

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست‌محیطی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی - هیدروژئولوژی

عنوان پایان‌نامه:

مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی تالاب برم‌شور در مجاورت سازند
کارستی گچساران در استان خوزستان

نگارنده:

فرزاد اکبری

استاد راهنما:

دکتر رحیم باقری

استاد مشاور:

دکتر آرش ندری

خرداد ۱۳۹۹

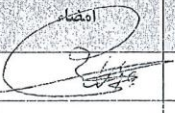
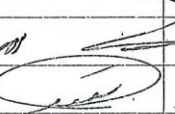
فرم شماره ۷: صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد
 خانم / آقای فرزاد اکبری به شماره دانشجویی ۹۳۰۲۹۱۴ رشته زمین شناسی گرایش آب شناسی تحت عنوان
 مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی تالاب برم شور در مجاورت سازه کارستی گچساران در استان
 خوزستان که در تاریخ ۱۳۹۵/۳/۳۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح
 ذیل اعلام می گردد:

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
 دانشگاه علوم زمین

قبول (با درجه: بیانی) امتیاز ۸۲ ☒ دفاع مجدد ☐

۱- عالی (۲۰ - ۱۹) ۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸) ۳- خوب (۱۶/۹۹ - ۱۶) ۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴) ۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر رحیم باقری	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم	—	—	—
۳- استاد مشاور	دکتر آرش ندری	استادیار	—
۴- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر افشین قشلاقی	استادیار	
۵- استاد ممیحن اول	دکتر غلامحسین کرمی	دانشیار	
۶- استاد ممیحن دوم	دکتر هادی جعفری	استادیار	

رئیس دانشگاه: دکتر پرویز امیدی



بابوسه بردستان:

پدرم، کوهی استوار و حامی من در تمام مراحل زندگی، او که نمیدانم از بزرگی اش بگویم یا مردانگی، سخاوت، مهربانی و...

مادرم، که قلم از وصف مهربانی اش قاصر است، سگی صبور که الفبای زندگی به من آموخت، آنکه آفتاب مهرش در آستانه قلمم،
به چنان پیر جاست و هرگز غروب نخواهد کرد.

برادران و خواهرانم، همراهان همیشگی و پشتوانه های زندگی ام

تقدیم به:

حضرت فاطمه الزهرا (س)

شکر و قدردانی

پاس و ستایش خدای راجل و جلالت که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تباران است و انوار حکمت او در دل شب تار، در نشان، آفریدگاری که خویش را به ما نشانده و درهای علم را بر ما گشود، به طریق علم و دانش را، بنمونان شده به هم نشینی رحروان علم و دانش مستخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزی مان ساخت. عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی‌شمار بی‌او، بازبان قاصود دست ناتوان، چیزی بکاریم. اما از آنجاییکه تجلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تا این می‌کند و سلامت امانت‌هایی که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یسکر المنعم من المخلوقین لم یسکر الله عزوجل"؛

از استاد با کمال و شایسته؛ جناب آقای دکتر رحیم باقری که در کمال سعادت، با حسن خلق و فروتنی، از پنج‌گلی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و خالصانه زحمات را بهمانی این رساله را بر عهده گرفتند؛

از استاد فاضل و کرامت‌دارم؛ جناب آقای دکتر آرش ندیری که زحمات مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به سرانجام نمی‌رسید؛ و از استاد فرزانه و دلسوز؛ جناب آقایان دکتر غلامحسین کرمی و مهدی جعفری که علاوه بر زحمات بی‌دینشان در طول دوره کارشناسی ارشد، زحمات داورانی این رساله را نیز متقبل شدند؛ نهایت شکر و قدردانی را دارم. باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

بجمله این از استاد عالی قدر و مهربانم؛ جناب آقای دکتر غلامعباس کاظمی به واسطه تمام یاری‌ها و راهنمایی‌های بدون چشم داشت ایشان در طول دوره تحصیل و انجام پروژه، که بسیاری از سختی‌ها را بر ابرام آسان تر نمود سپاسگزارم.

از سرکار خانم فاطمه باقری و خانم زهرا بوسلیک به واسطه تلاش بی‌دینشان در آزمایشگاه آب و زیست محیطی دانشگاه صنعتی شاهرود، مسئول آموزش دانشکده علوم زمین سرکار خانم فاطمه فارسی، از جناب آقای نورعلی داموغ به واسطه مشاوره‌های ارزنده، از پسردایی عزیزم مهندس افشین اکبری به واسطه تمامی زحماتش در بازدیدهای صحرایی و در نهایت از تمامی دوستان و بهکلاسی‌های عزیزم. بخصوص، آقایان حسین ابراهیمی و سید روح... موسوی و مازیار ترابی صمیمانه شکر می‌کنم.

تعهد نامه

اینجانب فرزاد اکبری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی گرایش آبشناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی تالاب برم شور در مجاورت سازند کارستی گچساران در استان خوزستان تحت راهنمایی آقای دکتر رحیم باقری متعهد می شوم.

- 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 می باشد 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 می گردد.
- 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

تاریخ: ۱۳۹۵/۰۴/۰۸

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. 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 نمی باشد.

چکیده

تالاب برم‌شور یکی از مهم‌ترین تالاب‌های استان خوزستان می‌باشد که در شرق شهرستان هفتکل واقع شده است. تالاب برم‌شور را می‌توان یک عارضه مهم کارستی در نظر گرفت که در بین تپه و کوه‌های کم ارتفاع سازند تبخیری گچساران تشکیل شده است. هدف از این مطالعه ارزیابی هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی تالاب برم‌شور و اثر سازند تبخیری گچساران بر کیفیت آن می‌باشد. دامنه تغییرات هدایت الکتریکی آب تالاب از ۱۴۹۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در فرودین ماه تا ۴۲۹۰ در تیر ماه متغیر می‌باشد. تغییرات pH نمونه‌ها روند خاصی نشان نمی‌دهد و بین محدوده ۶/۴۲ تا ۸/۸ متغیر می‌باشد. تیپ آب در همه نمونه‌های مربوط به دوره‌های آماری مختلف از نوع سولفات کلسیک می‌باشد که ناشی از رخنمون گسترده سازند تبخیری گچساران در محدوده مطالعاتی است. تغییرات سری مکانی عناصر در دوره‌های مختلف بسته به شرایط اقلیمی متفاوت می‌باشد. بررسی نمونه‌ها در سه دوره آماری نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی بین کلسیم و سولفات وجود دارد که گویای انحلال ژپس در منطقه است. بر اساس نمودار گیبس سه دوره آماری، مهم‌ترین فرآیند مؤثر در ترکیب شیمیایی آب تالاب در اکثر نمونه‌ها، هوازدگی و انحلال سازندها (واکنش متقابل آب و سنگ) است. آب تالاب در مقایسه با استاندارد آب شرب، کیفیت لازم را برای مصرف شرب دارا نمی‌باشد و از طرفی دیگر، برای آبیاری اراضی کشاورزی نیز نامناسب است. نمونه‌های آب تالاب برم‌شور بر اساس استاندارد WHO نسبت به عناصر AS, Zn, Pb آلوده می‌باشند، درحالی‌که نسبت به استاندارد FAO زیر حد مجاز استاندارد قرار دارند. همبستگی خوبی بین هدایت الکتریکی و فلزات سنگین و میان فلزات روی، آرسنیک و سرب قابل مشاهده است. با توجه به رخنمون گسترده سازند تبخیری گچساران و انحلال بالا در منطقه، عوارض کارستی متعددی از جمله فروچاله، حفرات انحلالی، دره خشک، شفت و غار و غیره قابل مشاهده می‌باشد که نشان از توسعه بالای کارست گچی در منطقه مورد مطالعه دارد. بیشترین عمق تالاب در فصل خشک (شهریور) حدود ۳ متر و در بخش مرکزی می‌باشد درحالی‌که در بخش‌های شمالی و کناره‌های تالاب به ۳۰ سانتی‌متر نیز کاهش می‌یابد. نرخ تبادلات بین آب تالاب و سفره آب زیرزمینی مثبت می‌باشد به طوری که سالیانه 109512 m^3 آب از طریق کارست‌های آهکی و گچی منطقه وارد تالاب می‌شود که نشانگر ارتباط هیدرولیکی احتمالی بین تاقدیس آسماری و تالاب برم‌شور می‌باشد.

کلمات کلیدی: تالاب برم‌شور - هیدروژئولوژی - هیدروژئوشیمی - سازند گچساران - خوزستان

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- ۱- اثر سازند گچساران بر کیفیت آب تالاب برم‌شور در شهرستان هفتکل استان خوزستان، سی و چهارمین گردهمایی علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، اسفند ۱۳۹۴.
- ۲- بررسی غلظت فلزات سنگین تالاب برم‌شور در شهرستان هفتکل استان خوزستان، دومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه محقق اردبیلی، اسفند ۱۳۹۴، (جزء مقالات برگزیده همایش و چاپ در مجموعه مقالات علمی پژوهشی کنفرانس)

فصل اول : مقدمه و کلیات

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق.....	۲
۲-۱- موقعیت جغرافیایی و مشخصات منطقه مورد مطالعه.....	۳
۳-۱- ویژگی‌های تالاب برم‌شور	۶
۴-۱- آب و هوای منطقه مورد مطالعه.....	۷
۵-۱- ضریب اقلیمی دمارتن	۱۰
۶-۱- نمودار آمبروترمیک	۱۱
۷-۱- زمین‌شناسی منطقه.....	۱۱
۸-۱- چینه‌شناسی منطقه.....	۱۲
۱-۸-۱- سازند گچساران.....	۱۴
۱-۸-۱-۱- بخش اول سازند گچساران.....	۱۵
۲-۸-۱-۱- بخش دوم	۱۶
۳-۸-۱-۱- بخش سوم	۱۶
۴-۸-۱-۱- بخش چهارم	۱۶
۵-۸-۱-۱- بخش پنجم	۱۶
۶-۸-۱-۱- بخش ششم	۱۷
۷-۸-۱-۱- بخش هفتم	۱۷
۲-۸-۱- سازند میشان.....	۱۷
۳-۸-۱- سازند آغاچاری	۱۸
۴-۸-۱- بخش لهری	۱۸
۵-۸-۱- سازند بختیاری	۱۹
۶-۸-۱- رسوبات کواترنری (عهد حاضر).....	۱۹
۹-۱- زمین‌شناسی ساختمانی	۲۰
۱۰-۱- هیدرولوژی منطقه	۲۰
۱۱-۱- هیدروژئولوژی منطقه	۲۱

فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین

- ۲-۱- مقدمه ۲۴
- ۲-۲- عوامل موثر بر کیفیت آب‌های سطحی ۲۵
- ۲-۲-۱- عوامل طبیعی ۲۵
- ۲-۲-۲- عوامل غیرطبیعی (انسان‌زاد) ۲۷
- ۲-۲-۲-۱- فاضلاب‌های خانگی و رواناب‌های شهری ۲۷
- ۲-۲-۲-۲- پساب‌ها و رواناب‌های کشاورزی ۲۹
- ۲-۲-۲-۳- پساب‌ها و فاضلاب‌های صنعتی ۳۰
- ۲-۳- هیدروژئوشیمی منابع آب سطحی ۳۱
- ۲-۴- آلودگی فلزات سنگین ۳۴
- ۲-۵- کارست ۳۶
- ۲-۵-۱- تعریف کارست ۳۶
- ۲-۵-۲- پدیده کارستی شدن ۳۶
- ۲-۶- انحلال‌پذیری و کارستی شدن در سنگ‌های کربناته ۳۶
- ۲-۷- انحلال‌پذیری در کارست‌های تبخیری ۳۷
- ۲-۷-۱- کارست نمکی ۳۷
- ۲-۷-۲- کارست گچی ۳۸
- ۲-۸- مطالعات انجام شده در ارتباط با کارست‌های تبخیری ۳۹

فصل سوم: مواد و روش‌ها

- ۳-۱- مقدمه ۴۴
- ۳-۲- تعیین موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری ۴۴
- ۳-۳- روش نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها ۴۵
- ۳-۴- نمونه‌برداری پراکنده از سطح تالاب ۴۶
- ۳-۵- نمونه‌برداری از آبراهه ورودی ۴۶
- ۳-۶- طراحی دستگاه نمونه‌برداری عمقی ۴۸
- ۳-۷- نمونه‌برداری از عمق ۵۰
- ۳-۸- نصب اشل اندازه‌گیری تغییرات سطح آب تالاب ۵۰
- ۳-۹- پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل ۵۱
- ۳-۹-۱- هدایت الکتریکی (EC) و pH ۵۱

۵۲.....	۳-۹-۲- اندازه گیری دما
۵۲.....	۳-۱۰- نمونه های فلزات سنگین و ایزوتوپی
۵۳.....	۳-۱۱- اندازه گیری پارامترهای هیدروشیمیایی در آزمایشگاه
۵۵.....	۳-۱۲- اندازه گیری آنیون ها
۵۵.....	۳-۱۲-۱- اندازه گیری یون کربنات (CO_3^{2-})
۵۵.....	۳-۱۲-۲- اندازه گیری یون بیکربنات (HCO_3^-)
۵۵.....	۳-۱۲-۳- اندازه گیری یون سولفات (SO_4^{2-})
۵۶.....	۳-۱۳- اندازه گیری کاتیون ها
۵۶.....	۳-۱۳-۱- اندازه گیری یون کلسیم (Ca^{+2})
۵۶.....	۳-۱۳-۲- اندازه گیری یون منیزیم (Mg^{+2})
۵۶.....	۳-۱۳-۳- اندازه گیری یون های سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+)
۵۷.....	۳-۱۴- محاسبه درصد خطای آزمایش
۵۷.....	۳-۱۵- نرم افزارهای مورد استفاده

