مواد آلی طبیعی (NOMs)، مخلوط ناهمگن از ترکیبات آلی است که با بسیاری از مواد آلی و معدنی واکنش می‌دهد و منجر به افزایش سمناکی آنها می‌گردد. حضور مقادیر

زیاد مواد آلی طبیعی در آب باعث تشکیل تری‌هالومتان‌ها (THMs) و هالواستیک اسیدها (HAAs) می‌گردد که این ترکیبات مظنون به سرطان‌زایی برای انسان گزارش شده‌اند. در نتیجه با توجه به ارتباطی که بین غلظت مواد آلی موجود در آب و پتانسیل شکل‌گیری محصولات جانبی گندزدایی وجود دارد، می‌توان با اندازه‌گیری غلظت مواد آلی از طریق کربن آلی، جذب پرتو فرابنفش در طول موج ۲۵۴ (UV254) نانومتر و جذب ویژه فرابنفش، پتانسیل تشکیل محصولات جانبی گندزدایی را تعیین کرد (زولی ۱۳۸۷).

۲-۳- اجزاء مختلف کربن آلی کل در آب

به عقیده سیپاک (Siepak 1999) کربن آلی کل (TOC)، غلظت کل همه ترکیبات آلی کربن‌دار بر حسب میلی‌گرم برلیتر در نمونه‌های آب است. به طور کلی کربن آلی کل (TOC) مجموع دو جزء کربن آلی حل شده (DOC) و کربن آلی ذره‌ای (POC) است. کربن آلی حل شده، ذرات عبور کرده از فیلتر با قطر منافذ ۰/۴۵ میکرومتر هستند. وجود کربن آلی حل شده در آب اغلب به دلیل مواد هیومیکی و دیگر ترکیبات هیدروفیل (آبدوست)، اسیدهای چرب، آمینواسیدها و کربوهیدرات‌ها است. حدود نیمی از کربن آلی حل شده (DOC) در سیستم‌های آبی مربوط به مواد هیومیک است (Frimmel 1998). کربن آلی ذره‌ای، اجزای باقی‌مانده به روی فیلتر شیشه‌ای با قطر منافذ ۰/۲ تا ۰/۵ میکرومتر و اغلب شامل اجزای جذب شده روی رس‌ها هستند. کربن آلی ذره‌ای می‌تواند به عنوان کربن آلی معلق (SOC) نیز تشخیص داده شود؛ یعنی ذراتی که بر روی فیلتر نقره با قطر منافذ ۰/۱ تا ۰/۴۵ میکرومتر باقی می‌مانند. قطر منافذ فیلتر نقره کوچکتر است و به روی فیلتر شیشه‌ای به منظور جلوگیری از رشد بیش از حد باکتری‌ها قرار می‌گیرد. معمولاً آب شامل اجزای کربن غیرآلی (Inorganic carbon) نظیر: دی‌اکسیدکربن، کربنات و بی‌کربنات است (Siepak 1999). ایبای (۱۳۹۰)، ورودی طبیعی کربن به آبهای سطحی و زیرزمینی را به شرح زیر بیان کرده است: کربن در آب، عموماً به

شکل کربن آلی حل شده (DOC)، کربن آلی ذره‌ای (POC)، یا کربن آلی کل (TOC) گزارش می‌شود. کربن آلی حل شده، کربن باقی‌مانده در یک نمونه آب، پس از عبور از یک فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر است. به طور معمول هر ماده‌ای که از فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر عبور می‌کند، محلول در نظر گرفته می‌شود. کربن آلی ذره‌ای، ماده ذره‌ای مانده بر روی یک فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر است. کربن آلی کل، مجموع مقادیر کربن آلی حل شده و کربن آلی ذره‌ای است. تمام این اندازه‌گیری‌ها از راه تبدیل ماده آلی به دی‌اکسیدکربن و سپس اندازه‌گیری مقدار دی‌اکسیدکربن تولید شده انجام می‌گردد.

۴-۲- منابع مختلف کربن آلی کل

کربن آلی کل در آب از منابع مختلفی منشأ می‌گیرد. مهمترین منابع کربن آلی کل در منابع آب شامل مواد گیاهی، مواد آلی موجود در برخی سازندها و همچنین فعالیت‌های کشاورزی می‌باشند. ویسکو و همکاران (Visco et al. 2005) در پژوهش‌های خود منبع کربن آلی کل (TOC) را طبیعی و انسانزاد دانسته‌اند؛ اگرچه کربن آلی کل به‌طور مستقیم بر روی سلامتی انسان تأثیر نمی‌گذارد، تعیین مقادیر آن در آبها بسیار مهم است. در آب‌های آلوده نشده، کربن آلی کل (TOC)، بیشتر به علت مواد هیومیکی و گیاهی است. لیگنین، تانین و اسید فولویک‌ها فراوان‌ترین ترکیبات گزارش شده‌اند. در آب‌های آلوده شده، کربن آلی کل (TOC) غالباً به علت فعالیت‌های انسانزاد نظیر کودها، آفت‌کش‌ها و سورفاکتانت‌ها (ماده فعال سطحی) است.

ماده آلی طبیعی (NOM) ترکیبی از مواد آلی موجود در تمام آبهای طبیعی است. و از واکنش بین چرخه‌های هیدرولوژی، بیوسفر و ژئوسفر بوجود می‌آید. تمام منابع آب، برای مصارف شرب، معمولاً دارای مواد آلی طبیعی هستند. بنابراین مقدار، منشأ و سایر خصوصیات مواد آلی طبیعی، بستگی به منشأ آب و چرخه بیوژئوشیمیایی محیط اطراف دارد (Matilainen et al. 2010).

منابع کربن آلی می‌تواند نابرجا (از خارج سامانه آبگین) یا برجای (از درون سامانه آبگین) باشد. منابع کربن آلی نابرجا، مواد گیاهی و خاک است. تفاوت اصلی این دو منبع، تجزیه طولانی مدت تر ماده آلی خاک (بیش از ۱۰۰ سال) است. کربن آلی برجای، بیشتر از جلبک‌ها، به شکل مواد مستقیم دفعی یا از تجزیه باکتریایی و شیمیایی کربن آلی ذره‌ای، مشتق می‌شود (ایبای ۱۳۹۰).

۲-۵- غلظت کربن آلی کل در منابع آب

داده‌ها و اطلاعات در مطالعات اخیر، مقدار کربن آلی کل در آبهای طبیعی را بسیار متغیر دانسته است و این‌گونه بیان کرده است:

بر طبق قوانین کشور لهستان، مقدار کربن آلی کل برای کیفیت آب‌های سطحی به پنج گروه زیر تقسیم شده است؛ گروه اول: ۵ میلی‌گرم کربن بر لیتر، گروه دوم: ۱۰ میلی‌گرم کربن بر لیتر، گروه سوم: ۱۵ میلی‌گرم کربن بر لیتر، گروه چهارم: ۲۰ میلی‌گرم کربن بر لیتر، گروه پنجم: بیش از ۲۰ میلی‌گرم کربن بر لیتر.

۲-۵-۱- آبهای سطحی

مقادیر کربن آلی کل در آب‌های سطحی تغییرات زیادی از خود نشان می‌دهند. به عقیده سیپاک (Siepak 1999) مقدار کربن آلی کل (TOC) وابسته به نوع آب است؛ یعنی در آب دریاها بین ۰/۱ تا ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر، در آب باران ۰/۱ تا ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر و به طور کلی در بستر رودها، دریاچه با مقادیر بالای مواد مغذی، باتلاق‌ها و مرداب‌ها کربن آلی کل زیاد است. افزایش در مقدار کربن آلی کل به دلیل پرغذا شدن (Trophy) است. ویسکو و همکاران (Visco et al. 2005) در پژوهش‌های

خود مقدار کربن آلی کل را کمتر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر در آب دریاها، ۲ تا ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در آب دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و تا ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در باتلاق‌ها و مرداب‌ها گزارش کرده‌اند.

۲-۵-۲- آبهای زیرزمینی

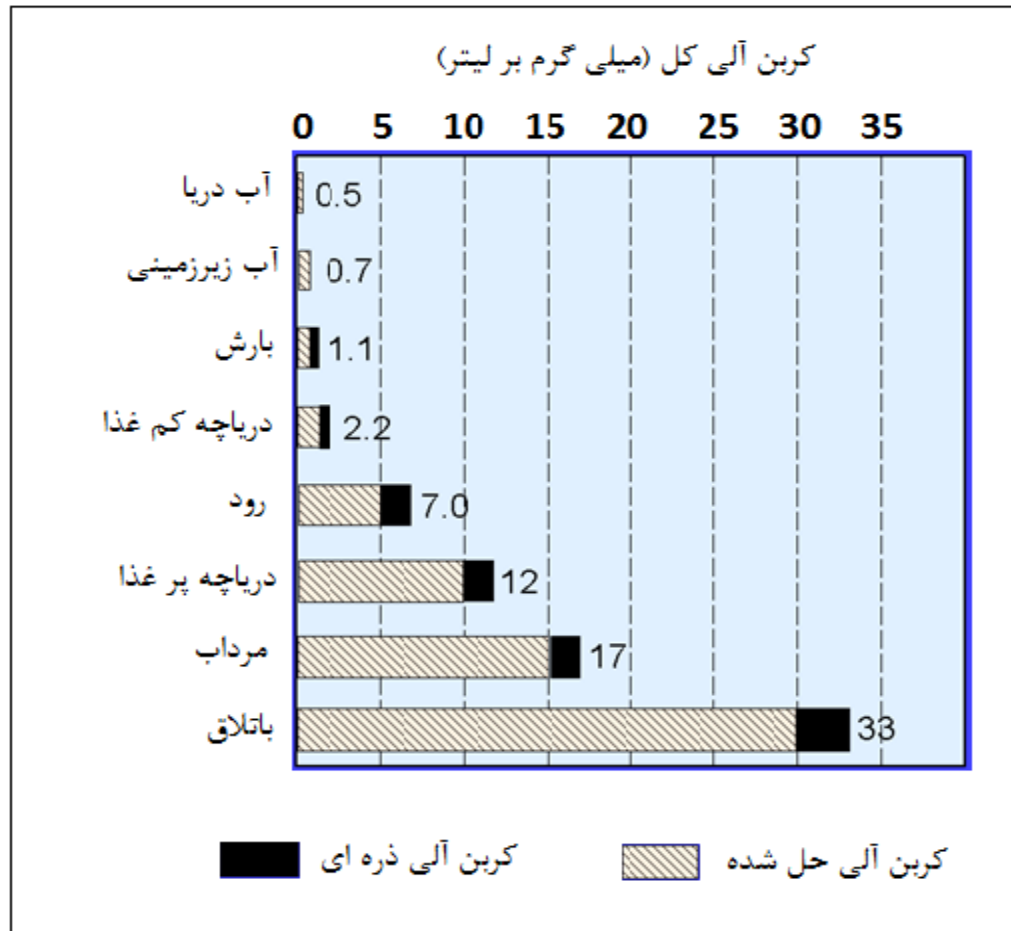
کربن آلی کل در آب‌های زیرزمینی تغییرات کمتری نشان می‌دهد. مقادیر آن کمتر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر در آب‌های زیرزمینی است (Visco et al. 2005). همانند مقادیر ارائه شده برای مقادیر کربن آلی کل در آب توسط ویسکو و همکاران، توسط راهنمای کیفیت آب کانادا نیز ارائه شده است: کمتر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر در آب‌های زیرزمینی و آب دریاها، ۲ تا ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در آب رودخانه‌ها و دریاها و بیشتر از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در آب تالاب‌ها و مرداب‌ها است (CWQGs 199۶).

۲-۶- عوامل مؤثر بر غلظت کربن آلی کل در منابع آب

بر اساس مطالعات انجام شده توسط محققین مختلف در سراسر جهان، می‌توان این چنین اظهار نظر نمود که مهم‌ترین عوامل تأثیر گذار بر غلظت کربن آلی کل در منابع آب شامل شرایط اقلیمی، وضعیت پوشش گیاهی، فصل سال، دمای هوا، وجود مواد ذره‌ای ناشی از تخلیه پسماندها، تیپ آب و شرایط حوضه آبریز می‌باشند. مقدار مواد آلی در رودخانه وابسته به اندازه و مساحت حوضه آبریز، شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی احاطه کننده مسیر رود و نیز فصل جمع آوری نمونه است (Baralkiewicz and Siepak 1994). عمده تغییرات کربن آلی کل و کربن آلی حل‌شده در رودهای کشور لهستان، به دلیل قرارگیری این کشور در نمکره شمالی کره زمین، فراوان بودن و تنوع گونه‌های گیاهی و همچنین تنوع گونه‌های جانوری و در ادامه افزایش ورود مواد مغذی به رود بوده

است (Thurman 1986, Mayer and Tate 1981, Baralkiewicz *et al.* 1994). مایر و دوجلیدو (Mayer and Tate 1981, Dojlido and Sepake 1994) تغییرپذیری کربن آلی کل، کربن آلی ذره‌ای و کربن آلی حل شده را متأثر از نوع آب، فصل سال، تیپ آب، شرایط اقلیمی و شرایط حوضه آبریز بیان کرده‌اند. تیپینگ و همکاران (Tipping *et al.* 1997) به بررسی کربن آلی حوضه هامبر (Humber)، در انگلستان پرداختند. در حوضه هامبر کربن آلی زنده (LOC)، در فصل تابستان به دلیل افزایش دما و در نتیجه توسعه جلبک‌ها زیاد بوده است. تغییر قابل توجه در مقدار کربن آلی کل (TOC)، کربن آلی ذره‌ای (POC) و کربن آلی حل شده (DOC) در کشور لهستان در رودهای ویستولا (Vistula)، اُدرا (Odra) و وارتا (Warta) علاوه بر تسریع رشد جلبک‌ها، فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها در تابستان به دلیل افزایش دمای زیاد، همچنین به دلیل انتشار مواد ذره‌ای ناشی از تخلیه فاضلاب‌ها و پسماندهای شهری به رودخانه بوده است (Siepak 1999). به عقیده ویسکو و همکاران (Visco *et al.* 2005) کربن آلی کل (TOC)، وابسته به نوع آب اندازه‌گیری شده، دما، شوری، pH، فعالیت‌های میکروبی، پوشش گیاهی حوضه آبریز و ترکیب آلی کل است. در مطالعات و بررسی‌های انجام شده در رودخانه اُدرا (Odra) و انشعاباتش در لهستان، حداکثر مقدار کربن آلی کل (TOC) در فصل بهار و تابستان و کمترین مقدار آن در پاییز گزارش شده است. یک ارتباط مستقیم بین میانگین مقدار ماهانه کربن آلی کل و میانگین دمای ماهانه آب در رود اُدرا در شاخه کراجنیک (Krajnik) در سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰ مشاهده شده بود. با افزایش دما، بر مقدار کربن آلی کل (TOC) افزوده شده است (Niemirycz *et al.* 2006). مشابه با همین تغییرات فصلی، در رود ورد (Verd)، توسط پارکس و باکر گزارش شده بود (Parks and Baker 1997). بنا به گزارش بایرام و همکاران (Bayram *et al.* 2011)، کربن آلی کل (TOC) وابسته به نوع آب، دما، شوری، pH، فعالیت‌های میکروبی و پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه است. آن‌ها در پژوهش‌های خود بیشترین مقدار کربن آلی کل را در فصل‌های پاییز و تابستان، به دلیل بارش‌های کم و کمترین مقدار کربن آلی کل را در فصل‌های زمستان و بهار به دلیل بارندگی‌های زیاد و در نتیجه رقیق‌سازی آب گزارش کرده‌اند.

مقادیر بالای کربن آلی کل (TOC) در روخانه هارسیت (Harsit) در ترکیه، بیشتر به دلیل آلودگی- های ناشی از تخلیه و دورریزی فاضلاب و پساب، زباله‌های جامد شهری، فعالیت‌های انسانزاد نظیر دامداری و زراعت در کنار رود و در نتیجه ورود مواد آلی و غیرآلی به داخل رودخانه بوده است. کربن آلی کل، ارتباط معکوس با شیب رودخانه دارد؛ بدین معنا که با کاهش شیب رود، مقدار کربن آلی کل زیاد و با افزایش شیب رود، مقدارش کم شده است. ایبای (۱۳۹۰)، عوامل مؤثر بر مقدار کربن آلی در آبهای سطحی و زیرزمینی را این‌گونه شرح داده است: اهمیت نسبی دو نوع ورودی کربن برجا و نابرجا، به اندازه توده آب بستگی دارد. در رودها و دریاچه‌های کوچک، منابع نابرجا (مواد گیاهی و خاک) غالب هستند در حالی که در دریاچه‌های بزرگ، و به‌ویژه در اقیانوس‌ها، منابع برجا (جلبک‌ها، به شکل مواد مستقیم دفعی یا از تجزیه باکتریایی و شیمایی کربن آلی ذره‌ای) چیرگی دارند. مقادیر کربن آلی حل‌شده (DOC) و کربن آلی ذره‌ای (POC)، بسته به محیط آبگین متغیر است. برای مثال آبهای زیرزمینی و آب دریا دارای مقادیر کم کربن آلی هستند. در مقابل، مانداب‌ها و باتلاق‌ها، دارای مقادیر زیاد کربن آلی کل و به‌ویژه کربن آلی ذره‌ای هستند (شکل ۱-۲).



شکل ۲-۱- مقادیر میانگین کربن آلی کل در سیستم‌های آبی مختلف. گستره واقعی کربن آلی کل می‌تواند تغییر کند و تابع عوامل متعددی است (ایبای ۱۳۹۰).

منبع اولیه کربن آب دریا، فعالیت فتوسنتزی است که به ۲۰۰ متر بالایی دریا محدود می‌شود. بنابراین آب‌های سطحی نسبت به آب‌های عمیق، کربن بیشتری دارند. آب‌های ساحلی نیز به دلیل ورود آب از خشکی دارای کربن بیشتری هستند. آب‌های زیرزمینی عموماً دارای مقدار کربن پایینی است، زیرا کربن آلی به‌عنوان ذخیره غذایی، توسط میکروب‌های دگرپرورد (Heterotroph) مصرف شده و به دی‌اکسیدکربن (در آب‌های زیرزمینی هوازی) یا متان (در آب‌های زیرزمینی بی‌هوازی) تبدیل می‌شود و نیز روی سطح دانه‌ها جذب شده و در آنجا به شیوه شیمیایی و زیست‌شیمیایی، به دی‌اکسیدکربن

تجزیه می‌شود. در هر حال، مقدار کربن آلی در هر آبخوان خاص، ممکن است بسته به نوع آبخوان با مقدار میانگین تفاوت زیادی داشته باشد (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲ - غلظت متوسط کربن آلی در انواع گوناگون آبخوان‌ها (ایبای ۱۳۹۰).

| آبخوان | DOC(mgC/L) |
|--------------|------------|
| شن و ماسه‌ای | ۰/۷ |
| سنگ آهکی | ۰/۷ |
| ماسه‌سنگی | ۰/۷ |
| آذرین | ۰/۵ |
| شیل نفتی | ۳ |
| هومیکی | ۱۰ |
| همراه با نفت | ۱۰۰ |

ماندابه‌ها و باتلاق‌ها بالاترین غلظت کربن آلی را دارند. دلیل واضح این امر آن است که این آبها در تماس با محیط غنی از ماده آلی هستند. مقدار کربن آلی رود به عنوان تابعی از اقلیم (که باروری زیست‌شناختی را تعیین می‌کند) و آبدهی رود تغییر می‌کند. به طور کلی، کربن آلی حل‌شده (DOC) یک رود، در ابتدا با افزایش جریان افزایش می‌یابد و سپس افت می‌کند. افزایش کربن آلی حل‌شده (DOC)، به علت شسته شدن کربن آلی از خاک به درون رود در مرحله ابتدایی است، و افت آن بازتاب رقیق‌شدگی بعدی بر اثر افزایش جریان آب رود است. کربن آلی ذره‌ای (POC) رود، با غلظت رسوب همبستگی لگاریتمی دارد. از مباحث ذکر شده مشخص است که چند عامل، غلظت کربن آلی را در سیستم‌های آبی کنترل می‌کند.