فصل چهارم: مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی تالاب برم شور

بخش اول: هیدروژئوشیمی و تکامل ژئوشیمیایی

۶۰.....	۴-۱- مقدمه
۶۱.....	۴-۱-۱- نتایج سنجش های آزمایشگاهی
۶۶.....	۴-۱-۲- بررسی تغییرات پارامترهای هیدروشیمایی نمونه های آب تالاب برم شور
۶۶.....	۴-۱-۲-۱- هدایت الکتریکی (EC)
۶۷.....	۴-۱-۲-۲- تغییرات هدایت الکتریکی نقاط پراکنده در سطح تالاب
۶۸.....	۴-۱-۲-۳- تغییرات هدایت الکتریکی نقاط عبوری از سازند گچساران
۶۹.....	۴-۱-۲-۴- تغییرات مقادیر pH در تالاب برم شور
۷۰.....	۴-۱-۲-۵- تغییرات مقادیر pH در نقاط پراکنده از سطح تالاب
۷۱.....	۴-۱-۲-۶- تغییرات pH نقاط عبوری از سازند گچساران
۷۲.....	۴-۱-۳- کل مواد جامد محلول (TDS)
۷۳.....	۴-۱-۴- سختی کل
۷۴.....	۴-۱-۵- نمایش نموداری داده های هیدروشیمیایی
۷۵.....	۴-۱-۵-۱- نمودارهای پایپر
۷۷.....	۴-۱-۵-۲- نمودارهای دروو

۷۸.....	۳-۵-۱-۴- نمودارهای استیف
۸۰.....	۶-۱-۴- سری های مکانی نمونه های آب تالاب برم شور
۸۲.....	۷-۱-۴- فرآیندهای ژئوشیمیایی حاکم بر تالاب برم شور
۸۳.....	۱-۷-۱-۴- محاسبه نمایه های اشباع با استفاده از کد کامپیوتری PHREEQC
۸۸.....	۲-۷-۱-۴- نمودارهای ترکیبی
۸۹.....	۳-۷-۱-۴- تبادلات یونی
۹۱.....	۸-۱-۴- نمودار گیبس
۹۲.....	۹-۱-۴- قابلیت مصرف شرب و کشاورزی آب تالاب برم شور
۹۳.....	۱-۹-۱-۴- قابلیت مصرف شرب
۹۵.....	۲-۹-۱-۴- کیفیت آب از لحاظ کشاورزی (آب آبیاری)
۹۹.....	۱۰-۱-۴- بررسی پارامترهای مهم کیفیت آب آبیاری
۱۰۲.....	۱-۱۰-۱-۴- نسبت جذب سدیم (SAR)
۱۰۲.....	۲-۱۰-۱-۴- درصد سدیم محلول در آب (SSP)
۱۰۳.....	۳-۱۰-۱-۴- بی کربنات سدیم باقی مانده (RSBC)
۱۰۴.....	۴-۱۰-۱-۴- شاخص نفوذپذیری (PI)
۱۰۵.....	۵-۱۰-۱-۴- نسبت جذب منیزیم (MAR)
۱۰۵.....	۶-۱۰-۱-۴- نسبت کلایز (KR)
۱۰۶.....	۱۱-۱-۴- طبقه بندی بر اساس نمودار ویلکاکس

بخش دوم: آلودگی و ارزیابی فلزات سنگین

۱۰۸.....	۲-۴- مقدمه
۱۰۸.....	۱-۲-۴- فلزات سنگین
۱۱۰.....	۲-۲-۴- تغییرات مکانی غلظت فلزات سنگین
۱۱۲.....	۳-۲-۴- شاخص فلزی MI
۱۱۴.....	۴-۲-۴- ضریب همبستگی
۱۱۵.....	۵-۲-۴- تحلیل خوشه ای
۱۱۶.....	۶-۲-۴- مقایسه غلظت فلزات سنگین تالاب برم شور با میانگران

بخش سوم: ژئومورفولوژی کارست گچی

۱۱۷.....	۳-۴- مقدمه
۱۱۸.....	۱-۳-۴- تقسیم بندی کارست بر اساس عامل مورفولوژیکی

۱۱۸.....	۲-۳-۴- ژئومورفولوژی منطقه
۱۱۹.....	۳-۳-۴- موقعیت عوارض ژئومورفولوژیکی در منطقه
۱۲۰.....	۴-۳-۴- ارزیابی توسعه کارست و عوارض مورفولوژیکی
۱۲۱.....	۱-۴-۳-۴- پولیه
۱۲۲.....	۲-۴-۳-۴- گودی مسدود
۱۲۳.....	۳-۴-۳-۴- کارن
۱۲۴.....	۴-۴-۳-۴- فروچاله
۱۲۵.....	۵-۴-۳-۴- دره خشک
۱۲۶.....	۶-۴-۳-۴- شفت و غار
۱۲۷.....	۷-۴-۳-۴- حفرات انحلالی
۱۲۸.....	۸-۴-۳-۴- چشمه‌های کارستی

بخش چهارم: هیدروژئولوژی

۱۲۹.....	۴-۴- مقدمه
۱۲۹.....	۱-۴-۴- نقشه هم‌عمق تالاب برم‌شور
۱۳۰.....	۲-۴-۴- حوضه آگیر منطقه مورد مطالعه
۱۳۱.....	۳-۴-۴- بیلان آب
۱۳۲.....	۴-۴-۴- محدوده بیلان آب تالاب
۱۳۲.....	۵-۴-۴- دوره زمانی بیلان
۱۳۳.....	۶-۴-۴- پارامترهای مختلف بیلان
۱۳۳.....	۱-۶-۴-۴- تغییر در ذخیره
۱۳۳.....	۲-۶-۴-۴- مؤلفه‌های ورودی به تالاب
۱۳۳.....	۱-۲-۶-۴-۴- تغذیه ناشی از نفوذ مستقیم بارش
۱۳۴.....	۲-۲-۶-۴-۴- تغذیه ناشی از نفوذ آب به زمین
۱۳۴.....	۳-۲-۶-۴-۴- تغذیه ناشی از رواناب سطحی
۱۳۵.....	۴-۲-۶-۴-۴- جریان ورودی از آب زیرزمینی به تالاب
۱۳۵.....	۳-۶-۴-۴- مؤلفه‌های خروجی از تالاب
۱۳۵.....	۱-۳-۶-۴-۴- تبخیر از سطح تالاب
۱۳۵.....	۲-۳-۶-۳-۴- جریان خروجی از تالاب به سفره آب زیرزمینی
۱۳۶.....	۷-۴-۴- محاسبه بیلان

۱۳۸..... ۴-۴-۸- تعیین منشاء آب تالاب و بررسی وضعیت ارتباط هیدرولیکی

۱۳۹..... ۴-۴-۹- ایزوتوپی

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۴۲..... ۵-۱- نتایج

۱۴۲..... ۵-۱-۱- نتایج حاصل از مطالعات هیدروژئوشیمی

۱۴۴..... ۵-۱-۲- نتایج حاصل از قابلیت مصرف شرب و کشاورزی آب تالاب برم‌شور

۱۴۵..... ۵-۱-۳- نتایج حاصل از مطالعات فلزات سنگین

۱۴۶..... ۵-۱-۴- نتایج حاصل از مطالعات ژئومورفولوژی کارست گچی

۱۴۶..... ۵-۱-۵- نتایج حاصل از مطالعات هیدروژئولوژی

۱۴۷..... ۵-۲- پیشنهادات

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- تصویر ماهواره‌ای از تالاب برم‌شور و منطقه مورد مطالعه ۴
- شکل ۱-۲- نمایی از منطقه مورد مطالعه ۴
- شکل ۱-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن ۵
- شکل ۱-۴- اراضی کشاورزی اطراف تالاب برم‌شور ۶
- شکل ۱-۵- میانگین بارش سالیانه برای آمار ۱۰ ساله از سال ۱۳۸۳-۹۲ ۹
- شکل ۱-۶- نمودار آمبروترمیک منطقه مورد مطالعه ۱۱
- شکل ۱-۷- نقشه زمین‌شناسی منطقه در محیط GIS با اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کوه آسماری ۱۳
- شکل ۱-۸- رخنمون کارست ژپسی در محدوده مورد مطالعه ۱۵
- شکل ۱-۹- رخنمون سازند گچساران در اطراف تالاب برم‌شور ۱۵
- شکل ۱-۱۰- رخنمون سازند میشان در منطقه مورد مطالعه ۱۸
- شکل ۱-۱۱- نمایی از بزرگترین آبراهه‌های فصلی و عدم وجود آبراهه دائمی در محدوده مطالعاتی ۲۱
- شکل ۳-۱- نمونه‌برداری از اطراف تالاب برم‌شور ۴۵
- شکل ۳-۲- نمونه‌برداری پراکنده از سطح تالاب ۴۶
- شکل ۳-۳- موقعیت محل‌های نمونه‌برداری و محل نصب اشل سطح آب در تالاب برم‌شور ۴۸
- شکل ۳-۴- محفظه دستگاه نمونه‌برداری عمقی ۴۹
- شکل ۳-۵- شبکه‌بندی داخلی دستگاه نمونه‌برداری عمقی ۴۹
- شکل ۳-۶- نمایی کامل از دستگاه نمونه‌برداری عمقی ۴۹
- شکل ۳-۷- اشل نصب شده در سطح آب تالاب ۵۱
- شکل ۳-۸- آنالیز نمونه‌ها با روش تیتراسیون ۵۳
- شکل ۳-۹- اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم نمونه‌ها با استفاده از دستگاه فلم فوتومتر ۵۴
- شکل ۳-۱۰- اندازه‌گیری سولفات نمونه‌ها با استفاده از دستگاه توربیدی متر ۵۴
- شکل ۴-۱- تغییرات زمانی EC در محل‌های مختلف اطراف تالاب برم‌شور طی دوره زمانی ۱ ساله ۶۷
- شکل ۴-۲- تغییرات EC نمونه‌های آب برداشت شده از سطح تالاب برم‌شور طی دوره زمانی ۱ ساله ۶۸
- شکل ۴-۳- تغییرات EC در آبراهه فصلی ورودی به تالاب از سازند گچساران ۶۹
- شکل ۴-۴- تغییرات زمانی pH در محل‌های مختلف اطراف تالاب برم‌شور طی دوره زمانی ۱ ساله ۷۰
- شکل ۴-۵- تغییرات pH نمونه‌های آب برداشت شده از سطح تالاب برم‌شور ۷۱
- شکل ۴-۶- مقادیر pH در نمونه‌های آبراهه ورودی از سازند تبخیری گچساران ۷۱
- شکل ۴-۷- رابطه مقدار EC و TDS در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در سه ماه فروردین، شهریور و بهمن ۱۳۹۴ ۷۳

- شکل ۴-۸- نمودار پایپر نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در فروردین ماه ۹۴..... ۷۶
- شکل ۴-۹- نمودار پایپر نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در شهریور ماه ۹۴..... ۷۶
- شکل ۴-۱۰- نمودار دروو ماه فروردین ۷۷
- شکل ۴-۱۱- نمودار دروو ماه شهریور..... ۷۸
- شکل ۴-۱۲- نمودارهای استیف نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در شهریورماه ۹۴..... ۷۹
- شکل ۴-۱۳- سری مکانی عناصر عمده و مجموع املاح آب تالاب برم‌شور در فروردین ماه ۹۴ ۸۰
- شکل ۴-۱۴- سری مکانی عناصر عمده و مجموع املاح آب تالاب برم‌شور در شهریور ماه ۹۴ ۸۱
- شکل ۴-۱۵- سری مکانی عناصر عمده و مجموع املاح آب تالاب برم‌شور در بهمن ماه ۹۴ ۸۱
- شکل ۴-۱۶- تغییرات نمایه اشباع کلسیت آب تالاب برم‌شور در برابر یون سولفات در فروردین ماه (سمت چپ)،
شهریور ماه (وسط) و بهمن ماه (سمت راست)..... ۸۶
- شکل ۴-۱۷- تغییرات نمایه اشباع دولومیت آب تالاب برم‌شور در برابر یون سولفات در فروردین ماه (سمت چپ)،
شهریور ماه (وسط) و بهمن ماه (سمت راست)..... ۸۷
- شکل ۴-۱۸- تغییرات نمایه اشباع ژپس آب تالاب برم‌شور در برابر یون سولفات در فروردین ماه (چپ)،
شهریور ماه (وسط) و بهمن ماه (راست) ۸۷
- شکل ۴-۱۹- نمودارهای ترکیبی سولفات و بی‌کربنات در مقابل کلسیم در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در طی سه دوره آماری..... ۸۸
- شکل ۴-۲۰- نمودارهای دو متغیره $Ca+mg$ در مقابل $SO_4 + HCO_3$ در سه دوره آماری..... ۹۰
- شکل ۴-۲۱- نمودار گیبس نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در طی سه دوره آماری ۹۱
- شکل ۴-۲۲- نمودارهای مقایسه مقادیر مجموع املاح و عناصر عمده موجود در آب‌های مورد مطالعه با مقادیر مجاز آبیاری..... ۹۷
- شکل ۴-۲۳- نمودار نسبت جذب سدیم (SAR) نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور ۱۰۲
- شکل ۴-۲۴- نمودار درصد سدیم محلول (SSP) نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور..... ۱۰۳
- شکل ۴-۲۵- نمودار بی‌کربنات سدیم باقیمانده (RSBC) نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور..... ۱۰۴
- شکل ۴-۲۶- نمودار شاخص نفوذپذیری (PI) نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور..... ۱۰۴
- شکل ۴-۲۷- نمودار نسبت جذب منیزیم (MAR) نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور..... ۱۰۵
- شکل ۴-۲۸- نمودار نسبت کلایز (KR) نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور ۱۰۶
- شکل ۴-۲۹- نمودار ویلکاکس آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین (راست) و شهریور (چپ)..... ۱۰۷
- شکل ۴-۳۰- غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور و مقایسه آن با حد مجاز سازمان بهداشت
جهانی (WHO) و استاندارد سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO)..... ۱۱۰
- شکل ۴-۳۱- تغییرات غلظت سرب در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور ۱۱۱
- شکل ۴-۳۲- تغییرات غلظت آرسنیک در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور ۱۱۱
- شکل ۴-۳۳- تغییرات شاخص فلزی (MI) در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور ۱۱۳
- شکل ۴-۳۴- نمودار خوشه‌ای غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور..... ۱۱۵

- شکل ۴-۳۵- موقعیت عوارض کارستی در محدوده تالاب برم‌شور ۱۲۰
- شکل ۴-۳۶- نمایی از پولیه غرقابی برم‌شور (A: دید به سمت شمال غرب، B: دید به سمت غرب)..... ۱۲۱
- شکل ۴-۳۷- نمایی از تالاب برم‌شور به صورت عارضه گودی مسدود (C: دید به سمت غرب، D: دید به سمت شمال غرب)..... ۱۲۲
- شکل ۴-۳۸- شماتیکی از کارن‌های توسعه نیافته در کارست گچی (دید از بالا ۱۲۳
- شکل ۴-۳۹- شماتیکی از فروچاله‌های موجود در منطقه مورد مطالعه (E, F, G, I و J : دید از بالا، H: دید به سمت غرب) ۱۲۴
- شکل ۴-۴۰- نمایی از دره خشک تشکیل شده در مجاورت تالاب برم‌شور (L: دید از بالا، M: دید به سمت غرب) ۱۲۵
- شکل ۴-۴۱- نمایی از شفت و غار تشکیل شده در اطراف تالاب برم‌شور (N و O: دید از بالا) ۱۲۶
- شکل ۴-۴۲- حفرات انحلالی در اطراف تالاب برم‌شور (P, Q: دید از بالا، R: دید به سمت غرب، S: دید به سمت شرق) ۱۲۷
- شکل ۴-۴۳- چشمه‌های تغذیه‌کننده تالاب برم‌شور (دید از بالا)..... ۱۲۸
- شکل ۴-۴۴- نقشه هم‌عمق تالاب برم‌شور ۱۳۰
- شکل ۴-۴۵- نقشه حوضه آبریز تالاب برم‌شور در محیط Google Earth ۱۳۱
- شکل ۴-۴۶- مساحت تالاب برم‌شور در دو دوره فصل خشک و پر بارش (سمت راست؛ فصل خشک، سمت چپ؛ فصل پر بارش) ۱۳۲
- شکل ۴-۴۷- شماتیکی از مقطع زمین‌شناسی بین تالاب برم‌شور و تاقدیس آسماری ۱۳۹

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- آمار بارندگی ۱۰ ساله ایستگاه باغملک (میلی‌متر)	۷
جدول ۲-۱- آمار بارندگی ۱۰ ساله ایستگاه میداود (میلی‌متر)	۸
جدول ۳-۱- آمار بارندگی ۱۰ ساله ایستگاه رامهرمز (میلی‌متر)	۸
جدول ۴-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهانه برای دوره ۱۰ ساله از سال (۹۲-۱۳۸۳) در منطقه مورد مطالعه	۹
جدول ۵-۱- طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن	۱۰
جدول ۱-۳- موقعیت جغرافیایی و محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری از آب تالاب	۴۷
جدول ۱-۴- نتایج آنالیز تغییرات EC نمونه‌های آب تالاب برم‌شور طی بازه زمانی ۱ ساله	۶۱
جدول ۲-۴- نتایج آنالیز تغییرات pH نمونه‌های آب تالاب برم‌شور طی بازه زمانی ۱ ساله	۶۲
جدول ۳-۴- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در ماه فروردین	۶۳
جدول ۴-۴- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در ماه شهریور	۶۴
جدول ۵-۴- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در ماه بهمن	۶۵
جدول ۶-۴- رده‌بندی آب بر اساس سختی کل	۷۴
جدول ۷-۴- مقادیر نمایه‌های اشباع در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در فروردین ماه ۹۴	۸۴
جدول ۸-۴- مقادیر نمایه‌های اشباع در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در شهریور ماه ۹۴	۸۵
جدول ۹-۴- مقادیر نمایه‌های اشباع در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در بهمن ماه ۹۴	۸۵
جدول ۱۰-۴- معیارهای استاندارد کیفیت آب شرب طبق تقسیم‌بندی شولر (برحسب میلی‌گرم بر لیتر)	۹۳
جدول ۱۱-۴- معیارهای استاندارد کیفیت آب شرب تالاب برم‌شور، در فروردین ماه ۹۴ (برحسب میلی‌گرم بر لیتر)	۹۴
جدول ۱۲-۴- معیارهای استاندارد کیفیت آب شرب تالاب برم‌شور، در شهریور ماه ۹۴ (برحسب میلی‌گرم بر لیتر)	۹۴
جدول ۱۳-۴- اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی مورد لزوم برای ارزیابی مسائل معمولی کیفیت آب آبیاری	۹۶
جدول ۱۴-۴- مقادیر استاندارد برخی پارامترهای کیفی آب آبیاری	۱۰۰
جدول ۱۵-۴- برخی پارامترهای کیفی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در فروردین ماه	۱۰۱
جدول ۱۶-۴- برخی پارامترهای کیفی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در شهریور ماه	۱۰۱
جدول ۱۷-۴- غلظت فلزات سنگین و مقادیر EC و pH در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور و مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2004) و سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (FAO)	۱۰۹
جدول ۱۸-۴- مقدار همبستگی بین فلزات سنگین و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور	۱۱۴
جدول ۱۹-۴- مقادیر برخی پارامترها و مؤلفه‌های بیلان	۱۳۴
جدول ۲۰-۴- محاسبه نرخ بیلان آبی تالاب طی بازه زمانی ۱۲ ماه	۱۳۷

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

بدون شک یکی از پایه‌های اصلی و اساسی در توسعه جوامع مختلف جهان، آب است. کمبود شدید آب و محدودیت‌های استفاده از آن در مناطق مختلف دنیا موجب گردیده که روز به روز توجه بیشتری به آن معطوف گردد. کمبود آب تنها به بخش کنترل، ذخیره و تامین آب مربوط نمی‌شود، بلکه به نحوه توزیع، انتقال، ضریب بهره‌وری، برنامه‌ریزی و مدیریت و غیره نیز ارتباط پیدا می‌کند. در این راستا دریاچه‌های شور و تالاب‌ها مهم‌ترین و در عین حال آسیب‌پذیرترین منابع زیست‌محیطی جهان محسوب می‌شوند. فواید آن‌ها برای بشر از یک سو و اثرات سوء ناشی از تخریب آن‌ها از سوی دیگر سبب شده که در دهه‌های اخیر فعالیت‌های چشمگیری برای حفاظت از آن‌ها صورت گیرد. با از بین رفتن برخی تالاب‌ها در اثر توسعه بی‌رویه و آلودگی‌های آب، تالاب‌های باقیمانده ارزش بیشتری پیدا کرده‌اند. این اکوسیستم‌های آبی از لحاظ ذخیره‌سازی آب برای کشاورزی، تغذیه چشمه‌ها و آب‌های زیرزمینی، از دیدگاه بوم‌شناختی به عنوان زیستگاه پرندگان و حیات وحش، حفاظت تنوع زیستی، ایجاد منظره‌های زیبا و فواید بسیار دیگر از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند. تالاب‌ها، همچنین دارای مزایایی مانند کنترل سیلاب، منبع ذخیره‌سازی رواناب‌های سطحی، خودپالایی آب و استفاده تفریحی نیز می‌باشند و به دلیل تفاوت در بافت خاک، آب و هوا، چشم‌انداز، آب‌شناسی، کیفیت آب، گیاهان و جانوران در یک منطقه نسبت به منطقه دیگر متفاوت هستند. تالاب برم‌شور یکی از مهم‌ترین تالاب‌های استان خوزستان بوده که دارای قدمت طولانی می‌باشد. پایش و ارزیابی کیفیت آب تالاب ضروری بوده، زیرا از آن برای آبیاری اراضی کشاورزی، استفاده حیوانات وحشی و اهلی، موجودات آبی استفاده می‌شود و احتمالاً تغذیه‌کننده سفره آب زیرزمینی منطقه نیز می‌باشد. بنابراین، با توجه به اینکه تاکنون هیچ نوع مطالعه‌ای از نظر هیدرولوژی و هیدروژئولوژی بر روی آن انجام نشده و هیچ بانک اطلاعاتی از این تالاب مهم وجود ندارد، انجام این مطالعه امری بسیار ضروری می‌باشد. برای دستیابی به این مهم به بررسی هیدروژئولوژی، تعیین منشأ ورودی سطحی و زیرزمینی به

تالاب، هیدروژئوشیمی و همچنین ویژگی‌های خاص سازند گچی در منطقه مورد مطالعه و اثر سازند کارستی گچساران بر روی کیفیت آب تالاب پرداخته شد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و مشخصات منطقه مورد مطالعه

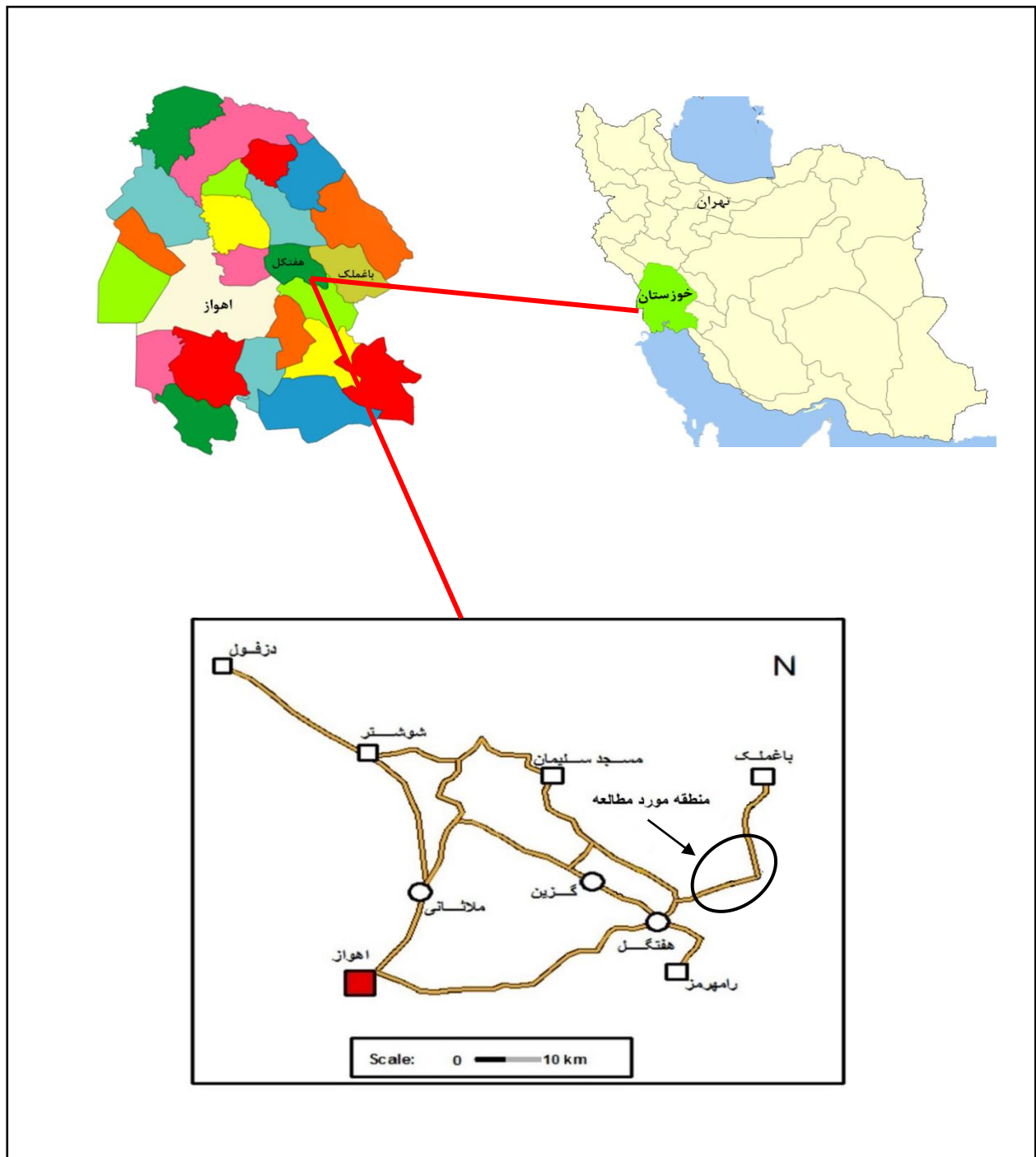
تالاب برم‌شور (به زبان محلی برم‌سور) یکی از تالاب‌های مهم استان خوزستان می‌باشد که به احتمال زیاد یک عارضه کارستی است و در ۱۶ کیلومتری غرب شهرستان باغملک و ۱۷ کیلومتری شرق شهرستان هفتکل واقع شده است. یکی از مهم‌ترین منابع آب سطحی اطراف تالاب، مخزن سد جره می‌باشد که در فاصله ۷ کیلومتری جنوب منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۱-۱). از نظر موقعیت جغرافیایی تالاب برم‌شور بین عرض $31^{\circ} 30' 44''$ تا $31^{\circ} 31' 2''$ شمالی و طول $49^{\circ} 41' 25''$ تا $49^{\circ} 41' 38''$ شرقی قرار گرفته است. حجم آب تالاب به مقدار بارش سالانه و میزان تبخیر بستگی دارد. از لحاظ مساحت تالاب برم‌شور دارای عرض متوسط ۳۰۰ متر و طول حدوداً ۷۰۰ متر می‌باشد. شایان به ذکر است که در فصل زمستان بر وسعت آن افزوده می‌شود (شکل ۱-۲). مهم‌ترین راه دسترسی به تالاب، جاده آسفalte ایزه - اهواز می‌باشد که فاصله آن تا منطقه مورد مطالعه در حدود ۴۰۰ متر است (شکل ۱-۳). با توجه به خشکسالی‌های اخیر اکثر تالاب‌های بزرگ و منابع آب سطحی (همانند میانگران، شادگان و غیره) در استان خوزستان دچار کم آبی شدید و گاهی خشک شده‌اند، اما تالاب برم‌شور همواره دارای آب زیادی بوده که به احتمال زیاد علاوه بر بارندگی و تغذیه سطحی، از یک منشاء زیرزمینی نیز در حال تغذیه می‌باشد. با توجه به توسعه کارست گچی در منطقه این انتظار وجود دارد که تغذیه تالاب توسط کارست اطراف صورت گیرد که در ادامه این موضوع نیز مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۱-۱- تصویر ماهواره‌ای از تالاب برم‌شور و منطقه مورد مطالعه