۲-۷- ارزیابی خطرات زیست‌محیطی مواد آلی موجود در آب

به طور کلی وجود مواد آلی در آب باعث بروز یکسری خطرات، نظیر سرطان‌زایی، برای انسان می‌شود. مواد آلی طبیعی (NOM) در تمام آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی و خاک یافت می‌شود. افزایش در مقدار مواد آلی طبیعی در ۲۰ سال اخیر در چندین منطقه از جهان مشاهده شده است؛ که این افزایش، اثرات قابل ملاحظه‌ای به روی فرآیندهای تصفیه آب شرب می‌گذارد (نظیر: ۱) اثرات منفی بر کیفیت آب به دلیل تغییر در رنگ، بو و طعم، ۲) افزایش مقدار مواد منعقدکننده و ضدعفونی‌کننده که در نتیجه باعث تولید حجم قابل ملاحظه‌ای لجن و محصولات جانبی‌گندزدایی (BPDs) می‌شود، ۳) افزایش رشد میکروارگانیسم‌ها در سیستم، ۴) افزایش در فرآیندهای کمپلکس‌شدن با فلزات سنگین و جذب آلودگی‌های آلی (Matilainen et al. 2010, Gibert et al. 2015). مطالعات انجام شده بر روی منابع آب‌های سطحی در نیوفاندلند (Newfoundland) و لابرادور (Labrador) دارای ویژگی‌های عمومی pH پایین و غلظت بالای مواد آلی طبیعی را گزارش کرده‌اند (Gora 2011). در این جزایر تعداد کمی کارخانه تصفیه برای حذف مواد آلی به کار گرفته شده است. در نتیجه مواد آلی طبیعی (NOMs) در آب‌های تصفیه نشده موجود است؛ و می‌تواند با کلر استفاده شده به‌عنوان گندزدا، واکنش داده و محصولات جانبی‌گندزدایی شامل تری‌هالومتان‌ها (THMs) و هالواستیک-اسیدها (HAAs) را بوجود آورد. صنعت تصفیه آب علاقه شدید به شناخت خصوصیات و حذف مواد آلی طبیعی دارد. محصولات جانبی‌گندزدایی مضمون به سرطان‌زایی گزارش شده‌اند. در بسیاری از نقاط دنیا، به عنوان مثال کشور سوئد، از آب‌های سطحی برای مصارف شرب استفاده می‌شود. قبل از اینکه آب‌ها برای مصارف شرب مورد استفاده قرار گیرند، آلودگی‌های آلی و مواد سمی می‌بایستی حذف شوند. تغییرات در هیدرولوژی، دما (وابسته به تغییرات اقلیم) و تغییر در کاربری زمین، از دلایل افزایش غلظت کربن آلی حل شده (DOC) در آب‌های سطحی ذکر شده است. دو دلیل عمده در مورد افزایش غلظت کربن آلی حل شده در آب‌های سطحی کشور سوئد گزارش شده است: ۱) کاهش در

نهشته شدن سولفات، ۲) تغییرات جریان (دبی). کربن آلی حل شده به تنهایی سمی نیست، اما توانایی پیوند با آلودگی‌های آلی و در نتیجه انتقال آنها را دارد. کربن آلی حل شده به‌عنوان پیش‌ساز برای تشکیل تری‌هالومتان‌ها و گروهی از ترکیبات که پتانسیل سرطان‌زایی و جهش‌های ژنتیکی را دارند، معرفی شده است. کربن آلی حل شده به روی حلالیت، تحرک و در نتیجه زیست‌دسترس‌پذیری فلزات سنگین نظیر جیوه، مس و سرب اثرگذار است. دریاچه‌هایی با مقادیر بالای کربن آلی حل شده به رنگ زرد تا قهوه‌ای هستند، که دلالت بر حضور مقادیر بالای مواد هیومیکی دارد (Ledema et al. 2012). کلرزنی به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های کنترل بیماری‌های ناشی از آب در قرن اخیر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اینکه کلر با مواد آلی موجود در آب واکنش می‌دهد، شناسایی محصولات جانبی حاصل از کلرزنی و اثرات بالقوه آن بر روی سلامت انسان از موضوعات مهم است. شواهد بسیاری از ارتباط نزدیک بین استفاده از کلر و اثرات مخرب سرطان ناشی از آن بر روی اندام‌های انسان وجود دارد. تری‌هالومتان‌ها (THMs) و هالواستیک‌اسیدها (HAAs) از مهم‌ترین محصولات جانبی ناشی از گندزدایی هستند که معمولاً در آب‌های گندزدایی شده توسط کلر یافت شده است. ارتباط بین آب ضدعفونی شده با کلر و افزایش خطر ابتلا به سرطان مثانه و رکتال که در نهایت منجر به مرگ و میر می‌شود، در چندین مطالعه گسترده بررسی و گزارش شده است. یک ارتباط قطعی بین اختلالات تناسلی و وجود تری‌هالومتان‌ها وجود دارد. همچنین بسیاری از سرطان‌های دیگر مثل معده و پانکراس، کبد و کلیه نیز از عوارض محصولات جانبی کلرزنی هستند (صبحی ۱۳۹۳).

۲-۸- ارزیابی حد مجاز برای کربن آلی کل در منابع آب شرب

بر طبق آئین‌نامه کنترل کیفیت آب کشور ترکیه (TWPCR) (جدول ۲) آب‌های درون مرزی به چهار گروه تقسیم می‌شوند: در گروه اول آب‌های با کیفیت بالا که برای اهداف آشامیدن فقط ضدعفونی

می‌شوند، شنا، پرورش ماهی قزل‌آلا و حیوانات و زراعت (TOC کمتر و مساوی ۵ میلی‌گرم بر لیتر) است. گروه دوم مربوط به آبهای کمی آلوده، مورد استفاده برای آشامیدن با تصفیه مناسب و یا پیشرفته، شنا و پرورش ماهی به جز ماهی قزل‌آلا (TOC ۵ تا ۸ میلی‌گرم بر لیتر) است. در گروه سوم آب‌های آلوده مورد استفاده برای اهداف صنعتی (بعد از تصفیه مناسب)، به جز آب مورد استفاده در صنایع غذایی و صنایع پارچه که نیازمند کیفیت بالا (TOC ۸ تا ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر) است، قرار دارند. در گروه چهارم (TOC بیشتر از ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر) آب‌های به شدت آلوده که به عنوان آب-های سطحی تعریف شده‌اند، قرار گرفته است (Bayram et al. 2011).

جدول ۱-۲- طبقه‌بندی کیفیت آب بر طبق آیین نامه کنترل کیفیت آب ترکیه (TWPCR)

| گروه بندی کیفیت آب | | | | پارامتر کیفیت آب |
|--------------------|--------|--------|-------------------|-----------------------------------|
| گروه ۴ | گروه ۳ | گروه ۲ | گروه ۱ | کربن آلی کل (میلی‌گرم بر لیتر) |
| بیشتر از ۱۲ | ۱۲ | ۸ | مساوی و کمتر از ۵ | |

آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا (USEPA) حدمجاز کربن آلی کل در آب خام ورودی به تصفیه خانه‌های آب را معادل ۲ میلی‌گرم بر لیتر اعلام کرده است. این مقدار در برخی از کشورها تا ۴ میلی‌گرم بر لیتر نیز گزارش شده است (تویسرکانی ۱۳۸۸).

۹-۲- روش‌های گوناگون برای حذف مواد آلی از منابع آب

وجود مواد آلی باعث بروز یکسری مشکلات در آب شرب و فرآیندهای تصفیه آن شده است. از جمله این مشکلات می‌توان به اثرات منفی بر کیفیت آب، افزایش مقدار مواد منعقدکننده و ضدعفونی کننده، افزایش رشد بیولوژیکی در سیستم اشاره کرد. مواد آلی را می‌توان توسط فرآیندهای زیر از منابع آب حذف کرد:

- ۱- حذف مواد آلی توسط فرآیند انعقاد
- ۲- حذف مواد آلی توسط روش‌های الکتروشیمیایی
- ۳- حذف مواد آلی توسط غشاها
- ۴- حذف مواد آلی توسط جذب
- ۵- حذف مواد آلی توسط فرآیند تبادل یونی

۹-۲-۱- حذف مواد آلی توسط فرآیند انعقاد

مواد آلی را می‌توان توسط فرآیند انعقاد از آب حذف کرد. این روش از جمله روش‌های رایج و مقرون به صرفه در حذف مواد آلی است. و شامل انعقاد و لخته شدن و در ادامه رسوبگذاری/شناورسازی و فیلتر ماسه‌ای است. بیشترین مقدار مواد آلی توسط فرآیند انعقاد قابل حذف است. بخش آبگریز و ترکیبات با جرم بالای مواد آلی بهتر از بخش آبدوست و ترکیبات با جرم مولی پایین قابل حذف است. بنابراین، فرآیند انعقاد تقویت شده یا بهینه شده و نیز فرآیندهای جدید دیگر ظاهراً بهترین گزینه برای کنترل مواد آلی و تشکیل محصولات جانبی گندزدایی است. انعقاد یک فرآیند فیزیکی و شیمیایی است که در آن پتانسیل دافعه الکتریکی دو لایه از کلوئیدها کاهش می‌یابد و در این مسیر

می‌توان میکروذرات را تولید کرد. این ذرات ریز کلوئیدی با هم برخورد کرده و ساختارهای بزرگتری به نام لخته را در فرآیند لخته شدن ساخته‌اند. فرآیند انعقاد در جهت کاهش کدورت در تصفیه آب، حل مشکلات مربوط به رنگ آب و حذف عوامل بیماری‌زا کاربرد دارد. توانایی فرآیند انعقاد در حذف مواد آلی و اجزای آن به چند عامل بستگی دارد نظیر: مقدار و نوع مواد منعقدکننده، شرایط مخلوط شدن، pH، دما، ذرات و ویژگی‌های ماده آلی (اندازه، بار، قدرت آبگریزی) و حضور کاتیون‌های دوظرفیتی و غلظت آنیون‌های ناپایدار شده شامل بیکربنات و کلریدسولفات. در مرحله انعقاد، اجزاء جامد توسط منعقدکننده‌ها ناپایدار شده بودند. این مرحله شامل تشکیل ذرات ریز است. سپس فرآیندی که در آن لخته‌های بزرگ تشکیل شده است را لخته‌شدن گویند. فرآیند انعقاد شیمیایی توسط منعقدکننده‌های غیرآلی (معدنی) انجام می‌شود. منعقدکننده‌ها اغلب نمک‌های آهن یا آلومینیوم هستند (Sillanpää and Matilainen. 2015).

۲-۹-۲- حذف مواد آلی توسط فرآیندهای الکتروشیمیایی

تکنولوژی‌های الکتروشیمیایی در سال‌های اخیر برای خالص‌سازی و ضدعفونی کردن آب رشد داشته‌اند. روش‌های الکتروشیمیایی (Electrochemical) نظیر انعقاد الکتریکی (Electrocoagulation) معروف به لخته‌سازی الکتریکی (Electroflocculation)، شناورسازی الکتریکی (Electroflotation) و اکسایش الکتریکی (Electrooxidation)، بهره‌وری خود را در حذف اسیدهای هیومیک، کلی‌فرم و جلبک‌ها در آب‌های سطحی به اثبات رسانده‌اند. بسیاری از تحقیقات نیز با فاضلاب مصنوعی انجام شده است. روش‌های قدیمی و معمولی آب نظیر انعقاد شیمیایی، تصفیه بیولوژیکی و اکسایش توسط اشعه فرابنفش در مقابل برخی مواد سمی و آلودگی‌های دیرگداز مؤثر نیست و در این راستا روش‌های الکتروشیمیایی تصفیه آب با بازدهی بالا را فراهم کرده است. روش‌های الکتروشیمیایی جدید، ارزان و

مؤثر در مورد خالص سازی فاضلاب قبل از تخلیه به داخل سیستم آب است. روش های الکتروشیمیایی به دلیل استفاده نکردن از مواد شیمیایی (یا استفاده بسیار کم از مواد شیمیایی) در فرآیند تصفیه آب به عنوان «تکنولوژی سبز» در نظر گرفته شده اند. انعقاد الکتریکی در ترکیب با سیستم فیلتراسیون غشایی، حذف قابل توجهی از مواد آلی را نشان داده است. تصفیه آب های سطحی با فرآیند انعقاد الکتریکی می تواند آب با کیفیت بالا برای مصارف شرب و صنعتی فراهم کند. همچنین این تکنولوژی به حذف بعضی آلودگی های سمی از فاضلاب کمک می کند. مزایای استفاده از تکنولوژی انعقاد الکتریکی نسبت به انعقاد معمولی استفاده کمتر از مواد شیمیایی مختلف و کاهش تولید لجن است. در روش انعقاد الکتریکی علاوه بر حذف ذرات آبریز، کلوئیدهای آبدوست را هم حذف کرده است. در حالی که فرآیند حذف ذرات آبدوست در فرآیند انعقاد میسر نبوده است. بنابراین روش انعقاد الکتریکی در حذف مواد آلی طبیعی مؤثر بوده است، اما شرایط فرآیند (pH، بار الکتریکی و محلول الکترولیت) باید به دقت مشخص شده باشند. انعقاد الکتریکی مزایای متعددی نسبت به سایر فن-آوری های تصفیه آب دارد؛ بعضی از مزایای مهم برای تصفیه فاضلاب عبارتند از:

- ۱- تولید مقادیر کم لجن و لجن تولید شده به آسانی آزدایی می شود.
 - ۲- لخته های تشکیل شده در انعقاد الکتریکی بزرگتر و پایدرتر از لخته های تشکیل شده در فرآیند انعقاد معمولی هستند.
 - ۳- حذف کربن آلی حل شده از آب توسط فرآیند انعقاد الکتریکی، بهتر از انعقاد معمولی صورت گرفته است.
 - ۴- در فرآیند انعقاد الکتریکی آنیون های مضر مثل سولفات و کلرید به آب اضافه نشده اند.
- از جمله معایب روش انعقاد الکتریکی:

- ۱- کاهش بازدهی الکترودها به دلیل وجود اکسیدها و مواد رسوب کرده به روی سطح الکترودها است.

۲- ولتاژ بالا را می‌توان با کاهش فاصله بین الکترودها کم کرد.

۳- در فرآیند انعقاد الکتریکی، هنگام تصفیه آب با مقادیر بالای اسیدهای هیومیک و فولویک-

اسید، تری‌هالومتان‌ها تشکیل می‌شوند.

اگرچه فرآیندهای الکتروشیمیایی گران‌تر از فرآیندهای انعقاد است، اما می‌توان در مقیاس‌های کوچک کاربردی، برای مثال سیستم‌های تصفیه آب اضطراری و یا جوامع کوچک استفاده شود؛ به ویژه اگر سیستم شناورسازی الکتریکی برای جدایش ذرات استفاده شود (Sillanpää *et al.* 2015).

۲-۹-۳- حذف مواد آلی توسط غشاهای

مواد آلی موجود در آب، ترکیب ناهمگن از پلی‌مرهای زیستی و مواد تجزیه شده ناشی از محصولات جانبی مضر در فرآیند تصفیه آب شرب است. به دلیل متغیر بودن ترکیب مواد آلی طبیعی، حذف کامل آن از آب آشامیدنی توسط فرآیند انعقاد و یا استفاده از یک روش مشکل است. در این قسمت مروری بر حذف مواد آلی طبیعی توسط غشاهای ریزپالایش (Microfiltration)، فراپالایش (Ultrafiltration)، نانوپالایش (Nanofiltration)، و اسمز معکوس (Reverseosmosis) است.

از اواخر دهه ۱۹۸۰ فرآیندهای غشایی به‌طور فزاینده، به‌عنوان یک روش مؤثر در از بین بردن کدورت، مواد آلی، میکروارگانیزم‌ها و محصولات جانبی ناشی از ضدعفونی آب شرب، در نظر گرفته شده است. در طول سه دهه گذشته، فرآیندهای غشایی علاوه بر پیشرفت زیاد، دوستدار محیط‌زیست نیز بوده‌اند.

فرآیندهای غشایی با استفاده از یک فیلم نیمه تراوا به نام غشا (Membrane)، ذرات و املاح را از آب جدا می‌کند. اکثر فرآیندهای غشایی با استفاده از تفاوت فشار برای تولید نیروی محرکه در سرتاسر غشا کار می‌کنند.

ریز پالایش (Microfiltration): غشاهای ریزپالایش در ابتدا برای حذف رنگ، کدورت و عوامل بیماری‌زا از کارخانه‌های تصفیه آب شهری، در اواخر دهه ۱۹۸۰ مورد استفاده بوده است. اندازه منافذ (۰/۱ تا ۵ میکرومتر) در غشاهای ریزپالایش بزرگتر از مواد آلی طبیعی است. بنابراین این غشا برای مواد آلی از جنس پلی‌ساکارید کارایی دارد. غشاهای ریزپالایش تنها قادر به حذف ۱۰ درصد مواد آلی از آب است در حالی که همین غشاها قادر به حذف ۹۷ درصد کدورت از آب می‌باشند. غشاهای ریزپالایش به طور گسترده در فرآیندهای خالص‌سازی آب و روش‌های پیش‌تصفیه در کارخانه نمک-زدایی آب دریا کاربرد دارد. استفاده از غشاهای ریزپالایش به همراه سایر روش‌ها، چه در ابتدای تصفیه برای حذف مواد ذره‌ای و میکروبی و یا پس از انعقاد کاربرد دارند. جنس این غشاها معمولاً از سلولز استات (Celluloseacetate)، پلی‌سولفون (Polysulfone)، پلی‌اتر سولفون (Polyethersulfone) و پلی‌وینیلیدن فلوراید (Polyvinylidene fluoride) است.

فراپالایش (Ultrafiltration): اندازه منافذ در غشای فراپالایش ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر است. به طور کلی هر چه اندازه منافذ در غشای فراپالایش کوچکتر باشند، فرآیند حذف مواد آلی افزایش می‌یابد. بنابراین با کاهش اندازه منافذ غشای فراپالایش درصد بیشتری از مواد آلی و به تبع آن درصد بالاتری از مواد آلی حل شده حذف می‌شوند. علاوه بر اندازه منافذ در غشای فراپالایش، دافعه الکترواستاتیک هم در عملکرد غشای فراپالایش حائز اهمیت است. کمترین نرخ حذف مواد آلی در حال رخ می‌دهد که غشا باردار نشده باشد، در حالی که در غشای باردار شده درصد بیشتری از مواد آلی حذف می‌شوند.

نانوپالایش (Nanofiltration): نانوپالایش در ایالت متحده در سال ۱۹۷۰ برای تصفیه آب‌های زیرزمینی حاوی نمک و سختی‌زدایی آب‌های سطحی مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۱۹۹۰ غشا

نانوپالایش برای حذف پیش‌سازهای محصولات جانبی و ریزآلاینده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. نقل و انتقال مواد آلی در میان فضاهای غشا نانوپالایش تحت تأثیر فرآیند همرفت و یا فرآیند انتشار است. اجزای بزرگتر مواد آلی مثل پلی‌ساکاریدها و مواد هیومیکی توسط غشا نانوپالایش حذف می‌شوند در حالی که ترکیبات آلی با جرم مولی کم به داخل غشای نانوپالایش نفوذ می‌کنند. به‌طور کلی در فرآیند نانوپالایش، اجزاء آبگریز مواد آلی راحت‌تر از اجزاء آبدوست حذف می‌شوند. حذف کربن آلی جذب شدنی (Assimilable organic carbon) توسط غشاهای نانوپالایش به شدت وابسته به دفع بار و حذف کربن آلی حل‌شده‌ی زیست‌تجزیه پذیر (Biodegradable dissolved organic carbon) است. در کارخانه تصفیه آب آشامیدنی، غشا نانوپالایش بسیار مؤثر برای کاهش کربن آلی حل‌شده‌ی زیست‌تجزیه پذیر و ناکارآمد در حذف کربن آلی جذب شدنی است.

اسمز معکوس (Reverse osmosis): فرآیند اسمز معکوس اغلب برای تولید آب شرب از آب دریا توسط فرآیند نمک‌زدایی استفاده می‌شود. این فرآیند برای تولید آب شرب از آب‌های سطحی با سختی بالا و مقادیر بالای مواد آلی و آب زیرزمینی کاربرد دارد. در حال حاضر کارخانه‌های نمک‌زدایی جدید با استفاده از فرآیند اسمز معکوس برای حذف کدورت، مواد نامحلول، مواد آلی کلوئیدی و عوامل بیماری‌زا نظیر جیاردیا (*Giardia*) و کریپتوسپوردیوم (*Cryptosporidium*) طراحی شده‌اند. اما این کارخانه‌ها قادر به حذف مقادیر قابل توجهی از کربن آلی حل‌شده و میکروارگانیسم‌های دریایی نیست. علاوه بر نمک‌زدایی آب دریا فرآیند اسمز معکوس قادر به حذف تری‌هالومتان‌ها، هالواستیک‌اسیدها و دیگر هیدروکربن‌های هالوژنه از آب کاربرد دارد. این روش قادر به حذف بیش از ۹۵ درصد تری‌هالومتان‌ها و هالواستیک‌اسیدها از آب است (Sillanpää *et al.* 2015).