شکل ۱-۲- نمایی از منطقه مورد مطالعه (دید به سمت غرب)



شکل ۱-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن (برگرفته از نقشه راه‌های کشور)

۱-۳- ویژگی‌های تالاب برم‌شور

تالاب برم‌شور به نسبت سایر تالاب‌های استان خوزستان نظیر میانگران، شادگان، هورالعظیم و غیره وسعت کمتری دارد. از ویژگی‌های خاص تالاب برم‌شور و وجه تمایز آن نسبت به سایر تالاب‌ها و منابع آب سطحی در منطقه می‌توان به این موارد اشاره کرد؛ ۱- تغییر اندک سطح آب در فصل‌های خشک، با توجه به برداشت آب برای مصارف کشاورزی و تبخیر شدید در منطقه، به نسبت سایر منابع آب سطحی ۲- عدم وجود آبراهه تغذیه‌کننده سطحی دائمی ۳- عدم ورود هر گونه فاضلاب و شورابه‌های شهری، صنعتی و غیره به تالاب با توجه به قرارگرفتن در منطقه‌ای خارج از شهر ۴- قرار گرفتن تالاب در بین تپه‌ها و کوه‌های کم ارتفاع سازند تبخیری گچساران ۵- مشخص نبودن منشاء تغذیه‌کننده زیرزمینی آن. با توجه به شوری نسبتاً بالای این تالاب از آب آن برای کشاورزی به صورت پیوسته استفاده نمی‌شود و تنها در برخی از ماه‌های سال نظیر تابستان و پاییز برای کشت برخی محصولات مقاوم به شوری مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴- اراضی کشاورزی اطراف تالاب برم‌شور (دید به سمت شمال)

۴-۱- آب و هوای منطقه مورد مطالعه

آب و هوای یک منطقه نقش بسزایی در کیفیت و کمیت آب‌های سطحی و زیرزمینی دارد، لذا تعیین نوع آب و هوای منطقه مورد مطالعه برای مشخص کردن نحوه تأثیر آن بر روی کیفیت و کمیت آب‌های سطحی و زیرزمینی امری ضروری می‌باشد. بدین منظور برای بررسی وضعیت اقلیمی منطقه و به دلیل عدم ایستگاه هواشناسی در شهرستان هفتکل، از آمار ۱۰ ساله (۹۲-۱۳۸۳) ایستگاه‌های باغملک، میداوود و رامهرمز برای محاسبه بارندگی و ایستگاه رامهرمز و باغملک جهت برآورد دمای منطقه استفاده شده است (جدول‌های ۱-۱ تا ۳-۱). میزان بارندگی ماهانه و درجه حرارت برای شهرستان هفتکل با میانگین‌گیری از آمار ایستگاه‌های مذکور در جدول (۴-۱) ارائه شده است. میانگین بارش سالیانه نیز در طی ۱۰ سال در شکل (۵-۱)، نشان داده شده است. با توجه به میانگین بارندگی در این سه ایستگاه، میانگین بارندگی سالانه در منطقه حدوداً برابر با ۲۵۴ میلی‌متر محاسبه شده است.

جدول ۱-۱- آمار بارندگی ۱۰ ساله ایستگاه باغملک (میلی‌متر)

سال ماه	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲
فروردین	۴/۵	۷۱/۵	۱۰۷	۱۴/۵	۲۱/۵	۱۷	۴	۲۰	۳۵	۱۰
اردیبهشت	۰	۳۸/۵	۱۱	۰	۱/۵	۱۳/۵	۰	۰	۰	۰
خرداد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
تیر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مرداد	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۵	۰	۰	۰	۰
شهریور	۰	۰	۰	۴/۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مهر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آبان	۲۲/۵	۳۷/۵	۲۲/۵	۰	۴۳	۳۵	۰	۱۸/۹	۴۰/۵	۳۰
آذر	۱۲۱	۶۲	۷۳/۵	۰	۱۶/۵	۱۲۸/۵	۰	۰	۴۵	۱۶
دی	۸۰	۸۰/۵	۶۶	۴۰	۷/۵	۲۰	۴۸/۵	۷/۵	۴۱/۵	۵۴
بهمن	۴۶/۵	۱۴۲/۵	۵۷	۳۱/۵	۴۸	۳۲	۶۷/۶	۷۸	۳۰/۵	۱۸/۵
اسفند	۲۹/۵	۲/۵	۳۰/۵	۷/۵	۶/۵	۴/۵	۲۸	۳۶	۱۷/۵	۴۰

جدول ۱-۲- آمار بارندگی ۱۰ ساله ایستگاه میداود (میلی متر)

سال ماه	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲
فروردین	۰	۳۰	۷۹	۱۲/۵	۴۵/۵	۴۴	۳	۲۶	۱۰	۲۵/۷
اردیبهشت		۳۰	۲/۵	۲/۵	۳/۵	۲۴/۵	۷/۵	۰	۴۶	۰
خرداد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تیر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مرداد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شهریور	۰	۵/۵	۰	۹	۰	۰	۰	۰	۰	۸/۲
مهر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آبان	۳۹/۵	۳۷/۵	۴۷/۵	۶/۵	۳۵/۵	۵۹	۳/۵	۵۱	۸۷/۹	۶۵/۳
آذر	۱۲۴	۵۰	۱۰۸	۵۳/۵	۳۲/۵	۲۱۶/۴	۱۲	۹	۱۲۸	۳۵/۵
دی	۸۰/۵	۱۳۴/۵	۴۷/۵	۴۱	۱۶/۵	۳۳/۵	۳۶	۶	۷۷/۴	۱۱۰/۵
بهمن	۲۹/۶	۱۳۹	۳۹	۲۷/۵	۳۶	۶۷	۷۶/۵	۷۶/۶	۵۳/۵	۱۲/۵
اسفند	۵۱	۴	۱۴/۵	۵/۵	۶/۵	۳/۵	۴۱	۳۲/۴	۱۷	۵۱/۸

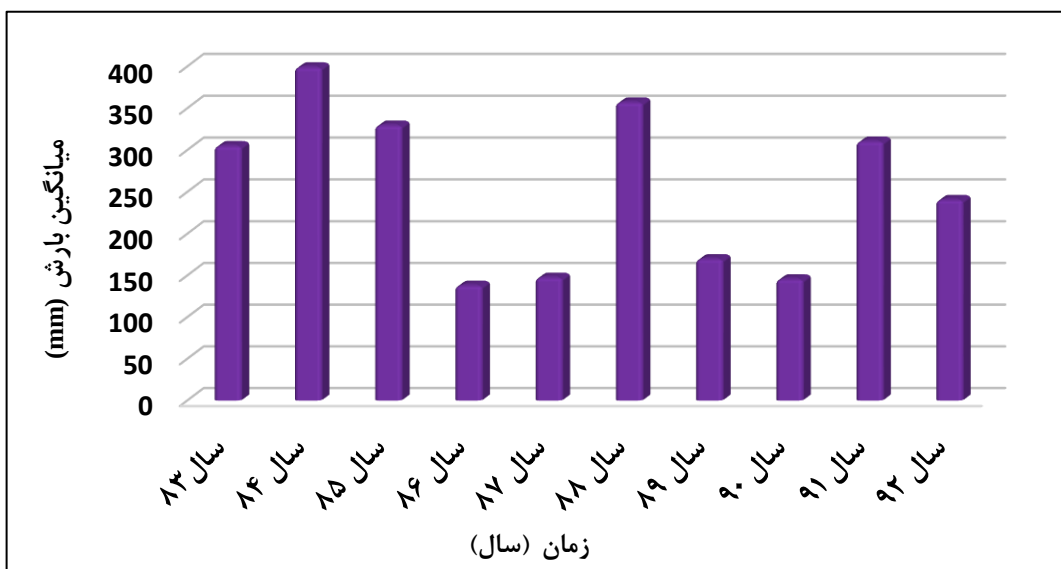
جدول ۱-۳- آمار بارندگی ۱۰ ساله ایستگاه رامهرمز (میلی متر)

سال ماه	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲
فروردین	۱۷/۵	۰	۱۶/۴	۴۷/۶	۲/۱	۳۷	۳۱/۳	۱/۱	۲۸/۷	۲/۷
اردیبهشت	۴/۷	۱	۱۸/۲	۱/۴	۰/۱	۰/۶	۱۵/۹	۴/۳	۰	۵۰/۳
خرداد	۰	۰	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تیر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مرداد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شهریور	۰	۰	۰	۰	۲۰/۵	۰	۰	۰	۰	۰
مهر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آبان	۲۸/۸	۳۹/۴	۵۰/۹	۰	۴۱/۶	۴۸/۴	۱۴/۴	۲۳	۴۶/۶	۳۹/۶
آذر	۱۱۷/۵	۵۱/۳	۱۰۷/۷	۵۳	۳۱/۹	۲۰۶/۶	۷/۴	۳/۵	۱۰۵/۸	۲۶/۸
دی	۸۱/۳	۱۱۰/۶	۴۶/۲	۲۸/۲	۰	۳۲	۲۳/۲	۱/۷	۴۵/۴	۹۲/۴
بهمن	۳۶/۴	۱۲۷/۶	۳۶/۷	۲۳/۵	۲۱/۷	۴۲/۶	۵۳/۲	۲۵/۱	۶۹/۳	۶/۱
اسفند	۰/۵۱	۲/۱	۷/۷	۴/۲	۴/۵	۴/۶	۳۶/۵	۱۷/۹	۵/۹	۳۴/۳

جدول ۱-۴- میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهانه برای دوره ۱۰ ساله از سال (۹۲-۱۳۸۳) در منطقه مورد مطالعه

(سازمان آب و برق خوزستان)

زمان (ماه)	بارندگی (میلی متر)	دما (درجه سانتی گراد)		
		میانگین حداقل	میانگین حداکثر	میانگین
فروردین	۲۵/۵	۱۲	۳۱/۷	۲۰/۶
اردیبهشت	۹/۲۵	۱۷/۴	۳۸/۵	۲۶/۵
خرداد	۰/۰۴	۲۲/۹	۴۴/۲	۳۲/۸
تیر	۰	۲۵/۱	۴۵/۹	۳۸/۲
مرداد	۰/۰۵	۲۶	۴۵/۹	۳۴/۳
شهریور	۱/۵۹	۲۲/۹	۴۳/۷	۳۲/۳
مهر	۰	۱۸/۸	۳۸/۷	۲۸
آبان	۳۳/۵۶	۱۳	۳۰/۱	۲۰/۴
آذر	۶۴/۷۶	۰/۶	۲۳/۱	۱۳/۱
دی	۴۹/۶۳	۴/۴	۱۹/۲	۱۱/۳
بهمن	۵۱/۷۱	۵/۵	۲۰/۵	۱۱/۱
اسفند	۱۸/۲۶	۷/۹	۲۵/۵	۱۵/۶
متوسط سالیانه	۲۵۴/۳۵		۲۳/۷	



شکل ۱-۵- میانگین بارش سالیانه برای آمار ۱۰ ساله از سال ۹۲-۱۳۸۳ (سازمان آب و برق خوزستان)

جهت بررسی وضعیت اقلیمی مناطق مختلف با توجه به نوع شرایط آب و هوایی از ضرایب و نمودارهای اقلیمی متفاوتی استفاده می‌شود. در این مطالعه از ضریب اقلیمی دمارتن و نمودار آمبروترمیک استفاده شده است که نتایج آن در زیر ارائه شده است.

۱-۵- ضریب اقلیمی دمارتن

دمارتن^۱ با استفاده از متوسط بارندگی و دمای سالانه، ضریب اقلیمی (I) را بر اساس رابطه (۱-۱) ارائه نموده است. این ضریب اقلیمی، نوع آب و هوای منطقه را مشخص می‌کند (علیزاده، ۱۳۸۹).

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

در این رابطه P متوسط بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر و T متوسط دمای سالانه بر حسب درجه سانتی‌گراد است. بر اساس فرمول ارائه شده مناطقی که دارای مقدار بارش سالیانه برابر، ولی دمای هوای سالیانه متفاوتی هستند با توجه به مقدار اختلاف دما از اقلیم متفاوتی برخوردار می‌باشند. جدول (۱-۵)، ۶ نوع آب و هوای طبقه‌بندی شده بر اساس فرمول دمارتن را نشان می‌دهد. ضریب اقلیمی دمارتن در محدوده مطالعاتی برابر با ۷/۵۴ برآورد شده است و طبق جدول (۱-۵)، اقلیم منطقه از نوع خشک می‌باشد.

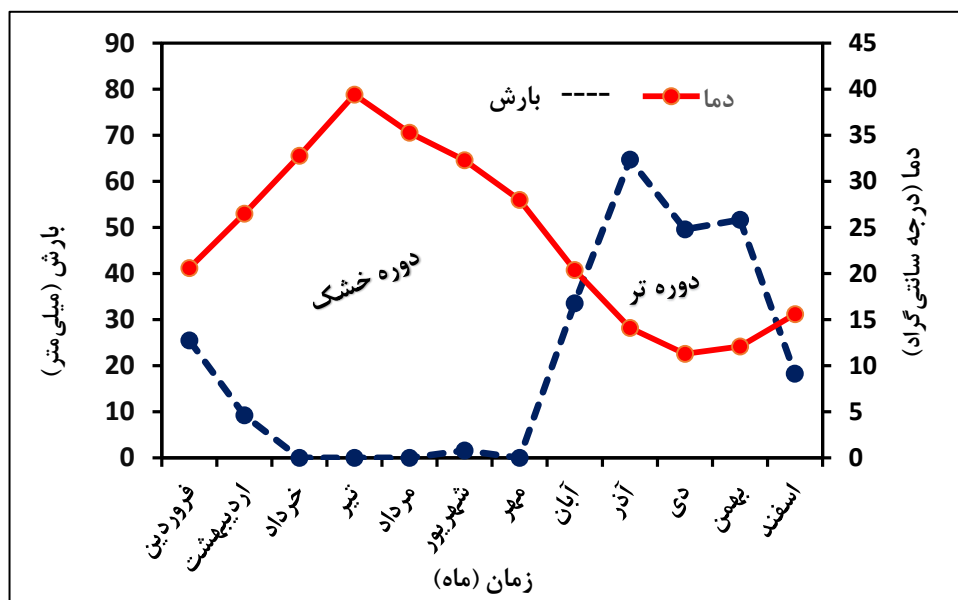
جدول ۱-۵- طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن (علیزاده، ۱۳۸۹)

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

^۱ De Martonne

۱-۶- نمودار آمبروترمیک

نمودار آمبروترمیک^۱ منطقه بر اساس تغییرات ماهانه دما نسبت به بارش در مدت یک سال ترسیم و در شکل (۱-۶) ارائه شده است. بر اساس این نمودار از آذر ماه تا بهمن ماه بارندگی بر دما فزونی دارد و دوره‌ی مرطوب می‌باشد و سایر ماه‌های سال به عنوان ماه‌های خشک (دوره‌ی خشک) سال می‌باشند.



شکل ۱-۶- نمودار آمبروترمیک منطقه مورد مطالعه

۱-۷- زمین‌شناسی منطقه

زمین‌شناسی یک منطقه تأثیر بسزایی بر محیط‌زیست و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی آن منطقه دارد. لذا با شناخت سازندهای اصلی و تشکیل‌دهنده هر منطقه، مطالعات دقیق‌تر و بهتری نسبت به آن انجام خواهد شد. منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی و ساختمانی بخشی از زون زاگرس چین خورده است که به موازات راندگی اصلی زاگرس و در منتهی‌الیه حاشیه‌ی غربی ایران قرار دارد. به علت چین خوردگی

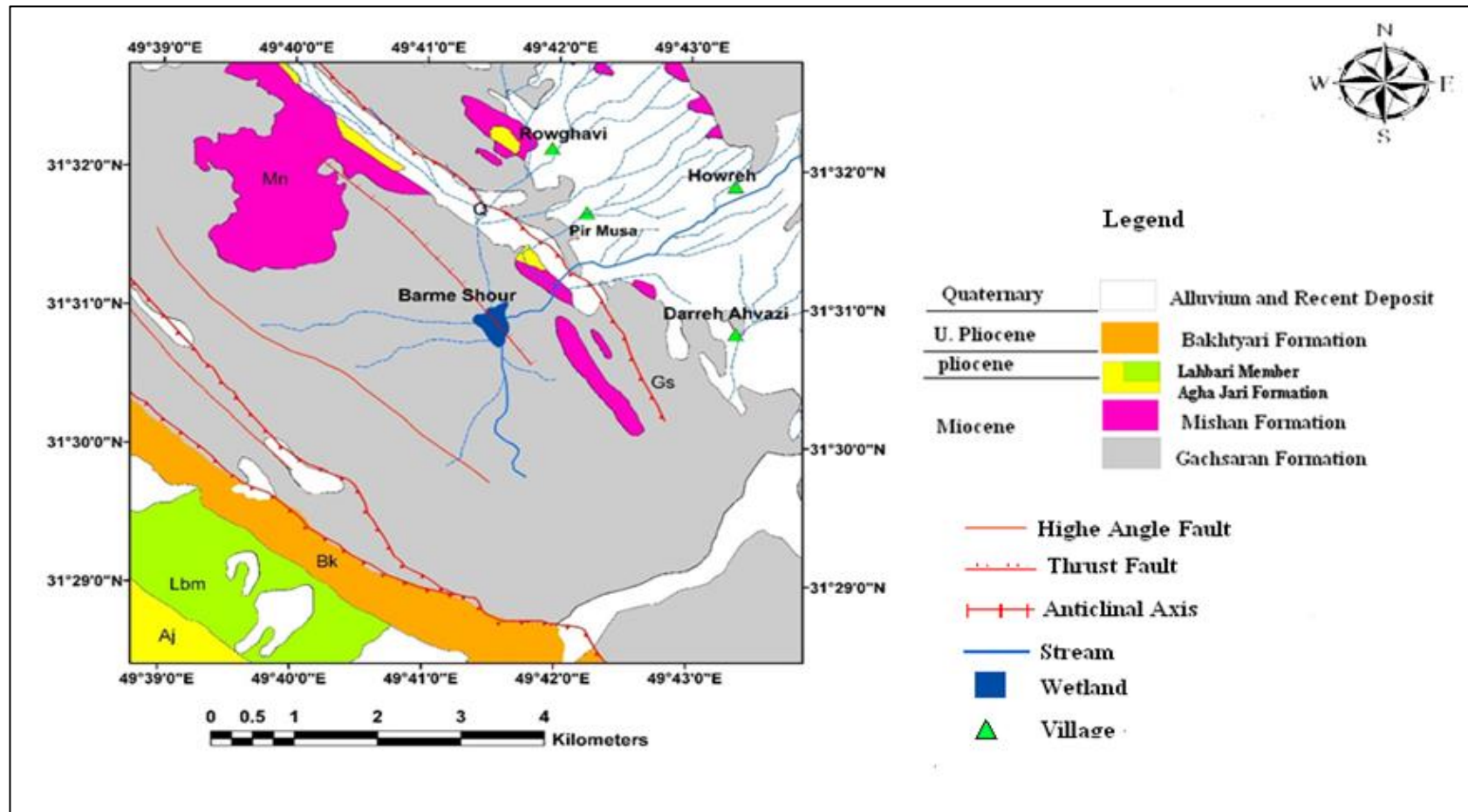
¹ Embrothermic

رسوبات آن، به آن زاگرس چین خورده می‌گویند و به دلیل قرار گرفتن در محدوده بیرونی کوه‌های زاگرس، زاگرس خارجی نیز نامیده می‌شود. روند چین‌ها شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد و قسمت عمده‌ای از ذخایر نفتی کشور در این قسمت از زاگرس قرار گرفته است (درویش‌زاده، ۱۳۸۸).

۱-۸- چینه‌شناسی منطقه

رخنمون‌های سنگی در منطقه مورد مطالعه از نتوژن تا کواترنری می‌باشند و از قدیم به جدید شامل سازند گچساران (Gs)، سازند میشان (Mn)، سازند آغاچاری (Aj)، بخش لهیری (Lmb)، سازند بختیاری (Bk) و رسوبات عهد حاضر (Q) می‌باشد. این سازندها در نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه با اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کوه آسماری در محیط GIS^۱ تهیه و در شکل (۷-۱) نشان داده شده است.

¹ Geographical Information System



شکل ۱-۷- نقشه زمین‌شناسی منطقه در محیط GIS با اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کوه آسماری، شرکت ملی نفت ایران

۱-۸-۱- سازند گچساران

سنگ‌شناسی کلی سازند گچساران در استان خوزستان حدوداً شامل ۱۶۰۰ متر نمک، انیدریت، مارن‌های رنگارنگ، آهک و مقداری شیل‌های بیتومین‌دار می‌باشد. در برخی از نقاط این سازند، ترکیبات سیلویت‌دار (کلرو پتاسیم) نیز یافت می‌شود. در سطح زمین به جای انیدریت بیشتر ژپس دیده می‌شود و نمک نیز به ندرت یافت شده است (شکل ۱-۸). تنها در مناطق شمال رامهرمز و لالی این نمک‌ها در سطح یافت شده و برای مصارف خوراکی استفاده می‌شود. ضخامت این سازند به دلیل ویژگی شکل‌پذیری، متغیر بوده و فرسایش‌پذیری آن شدید می‌باشد. سازند مذکور پوش سنگ میدان‌های نفتی می‌باشد و بیشتر در نقاط پست و در محور ناودیس‌ها دیده می‌شود. مرز زیرین با سازند آسماری با نازک شدن کربنات‌ها و گذر تدریجی به رخساره گچی مشخص می‌شود. مرز بالایی با سازند آغاجاری تدریجی بوده و بر روی بالاترین لایه گچی قرار گرفته است. سنگواره مشخصی از این سازند بدست نیامده است اما بر اساس شواهد دیرینه‌شناسی سن میوسن میانی برای این سازند در نظر گرفته شد. سازند گچساران به دلیل داشتن خواص پلاستیکی ناشی از وجود لایه‌های ضخیم نمک و لایه‌های مارنی است که موجب دگرشکلی لایه‌ها و به هم ریختگی آن‌ها می‌شود و قابلیت انحلال نمک‌ها این به هم ریختگی را در سطح زمین و یا نزدیک به آن تسریع و تداوم می‌بخشد (مطیعی، ۱۳۷۲؛ درویش‌زاده، ۱۳۸۸).

نام سازند گچساران از میدان نفتی گچساران گرفته شده است. این سازند در منطقه فارس داخلی به سه بخش و در منطقه خوزستان به هفت بخش تقسیم می‌شود (درویش‌زاده، ۱۳۸۸). سازند گچساران در تمام بخش‌های منطقه مورد مطالعه رخنمون دارد. شکل (۱-۹)، رخنمون سازند گچساران در اطراف تالاب برم‌شور را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۱- رخنمون کارست ژئپسی در محدوده مورد مطالعه



شکل ۹-۱- رخنمون سازند گچساران در اطراف تالاب برم‌شور

۸-۱-۱- بخش اول سازند گچساران

این بخش که با نام پوش‌سنگ یا Cap Rock نیز خوانده می‌شود دارای ضخامتی در حدود ۴۰ متر می‌باشد و به علت جداکردن سازند پرفشار گچساران از سازند آسماری از نظر کنترل حفاری اهمیت بسیاری دارد. پوش‌سنگ کامل دارای پنج سیکل تخریبی شامل انیدریت، مارن، آهک و کمی شیل بیتومین‌دار است.

۱-۸-۲- بخش دوم

لیتولوژی این بخش شامل نمک، انیدریت، مارن‌های خاکستری و باندهای نازک آهک می‌باشد. همچنین مقداری سیلویت در قسمت‌های بسیار بالایی این بخش در چاه‌های میادین مارون و هفتکل از طریق نمودارهای صوتی و پرتو گاما تشخیص داده شده است. نمک‌های این بخش از گسترده‌ترین نمک‌های سازند گچساران در فروافتادگی دزفول است.

۱-۸-۳- بخش سوم

این بخش از لحاظ لیتولوژی شامل انیدریت و مارن‌های خاکستری ضخیم، در قسمت بالایی است و در قسمت زیرین نیز نمک اضافه می‌شود. حفاری در این بخش از سازند گچساران در شرکت نفت، با گم‌شدگی گل حفاری و تنگ‌شدگی دیواره چاه همراه می‌باشد.

۱-۸-۴- بخش چهارم

لیتولوژی این بخش از سازند گچساران، شامل تناوبی از نمک‌های ضخیم، مارن‌های خاکستری، انیدریت و باندهای از آهک به مقدار کم می‌باشد. در برخی از نواحی این بخش مارن‌های قرمز نیز یافت می‌شود.

۱-۸-۵- بخش پنجم

بخش پنجم از لحاظ لیتولوژیکی شامل تناوبی از انیدریت، مارن‌های قرمز، نمک و باندهای نازک آهک می‌باشد. این بخش بر اساس توصیف (Watson1960) از قاعده آخرین مارن قرمز آغاز شده و در ابتدای اولین لایه نمک ضخیم شاخص بخش چهارم خاتمه می‌یابد.

۱-۸-۱-۶- بخش ششم

قسمت‌های پایینی این بخش بیشتر شامل تناوبی از انیدریت، مارن‌های قرمز و باندهای نازک آهک بوده و در قسمت‌های میانی حاوی لایه‌های نمک و در قسمت‌های بالایی شامل انیدریت، مارن‌های قرمز و خاکستری است.

۱-۸-۱-۷- بخش هفتم

لیتولوژی این بخش شامل تناوبی از انیدریت، مارن‌های خاکستری و آهک می‌باشد. بخش هفتم سازند گچساران در سال ۱۹۳۹ توسط F.D.S.Richardson به پنج بخش تقسیم شد که بعدها با بکارگیری نمودارهای صوتی و پرتوگاما در زیر زمین به اثبات رسید.