۲-۹-۴- حذف مواد آلی از آب توسط فرآیند جذب

این قسمت به بررسی فرآیند جذب در حذف آلودگی‌های آلی می‌پردازد که یکی از بهترین فن‌آوری‌ها در حذف انواع آلاینده‌های آلی است. انتخاب فرآیند تصفیه آب بستگی به ویژگی‌های مواد آلی و هزینه تصفیه دارد. فرآیند حذف به دلیل سادگی و طراحی و کارکرد آسان جزء بهترین‌های تکنولوژی‌های تصفیه آب محسوب می‌شود.

جذب: جذب یک فرآیند انتقال جرم شامل تجمع مواد در فصل مشترک دو فاز مانند مایع-مایع، گاز-مایع، گاز-جامد و یا سطح مشترک مایع-جامد است. جذب فیزیکی یک فرآیند برگشت پذیر است که در دماهای پایین تر رخ می‌دهد در حالی که جذب شیمیایی در دمای بالاتر از دمای بحرانی اتفاق می‌افتد.

جاذب و ویژگی‌هایش: برای رسیدن به بهترین عملکرد در فرآیند جذب، دانستن ویژگی‌های انواع جاذب مهم است. مهمترین ویژگی‌های یک جاذب خوب، ساختار متخلخل توسعه یافته و سطح ویژه زیاد، مقرون به صرفه بودن مواد اولیه، استحکام مکانیکی خوب و نیز زمان تعادل کوتاه برای جذب سریعتر آلاینده‌ها است. تعدادی از منابع مختلف که به‌طور گسترده در دهه‌های اخیر به‌عنوان جاذب در کنترل آلودگی آب مورد استفاده قرار گرفته‌اند شامل ژل سیلیکا، آلومینای فعال، زئولیت و کربن فعال بوده‌اند. جذب توسط کربن فعال شده دانه‌ای یکی از بهترین فن‌آوری‌های حذف مواد آلی و دیگر آلاینده‌های سیستم‌های آلی است. کربن فعال به دو شکل کربن فعال شده دانه‌ای و کربن فعال شده پودری استفاده می‌شود.

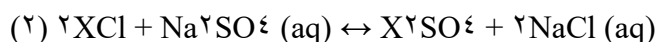
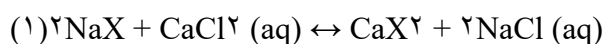
نانوجاذب‌ها: فناوری نانو به عنوان یکی از فناوری‌های امیدوارکننده در صنعت تصفیه آب است. کربن سیاه در مقیاس نانو، برای حذف مواد آلی از آب در صورت استفاده و عدم استفاده از فرآیند انعقاد، استفاده می‌شود. در صورت عدم استفاده از فرآیند انعقاد، بیش از ۶۰ درصد مواد آلی توسط نانو کربن سیاه در pH ۳ تا ۵ جذب و سپس حذف شد. بیش از ۳۵ درصد مواد آلی در بیست دقیقه اول توسط نانو کربن سیاه جذب شدند. کل این فرآیند دو ساعت به طول انجامید. استفاده از دوز کم مواد

منعقدکننده در pH ۶ تا ۷، حذف مواد آلی را به طور قابل توجهی افزایش داده است. تحقیقات در مورد کربن سیاه به همراه دوز کم آلوم، جاذب خوب برای حذف مواد آلی از آب بوده‌اند. استفاده از نانو لوله‌های کربنی چند جداره (Multiwalled carbon nanotubes) برای جذب مواد آلی در محلول‌های آبی مطالعه شده است. مقدار مواد آلی جذب شده در نانو لوله‌های کربنی با افزایش غلظت مواد آلی و قدرت یونی محلول افزایش می‌یابد اما افزایش pH محلول کاهش یافته است. در شرایط مشابه، جذب مواد آلی در کربن فعال شده دانه‌ای و نانو لوله‌های کربنی انجام شد و نتیجه آزمایش نشان داد که نانو لوله‌های کربنی دارای کارایی بالا برای حذف مواد آلی و در نتیجه تولید با کیفیت بالا آب هستند. تعدادی از جاذب‌های مهم و مورد استفاده برای جذب مواد آلی موجود در آب به شرح زیر است: کربن فعال شده دانه ای، کربن فعال شده پودری، نانو لوله‌های کربن تک جداره، نانو لوله‌های کربن چند جداره، ذرات اکسید آهن، اکسید آهن با ماسه پوشش داده شده، خاکستر آتشفشانی اصلاح شده، خاکستر پوسته برنج. هر یک از این جاذب‌ها برای حذف مواد آلی از آب، دارای مزایا و معایب خود هستند. امید به آن است که جاذب‌های جدید بتوانند نه تنها در مقیاس آزمایشگاهی بلکه در مقیاس-های تجاری برای حذف مواد آلی از آب کاربرد داشته باشند (Sillanpää and Bhatnagar 2015).

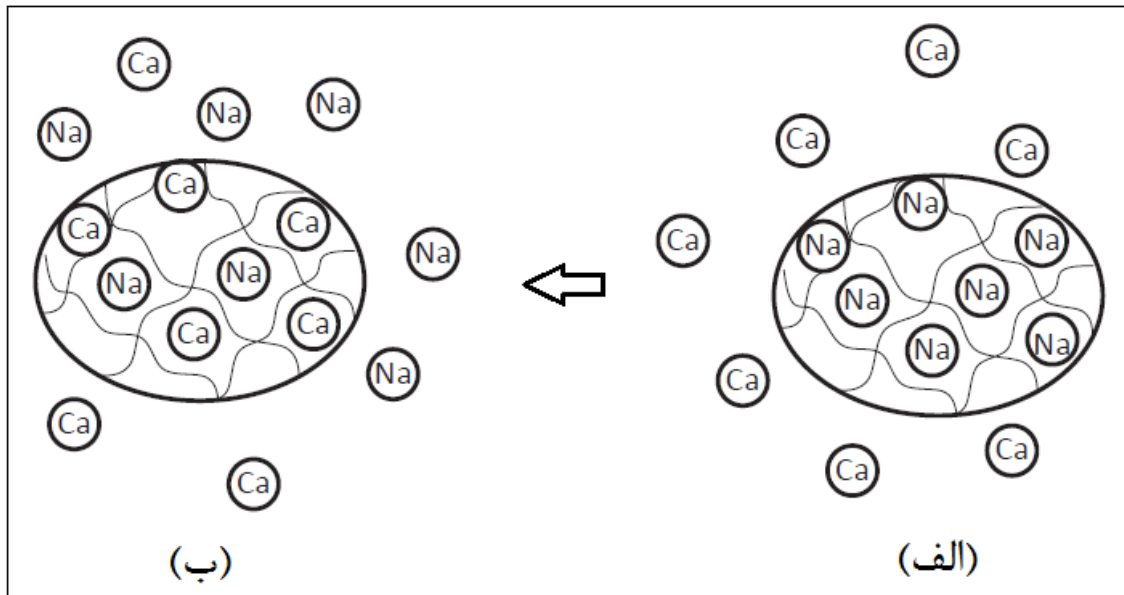
۲-۹-۵- حذف مواد آلی از آب توسط فرآیند تبادل یونی

وجود مواد آلی در آب آشامیدنی باعث بروز مشکلاتی در طول فرآیندهای تصفیه شده است. فرآیند تبادل یونی نه تنها غلظت مواد آلی در آب را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد بلکه مانع از شکل‌گیری محصولات جانبی گندزدایی همانند تری‌هالومتان‌ها شده است. در این قسمت به بررسی مطالعات اخیر در مورد حذف مواد آلی از آب توسط فرآیند تبادل یونی پرداخته شده است. فرآیند تبادل یونی یک فرآیند برگشت‌پذیر میان فاز مایع و جامد شرح داده شده است. فاز جامد به عنوان

بخش تبادل کننده یون و البته نامحلول در فاز مایع که حامل ین تبادل پذیر است و خودش در طول واکنش دچار تغییرات ساختاری اساسی نمی شود، تعریف می شود. واکنش های تبادل یونی و کانیون ها و آنیون های معروف در واکنش زیر نشان داده شده اند:



واکنش اول به نرم شدن (Softening) آب های سخت نسبت داده شده است. در فرآیند واکنش نرم شدن آب، آب سخت در میان ستون تبادل یونی (NaX) پمپ می شود و کاتیون هایی نظیر کلسیم از آب حذف و جای خود را به مقدار معادل سدیم می دهند. زمانی که تمام یون های سدیم با کاتیون های موجود در ستون تبادل یونی جایگزین شدند، بخش تبادل کننده به اصطلاح خسته (Exhausted) می شود و این خستگی به سهولت با پمپاژ کردن در یک محلول نمک سدیم در طول فرآیند تبادل یونی رفع می شود. شکل (۱-۲-الف) نشانگر مرحله اول فرآیند تبادل یونی است؛ موقعی که تماس بین تبادل کننده یون (جاذب) و آب حاوی کاتیون های کلسیم شروع شده است. در شکل (۱-۲-ب)، تعادل بین جاذب و آب حاوی کاتیون های کلسیم برقرار شده است. یک جاذب ایده آل دارای شرایط آبدوست بودن، ثبات فیزیکی و شیمیایی خوب، سرعت نسبتاً بالای تبادل یونی، ظرفیت کافی برای تبادل ین، اندازه ذرات و سطح تماس مؤثر است. جاذب ها را می توان به طیف گسترده ای از مواد طبیعی و مصنوعی نسبت داد. در میان مواد طبیعی، آلومیناسیلیکات به عنوان جاذب کاتیون شناخته شده است. ماده ای به نام کلینوپتیلولیت (Clinoptilolite) به دست آمده در استان سمنان، جاذب مفید برای جذب یون NH_4^+ از آب است. دیگر جاذب های طبیعی، انواع مختلفی از زغال سنگ، آلومینا، آلجینیک اسید (Alginic acid)، کلودین (Collodine) و کراتین (Keratin) است. اکثر جاذب های مورد استفاده در تصفیه پساب ها و سایر کاربردهای صنعتی، رزین های مصنوعی اند نظیر: رزین کاتیون اسید قوی، رزین کاتیون اسید ضعیف، رزین آنیون باز قوی و رزین آنیون باز ضعیف می باشند (Levchuk 2015).



شکل ۲-۲- شکل شماتیک نمایش تبادل یونی بین یون‌های سدیم و کلسیم

فصل سوم: مواد و روش‌ها

در این فصل، روند انجام کار برای بررسی و ارزیابی کربن آلی کل و ارزیابی هیدروژن‌شیمیایی منطقه بسطام و حومه به طور مختصر ارائه می‌گردد. به طور کلی فعالیت‌های انجام شده برای انجام این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

- جمع‌آوری آمار و اطلاعات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه مطالعاتی بسطام
- تهیه نقشه زمین‌شناسی پایه، با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان
- ارزیابی مقادیر کربن آلی کل در نمونه‌های آب شرب دشت بسطام
- اندازه‌گیری کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در نمونه‌های آب شربTM

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات کمی و کیفی مورد نیاز در دشت بسطام

به منظور بررسی جامع منابع آب زیرزمینی در یک منطقه، وجود داده‌ها و اطلاعات مرتبط با کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی در منطقه الزامی است. در این راستا اولین گام در بررسی یک آبخوان، جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز می‌باشد. بنابراین، اطلاعات هیدروژئوشیمی آبخوان، آمار منابع آب‌های زیرزمینی، اطلاعات سنگ‌شناسی و عوامل ساختاری منطقه مورد نظر از اداره امور آب شهرستان شاهرود، پایان نامه‌ها و طرح‌های تحقیقاتی انجام شده در منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردید.

۳-۲- تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

یکی از مهم‌ترین اطلاعات موجود برای هر منطقه به لحاظ مطالعات زمین‌شناسی، وجود نقشه‌های زمین‌شناسی و نقشه‌های توپوگرافی مربوط به آن منطقه می‌باشد. محدوده دشت بسطام در نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان قرار گرفته است. با استفاده از نقشه مزبور، در محیط نرم‌افزار Arc GIS ۹,۳، نقشه منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. همچنین به منظور دقت بیشتر در پردازش داده‌ها، تصاویر ماهواره‌ای لندست و نرم‌افزار Google Earth نیز با نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، تطبیق داده شد.

۳-۳- بازدیدهای صحرائی، نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

تهیه و گردآوری نمونه‌ها به منظور حصول نتایج صحیح و دقیق کیفیت آب، یکی از مهم‌ترین مراحل در یک پژوهش علمی است. در این تحقیق به منظور بررسی کربن آلی کل در منطقه بسطام و حومه و نیز ارزیابی هیدروشیمی آب، پس از بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، بازدید مقدماتی و تعیین راه‌های دسترسی، عملیات نمونه‌برداری از چاه‌های آب شرب قبل از مراحل کلرزی در دو فصل، در تابستان و پائیز ۱۳۹۵ انجام گرفت. در این راستا نکات زیر مورد توجه قرار گرفت:

- ثبت اطلاعات اولیه مربوط به هر کدام از نمونه‌ها
- در برداشت هر نمونه، در ابتدا به مدت ۳ تا ۴ دقیقه آب از محل چاه مربوطه خارج شد.
- در هنگام عملیات نمونه‌برداری، بطری پلاستیکی و درپوش آن دو مرتبه با آب چاه محل برداشت نمونه و یک بار با آب مقطر شسته و سپس نمونه برداشت شد.

- نگهداری نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و ارسال آن‌ها به آزمایشگاه علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود.

- به حداقل رساندن زمان بین نمونه‌برداری و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر در آزمایشگاه در شکل (۳-۱) نمایی از نمونه‌برداری چاه ابرسج نشان داده شده است. در ادامه پس از اتمام مراحل نمونه‌برداری، اقدام به آماده‌سازی نمونه‌ها، تجزیه دستگاهی و شیمیایی نمونه‌ها با استفاده از روش‌های استاندارد، گردید. در این پژوهش پارامترهای زیر اندازه‌گیری شدند: کربن آلی کل (TOC)، آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی، دما، pH و هدایت الکتریکی، سختی کل، کل جامدات محلول.



شکل ۳-۱- نمایی از نمونه‌برداری از چاه ابرسج

برای نمونه‌برداری از آب چاه‌های مورد مطالعه، از بطری‌های ۱۵۰۰ سی‌سی استفاده گردید. در هنگام نمونه‌برداری از هر محل، تعداد دو نمونه برداشت شد. نمونه‌های آب تا زمان انتقال به آزمایشگاه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. موقعیت نقاط نمونه‌برداری توسط دستگاه GPS ثبت شد و در جدول (۳-۱) آورده شده است. پارامترهای هدایت الکتریکی و دما در محل نمونه‌برداری و pH، یون‌های اصلی و کربن آلی کل در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی شاهرود (آزمایشگاه

آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست‌محیطی) اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی در شکل (۳-۲) نشان داده شده است.



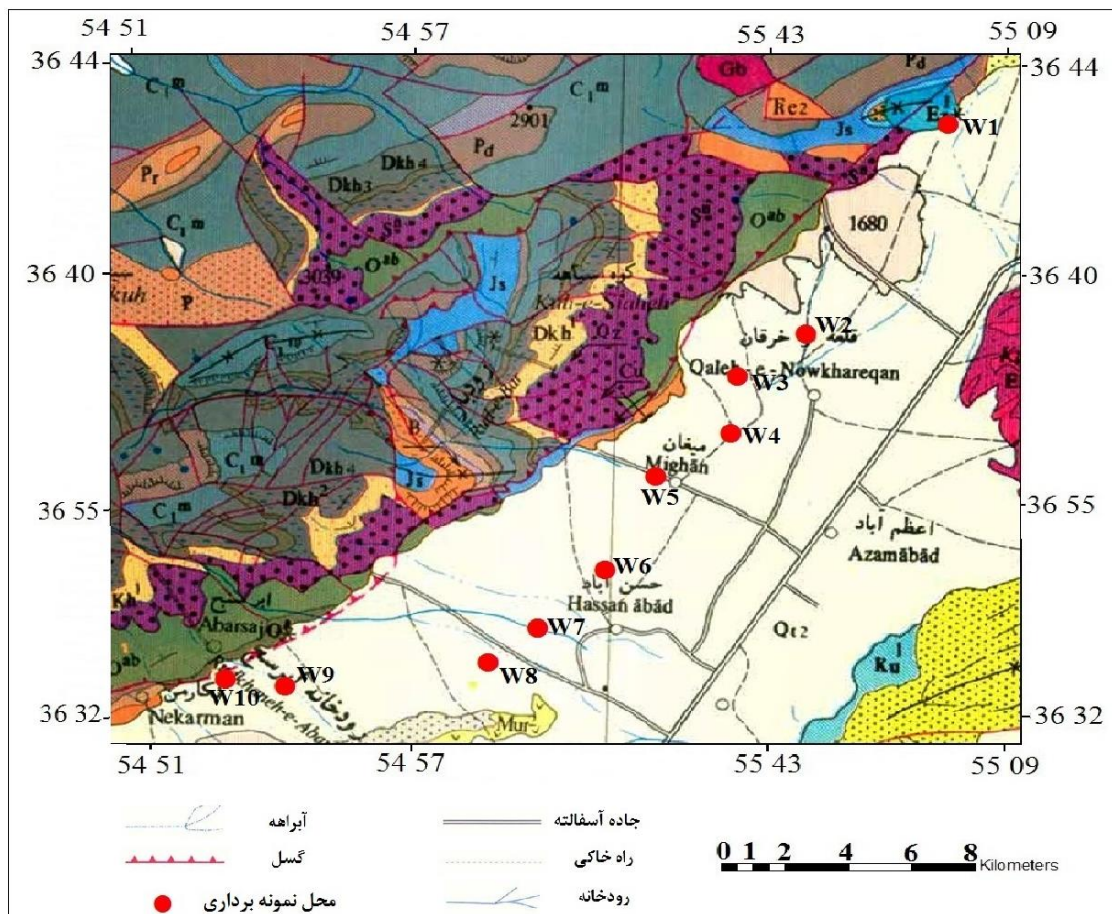
شکل ۳-۲- اندازه‌گیری یون‌های اصلی در نمونه‌های آب شرب بسطام

جدول ۳-۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری

| شماره ایستگاه | نام محل نمونه‌برداری | طول جغرافیایی (UTM) | عرض جغرافیایی (UTM) |
|-----------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| W ₁ | چشمه شاه پسند- روستای ابر | ۳۳۱۹۱۶ | ۴۰۶۵۵۸۷ |
| W ₂ | چاه آب (۱۵ روستای شرق جاده) | ۳۲۷۴۳۵ | ۴۰۵۸۱۷۲ |
| W ₂ | چشمه قنات گرمَن | ۳۲۸۲۸۳ | ۴۰۵۶۶۸۴ |
| W ₄ | چاه قلعه محمدآقا | ۳۲۵۰۵۰ | ۴۰۵۴۷۰۶ |
| W ₅ | چاه میقان | ۳۲۲۷۲۲ | ۴۰۵۳۱۹۳ |
| W ₆ | چاه حسین‌آباد زنده | ۳۲۱۰۹۳ | ۴۰۴۹۸۷۶ |
| W ₇ | چاه الیکایی | ۳۱۸۹۹۹ | ۴۰۴۷۸۴۰ |
| W ₈ | چاه ده‌خیر | ۳۱۷۴۲۸ | ۴۰۴۶۶۱۸ |
| W ₉ | چشمه ابرسج | ۳۱۱۰۲۷ | ۴۰۴۵۸۰۳ |
| W ₁₀ | چاه ابرسج | ۳۰۹۱۶۵ | ۴۰۴۶۰۳۶ |

۳-۴- بررسی ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی دشت بسطام

یکی از بخش‌های مهم در مطالعه هر آبخوان، بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی آن آبخوان می‌باشد. بدین جهت از داده‌های ۱۰ ساله هیدروژئوشیمیایی (۱۳۸۵-۱۳۹۵) دشت بسطام، شامل pH، هدایت الکتریکی (EC) و غلظت آنیون و کاتیون‌های اصلی (سدیم، کلر، سولفات، بی‌کربنات، منیزیم و کلسیم)، در ۱۰ چاه و چشمه تعیین شده توسط اداره آب منطقه‌ای روستایی در این دشت استفاده گردید. موقعیت نقاط نمونه‌برداری در شکل (۳-۳) نشان داده شده است.



شکل ۳-۳- موقعیت نقاط نمونه‌برداری در منطقه بسطام

۱-۴-۳- اندازه‌گیری غلظت یون‌های اصلی در نمونه‌های آب شرب بسطام

به منظور بررسی غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات و کلر از روش تیتراسیون و برای اندازه‌گیری غلظت یون سولفات از روش توربیدیتی متری و در نهایت برای اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم از روش نورسنجی شعله‌ای استفاده شد. روش توربیدیتی متری در شکل (۴-۳) سمت راست و روش تیتراسیون در شکل (۴-۳) سمت چپ نشان داده شده است.



شکل ۳-۴- روش توربیدیتی متری (راست) و روش تیتراسیون (چپ) جهت اندازه‌گیری یون‌های اصلی در آب

۲-۴-۳- ترسیم نقشه‌های مقادیر یون‌های اصلی

برای تفسیر راحت‌تر مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها از قبیل سدیم، کلسیم، کلر، بی‌کربنات و سولفات، و تغییرات مکانی آن‌ها اقدام به تهیه نقشه این یون‌ها گردید. لذا نمونه‌برداری از مکان‌های مورد نظر در دو فصل تر و خشک (پائیز و تابستان ۱۳۹۵) انجام و در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی شاهرود آنالیز گردیدند. رسم نقشه‌های مذکور با استفاده از نتایج بدست آمده برای هر کدام از یون‌های اصلی

در ۱۰ چاه و چشمه انجام گردید. در این راستا مقادیر محاسبه شده بر روی نقشه منطقه مورد مطالعه پلات شده و نمودارها توسط نرم‌افزار Arc GIS رسم شدند.

۳-۴-۳- ترسیم نقشه هدایت الکتریکی

برای مقایسه و تفسیر سریع تغییرات کیفی در منابع آب می‌توان از نقشه‌های مختلف کیفی از قبیل نقشه‌های هدایت الکتریکی استفاده نمود. واحد آن نیز میکروموس بر سانتی‌متر است. این پارامتر معمولاً در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری می‌شود شکل (۳-۴). نقشه‌های هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS رسم گردید.



شکل ۳-۵- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در محل نمونه‌برداری و آزمایشگاه

۳-۴-۴- ترسیم نمودارهای کیفی

به منظور تعیین نوع و تیپ آب‌ها، مشخص نمودن آنیون و کاتیون غالب در آن‌ها، درک رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی و بررسی کیفیت آب برای مصارف شرب، نمودارهای مختلفی همچون استیف،

شولر، و پایپر قابل استفاده می‌باشد که برای ترسیم آن‌ها در آبخوان منطقه بسطام از نرم‌افزارهای AqQA و Excel استفاده شد.

۵-۳- اندازه‌گیری کربن آلی کل در نمونه‌های آب شرب بسطام

به منظور اندازه‌گیری کربن آلی کل در نمونه‌های آب شرب منطقه مورد مطالعه، پس از انجام عملیات نمونه‌برداری، نمونه‌های آب تا فرا رسیدن زمان آنالیز، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و محیط تاریک نگهداری شده است. در هنگام انجام آزمایش برای اندازه‌گیری کربن آلی کل در ابتدا ۱۰۰ سی‌سی آب از هر نمونه را توسط پیپت برداشته و در ارلن ریخته و سپس ۰/۵ سی‌سی اسید هیدروکلریک ۰/۱ مولار اضافه شده است. نمونه‌های آماده سازی شده را کنار دستگاه اندازه‌گیری کربن آلی کل (Analytic jena multi N/C 3100) (شکل ۳-۵) گذاشته و سپس سوزن مکش نمونه را داخل ارلن حاوی نمونه گذاشته تا دستگاه آب را مکش کرده و نمونه را آنالیز نماید. نتایج آنالیز نمونه‌ها روی مانیتور متصل به دستگاه نمایش داده شده و ثبت می‌گردند.



شکل ۳-۶- دستگاه آنالیز کننده کربن آلی کل (بالا) ومانیتور نشان دهنده ثبت کننده اطلاعات (پایین)

فصل چهارم: ارزیابی کربن آلی کل و هیدروژنوشیمی

آب شرب منطقه بسطام و حومه

کربن آلی کل (TOC) و به طور کلی مواد آلی در تمام آب‌ها یافت می‌شوند. به دلیل اینکه این ترکیبات در اثر ترکیب شدن با کلر، محصولات جانبی سرطان‌زا برای انسان تولید می‌کنند، لذا باید قبل از کلرزنی آب شرب، آب چاه‌ها مورد بررسی قرار بگیرند. از آن جایی که مقادیر کربن آلی کل در آب شرب بسطام تا کنون اندازه‌گیری و بررسی نشده‌اند، لذا می‌بایست مورد آنالیز قرار بگیرند. در ادامه فصل نیز ترکیب هیدروژنوشیمی آب چاه‌های که نمونه‌برداری از آنها شده است مورد بررسی قرار گرفته است.

۴-۱- ارزیابی هیدروژنوشیمیایی منابع آب شرب منطقه بسطام

به منظور بررسی هیدروژنوشیمیایی آب شرب منطقه بسطام در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۵، از چاه‌های آب زیرزمینی، عملیات نمونه‌برداری انجام گردید. پارامترهای هدایت الکتریکی (EC)، (pH) و دما در منطقه اندازه‌گیری شد و سپس نمونه‌ها برای انجام سایر آنالیزهای مربوطه، تحت شرایط استاندارد به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی شاهرود، آزمایشگاه آب و زمین‌شناسی زیست‌محیطی انتقال داده شد. در جدول (۴-۱) نتایج آنالیزهای شیمیایی مربوط به چاه‌های آب شرب منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. در جدول (۴-۲) سایر پارامترهای محاسبه شده برای بررسی و تحلیل هیدروژنوشیمی نشان داده شده است.

جدول ۴-۱- مقادیر پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده

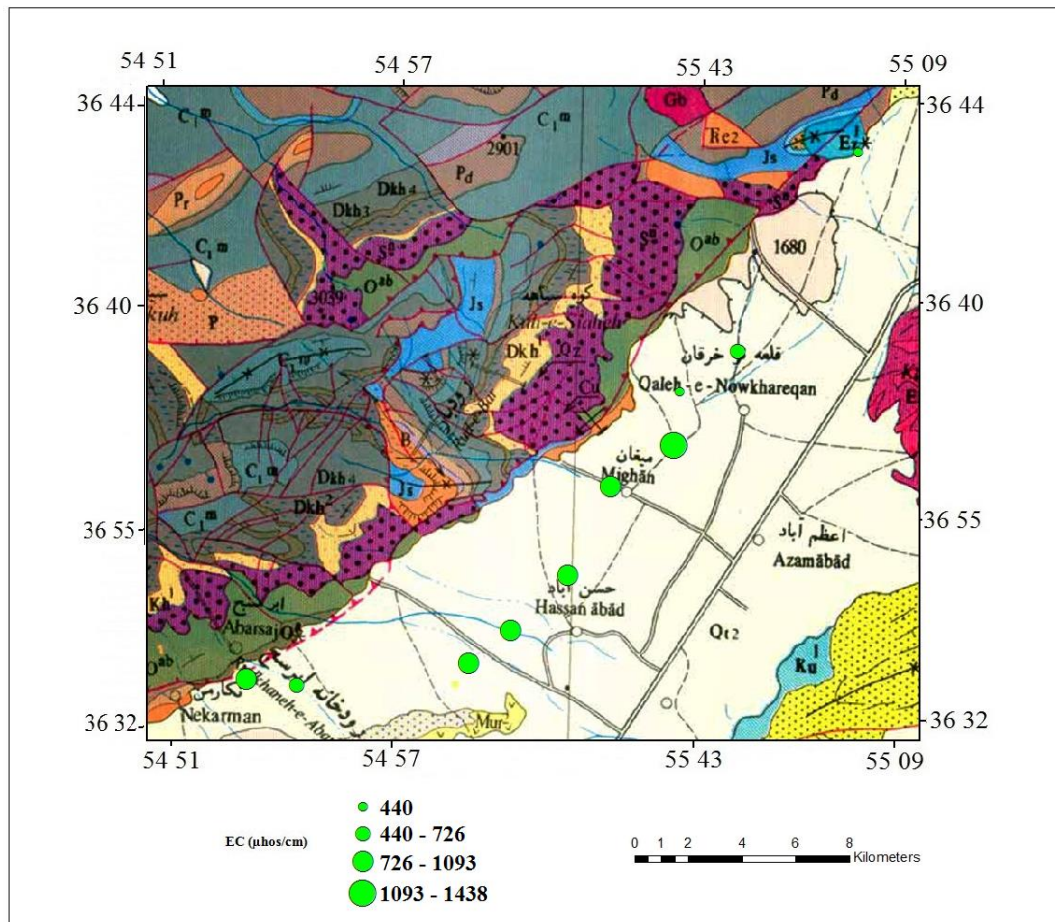
| غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها (میلی‌گرم بر لیتر) | | | | | | | EC ($\mu\text{mhos/cm}$) | علامت اختصاری | نام محل نمونه برداری |
|--|-------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | Ca ²⁺ | K ⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | | | |
| ۲۱/۳ | ۲۴ | ۲۱۳/۵ | ۶۴ | ۰/۳۹ | ۶ | ۱۶/۱ | ۳۴۰ | W ₁ | چشمه روستای ابر |
| ۴۹/۷ | ۱۱۰/۴ | ۲۷۴/۵ | ۶۰ | ۱/۱۷ | ۴۰/۸ | ۳۶/۸ | ۶۴۳ | W ₂ | چاه آب (۱۵) |
| ۶۳/۹ | ۵۲/۸ | ۱۸۳ | ۴۲ | ۸/۹۷ | ۲۴ | ۴۳/۷ | ۴۴۰ | W ₃ | چشمه قنات گرمین |
| ۲۴۸/۵ | ۱۷۲/۸ | ۲۵۶/۲ | ۶۴ | ۱۱/۷ | ۵۴ | ۱۶۵/۶ | ۱۴۳۸ | W ₄ | چاه قلعه محمدآقا |
| ۹۲/۳ | ۱۲۳/۶ | ۲۷۴/۵ | ۸۲ | ۱/۹۵ | ۴۸ | ۶۲/۱ | ۹۷۲ | W ₅ | چاه میقان |
| ۱۲۰/۷ | ۱۷۲/۸ | ۲۵۰/۱ | ۷۸ | ۳/۱۲ | ۵۰/۴ | ۸۰/۵ | ۱۰۶۶ | W ₆ | چاه حسین‌آباد زنده |
| ۱۱۳/۶ | ۱۵۳/۶ | ۲۳۱/۵ | ۶۶ | ۲/۳۴ | ۴۳/۲ | ۷۸/۲ | ۹۳۰ | W ₇ | چاه الیکایی |
| ۱۲۰/۷ | ۱۵۸/۴ | ۲۳۷/۹ | ۶۶ | ۲/۳۴ | ۴۲ | ۸۲/۸ | ۹۵۸ | W ₈ | چاه ده‌خیر |
| ۵۶/۸ | ۱۲۹/۶ | ۲۷۴/۵ | ۸۲ | ۲/۳۴ | ۴۰/۸ | ۳۹/۱ | ۷۲۶ | W ₉ | چشمه ابرسج |
| ۱۱۷/۱ | ۱۶۸ | ۲۶۲/۳ | ۷۶ | ۳/۵۱ | ۵۴ | ۷۸/۲ | ۱۰۹۳ | W ₁₀ | چاه ابرسج |

جدول ۴-۲- مقادیر سایر پارامترهای شیمیایی نمونه‌های آب شرب منطقه

| T.D.S (mg/l) | Na (%) | Total Hardness (mg/l as CaCO ₃) | pH | علامت اختصاری |
|--------------|--------|---|-----|-----------------|
| ۲۵۷ | ۱۶/۱ | ۱۸۴ | ۷/۵ | W ₁ |
| ۴۶۳ | ۲۰/۳ | ۳۱۷ | ۷/۵ | W ₂ |
| ۳۴۵ | ۳۴/۲ | ۲۰۳ | ۷/۹ | W ₂ |
| ۸۷۰ | ۴۹/۳ | ۳۸۱ | ۷/۶ | W ₄ |
| ۵۷۴ | ۲۵/۳ | ۴۰۱ | ۷/۶ | W ₅ |
| ۶۵۵ | ۳۰/۶ | ۴۰۱ | ۷/۷ | W ₆ |
| ۵۹۵ | ۳۳/۴ | ۱۷۷ | ۷/۸ | W ₇ |
| ۶۱۴ | ۳۴/۹ | ۳۳۷ | ۷/۹ | W ₈ |
| ۵۱۵ | ۱۹/۰ | ۳۷۲ | ۷/۶ | W ₉ |
| ۶۵۴ | ۲۹/۶ | ۴۱۱ | ۷/۶ | W ₁₀ |

۱-۱-۴- ارزیابی تغییرات هدایت الکتریکی

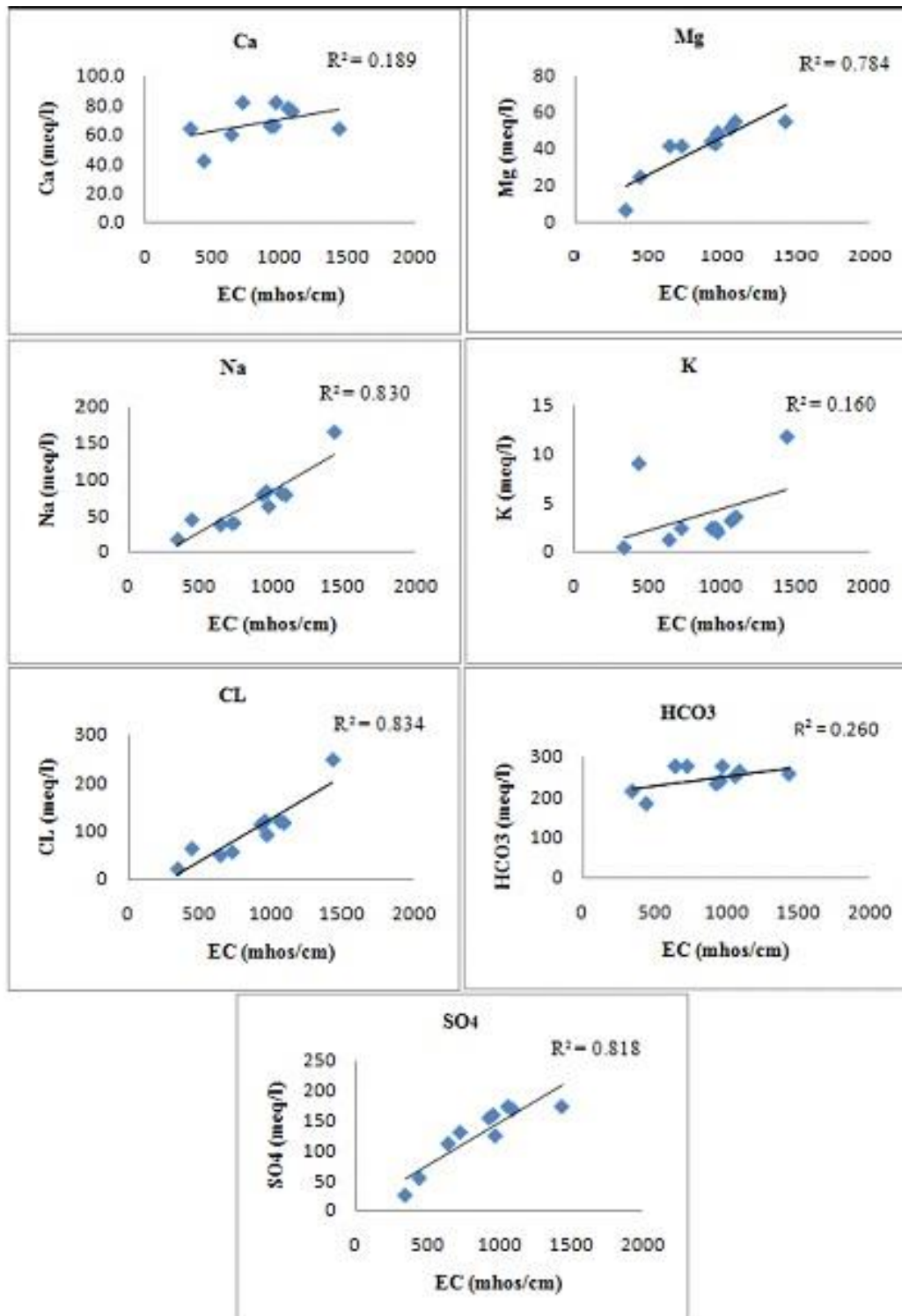
هدایت الکتریکی (EC) را هدایت، هدایت ویژه یا رسانایی هم گویند (هانسلاو ۱۳۹۴). هر چه غلظت یون‌های محلول در آب بیشتر باشد، مقدار هدایت الکتریکی هم بیشتر می‌شود. با استفاده از هدایت الکتریکی آب، می‌توان مقادیر مواد محلول در آب را تخمین زد. عوامل مؤثر در مقادیر هدایت الکتریکی در آب آبخوان شامل، میزان برداشت آب از آبخوان، مقدار بارندگی، جنس آبخوان و سازندهای مجاور، زمان ماندگاری آب در آبخوان، سرعت حرکت آب زیرزمینی، ورود فاضلاب و زهاب کشاورزی و نفوذ آب شور به آبخوان می‌باشد (نصرتی ۱۳۹۵). به منظور بررسی وضعیت املاح موجود در آب و روند تغییرات هدایت الکتریکی در منابع آب شرب، نقشه هدایت الکتریکی منطقه ترسیم گردید (۴-۱).



شکل ۱-۴- نقشه هدایت الکتریکی نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام

۲-۱-۴- بررسی هدایت الکتریکی با سایر یون‌ها

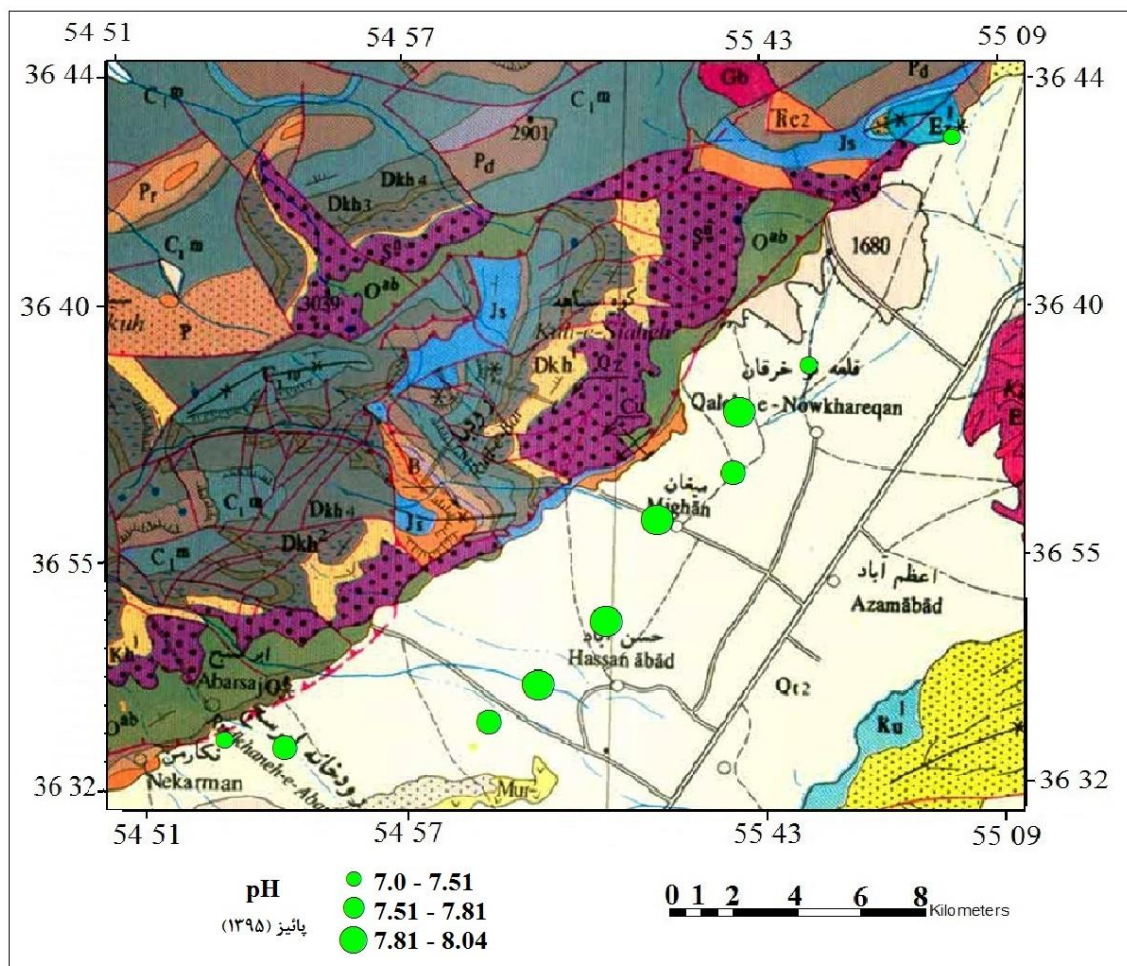
به منظور تعیین ارتباط پارامتر هدایت الکتریکی با یون‌های اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب شرب منطقه، نمودار تغییرات یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، بی‌کربنات، سولفات و کلر در برابر هدایت الکتریکی ترسیم شده است. بر طبق نمودارهای رسم شده در شکل (۲-۴) مشاهده می‌شود که هدایت الکتریکی با تمام یون‌ها دارای ارتباط مستقیم می‌باشد. در این بین، یون‌های کلر و سدیم به ترتیب دارای بیشترین همبستگی با هدایت الکتریکی هستند. سایر یون‌ها هم تغییرات تقریباً یکنواختی را با هدایت الکتریکی نشان می‌دهند.