۱-۸-۲- سازند میشان

ضخامت سازند میشان در محل مقطع تیپ ۷۱۰ متر و از نظر لیتولوژی شامل آهک‌های صدف‌دار مشهور به Worm Beds با تناوب مارن‌های خاکستری و ضخامت ۶۱ متر در قاعده وجود دارد که بخش پایینی آن به طور جانبی به آهک گوری تبدیل می‌گردد. سازند میشان با یک سطح فرسایشی حاوی لایه‌های آهن‌دار بر روی سازند گچساران و رازک قرار می‌گیرد و در قسمت فوقانی به طور تدریجی به مارن‌ها و ماسه‌سنگ‌های آغاجاری تبدیل می‌شود. بخش زیرین سازند میشان در ناحیه لرستان و فارس داخلی دارای بریدگی‌های تند است و سن آن میوسن زیرین می‌باشد (مطیعی، ۱۳۷۲؛ درویش‌زاده، ۱۳۸۸). با توجه به شکل (۷-۱)، سازند میشان در بخش شمال و شمال غربی و به صورت پراکنده در بخش شرقی منطقه مورد مطالعه رخنمون دارد. شکل (۱-۱۰)، رخنمون سازند میشان در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۰- رخنمون سازند میشان در منطقه مورد مطالعه

۱-۸-۳- سازند آجاجاری

ضخامت سازند آجاجاری در حدود ۲۹۶۶ متر و از نظر لیتولوژی شامل ماسه‌سنگ‌های آهکی قهوه‌ای، تا خاکستری و مارن‌های قرمز رنگ با رگه‌های ژئوپس و سیلتستون می‌باشد. معمولاً ماسه‌سنگ‌ها حالت فرسوده برجسته، ولی مارن‌ها و سیلتستون‌ها دارای فرسودگی عمیق هستند. بالا آمدن کوه‌ها و پسروی دریا در اثر چین‌خوردگی و راندگی، طی زمان میوسن پایانی و پلیوسن، باعث شکل‌گیری محیط و حوضچه‌های خلیج دهانه‌ای و تجمع رسوبات تخریبی در ناودیس‌های مجاور شده و بدین طریق سازند آجاجاری در حوضه زاگرس به وجود آمده است (مطیعی، ۱۳۷۲؛ درویش‌زاده، ۱۳۸۸). لازم به ذکر است که سازند آجاجاری در قسمت جنوب غرب منطقه مورد مطالعه رخنمون دارد (شکل ۱-۷).

۱-۸-۴- بخش لهری

لیتولوژی بخش لهری شامل ۱۵۷۵ متر سیلتستون، مارن‌های سیلتی، ماسه‌سنگ‌های کربناتی و ژئوپس است. در ۷۳ متر بالایی این سازند ماسه‌سنگ‌های قله‌ای نیز یافت می‌شود. بخش لهری، قسمت بالایی سازند آجاجاری را تشکیل می‌دهد. حد پایینی این بخش بر روی ماسه‌سنگ‌ها و مارن‌های قرمز رنگ بدنه

اصلی سازند آغاچاری قرار می‌گیرد (مطیعی، ۱۳۷۲). بر اساس شکل (۷-۱)، رخنمون بخش لهری در بخش جنوب غربی منطقه مشاهده می‌شود.

۱-۸-۵- سازند بختیاری

لیتولوژی این سازند شامل کنگلومراهای چرتی و آهکی، سنگ‌های آهکی، چرت‌های دارای مقادیری اکسید آهن به رنگ خاکستری تیره و سیمان آهکی یا سیلیسی به هم متصل شده می‌باشند. از آنجائیکه فسیل شاخصی از این سازند بدست نیامده است، به طور کلی در مقایسه با سایر نقاط زاگرس سن آن پلیوسن در نظر گرفته می‌شود (مطیعی، ۱۳۷۲). براساس نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی رخنمون سازند بختیاری در بخش جنوب غربی منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۷-۱).

۱-۸-۶- رسوبات کواترنری (عهد حاضر)

در طی کواترنر گسترده‌ترین رسوبات پوششی عمدتاً از تخریب و فرسایش ارتفاعات به وجود آمده‌اند. این رسوبات در اثر جریان آب و یا باد جابجا شده و در محیط‌های خشکی، دریاچه‌ای، مردابی و ساحلی ته‌نشین شده‌اند. آثار فاز کوهزایی پاسادنین در کواترنر بصورت چین‌خوردگی، تقریباً در تمام ایران بجز حوزه‌ی خزر دیده می‌شود. نتیجه‌ی آن مرتفع شدن ارتفاعات و فرونشستن سرزمین‌های گود بوده که فاز مهم کواترنر را در پی داشته است. بنابراین هر جا رسوبات کواترنر وجود داشته باشد، در زیر آن یک فاز فرسایشی مهم یا دگرشیبی نیز موجود است (درویش‌زاده، ۱۳۸۸). رسوبات آبرفتی کواترنر در منطقه مورد مطالعه به رنگ سفید و با علامت (Q) نشان داده شده است (شکل ۷-۱).

۹-۱- زمین‌شناسی ساختمانی

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی ساختمانی بخشی از زون زاگرس چین خورده است. چین‌های موجود در منطقه روند شمال غربی- جنوب شرقی دارند. بارزترین و مهم‌ترین عارضه زمین‌شناسی منطقه از نظر ساختمانی گسل تراستی لهبری می‌باشد که از روند عمومی گسل‌ها در زاگرس پیروی می‌کند. تاقدیس‌های عظیم و نامتقارن زاگرس در نتیجه کوهزایی‌های میوسن - پالئوسن تشکیل شده و زون‌های لرستان در شمال و فارس در جنوب را ایجاد کرده‌اند. در بین این دو زون، زون فروافتاده دزفول (فروافتادگی دزفول) با مساحت ۵۰ هزار کیلومتر مربع قرار دارد (Bordenave, 2002).

۱۰-۱- هیدرولوژی منطقه

تالاب برم‌شور در بین تپه‌های بزرگ و کوچک که عمدتاً از جنس و رخنمون سازند گچساران می‌باشند واقع شده است. حوضه‌ی آبگیر در هر منطقه می‌تواند به صورت باز یا بسته باشد. سیستم حوضه‌های باز بدین صورت می‌باشند که محل‌های ورود و خروج آب به منطقه مشخص است، درحالی‌که در حوضه‌های بسته شاخص مهم ورودی یا خروجی مشخص نمی‌باشد. با توجه به قرار گرفتن تالاب برم‌شور در موقعیت مکانی خاص و همچنین بازدیدهای صحرایی مشاهده شد که سیستم حوضه آبگیر محدوده مطالعاتی به صورت بسته می‌باشد. تنها منبع سطحی ورودی به تالاب، دو آبراهه بزرگ در بخش‌های جنوبی و شرقی و همچنین تعدادی آبراهه کوچک در اطراف می‌باشد که در فصل‌های بارندگی باعث جمع‌آوری و ورود آب از بین شکاف‌ها و تپه‌های سازند گچساران به تالاب می‌شود. شکل (۱-۱۱)، نشان دهنده عدم ورود هر گونه آبراهه تغذیه‌کننده سطحی دائمی به تالاب برم‌شور است. شایان به ذکر است که میانگین بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه ۲۵۴/۳۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه نیز ۲۳/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.



شکل ۱۱-۱- نمایی از بزرگترین آبراهه‌های فصلی و عدم وجود آبراهه دائمی در محدوده مطالعاتی

۱۱-۱- هیدروژئولوژی منطقه

با توجه به عدم وجود گزارش‌ها و مطالعات هیدروژئولوژی و نبود هر گونه چاه و پیزومتر در منطقه، هیچ اطلاعاتی در مورد نوع سفره آب زیرزمینی، نقشه هم پتانسیل، جهت جریان، و غیره وجود ندارد. طبق شکل (۱۱-۱)، که نشانگر عدم وجود آبراهه تغذیه‌کننده سطحی دائمی در محدوده مطالعاتی است و با توجه به تبخیر بالا در منطقه، برداشت آب در برخی از فصول سال برای آبیاری اراضی کشاورزی و همچنین عدم تغییرات چشمگیر در سطح آب تالاب نسبت به سایر منابع آب موجود در منطقه، این احتمال وجود دارد که یک منبع تغذیه‌کننده زیرزمینی در سیستم حوضه آبرگیر این منطقه وجود داشته باشد. از مهم‌ترین منابع آب سطحی و زیرزمینی در اطراف محدوده مطالعاتی می‌توان به سد جره در فاصله ۷ کیلومتری شرق تالاب، سد خاکی جارو، سد خاکی سرتیوک و تاق‌دیس آسماری اشاره کرد. در فصل چهار به تعیین منشأ احتمالی تالاب برم‌شور و ارتباط هیدرولیکی با منابع آبی اطراف پرداخته شده است.

فصل دوم

مروری بر مطالعات پیشین

عوامل مؤثر بر کیفیت آب های سطحی

هیدروژئوشیمی منابع آب سطحی

آلودگی فلزات سنگین

کارست های تجزیری

۲-۱- مقدمه

آب به عنوان یک منبع تجدیدپذیر از اهمیت زیادی در طبیعت و همچنین در زندگی انسان برخوردار است. در این میان آب‌های سطحی (به‌خصوص دریاچه‌ها) نقش مهمی در توسعه و تمدن بشری ایفا کرده‌اند. به طوری که حدود یک سوم آب آشامیدنی مورد نیاز در سراسر جهان از منابع آب‌های سطحی مانند رودخانه‌ها، کانال‌ها و دریاچه‌ها بدست می‌آید (Das and Acharya, 2003). آلودگی آب‌های سطحی یک مشکل جهانی است که نه تنها باعث ایجاد مسائل زیست‌محیطی می‌شود، بلکه مسائل اقتصادی را نیز در پی داشته و سلامت انسان و سایر موجودات را به خطر می‌اندازد (Yang and Wang, 2010). یکی از مهم‌ترین منابع آب‌های سطحی، دریاچه‌ها می‌باشند که حساسیت بیشتری نسبت به آلودگی محیط‌زیست و تأثیر فعالیت‌های انسانی دارند، به طوری که تخریب کیفیت آن‌ها می‌تواند تحت اثر فعالیت‌های میکروبیولوژیکی و یا آلاینده‌های شیمیایی صورت گیرد (Forghani *et al.*, 2009). به طور کلی مسائلی چون رشد بی‌رویه و تراکم جمعیت، دفع نادرست فاضلاب‌های شهری و پساب‌های صنعتی، استفاده گسترده از سموم مختلف دفع آفات گیاهی، کودهای شیمیایی و حیوانی در کشاورزی و سایر آلوده‌کننده‌ها، از دلایل اصلی آلودگی منابع آب سطحی به‌خصوص دریاچه‌ها و تالاب‌ها به حساب می‌آیند. هدف از این فصل، مروری بر مطالعات گذشته در زمینه آلودگی، هیدروشیمی و عوامل مؤثر بر کیفیت آب‌های سطحی به‌خصوص دریاچه‌ها و تالاب‌ها است. از این رو در این فصل، به بررسی منابع آلوده‌کننده دریاچه‌ها و تالاب‌ها و مطالعات صورت گرفته درباره عوامل مؤثر بر ویژگی‌های کیفی آن‌ها و همچنین بررسی کارست گچی و تأثیر سازند تبخیری گچساران بر کیفیت منابع آب پرداخته شده است.

۲-۲- عوامل مؤثر بر کیفیت آب‌های سطحی

کیفیت آب‌های سطحی در هر نقطه نشان‌دهنده تأثیر دو عامل طبیعی (زمین‌شناسی، شرایط آب و هوایی، فرسایش و هوازدهی) و انسانزاد (فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی، تخلیه فاضلاب‌های خانگی و غیره) می‌باشد (Bengraïne and Marhaba, 2003; Pertsemli and Voutsas, 2007; Dinelli *et al.*, 2012). در ادامه این فصل به بررسی و تأثیر عوامل طبیعی و انسانزاد بر کیفیت منابع آب سطحی پرداخته می‌شود.

۲-۲-۱- عوامل طبیعی

عوامل طبیعی مختلفی بر کیفیت آب دریاچه‌ها و تالاب‌ها اثر می‌گذارد، که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به زمین‌شناسی منطقه یا سنگ‌شناسی حوضه، برهم‌کنش آب با سنگ، ورودی‌های جوی (شرایط آب و هوایی) اشاره نمود. به طور کلی عوامل طبیعی در مقایسه با فعالیت‌های انسانزاد تأثیر کمتری بر کیفیت و آلودگی آب‌های سطحی دارند. شرایط آب و هوایی یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر کیفیت آب‌های سطحی می‌باشد. کم بودن میزان بارندگی، بالابودن درجه حرارت و شدت تبخیر، باعث بالا رفتن غلظت املاح موجود در آب و در نتیجه باعث تخریب و کاهش کیفیت منابع آب می‌شود. برهم‌کنش آب با سنگ نیز یکی دیگر از فرآیندهای اصلی، مهم و مؤثر بر ترکیب شیمیایی آب‌های سطحی است. طی این برهم‌کنش‌ها، ترکیبات موجود در سنگ، در اثر فرآیند انحلال و تبادل یونی از سنگ خارج شده و وارد ترکیب آب می‌شود (Mustapha *et al.*, 2013).

ماتینگ و همکاران (Mating *et al.*, 2010) کیفیت آب دریاچه سد موها^۱ در آفریقای جنوبی را به مدت ۵ سال مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که بجز کلسیم و سرب غلظت همه مقادیر کاتیون‌ها، آنیون‌ها و فلزات سنگین پایین‌تر از حد مجاز استاندارد بود. با توجه به اینکه مخزن سد و همچنین رودخانه مرتبط

^۱ Mohal

با آن در ارتفاعات بالا (۲۹۰۰ متر از سطح دریا) قرار گرفته‌اند، بنابراین عوامل انسانزاد تأثیری بر کیفیت آب دریاچه نداشته و بالا بودن مقادیر غلظت سرب و کلسیم به سازندهای زمین‌شناسی و عوامل طبیعی مربوط می‌شود.