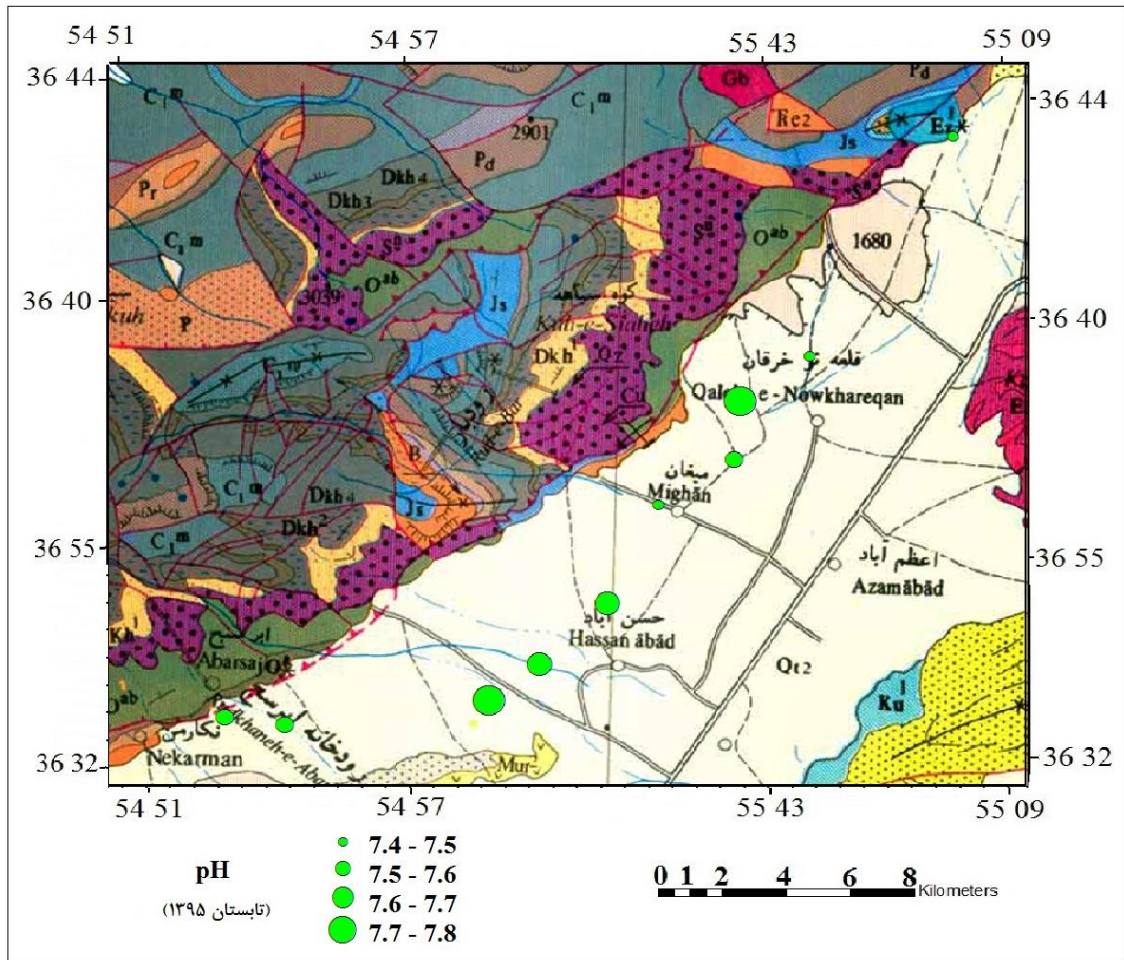
شکل ۲-۴- رابطه هدایت الکتریکی و یون‌های اصلی در آب شرب منطقه بسطام

۴-۱-۳- ارزیابی مقادیر pH در نمونه‌های آب

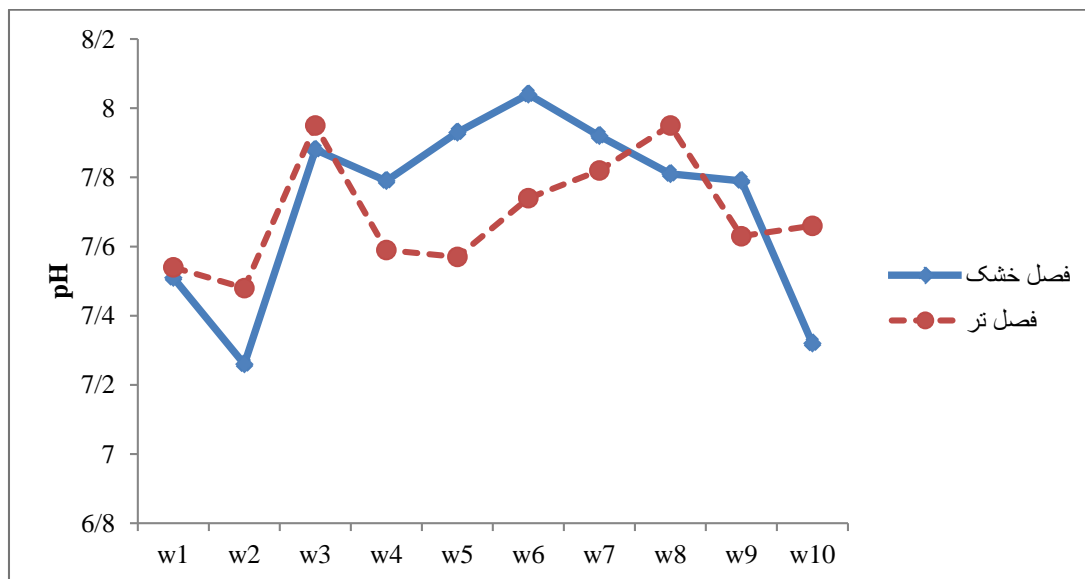
اسیدیته یا pH (Potential of hydrogen) یک کمیت لگاریتمی است که میزان اسیدی یا بازی بودن مواد را مشخص می‌کند. اسیدیته یکی از مهمترین پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب که نشان دهنده ین هیدروژن در آب می‌باشد. در نمونه‌های برداشت شده از منطقه مورد مطالعه، کمترین اسیدیته ۷/۲۶ و بیشترین اسیدیته ۸/۰۴ می‌باشند. همانطور که در شکل (۴-۳) و (۴-۴) مشاهده می‌شود، نمونه‌های آب شرب مورد مطالعه اکثراً دارای pH خنثی هستند.



شکل ۴-۳- نقشه مقادیر pH نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام (فصل تر)



شکل ۴-۴- نقشه مقادیر pH نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام (فصل خشک)

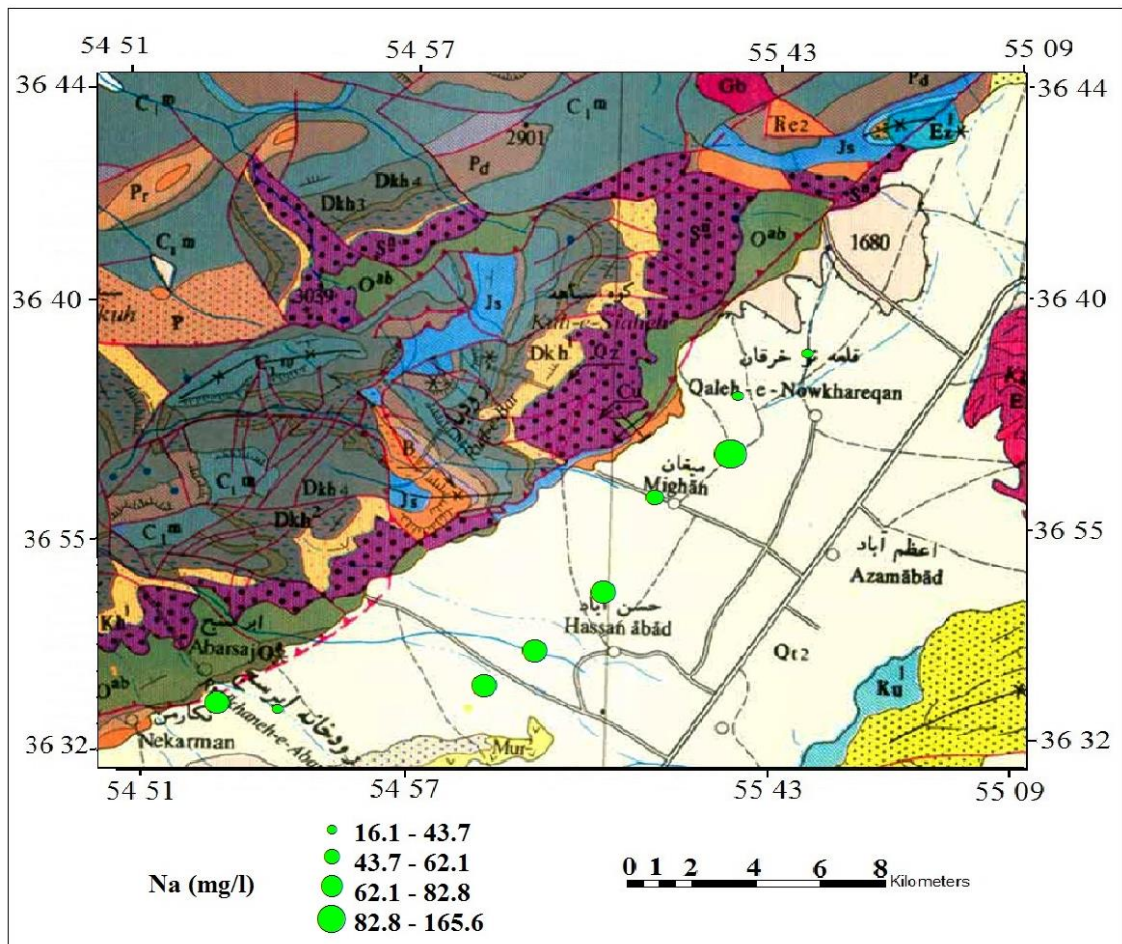


شکل ۴-۵- مقایسه مقادیر pH در دو فصل تر و خشک

۴-۱-۴- ارزیابی تغییرات آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی

الف- بررسی تغییرات یون سدیم

یکی از فراون‌ترین کاتیون‌ها و فلزات قلیایی در موجود در آب‌های زیرزمینی، یون سدیم می‌باشد که رابطه‌ی مستقیمی با درجه شوری آب دارد. بنابراین با ازدیاد مقادیر سدیم در آب به درجه شوری آب افزوده می‌شود. نقشه یون سدیم در منطقه مورد مطالعه در شکل (۴-۵) نشان داده شده است. مقادیر یون سدیم در منطقه بسطام از حدود ۱۶۵/۶ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در چاه قلعه محمد آقا تا ۱۶/۱ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در روستای ابر متغییر است. با توجه و تأمل در شکل می‌توان دریافت که در

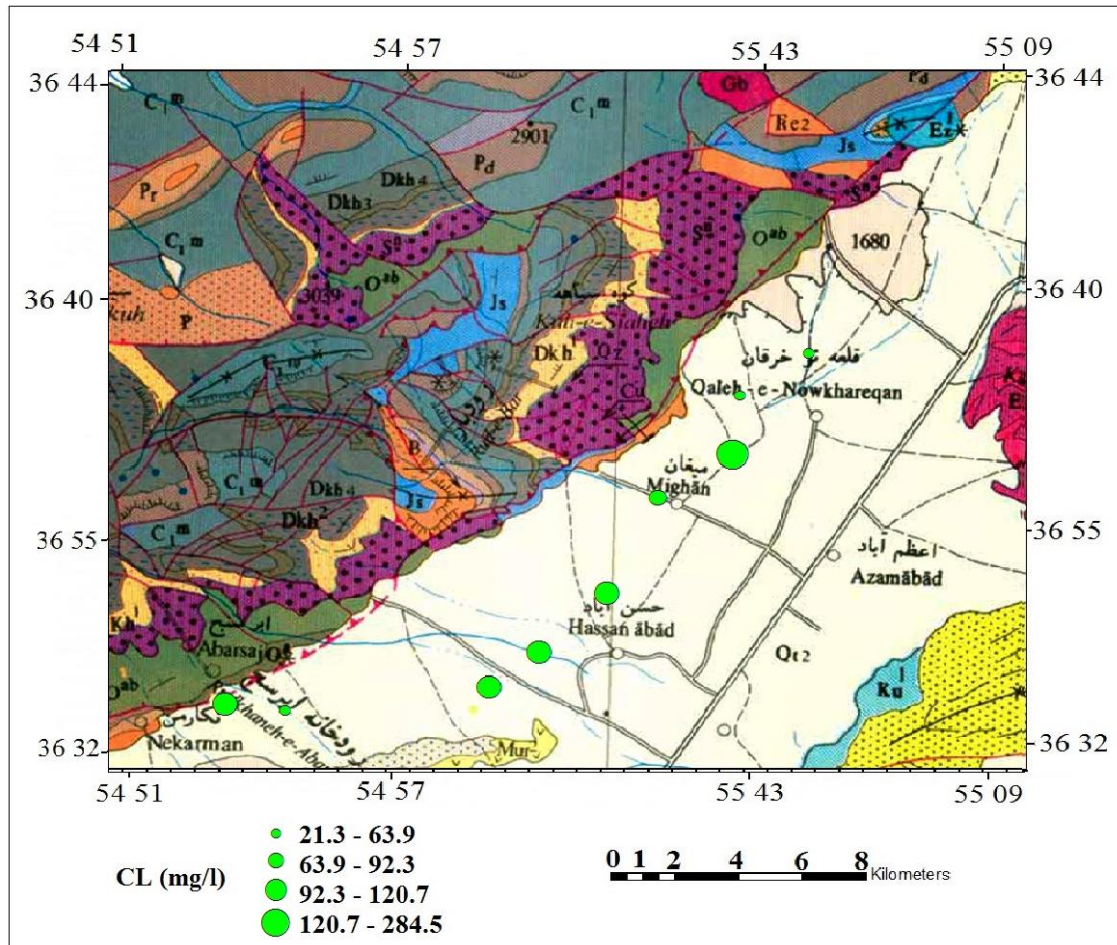


شکل ۴-۶- نقشه یون سدیم نمونه‌ها آب شرب منطقه بسطام

کناره‌های شرقی و غربی دشت به علت انحلال هالیت و نیز در جهت حرکت آب زیرزمینی یون سدیم در حال افزایش است.

ب- بررسی تغییرات یون کلر

یون کلر یکی از فراوان‌ترین آنیون‌ها و به‌ویژه در نمونه‌های آب شرب منطقه مورد مطالعه می‌باشد. منشأ اصلی یون کلر در طبیعت وجود سنگ‌های رسوبی می‌باشد. علت وجود یون کلر در آب‌های زیرزمینی، نفوذ آب شور و انحلال هالیت است. بر اساس آنالیزهای انجام شده به روی نمونه‌های آب شرب منطقه مورد مطالعه، نقشه یون کلر برای آبخوان بسطام تهیه شده است. به توجه به شکل (۴-۶) مشخص می‌شود که همبستگی زیادی بین یون کلر و هدایت الکتریکی آبخوان وجود دارد. با بررسی شکل ملاحظه می‌شود که مقادیر یون کلر در قسمت‌های شرقی و غربی دشت به سمت مرکز و نیز در جهت حرکت آب زیرزمینی در حال افزایش است. با توجه به اینکه قسمت اعظم آبخوان از جنس رسوبات تبخیری می‌باشد، بالا بودن غلظت یون کلر در این منطقه قابل توجیه می‌باشد.

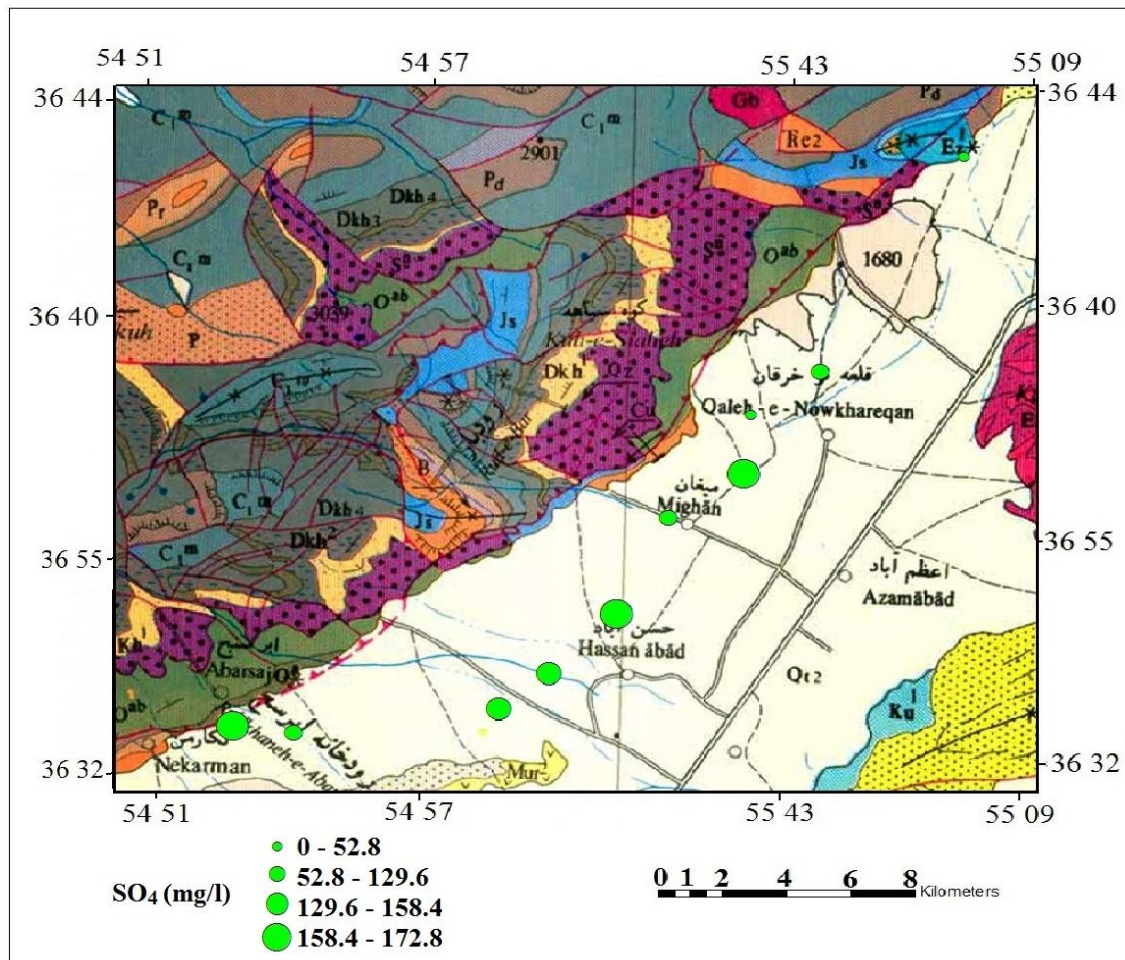


شکل ۴-۷- نقشه یون کلر نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام

ج- بررسی تغییرات یون سولفات

یون سولفات بیشتر به شکل سولفات‌های منیزیم، کلسیم و پتاسیم یافت می‌شود. اصلی‌ترین منبع ورود یون سولفات در آب‌های طبیعی، سولفیدهای فلزی و تبخیری‌ها می‌باشد. سولفیدهای نامبرده شده در اثر شرایط جوی و رطوبت، اکسیده شده و به سولفات تبدیل می‌شوند و در ادامه در اثر انحلال در آب‌های جاری، وارد آب‌های زیرزمینی می‌شوند. حضور سولفات باعث افزایش سختی آب می‌گردد و نیز مقادیر بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث ایجاد مزه تلخ آب می‌شود (نصرتی ۱۳۹۵). با توجه به شکل (۴-۷) ملاحظه می‌شود که بیشینه مقادیر سولفات در کناره‌های شرقی و جنوبی منطقه مورد