سنرز و همکاران (Seners *et al.*, 2012) با مطالعه بر روی کیفیت آب دریاچه اگیردیر^۱ در کشور ترکیه دریافتند، که کاتیون و آنیون غالب در آب دریاچه به ترتیب Ca-Mg و HCO_3 می‌باشد که نشان دهنده وجود تیپ غالب Mg-Ca-HCO_3 در دریاچه است. بالا بودن غلظت منیزیم می‌تواند ناشی از وجود سازندهای زمین‌شناسی اطراف دریاچه و همچنین واکنش بین آب و سنگ باشد.

ابراهیم‌پور و محمدزاده (۱۳۹۰) ضمن مطالعه هیدروژئوشیمی و عوامل کنترل‌کننده شیمی آب دریاچه زریوار در استان کردستان به این نتایج دست یافتند که، آب دریاچه از نظر مصارف کشاورزی و صنعتی به ترتیب در رده خوب و خورنده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه کاتیون و آنیون غالب در آب Ca و HCO_3 می‌باشد، بنابراین تیپ غالب دریاچه کربنات کلسیک بوده و از نظر سختی نیز، جزء آب‌های سخت طبقه‌بندی می‌شود. طبق نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که عامل اصلی کنترل‌کننده شیمی آب دریاچه زریوار، هوازدگی سازندهای زمین‌شناسی در منطقه است.

از مطالب بالا و نتایج مطالعات صورت گرفته در ارتباط با نقش عوامل طبیعی بر کیفیت آب دریاچه‌ها و تالاب‌ها می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که، ویژگی‌های زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی یک منطقه می‌تواند از عوامل طبیعی مؤثر بر کیفیت آب آن منطقه باشد. به عبارت دیگر هوازدگی سنگ‌ها و واکنش آب با سنگ را می‌توان به عنوان فرآیندهای طبیعی کنترل‌کننده شیمی آب دریاچه‌ها و تالاب‌ها در نظر گرفت.

^۱ Egirdir

۲-۲-۲- عوامل غیرطبیعی (انسانزاد)

علاوه بر عوامل طبیعی مانند سازندهای زمین‌شناسی، فرسایش، هوازدهی و غیره، عوامل انسانزاد و غیر طبیعی نیز می‌توانند باعث تغییر در کیفیت منابع آب‌های سطحی شوند (Mustapha et al., 2013). از مهم‌ترین منابع آلاینده انسانزاد که در کیفیت منابع آب سطحی (به‌خصوص دریاچه‌ها و تالاب‌ها) تأثیرگذار می‌باشند، می‌توان به فاضلاب‌های خانگی و رواناب‌های شهری، رواناب‌های کشاورزی و پساب‌ها یا فاضلاب‌های صنعتی اشاره نمود.

۲-۲-۲-۱- فاضلاب‌های خانگی و رواناب‌های شهری

رشد روز افزون جمعیت و افزایش مصرف آب در مناطق شهری باعث تولید حجم زیادی از فاضلاب‌های خانگی شده است. این نوع فاضلاب‌ها در اصل، فاضلاب مناطق مسکونی می‌باشند، که از آب مصرفی در منازل تولید می‌شوند. مواد آلی قابل تجزیه، عوامل بیماری‌زا (باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌ها و غیره) و برخی فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌ها، در این نوع فاضلاب‌ها می‌باشند (El-Sheekh, 2009). رواناب‌های شهری که باعث تغییر در کیفیت آب‌های سطحی می‌شوند ممکن است حاوی آلاینده‌های بیولوژیکی، آلاینده‌های شیمیایی و سایر آلاینده‌ها باشند (پاک‌باز و پیرمادیان، ۱۳۹۱).

سولانکی و همکاران (Solanki et al., 2010) با مطالعه کیفیت آب دریاچه پندو^۱ در کشور هند مشاهده نمودند، که غلظت نیترات و فسفات نمونه‌های آنالیز شده بیش از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی^۲ (WHO) می‌باشد. با توجه به اینکه دریاچه پندو محل ورود فاضلاب‌های تصفیه نشده شهر بدهان^۳ می‌باشد، بنابراین

^۱ Pandu

^۲ World Health Organization

^۳ Badhan

ورود فاضلاب‌های شهری غنی از مواد مغذی به دریاچه را می‌توان عامل اصلی افزایش نیتрат و فسفات در نظر گرفت.

قدیمی و قمی (۱۳۹۳) اثر فاضلاب‌های شهری در آلودگی فلزات سنگین دریاچه میقان در شهر اراک را مورد ارزیابی قرار دادند. طبق نتایج این مطالعه، غلظت فلزات در نمونه‌های آب به ترتیب نیکل، کروم، سرب، آهن، مس و روی روند کاهشی داشته و در مقایسه با غلظت استاندارد، مقادیر نیکل، سرب، کروم و آهن آلودگی نشان می‌دهند. علت این موضوع ناشی از ورود فاضلاب‌های شهری و خانگی به دریاچه می‌باشد.

چاندرا و همکاران (Chandra *et al.*, 2010) با ارزیابی چهار تالاب در شهر کیمبتور^۱ در کشور هند، دریافتند که یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت آب این تالاب‌ها، ورود فاضلاب‌های شهری و تخلیه زباله‌ها می‌باشد. در مقایسه با سایر تالاب‌ها، آلودگی تالاب یکدام^۲ بیشتر بوده به طوری که مقدار EC و pH آن بالاتر از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی می‌باشد.

کریمی و محمودی (Karami and mahmoodi, 2008) کیفیت آب رودخانه‌های ورودی به دریاچه گلستان را طی دو دوره سیل و جریان پایه مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش نشان داد که مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌ها، هدایت الکتریکی، pH، BOD^۳ و COD^۴ در مواقع سیل به طور قابل توجهی بیشتر از دوره پایه رودخانه می‌باشد. این محققین بالا بودن مقادیر اکسیژن خواهی بیولوژیکی و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی را ناشی از ورود فاضلاب‌های شهری به رودخانه‌ها بیان کردند.

ناجار و خان (Najar and Khan, 2012) با مطالعه بر روی ۳ دریاچه مهم کشور هند، به منظور شناسایی منابع آلاینده آن‌ها به این نتیجه رسیدند که مقادیر غلظت پتاسیم، سدیم، نیترات، فسفات و هدایت الکتریکی

^۱ Coimbatore

^۲ Ukdam

^۳ Biological Oxygen Demand

^۴ Chemical Oxygen Demand

در دریاچه خوشالسار^۱ نسبت به دو دریاچه دیگر بیشتر می‌باشد. علت این موضوع می‌تواند ناشی از فعالیت انسانی و ورود فاضلاب‌های خانگی به دریاچه خوشالسار باشد.

۲-۲-۲-۲- پساب‌ها و رواناب‌های کشاورزی

فعالیت‌های گسترده کشاورزی یکی از عوامل اصلی در آلودگی آب‌های سطحی به شمار می‌آید. پساب‌ها و رواناب‌های کشاورزی که از جمله منابع آلودگی‌های غیرنقطه‌ای محسوب می‌شوند، عمدتاً حاوی سموم کشاورزی، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها مانند هیدروکربن‌های هالوژنه، DDT^۲ و ترکیبات فسفردار هستند. در این میان ترکیبات هالوژنه به عنوان خطرناکترین آلاینده‌ها، هنگامی که با آب کشاورزی ترکیب شده و به لایه‌های زمین نفوذ می‌کنند، باعث ایجاد رواناب‌های بسیار خطرناکی می‌شوند که می‌توانند سبب تخریب کیفیت منابع آب شوند (بهمنی و همکاران، ۱۳۸۷).

سنرز و همکاران (Seners *et al.*, 2012) ضمن مطالعه کیفیت آب دریاچه اگیردیر در کشور ترکیه، دریافتند که بالا بودن پارامترهای pH، کدورت و همچنین غلظت برخی عناصر از جمله سرب، آهن، آلومینوم و پتاسیم نسبت به استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)، ناشی از ورود فاضلاب و پساب‌های حاصل از فعالیت‌های کشاورزی به دریاچه است.

شعاعی و همکاران (Shoaei *et al.*, 2014) کیفیت آب دریاچه سد ساری، به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع آب شمال ایران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که بالا بودن غلظت برخی از فلزات سنگین مانند سرب و کادمیوم نسبت به استاندارد سازمان بهداشت جهانی، ناشی از ورود کود و آفت‌کش‌های حاصل از فعالیت‌های کشاورزی از طریق سیل‌های ورودی به دریاچه سد است.

^۱ Khushalsar

^۲ Dichloro Diphenyl Trichloroethane

گیان و الحمید (Gian And Elhamid, 2003) با ارزیابی کیفیت آب دریاچه قارون^۱ و مقایسه کیفیت آن با رود نیل در کشور مصر^۲، دریافتند که تنها منبع تغذیه‌کننده دریاچه قارون کانال‌های ناشی از ورود فاضلاب‌های شهری و همچنین پساب‌های کشاورزی است. بنابراین بالا بودن غلظت برخی از فلزات سنگین، TDS، آمونیوم و کیفیت پایین آب دریاچه به نسبت رود نیل، ناشی از ورود کود و سموم حاصل از فعالیت‌های کشاورزی در مجاورت دریاچه می‌باشد.

چائوآی و همکاران (Chuai *et al.*, 2012) با مطالعه کیفیت آب دریاچه تایهو^۳ در کشور چین، به این نتیجه دست پیدا کردند که بالا بودن غلظت نیتروژن و فسفر در نمونه‌های آنالیز شده آب دریاچه، به دلیل ورود فاضلاب و پساب‌های حاصل از فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد، به طوری که غلظت بالای این رواناب‌ها باعث از بین رفتن گونه‌های آبی در دریاچه شده است.

۲-۲-۳-۲- پساب‌ها و فاضلاب‌های صنعتی

فاضلاب‌های صنعتی در اثر مصرف آب در فعالیت‌های صنعتی و در طول مراحل مختلف تولید بوجود می‌آیند. این فاضلاب‌ها که منشاء آن‌ها از آب مصرفی صنایع و کارخانجاتی مانند رنگرزی، خنک‌کننده، فرآیندهای شستشو و غیره می‌باشد به دلیل دارا بودن ترکیبات سمی، شیمیایی و خطرناک می‌بایست تحت نظارت ویژه قرار گیرند (Hur *et al.*, 2007). فاضلاب و پساب‌های صنعتی به علت داشتن ترکیبات شیمیایی سمی و خطرناک و همچنین وجود برخی از فلزات سنگین می‌توانند اثرات زیادی بر کیفیت منابع آب داشته باشند و باعث تغییر در پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شوند.

¹ Qarun

² Egypt

³ Tiho

ساتر و همکاران (Suther et al., 2009) با ارزیابی آلودگی فلزی در آب و رسوبات رودخانه هیندون^۱ در کشور هند، به این نتایج دست یافتند که غلظت فلزاتی چون Pb، Mn و Zn در آب و رسوبات این رودخانه تا حد زیادی افزایش یافته است. این محققین ورود پساب‌های صنعتی و شهری به رودخانه را دلیل اصلی این موضع عنوان کرده‌اند.

با نتیجه‌گیری از مطالب بالا مبنی بر تأثیر فعالیت‌های انسان‌زاد بر روی کیفیت منابع آب سطحی می‌توان چنین بیان نمود که، فعالیت‌های انسان‌زاد مانند ورود فاضلاب‌های خانگی و شهری، پساب‌های کشاورزی و صنعتی به آب‌های سطحی می‌توانند سبب افزایش غلظت فلزات سنگین و عناصر بالقوه سمی، تغییر در پارامترهای فیزیکیوشیمیایی، ورود باکتری‌های کلی‌فرم و انگل‌ها (آلاینده‌های بیولوژیکی) و در نتیجه تخریب و کاهش کیفیت آب‌های سطحی شوند. بنابراین استفاده کردن از آب دریاچه‌های آلوده به فاضلاب شهری، پساب‌های کشاورزی و صنعتی می‌تواند سلامت انسان و سایر موجودات زنده را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه اینکه دریاچه‌ها به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع تامین نیازهای شهری، صنعتی و آبیاری به شمار می‌آیند، پیشگیری و کنترل آلودگی دریاچه‌ها و تالاب‌ها و همچنین کسب اطلاعات لازم در مورد کیفیت آب، برای مدیریت مناسب آن‌ها، امری مهم و ضروری می‌باشد.

۳-۲- هیدروژئوشیمی منابع آب سطحی

تغییر در شیمی آب‌های سطحی و زیرزمینی در اثر عوامل طبیعی، تابعی از بارش، اقلیم، تبخیر و تعرق، فرآیندهای بیوشیمیایی در خاک و واکنش‌های بین آب و سنگ می‌باشد. همچنین از مهم‌ترین عوامل انسانی مؤثر بر هیدروژئوشیمی منابع آب، می‌توان به آب زائد و فاضلاب رها شده، نشت مجرای فاضلاب و فعالیت‌های

¹ Hendon

کشاورزی اشاره نمود (Schmidt *et al.*, 2013). مطالعه ژئوشیمی آب دریاچه برای آشکارسازی الگوی ارتباط بین تبخیر، هوازگی شیمیایی و بارش در منطقه بکار می‌رود (Anshumali, 2007).

میشرا و چنکوآل (Mishra And Chenkual, 2014) ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دریاچه میزورام^۱ در شمال کشور هند را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که غلظت برخی از پارامترهای فیزیکی مانند کدورت، سختی آب، pH و همچنین پارامترهای شیمیایی نظیر نیتрат و فسفات به ترتیب در محدوده نرمال و زیر حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی قرار می‌گیرند. بنابراین آب دریاچه میزورام دارای کیفیت مناسبی بوده و مکانی مناسب جهت تنوع زیستی گیاهان و جانوران می‌باشد.