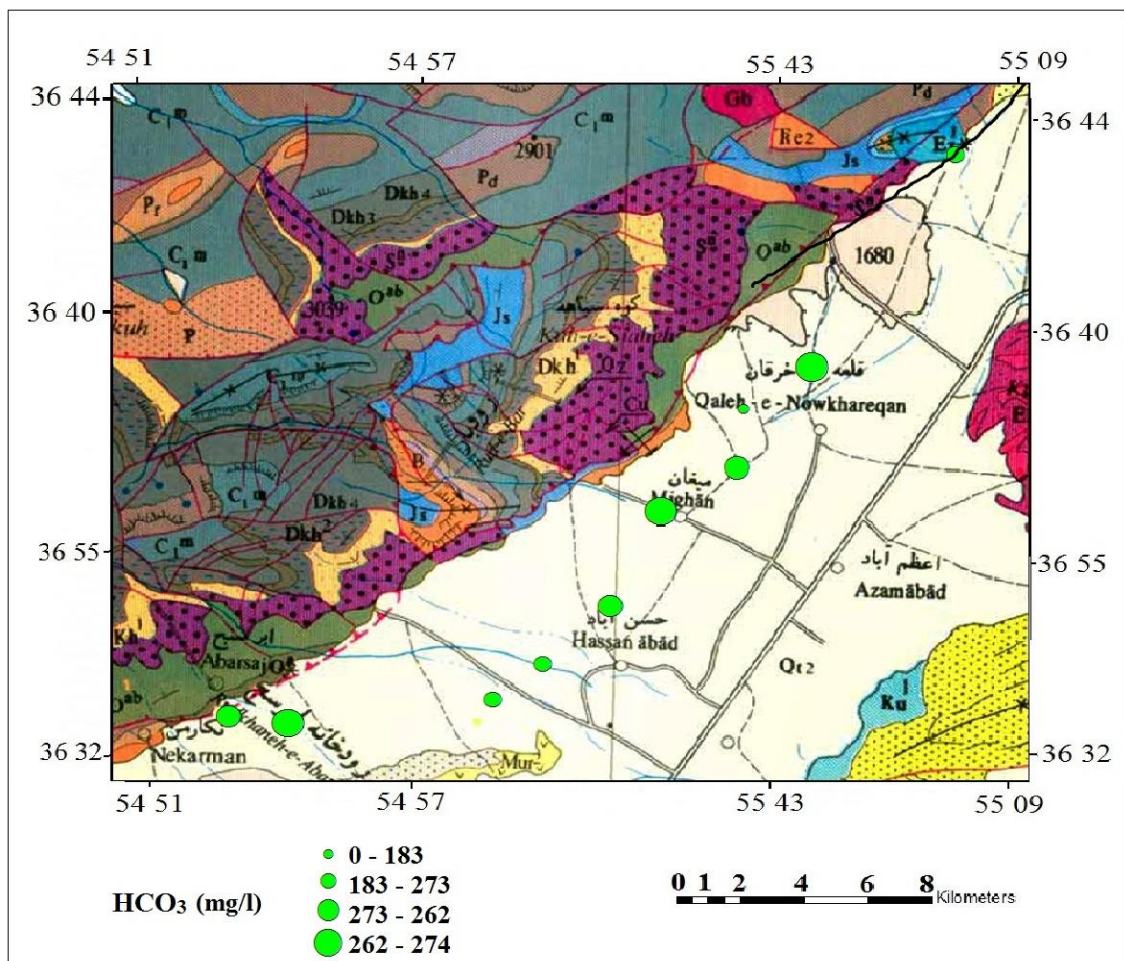
مطالعه، به دلیل تغذیه آبخوان از سازندهای تبخیری است. حضور سازندهای تبخیری در منطقه و به ویژه ژپس و انیدریت در منطقه در کنار آب‌های زیرزمینی باعث آزاد شدن سولفات و ازدیاد مقادیر این یون در آب زیرزمینی می‌گردد. کمینه مقدار سولفات در قسمت‌های غربی منطقه بسطام را می‌توان به دلیل کم بودن زمان اقامت آب نسبت داد.



شکل ۸-۴- نقشه یون سولفات نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام

د- بررسی تغییرات یون بی کربنات

در زمان واکنش آب و دی اکسید کربن با کانی‌های مختلف، یون بی کربنات ایجاد می‌شود. تغییرات مکانی یون بی کربنات در شکل (۸-۴) نشان داده شده است. کمترین مقدار یون بی کربنات ۱۸۳ میلی‌اکی‌والان بر لیتر مربوط به نمونه آب روستای گرمن و بیشترین مقدار آن ۲۷۴/۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر مربوط به سه نمونه آب ۱۵ روستای شرق جاده، روستای میقان و چشمه ابرسج می‌باشد.



شکل ۹-۴- نقشه یون بی کربنات نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام

۴-۱-۴- بررسی پارامترهای کیفی محاسبه شده در منابع آب شرب منطقه بسطام

الف- نسبت یون کلر به مجموع آنیون‌ها

برای بررسی تخریب کیفیت آب زیرزمینی در یک منطقه از نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها استفاده می‌شود. با توجه به جدول (۳-۴) بیشینه این نسبت ۰/۳۶ و مربوط به مکان نمونه‌برداری در چاه قلعه محمد آقا است.

جدول ۳-۴- مقادیر نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها در نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام

| نسبت یون کلر به مجموع آنیون‌ها | نام محل نمونه برداری |
|--------------------------------|----------------------|
| ۰/۰۸ | چشمه روستای ابر |
| ۰/۱۱ | چاه آب (۱۵) |
| ۰/۲۱ | چشمه قنات گرمن |
| ۰/۳۶ | چاه قلعه محمدآقا |
| ۰/۱۸ | چاه میقان |
| ۰/۲۲ | چاه حسین‌آباد زنده |
| ۰/۲۲ | چاه الیکایی |
| ۰/۲۳ | چاه ده‌خیر |
| ۰/۱۲ | چشمه ابرسج |
| ۰/۲۱ | چاه ابرسج |

ب- نسبت یون سدیم به مجموع کاتیون‌ها

همانند نسبت یون کلر به مجموع آنیون‌ها، برای بررسی تخریب کیفیت آب زیرزمینی از پارامتر دیگری به نام نسبت یون سدیم به مجموع کاتیون‌ها استفاده می‌شود. افزایش این نسبت، نشان دهنده

تخریب کیفیت آب زیرزمینی در یک منطقه است.. مقادیر این نسبت در جدول (۴-۴) نمایش داده شده‌اند. بیشینه و کمینه نسبت یون سدیم به مجموع کاتیون‌ها، به ترتیب ۰/۵۶ در چاه قلعه محمد آقا و ۰/۱۸ در چشمه روستای ابر می‌باشد.

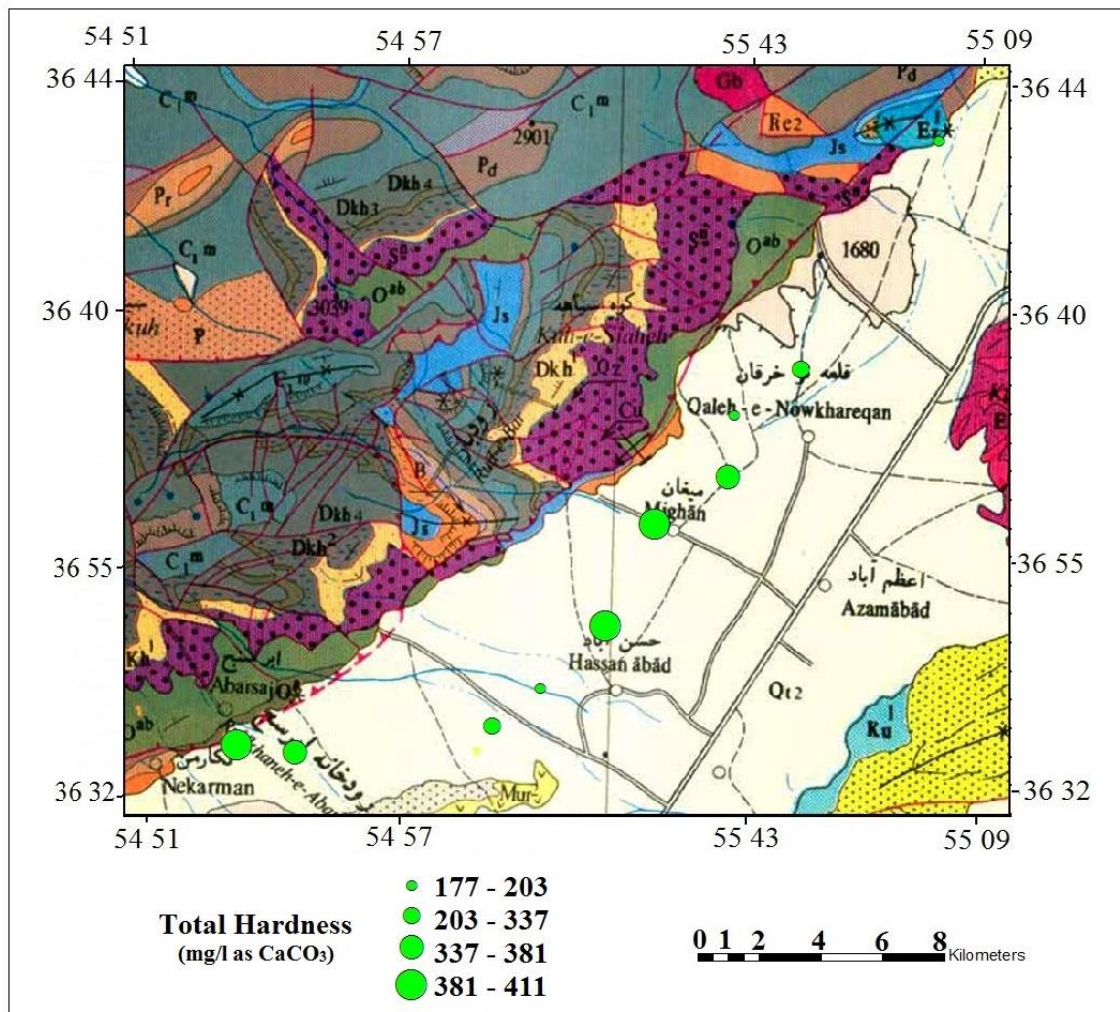
جدول ۴-۴- مقادیر نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها در نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام

| نسبت یون سدیم به مجموع کاتیون‌ها | نام محل نمونه برداری |
|----------------------------------|----------------------|
| ۰/۱۸ | چشمه روستای ابر |
| ۰/۲۶ | چاه آب (۱۵) |
| ۰/۳۶ | چشمه قنات گرمَن |
| ۰/۵۶ | چاه قلعه محمدآقا |
| ۰/۳۲ | چاه میقان |
| ۰/۳۷ | چاه حسین‌آباد زنده |
| ۰/۴۲ | چاه الیکایی |
| ۰/۴۲ | چاه ده‌خیر |
| ۰/۲۳ | چشمه ابرسج |
| ۰/۳۶ | چاه ابرسج |

ج- بررسی سختی آب

سختی (Hardness) عبارت از مجموع یون‌های کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم است (Hounslow 1995). به طور کلی عوامل ایجاد کننده سختی آب، کاتیون‌ها می‌باشند. یون‌هایی مثل آلومینیوم، آهن، منگنز و روی در سختی آب شرکت می‌کنند ولی کلسیم و منیزیم به مقدار زیاد وجود دارند؛ و کاتیون‌های دیگر یا وجود ندارند یا در صورت وجود مقدارشان خیلی کم

است. به منظور بررسی روند تغییرات سختی آب در منطقه بسطام، نقشه تغییرات سختی آب رسم گردید. روند تغییرات مقادیر سختی آب در نمونه‌های آب شرب منطقه مورد نظر از ۱۷۷ تا ۴۱۱ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۹-۴) کمینه مقادیر سختی آب مربوط به نمونه آب در روستای ابر و بیشینه آن مربوط به نمونه آب در چاه ابرسج می‌باشد.



شکل ۱۰-۴- نقشه تغییرات سختی نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام

۴-۱-۵- تعیین رخساره‌های نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام

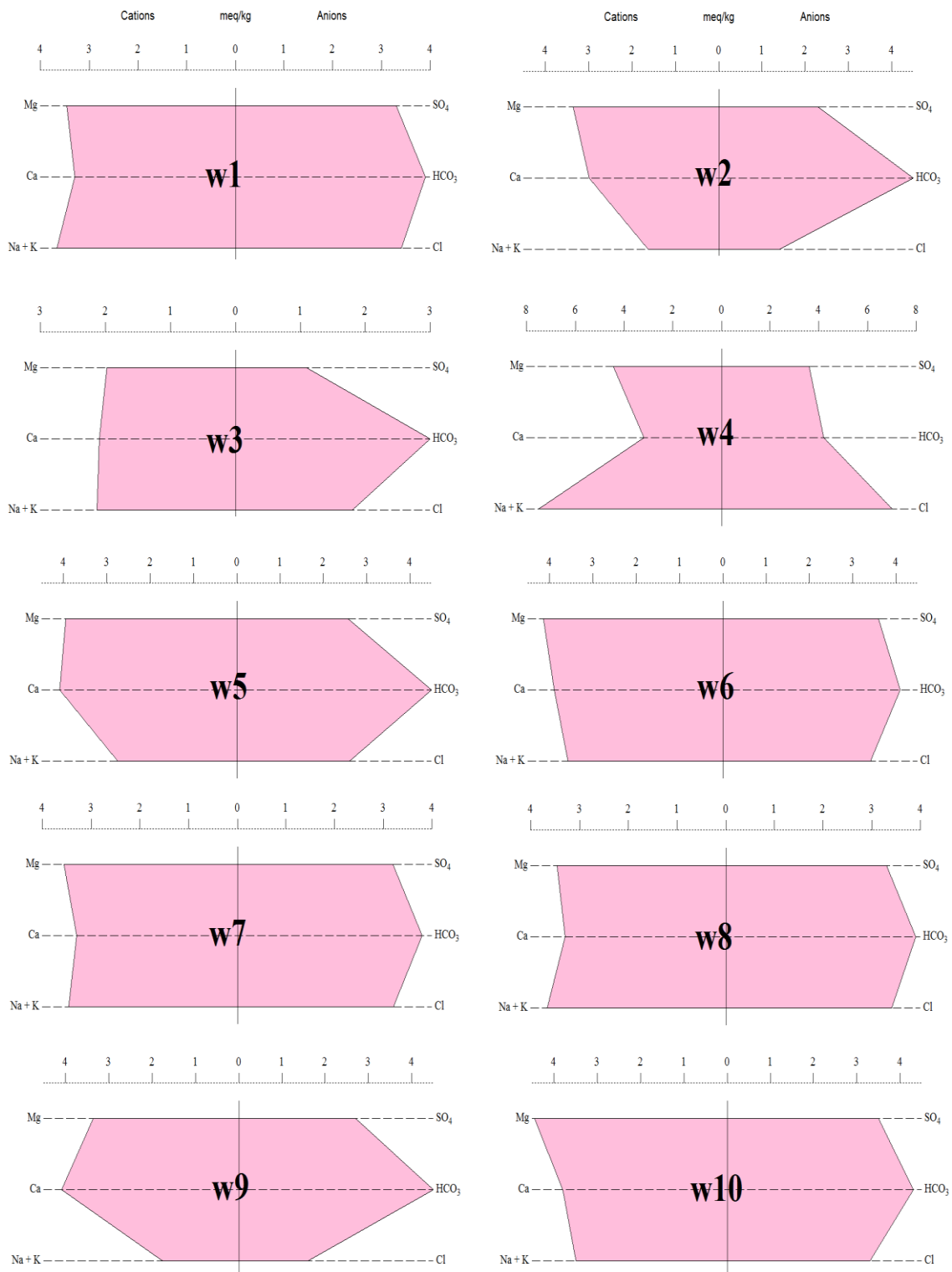
به منظور تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی آبخوان دشت بسطام و تعیین رخساره و نوع آب در محل‌های نمونه‌برداری آب، از روش‌های مختلفی نظیر ترسیم نمودارهای استیف، شولر و پایپر استفاده شده است.

الف - نمودار استیف

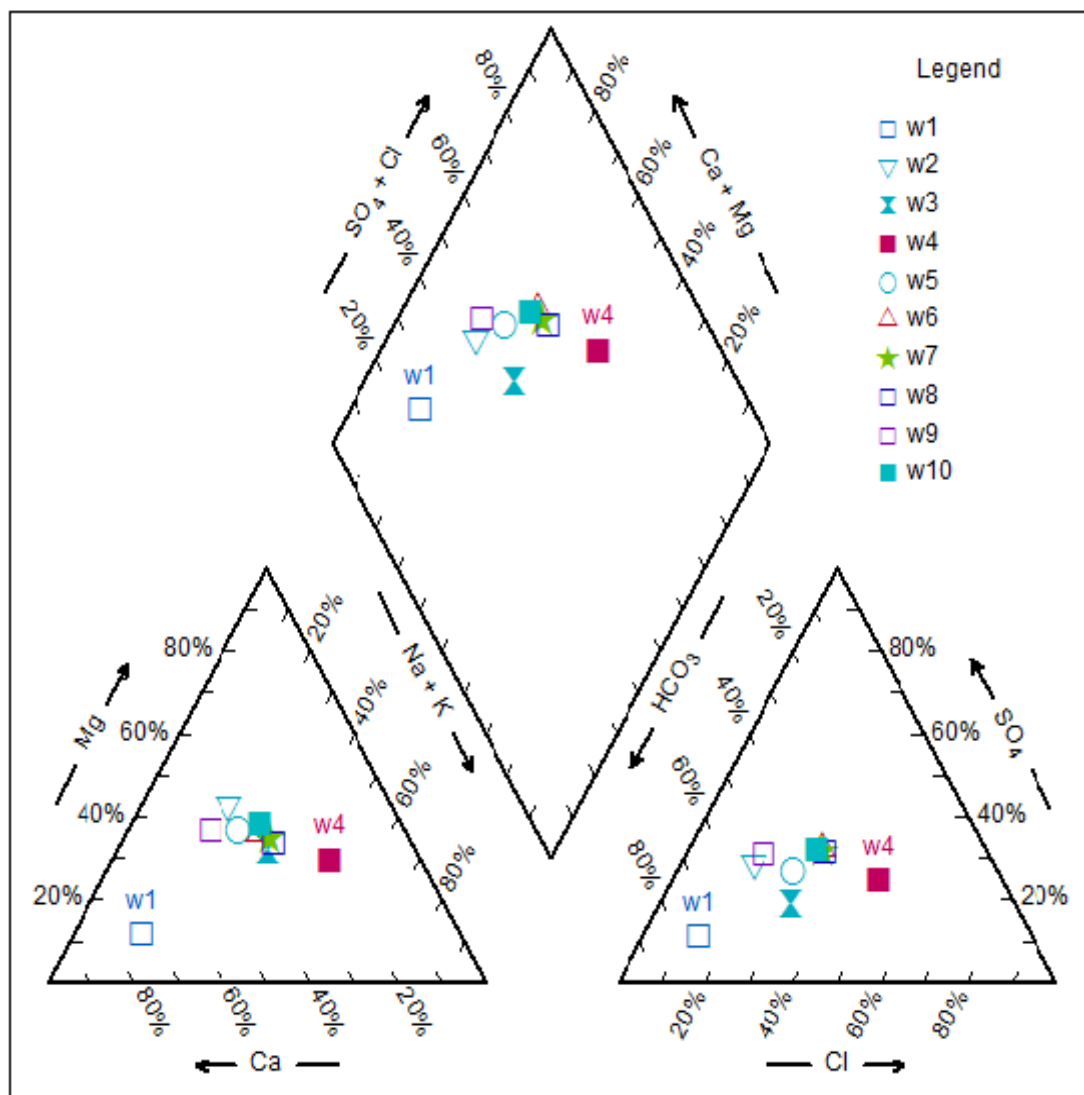
یکی از روش‌های مناسب برای مقایسه ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی با منشأهای متفاوت است و می‌تواند ترکیب شیمیایی غالب نمونه‌های آب را تعیین کرده و برای هر نمونه آب یا چاه منحصر به فرد می‌باشد. تیپ آب زیرزمینی در دشت‌های بزرگ، عمدتاً در مناطق تغذیه از نوع بی‌کربناته است و در جهت حرکت آب زیرزمینی و انحلال کانی‌های موجود در مسیر خود و تبادلات یونی با سنگ‌های بستر می‌تواند به سولفات و در نهایت کلروره تبدیل شود. در شکل (۴-۱۰) نمودار استیف برای ۱۰ نمونه آب نشان داده شده است. با توجه به شکل ملاحظه می‌شود که تیپ غالب نمونه‌های آب، بی‌کربنات کلسیک تا بی‌کربنات منیزیک می‌باشد که با توجه به منابع آب در مناطق تغذیه با سنگ‌های آهکی و دولومیتی، قابل توجیه است.

ب - نمودار پایپر

یکی از روش‌های متداول برای طبقه‌بندی و مقایسه انواع آب‌ها بر اساس ترکیب یونی، استفاده از نمودار پایپر است. نمودار پایپر علاوه بر اینکه ماهیت نمونه‌های آب را به شکل گرافیکی نشان می‌دهد، وابستگی آن‌ها را با سایر نمونه‌ها به منظور شناسایی سهم طبیعی (سنگ‌شناسی) و انسانی نشان داد و به اظهار نظر در مورد تکامل شیمیایی آن در طول مسیر جریان کمک می‌کند (رنجبر دیزج ۱۳۹۵).



شکل ۱۱-۴- نمودار استیف نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام



شکل ۴-۱۲- نمودار پایپر مربوط به نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام

این نمودار برای نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام، با استفاده از نرم افزار AqQA، در شکل (۴-۱۱) رسم شده است. با توجه به نمودار پایپر رسم شده در شکل (۴-۱۱)، تمام منابع آب شرب دشت بسطام دارای شوری متوسط تا زیاد می‌باشند، به طوری که در این منابع یون‌های قلیایی خاکی و اسیدهای قوی غالب می‌باشند. بنابراین منابع آب در این دشت، دارای سختی دائم هستند. نمونه آب روستای ابر (w1)، نماینده شیرین‌ترین چاه منطقه، در زون بی‌کربناته دی‌گرام پلات شده است. با توجه به نمودار پایپر، می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب منطقه بسطام در اثر اختلاط

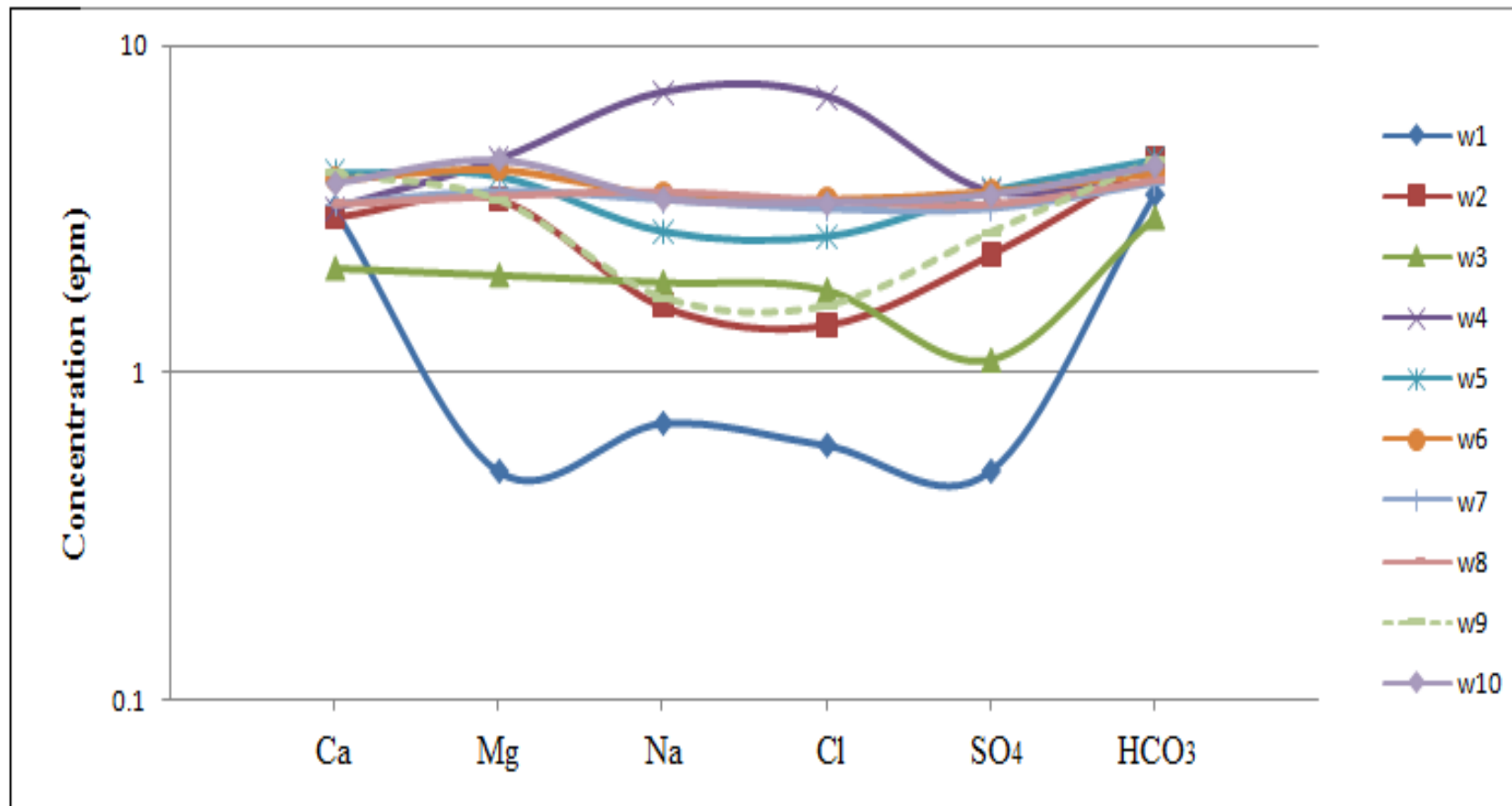
بین چشمه شور موجود در منطقه با آب شیرین بی‌کربناته تشکیل شده‌اند. برخی از نمونه‌ها از خط اختلاط کمی دور شده‌اند، که دلیل آن می‌تواند رخداد فرآیندهای نفوذ آب شور، دولومیت‌زدایی و تبادل کاتیونی باشد.

ج- نمودار شولر

به منظور بررسی یکسان بودن یا نبودن منشأ نمونه‌های آب، بررسی روند مقادیر یون‌های اصلی در آب و مقایسه تعداد زیادی نمونه آب از نمودار شولر استفاده می‌شود. در محور افقی نمودار شولر، یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه محور عمودی نمودار شولر نیمه لگاریتمی است، خطوط موازی نمونه‌های آب بیانگر یکی بودن منشأ و مساوی بودن نسبت یون‌ها در نمونه‌های آب است. شکل (۴-۱۲) نمودار نیمه لگاریتمی شولر را برای منابع آب شرب منطقه بسطام نشان می‌دهد. همانطور که در شکل (۴-۱۲) ملاحظه می‌شود روند تغییرات غلظت یون‌های اصلی در برخی از نمونه‌های آب کم و بیش یکسان است و در برخی تفاوت قابل توجهی را شامل می‌شوند. دلیل این ناهمگونی از این قرار است که منشأ آب، مربوط به منابع آب شرب منطقه بسطام یکسان نمی‌باشد. نمونه‌های W5 و W6 و W7 مربوط به آبخوان آبرفتی می‌باشند که با توجه به اینکه این چاه‌ها در یک محدوده کوچک در مجاورت هم حفر شده‌اند، روند تغییرات غلظت یون‌های اصلی در آن‌ها یکسان می‌باشد. در نمونه‌های W2 و W9، روند عمده آب این دو منبع آبی از سازندهای سخت شمال منطقه بوده است. بقیه نمونه‌ها با توجه به فاصله مکانی و تفاوت در منشأ آب زیرزمینی (که بخشی توسط سازندهای سخت و بخشی توسط آبرفت تأمین می‌شود)، در روند تغییرات غلظت یون‌های اصلی با هم تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد.

۴-۲- تعیین مقادیر کربن آلی کل در منابع آب شرب منطقه بسطام

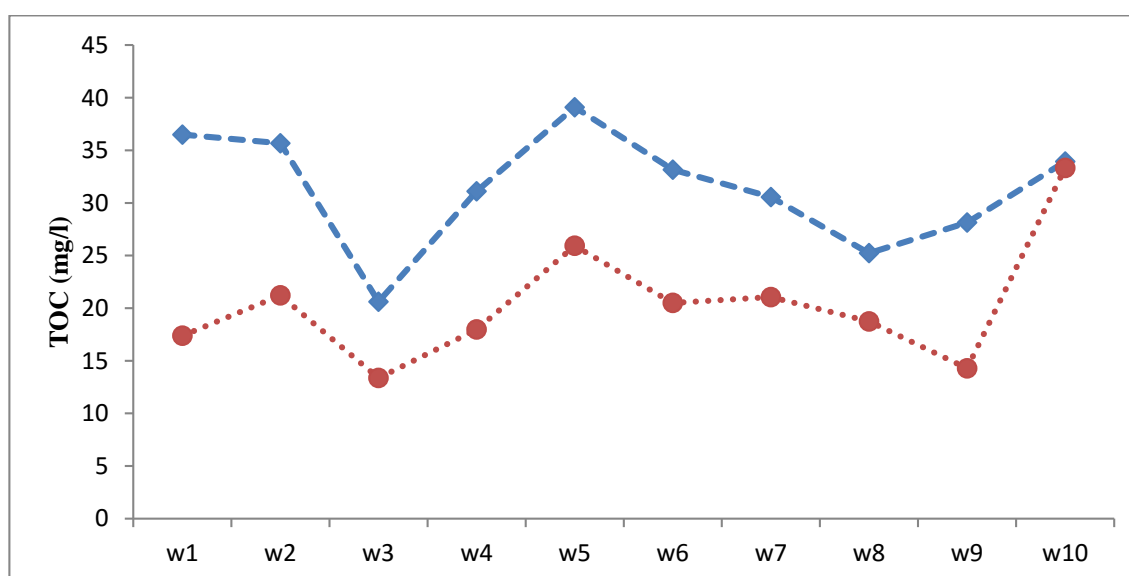
آب یکی از مهمترین و بنیادی‌ترین عامل حیات موجودات زنده است از این نظر جلوگیری از آلودگی آب نیز به همان نسبت مهم و مورد توجه می‌باشد. عوامل آلوده کننده آب بسیار گوناگون‌اند و می‌توانند هم منابع آبهای زیرزمینی و هم آبهای سطحی را آلوده کنند. کربن آلی کل از منابع طبیعی و مصنوعی وارد چرخه آب می‌شوند. این مواد به دلیل دارا بودن ویژگی‌های خاص از جمله ایجاد بو و مزه نامطبوع، واکنش با کلر و تشکیل فراورده‌های جانبی گندزدایی که در مقادیر بالا اغلب سرطان‌زا می‌باشند و نیز عدم امکان حذف کامل در تصفیه متداول آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. لذا در این قسمت به بررسی مقادیر کربن آلی کل در منابع آب شرب بسطام و حومه و ارتباط آن با یون‌های اصلی و هدایت الکتریکی پرداخته شده است. در این راستا عملیات نمونه‌برداری در دو فصل تر و خشک (تابستان و پائیز ۱۳۹۵) انجام گردید که مقادیر آن در جدول (۴-۵) ارائه شده است. شکل (۴-۱۳) تغییرات زمانی کربن آلی کل را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۳- نمودار شولر نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام

جدول ۴-۵- مقادیر کربن آلی کل در فصل‌های خشک و تر

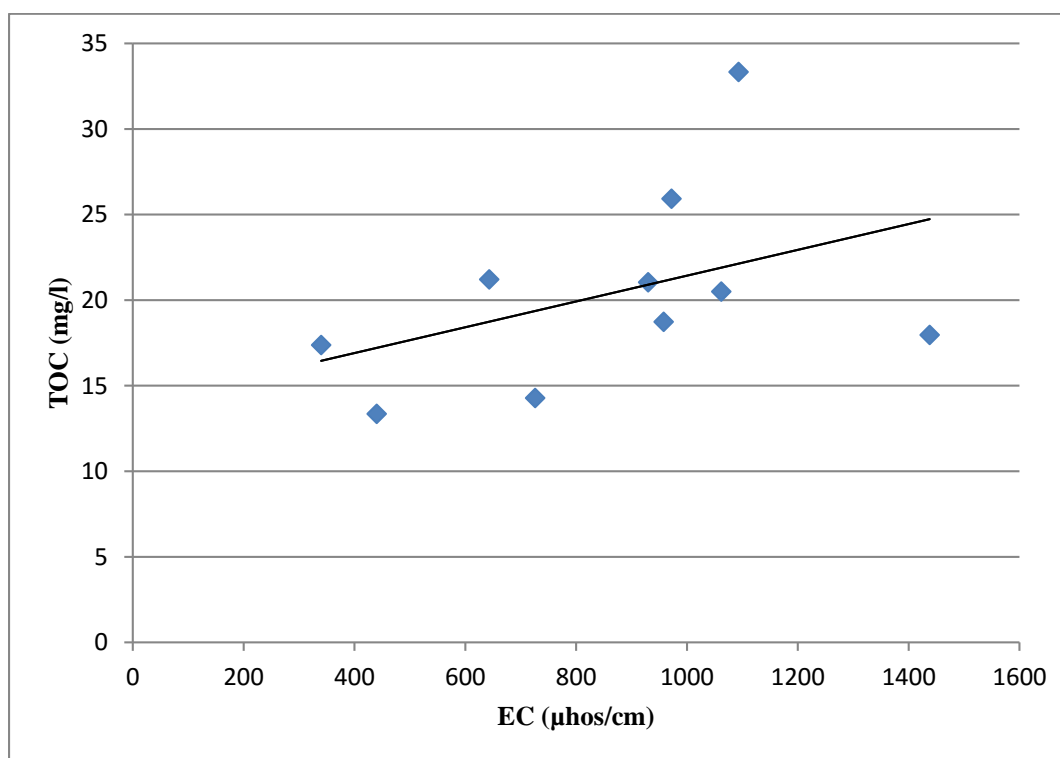
| مقادیر کربن آلی کل بر حسب میلی‌گرم بر لیتر | | شماره نمونه |
|--|---------|-----------------|
| فصل تر | فصل خشک | |
| ۱۷/۴ | ۳۶/۵ | W ₁ |
| ۲۱/۲ | ۳۵/۷ | W ₂ |
| ۱۳/۴ | ۲۰/۶ | W ₃ |
| ۱۷/۹ | ۳۱/۱ | W ₄ |
| ۲۵/۹ | ۳۹/۱ | W ₅ |
| ۲۰/۰ | ۳۳/۱ | W ₆ |
| ۲۱/۰ | ۳۰/۶ | W ₇ |
| ۱۸/۷ | ۲۵/۲ | W ₈ |
| ۱۴/۲ | ۲۸/۱ | W ₉ |
| ۳۳/۳ | ۳۳/۹ | W ₁₀ |



شکل ۴-۱۴- تغییرات زمانی کربن آلی کل

۴-۲-۱- ارزیابی رابطه کربن آلی کل با هدایت الکتریکی

به منظور بررسی رابطه بین کربن آلی کل با ملاح محلول در آب، نمودار مقادیر کربن آلی کل در برابر مقادیر هدایت الکتریکی ترسیم شده است (شکل ۴-۱۴). با توجه به شکل، مقادیر کربن آلی کل با مقادیر هدایت الکتریکی یک رابطه مستقیم را نشان می‌دهند. دلیل این مطلب از این قرار است که بخش اعظم منشأ کربن آلی کل به مواد آلی طبیعی مربوط می‌شود و همزمان با انحلال مواد معدنی و ورود آن به داخل منابع آب و افزایش هدایت الکتریکی آب، مواد آلی با منشأ طبیعی نیز وارد آب می‌شوند. پراکندگی نقاط هم بیانگر وجود منشأ انسانزاد برای مواد آلی می‌باشد.



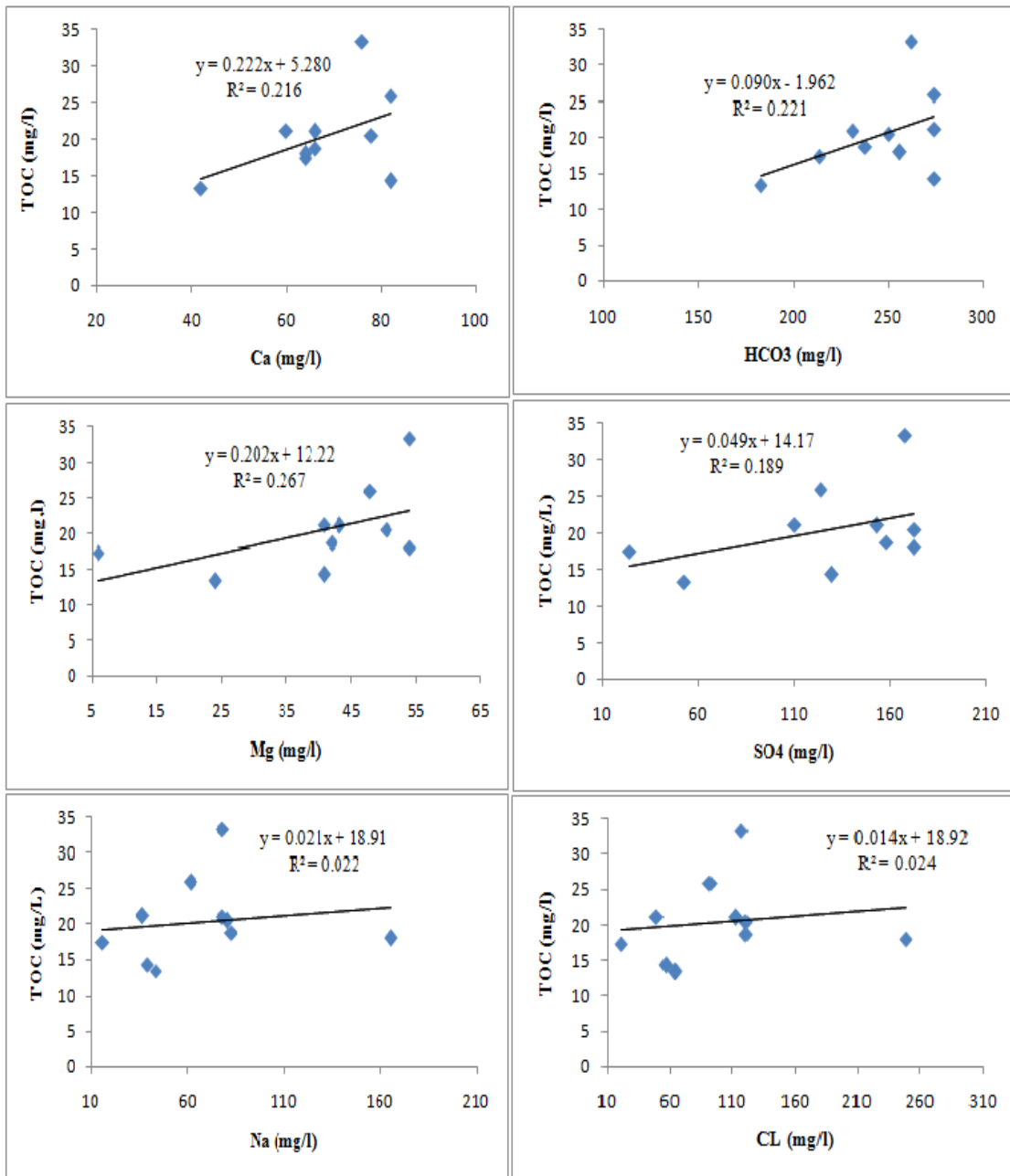
شکل ۴-۱۵- رابطه کربن آلی کل و هدایت الکتریکی

۴-۲-۴- بررسی مقادیر کربن آلی کل با یون‌های اصلی

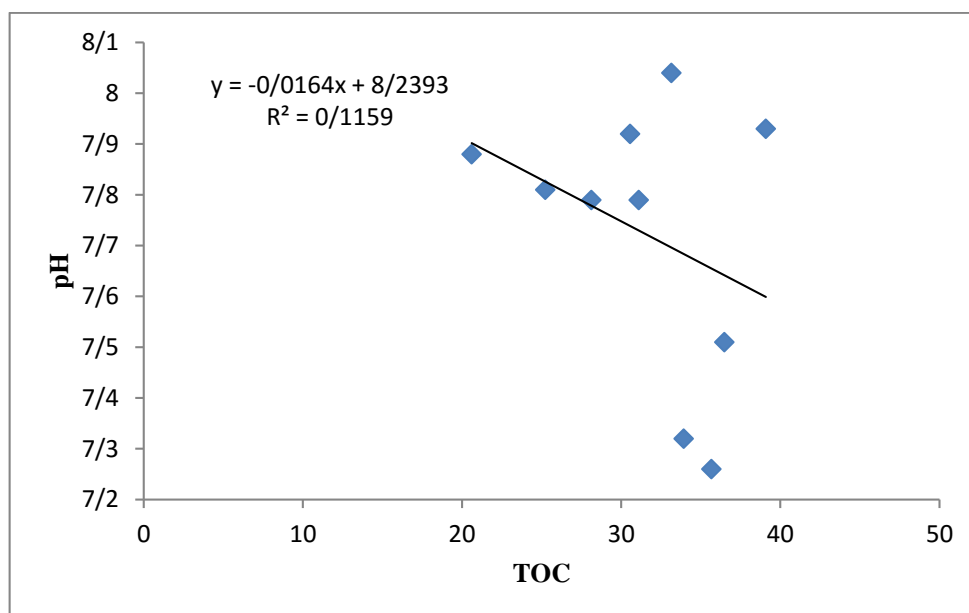
با توجه به شکل (۴-۱۵) همانطوری که ملاحظه می‌شود بین مقادیر یون‌های اصلی و کربن آلی کل رابطه معناداری مشاهده نمی‌شود. این امر به دلیل منشأ متفاوت کربن آلی کل در نمونه‌ها و همچنین تعداد کم نمونه‌ها است. در بین سایر یون‌ها، تا حدودی یون‌های کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات با کربن آلی کل رابطه نشان می‌دهند. علت این ارتباط احتمالاً به دلیل حرکت آب در دشت و عبور آن از سازندهای دارای یون‌های کلسیم و منیزیم‌دار، وجود منابع آلاینده و حضور مواد آلی می‌باشد.

۴-۲-۳- بررسی مقادیر کربن آلی کل با pH

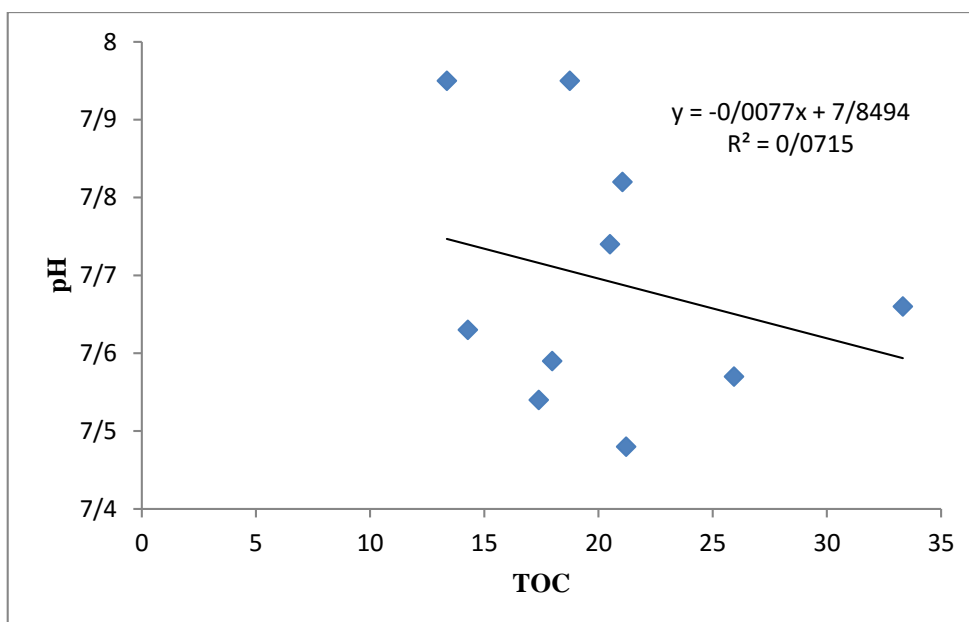
به منظور بررسی رابطه بین مقادیر کربن آلی کل و پارامتر pH در دو فصل تر و خشک، شکل‌های (۴-۱۶) و (۴-۱۷) رسم گردیدند. با توجه به شکل‌های رسم شده، مشاهده می‌شود که در پژوهش انجام شده در منطقه بسطام، بین مقادیر کربن آلی کل و pH رابطه و همبستگی وجود ندارد. اما در شهرستان شاهرود (عرب ۱۳۹۶)، بین این دو پارامتر رابطه عکس وجود دارد. به این ترتیب که با افزایش مقادیر کربن آلی کل، مقادیر pH کاهش می‌یابند.



شکل ۱۶-۴- بررسی رابطه کربن آلی کل با یون‌های اصلی



شکل ۱۷-۴- نمودار کربن آلی کل و pH (فصل خشک)



شکل ۱۸-۴- نمودار کربن آلی کل و pH (فصل تر)

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این فصل نتایج حاصل از این تحقیق که شامل بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی و ارزیابی کربن آلی کل در منطقه بسطام به دست آمده، به طور مختصر ارائه می‌گردد.

۱-۵- بررسی هیدروژئوشیمیایی آب شرب منطقه بسطام

در این قسمت به بررسی نتایج حاصله از ارزیابی‌های هیدروژئوشیمیایی انجام شده در منطقه بسطام پرداخته شده است.

الف- نتایج حاصل از بررسی هدایت الکتریکی

بررسی نقشه‌های هدایت الکتریکی آب شرب منطقه بسطام نشان داد که مقادیر هدایت الکتریکی در شمال شرق برابر با ۳۴۰ میکروموس بر سانتی‌متر بوده است. بیشترین مقادیر هدایت الکتریکی مربوط به نمونه‌های برداشت شده در مرکز دشت با هدایت الکتریکی ۹۷۲ تا ۱۴۳۸ میکروموس بر سانتی‌متر بوده است. در بین سایر یون‌ها، یون‌های کلر و سدیم بیشترین میزان همبستگی را با هدایت الکتریکی

نشان داده‌اند. سایر یون‌ها نیز تغییرات نسبتاً یکنواختی را با هدایت الکتریکی نشان داده‌اند. علت این امر وجود تشکیلاتی حاوی این املاح، به عنوان مثال کوه زرین کمر، سیاه کوه و ارتفاعات شاهوار در منطقه است. کوه‌های زرین کمر و سیاه کوه، شامل سنگ‌های آتشفشانی با سن ائوسن، حاوی دگرسانی کلریتی هستند. یکی از منابع این املاح، می‌تواند همین سنگ‌های آتشفشانی ائوسن باشد که در مکان‌های دیگر از جمله سازند کرج با مقادیر بالای املاح و لایه‌های گچ گزارش شده‌اند. در توالی پائینی کوه‌های شاهوار، واحدهای آتشفشانی با سن پالئوزوئیک می‌باشند. در سازند الیکا، بوکسیت‌های با سن تریاس و نیز شیل‌های زغالدارند که در بالا رفتن املاح موجود در آب‌های منطقه مورد مطالعه نقش بسزایی دارند. با توجه به نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ رامیان و بازدیدهای صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه، وجود واحدهای مارنی، گچ و مارن‌های گچ‌دار میوسن در منطقه به اثبات رسیده است. برونزد واحدهای نامبرده، در ابتدای گسل میقان می‌باشد.

ب- ارزیابی روند تغییرات یون‌های اصلی

به منظور بررسی روند تغییر کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی موجود در نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام، نقشه یون‌های سدیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات رسم شده است. میزان غلظت یون‌ها در قسمت‌های شرقی و به ویژه قسمت‌های مرکزی بیشتر از بخش‌های غربی دشت است. یون‌های کلر، سدیم و سولفات در قسمت‌های شرقی، یون‌های غالب بوده‌اند؛ اما در قسمت‌های غربی دشت فقط یون‌های کلر و سدیم غالب هستند و بقیه یون‌ها نسبتاً یکسان می‌باشند. در قسمت‌های مرکزی به سمت پائین دست دشت، از غلظت یون‌ها کاسته می‌شود. در نیمه شرقی دشت بسطام، منشأ غالب یون سولفات به دلیل انحلال تنخیری‌ها است. علاوه بر این، نمودارهای ترکیبی نظیر نمودار غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر، بی‌کربنات و سولفات در برابر مقدار هدایت الکتریکی رسم شد. با توجه به نمودارهای رسم شده، تمام یون‌ها رابطه مستقیم با هدایت الکتریکی دارند.

ج- بررسی تیپ آب‌های زیرزمینی منطقه

برای بررسی تیپ آب‌های شرب منطقه، نمودارهای استیف، شولر و پایپر رسم گردید. با توجه به نمودار استیف تیپ غالب نمونه‌های آب شرب منطقه بسطام، بی‌کربنات کلسیک تا بی‌کربنات منیزیک می‌باشد که با توجه به وجود منابع آبی در مناطق تغذیه با سنگ‌های آهکی و دولومیتی، قابل توجیه می‌باشد. با توجه به نمودار شولر، نمونه W1 واقع در روستای ابر نماینده شیرین‌ترین چاه آب شرب منطقه می‌باشند. نمونه‌های W9 و W2 مربوط به سازندهای سخت منطقه می‌باشند. همچنین نمونه‌های W5 و W6 و W7 مربوط به آبخوان آبرفتی، دارای روند یکسان و هم منشأند. سایر نمونه‌ها در روند تغییرات غلظت یون‌های اصلی، تفاوت قابل ملاحظه‌ای با هم نشان می‌دهند. در کل در نمودار شولر منطقه مورد مطالعه، خطوط در نمودار با هم موازی نیستند زیرا بخشی از دشت آبرفتی و سایر قسمت‌ها مربوط به سازندهای دیگر است؛ در نتیجه آب‌ها با هم، هم منشأ نیستند.

۲-۵- ارزیابی کربن آلی کل در منطقه بسطام

به منظور بررسی کربن آلی کل در منطقه بسطام، نمونه‌های آب شرب مورد آنالیز و بررسی از نظر مقادیر مواد آلی قرار گرفتند. با توجه به نتایج آنالیزهای انجام شده، حداکثر مقدار کربن آلی کل حدود ۳۹ میلی‌گرم بر لیتر در فصل خشک و حدود ۳۳ میلی‌گرم بر لیتر در فصل تر و کمترین مقدار آن حدود ۱۴ میلی‌گرم بر لیتر در فصل تر و حدود ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر در فصل خشک می‌باشد. بیشینه مقدار کربن آلی کل مربوط به نمونه W5 واقع در میقان و نمونه W10 واقع در چاه ابرسج و کمینه مقدار کربن آلی کل مربوط به نمونه W9 در محل چشمه ابرسج و نمونه W3 در چشمه و قنات گرمین می‌باشد. به طور کلی مقادیر کربن آلی کل در سایر نمونه‌های ارزیابی شده، بالاتر از حد مجاز جهانی

بوده است. علت آن احتمالاً به دلیل وجود سازندهای دارای مواد آلی نظیر سازند شمشک در منطقه بسطام می‌باشد. دلیل دیگر بالا بودن مقادیر مواد آلی، به دلیل وفور پوشش گیاهی در منطقه، فعالیت‌های دامداری، فعالیت‌های کشاورزی و در پی آن استفاده زیاد از کودها و آفت‌کش‌ها می‌باشد. کمینه مقادیر کربن آلی کل در فصل تر، به دلیل بارندگی‌های پیاپی در فصل پائیز و تغذیه آبخوان و پدیده رقیق‌شدگی (Dilution) آب‌ها بوده است.

۳-۵- پیشنهادها

به منظور بررسی‌های دقیق‌تر تغییرات کمی و کیفی آب‌های شرب منطقه بسطام، مدیریت صحیح آب‌های زیرزمینی منطقه و کامل شدن تحقیق صورت گرفته بر روی آب‌های زیرزمینی این دشت، پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

- با توجه به اهمیت آلودگی‌های آلی به عنوان یکی از مهمترین مسائل در محیط زیست و جایگاه حیاتی آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، غلظت کربن آلی کل در تمام طول سال و به‌ویژه در فصول خشک مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد.
- آگاهی دادن به کارکنان اداره‌های آب و فاضلاب منطقه در مورد خطرات زیست‌محیطی کربن آلی کل و ثرات سوء آن بر سلامت انسان.
- پاکسازی آب شرب به لحاظ کربن آلی کل قبل از عملیات کلرزنی

منابع

- ایبای، جی. نلسون، (۲۰۰۴)، مبانی زمین‌شیمی زیست‌محیطی. فرید مر، سروش مدبری، گیتی فرقانی-تهرانی، (ویراسته سروش مدبری و عاطفه شمس‌عالم)، چاپ اول ۱۳۹۰، مرکز نشر دانشگاهی.
- تویسرکانی، زهرا. شایگان، جلال‌الدین. صادقی، علیرضا. (۱۳۸۸). "بررسی آلودگی آلی آب‌های زیرزمینی شهر تهران" مجله علمی و پژوهشی شریف، شماره پنجاهم، ص. ۹-۱۴
- درویش‌زاده، علی (۱۳۸۵). "زمین‌شناسی ایران" انتشارات امیرکبیر
- ذاکری م. آ، (۱۳۸۲) "گزارش پیشنهاد تمديد ممنوعیت دشت بسطام (شامل محدوده‌های مطالعاتی شاهرود)"، اداره کل امور آب استان سمنان
- رنجبردیزج، د.، زمانی، ع.، پری‌زنگنه، ع.، خاندوزی، ف.، ۱۳۹۵، "مشخصات هیدروشیمیایی و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی شهرستان آق‌قلا"، استان گلستان. هشتمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست
- ززولی، محمدعلی. ناصری، سیمین. محوی، امیرحسین. مصداقی‌نیا، علیرضا. (۱۳۸۷). "بررسی غلظت کربن آلی و پتانسیل تشکیل فرآورده‌های جانبی گندزدایی در آب شرب شبکه توزیع آب تهران" یازدهمین همایش ملی بهداشت محیط، زاهدان. ایران.
- صیوحی، محمد. مولانی، فریاد. جعفری‌کنگ، عباس. مزرجی نژاد قوچانی، محمود و بغدادی، مجید (۱۳۹۳). "بررسی جامع محصولات جانبی کلرزی، عوارض آنها برای سلامتی انسان و روش‌های حذف آن از آب شرب"، اولین کنفرانس ملی آلودگی‌های محیط‌زیست با محوریت زمین پاک، اردبیل، ایران.
- کرمی، غلامحسین (۱۳۹۱). "مطالعه منابع آلاینده آب در دشت‌های شاهرود و بسطام" سازمان حفاظت محیط زیست
- مسلمی، خ.، ۱۳۹۰، "پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی دشت بسطام با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و شبکه استنتاج تطبیقی عصبی فازی (ANFIS)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود

نبوی، محمد حسن (۱۳۵۵)، "دیاچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ص ۹۲.

نصرتی، آ.، ۱۳۹۵، "بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی دشت بسطام"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود
نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان، سازمان زمین‌شناسی کشور

Baralkiewicz D., Siepak J. "Total organic carbon(TOC) – parametr of organic pollutants in natural waters." Materials of the Committee of Water Analysis of the Committee of Analytical Chemistry PAN , Warsaw, 1994 a, (in Polish)

Baralkiewicz, D., Siepak, J.: "The Contents and Variability of TOC, POC and DOC Concentration in Natural Waters." *Pol. J. Environ. Stud.* 3 (2), 15–18 (1994).

Crittenden, J.C., Rhodes, T.R., Hand, D.W., Howe, K.J. and Tchobanoglous, G., (2005). *Water Treatment: Principles and design*. 2nd edition. John Wiley & Sons Inc.

Decree of Ministry of the Environment for the classification of a surface and underground water, monitoring management as well as the way of interpretation and presentation of a state of waters in Poland. (Dz.U. nr 32, poz. 284), 2004, (in Polish)

Department of Environment and Conservation Water Management Division (2011). Study on Characteristics and Removal of Natural Organic Matter in Drinking Water Systems in Newfoundland and Labrador

E.T. Urbansky, *Journal of Environmental Monitoring* 3 (1) (2001 Feb) 102.

Eby, G. N. (2004). *Principles of Environmental Geochemistry*. University of Massachusetts, Lowell, THOMSON, p. 149.

Edzwald, J. K., Tobiasson, J. E., (1999). "Enhanced Coagulation: US requirements and a broader view." *Water, Science and Technology*, 40 (9): 63-70.

Frimmel, F. H.: "Characterization of natural organic matter as major constituents in aquatic systems." *J. Contam. Hydrol.* 35 (1–3), 201–216 (1998).

- Gibert, O., Lefevre, B., Teuler, A., Bernat, X., Tobella, J., (2015). "Distribution of dissolved organic matter fractions along several stages of a drinking water treatment plant." *Journal of Water Process Engineering.*, 6 (2015) 64-71.
- Hounslow A.W. (١٩٩٥). water quality data analysis and interpretation. stillwater, Oklahoma, lewis publisher.P 55.
- IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). XML on-line corrected version: <http://goldbook.iupac.org> (2006-) created by M. Nic, J. Jirat, B. Kosata; updates compiled by A. Jenkins. [ISBN 0-9678550-9-8](https://doi.org/10.1351/goldbook). doi:10.1351/goldbook
- Karami G. H., (2010) "Groundwater Draft in Bastam Plain, Shahrood, Iran", Environmental Scienc and Technology.
- Krasner, S.W., McGuire, M.J., Jacangelo, J.G., Patania, N.L., Reagan, K.M. and Aieta, E.M.,(1989). "The occurrence of disinfection by-products in US drinking water." *J. Am. Water Works Assoc.* 81(8), 41–53.
- Ledesma, J.L.J., Kohler, S.J., Futter, M.N., (2012). "Long-term dynamics of dissolved organic carbon: Implications for drinking water supply." *Science of the Total Environment* 432 (2012) 1–11.
- Matilainen, A., Vepsäläinen, M., Sillanpää, M., (2010). "Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment:A review." *Advances in Colloid and Interface Science* 159 (2010) 189–197
- Mayer, I. L., Tate, C. M.:"The effect of watershed disturbance on dissolved organic carbon dynamics of stream." *Ecology*64, 33–44 (1981).
- Niemiryecz, E., Gozdek, J., &Koszka-Maron, D. (2006). "Variability of organic carbon in water and sediments of the odra river and its tributaries." *Polish Journal ofEnvironmental Studies*, 15(4), 557–563.
- Parks, S. J.,&Baker, L. A. (1997). "Sources and transport of organic carbon in an Arizona river-reservoir system.:*Water Research*, 31(7), 1751–1759.
- Siepak, J. (1999). "Total organic carbon (TOC) as a sum parameter of water pollution in selected Polish rivers (Vistula, Odra, andWarta)." *ActaHydrochimicaetHydrobiologica*, 27(5), 282–285.
- Tipping, E., Marker, A.F.H., Butterwick, C., Collett, G.D., Cranwell, P.A., Ingram, J.K.G., Leach, D.V., Lishman, J.P., Pinder, A.C., Rigg, E., Simon, B.M., (1997).

-
- "Organic carbon in the Humber rivers." *The Science of the Total Environment* 194:195 (1997) 345-355
- United State Environmental Protection Agency. \Enhanced coagulation and enhanced precipitate softening guidance manual," Groundwater and Drinking water Division,U.S. EPA (1999).
- Visco, G., Campanella, L., &Nobili, V. (2005)."Organic carbons and TOC in waters: an overview of the international norm for its measurements."*Microchemical Journal*, 79(1–2), 185–191.
- West, Larry (March 26, 2006). «World Water Day: A Billion People Worldwide Lack Safe Drinking Water». About
- Zazouli, M.A., Nasser, S., Mahvi, A.H., Mesdaghinia, A.R.,Younecian,M and Gholami., (2007a). "Survey of Natural Organic Matter fractions in Water Sources of Tehran."*Pakistan Journal of biological sciences*.10 (10), 1718-1722

Abstract

Bastam area with an area of 484 square kilometers is located 6 kilometers north-east of Shahrood (Semnan province) between 55° and $55^{\circ} 30'$ East longitude and 36° to $36^{\circ} 30'$ North latitude. The purpose of this study was to evaluate the total organic carbon content and some hydrogeochemical properties of drinking water in this region. In order to investigate the above mentioned cases, 8 wells and 2 springs were sampled in two dry and wet seasons (summer of 2016) and (autumn 2016). The measured parameters at the site of sampling include electrical conductivity, acidity, and water temperature. Other parameters including total organic carbon, sodium, potassium, calcium, magnesium, bicarbonate, chlorine and sulfate, have been measured in the laboratory of Shahrood University of Technology. The obtained results regarding to total organic carbon show that the maximum and minimum of this parameter were 39 and 14 mg/l respectively, all of which were above the international standard limit of 2 to 4 mg/l . It is likely that the origin of organic matter in the studied area is due to agricultural activities and the use of fertilizers and pesticides, as well as the existence of coal in geologic formations such as Shemshak formation in the region. The results of hydrogeochemical studies of water samples represent that next to the hights, were the main origin of the water is from the geological formations, the values of electrical conductivities is least. However, in the central regions, where the groundwater moves mainly in the alluvium, the values of electrical conductivities are relatively high. Comparison between the values of total organic carbon and electrical conductivity in drinking water resources of the bastam region show that there is no any distinctive relationship between these parameters. This is because the origin of total organic carbon, in addition to natural pollutants, is related to man-made pollutants.

Key words: Bastam area, total organic carbon, drinking water, hydrogeochemicals



Shahrood University of technology

Faculty of Earth Sciences
M.Sc. Thesis in Environmental Geology

**Evaluating the total organic carbon (TOC) in water resources of
Bastam and its vicinity**

Mozhgan Shahsavar

Supervisor:
Dr. Gholam Hossein Karami

July 2017