درویشی خاتونی (۱۳۹۱) تغییرات هیدروژئوشیمی و تیپ شورابه دریاچه ارومیه، طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج حاکی از آن است که تیپ شورابه‌ها از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ تغییرات کمی داشته و به صورت Na-Mg-Cl می‌باشد. درحالیکه از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۱ به علت افزایش سدیم کلرید محلول و ته‌نشست نمک در کف و اطراف دریاچه، غلظت Na کاهش یافته است. کاهش میزان Na موجب افزایش Mg آب و تغییر تیپ آب از Na-Mg-Cl به Mg-Na-Cl شده است.

راویکومار و همکاران (Ravikumar *et al.*, 2013) ضمن مطالعه کیفیت آب مخزن سانکی^۲ و دریاچه ماهاتاهالی^۳ در شهر بنگلور^۴ کشور هند، مشاهده کردند که آب مخزن سانکی از نظر شاخص WQI^۵ دارای کیفیت مناسبی می‌باشد، درحالیکه آب دریاچه ماهاتاهالی به دلیل بالا بودن مقادیر EC، TDS^۶، قلیائیت و

^۱ Mizoram

^۲ Sankey

^۳ Mahhathahalli

^۴ Bangalore

^۵ Water quality Index

^۶ Total Dissolved Solid

سختی نسبت به آب مخزن کیفیت پایین تری دارد. همچنین نتایج نشان داد که طبق استاندارد SAR^۱ کیفیت آب مخزن و دریاچه برای آبیاری اراضی کشاورزی مناسب بوده و در رده S1 قرار می گیرند.

ماستوئی و همکاران (Mastoi et al., 2008) کیفیت آب دریاچه مانچار^۲ به عنوان بزرگترین دریاچه آب شیرین در شهر سینده^۳ کشور پاکستان و دره نارا^۴ که زهکش اراضی کشاورزی به دریاچه می باشد را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که عامل اصلی تغییر دهنده شیمی آب دریاچه و افزایش غلظت برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی نظیر نیتрат، فسفات و قلیائیت ناشی از زهکش ورودی دره نارا می باشد، که باعث تخریب و کاهش کیفیت آب دریاچه شده است.

زینالی و همکاران (۱۳۹۳) با ارزیابی کیفی تالاب سولدوز در استان آذربایجان غربی مشاهده کردند که ترتیب غلظت کاتیون ها به صورت $Na > Mg > Ca > K$ و در آنیون ها $Cl > SO_4 > HCO_3$ بوده است. با توجه به اینکه غلظت همه یون های اصلی بیش از حد مجاز استاندارد می باشد، بنابراین آب تالاب از نظر آشامیدن در حد کاملاً نامطبوع و غیر قابل شرب قرار می گیرد. طبق نتایج حاصله از این مطالعه، به دلیل غلظت بالای TDS و در نتیجه شور شدن سریع خاک های منطقه، آب تالاب سولدوز جهت آبیاری اراضی کشاورزی نیز نامناسب و در رده C4-S4 قرار می گیرد.

کولی و مولی (Koli and Muley, 2013) با بررسی کیفیت آب مخزن کولاپور^۵ در کشور هند طی ماه های ژانویه تا دسامبر ۲۰۱۱، دریافتند که تغییرات فصلی تأثیر قابل توجهی بر روی برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی از جمله pH، EC، کدورت، غلظت نیترات، فسفات و غیره دارد. با آنالیز نمونه ها و مقایسه

¹ Sodium Adsorption Ratio

² Manchar

³ Sindh

⁴ Nara

⁵ Kolhapour

پارامترهای فیزیکوشیمیایی با استانداردهای جهانی مشاهده شد که آب مخزن کولاپور کیفیت لازم را جهت مصارف شرب و آبیاری دارا می‌باشد.

طبق مطالب بالا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که عوامل طبیعی و غیرطبیعی می‌توانند باعث تغییر در کیفیت و وضعیت هیدروژئوشیمی آب دریاچه‌ها و تالاب‌ها شوند. تغییر در شیمی آب‌های سطحی می‌تواند باعث تغییر در خواص و پارامترهای فیزیکوشیمیایی و در نتیجه از بین رفتن قابلیت استفاده آب آن منطقه برای مصارف مختلف گردد.

۲-۴- آلودگی فلزات سنگین

فلزات سنگین در میان سایر آلاینده‌های منابع آب، به دلیل سمی بودن و تأثیر مستقیم بر روی موجودات آبرزی اهمیت بالاتری دارند (Diagomanolin *et al.*, 2004; Grellier *et al.*, 2013). این آلاینده‌ها می‌توانند منشاءهای مختلف زمین‌شناسی و انسان‌زاد داشته باشند (Feng *et al.*, 2008). فلزات سنگین شامل فلزاتی ضروری و غیرضروری است که برای مدت زمان طولانی در آب باقی نمی‌مانند و معمولاً به صورت معلق یا توسط مواد معدنی و آلی تثبیت می‌گردند. تجمع و انباشت فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی (دریاچه‌ها، تالاب‌ها و مخازن) می‌تواند اثرات سوء زیادی بر سلامت موجودات و بخش بیولوژیکی منابع آب داشته باشد، به طوری که پژوهش‌های گسترده‌ای در طی سالیان اخیر در ارتباط با تجمع فلزات سنگین در منابع آبی انجام شده است (Krishna *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2010; Oyebo *et al.*, 2012).

جعفری و همکاران (Jafari *et al.*, 2015) با مطالعه کیفی تالاب میانگران^۱ در شهر ایزه، استان خوزستان دریافتند که روند غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های تالاب با آبراهه‌های ورودی به تالاب مطابقت داشته و به صورت $Ni > Ba > Cr > Cd > As > Pb > Fe > Al > Zn$ می‌باشد. غلظت عناصر Ni, Zn, As, Pb, Cd

^۱ Miangaran

، Cr، Fe و Al در همه نمونه‌های آبراهه ورودی به تالاب، بیش از حد استاندارد بهداشت جهانی می‌باشد. علت این موضوع را می‌توان ناشی از ورود فاضلاب‌های شهر ایزده و روستاهای اطراف و همچنین زهاب‌های کشاورزی به تالاب در نظر گرفت.

اقبال و همکاران (Iqbal et al., 2013) غلظت فلزات سنگین دریاچه راوال^۱ در کشور پاکستان را طی دو دوره آماری (تابستان و زمستان) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روند تغییرات فلزات سنگین در فصل تابستان به صورت $Na > Ca > Mg > K > Sr > Pb > Fe > Zn > Co > Cu > Cr > Cd = Li > Mn$ می‌باشد، در حالیکه در فصل زمستان روند عناصر سنگین نمونه‌های آنالیز شده با روش طیف‌سنجی جذب اتمی، به صورت $Ca > Na > Mg > K > Sr > Pb > Co > Cr > Fe > Cd > Zn > Cu > Mn > Li$ است. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که در بین فلزات اندازه‌گیری شده، غلظت سرب طی دو دوره آماری و غلظت کروم و کوبالت در فصل زمستان بیش از حد مجاز استاندارد جهانی می‌باشند، که دلیل این موضوع به واسطه فعالیت‌های انسانی بیش از حد در منطقه است.

اوچینگ و همکاران (Ochieng et al., 2008) ضمن مطالعه توزیع فلزات سنگین دریاچه کانیابولی^۲ در کشور کنیا مشاهده کردند که بجز عنصر Mn، غلظت بقیه عناصر (Zn، Cd، Co، Ag، Cu، Pb، Cr) زیر حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بوده و دریاچه کانیابولی آلودگی زیادی به عناصر سنگین ندارد.

^۱ Raval

^۲ Kanyaboli

۲-۵- کارست

۲-۵-۱- تعریف کارست

کارست عبارتست از گستره‌ای با مورفولوژی مشخص و یک سیستم زهکش زیرزمینی که از حلالیت بالای برخی از سنگ‌ها در آب‌های طبیعی حاصل می‌شود. نواحی کارستی عمدتاً بر روی سنگ‌های کربناته (به ویژه سنگ آهک) توسعه پیدا می‌کند و علاوه بر این در روی دیگر سنگ‌ها که قابلیت انحلال دارند (مانند سنگ گچ و سنگ نمک) نیز ایجاد می‌شوند (کرمی، ۱۳۹۴).

۲-۵-۲- پدیده کارستی شدن

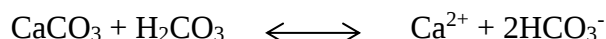
فرآیند کارستی‌شدن با عمل شیمیایی انحلال توده‌سنگ در امتداد بازشدگی‌های ثانویه سنگ‌ها و انتقال کلسیت قابل حل، به وسیله فرآیندهای خوردگی که در مراحل اولیه فرآیند، ابعاد کوچکی دارند شروع می‌شود. مجاری کارستی با عریض‌شدن این بازشدگی‌های ثانویه در سنگ‌ها تشکیل می‌شوند. بنابراین مهم‌ترین مجاری آب در فرآیند کارستی شدن تشکیل و شرایط برای ایجاد جریان متلاطم فراهم می‌شود (Millanovich, 1981).

۲-۶- انحلال‌پذیری و کارستی شدن در سنگ‌های کربناته

واژه کارست رابطه مستقیمی با سنگ‌های کربناته، بخصوص سنگ‌های آهکی و دولومیتی دارد، هر چند که فرآیند کارستی شدن در سازندهای تبخیری مانند ژیپس و نمک نیز اتفاق می‌افتد. با وجود این، کارست واژه مترادفی برای سنگ‌های کربناته، سنگ‌های آهکی، دولومیتی و انواع دیگر سنگ‌هاست. اما سنگ آهک مهم‌ترین سنگی است که در فرآیند کارستی شدن کارساز است.

سنگ‌های آهکی بهترین نمونه از تمام سنگ‌های کربناته هستند. این سنگ‌ها بیشتر از کانی کلسیت تشکیل می‌شوند، ولی سنگ‌های آهکی که تنها از کلسیت خالص تشکیل شده باشند به ندرت یافت می‌شوند. در فرآیند کارستی شدن انحلال‌پذیری سنگ‌های آهکی با درجه خلوص آن‌ها افزایش می‌یابد.

عامل اصلی انحلال‌پذیری کربنات کلسیم در آب اسید کربنیک است:



این واکنش دو طرفه بوده و انحلال‌پذیری سنگ آهک به غلظت H_2CO_3 بستگی دارد که خود اسید کربنیک نیز به غلظت CO_2 در آب وابسته است. بخشی از اسید کربنیک که مستقیماً در انحلال سنگ‌های کربناته دخالت دارد به اسید کربنیک تهاجمی معروف است. علاوه بر افزایش سرعت، جریان متلاطم سطح تماس آب با سنگ و مدت زمان تماس نیز باعث افزایش و تسریع فرآیند انحلال می‌شود (Millanovich, 1981).

۲-۷- انحلال‌پذیری در کارست‌های تبخیری

۲-۷-۱- کارست نمکی

در صورتی که نمک در تماس با آب قرار گیرد انحلال یافته و پدیده‌های کارستی در آن شکل می‌گیرد اما به علت انحلال‌پذیری بالای نمک (۳۳۰ گرم بر لیتر)، کارست پایدار در جایی ایجاد می‌شود که عوامل هوازدگی به کندی بر روی آن تأثیرگذار باشند. بنابراین از مهم‌ترین فرآیندهای انحلال نمک و در نتیجه ایجاد کارست، Suberosion یا انحلال در عمق می‌باشد. به طور کلی پارامترهایی که منجر به ایجاد کارست نمکی می‌شوند شامل موارد زیر است:

انحلال عمقی یا Suberosion: از مهم‌ترین فرآیندهای انحلال نمک می‌باشد. این فرآیند که در عمق صورت می‌گیرد منجر به ایجاد انواع پدیده‌های کارستی می‌شود.

۱. بارش: علاوه بر ایجاد حجم زیادی آب به عنوان حلال، با ایجاد چرخش‌های عمیق در گنبد‌های

نمکی فرآیند انحلال را سرعت می‌بخشد و گاه‌ا‌ مجراهایی برای عبور آب را ایجاد می‌کند.

۲. چشمه‌ها: چشمه‌ها عموماً به عنوان خروجی در تسریع فرآیند انحلال نقش مؤثری ایفا می‌کنند. در

صورتی‌که چشمه‌ها از نوع گرمابی باشند، می‌توانند به عنوان عاملی تسریع کننده در توسعه کارست

عمل کنند.

فرآیند کارستی شدن در نمک نیز مانند کربنات‌ها می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف کمتر و یا بیشتر توسعه یابد (نکویی، ۱۳۹۲).

۲-۷-۲- کارست گچی

میزان انحلال گچ ۱۰-۳۰ برابر بیشتر از آهک است (Bogli, 1980). معمولاً بدلیل کمتر بودن مقاومت

مکانیکی گچ به نسبت آهک، توسعه کارست و ظهور پدیده‌های کارستی در گچ نسبت به آهک سریع‌تر رخ

می‌دهد (White, 1988). اگر چه تمرکز اصلی در تحقیقات کارست بر روی سنگ‌های کربناته می‌باشد ولی

مطالعه و تحقیق در مورد کارست‌های گچی نیز در طول ۴۰ سال گذشته به تدریج افزایش یافته است

(Cooper et al., 2013). از مهم‌ترین مناطق دارای توسعه کارست گچی^۱ در ایران می‌توان به محدوده

زاگرس اشاره نمود. کارست‌های کربناته ۲۳ درصد از محدوده زاگرس را شامل شده است، اما در بخش‌های

از منطقه زاگرس نیز رخنمون گسترده‌ای از کارست‌های تبخیری (به ویژه سازند گچساران) قابل رویت

می‌باشد (Ashjari and Raeisi, 2006). از مهم‌ترین مناطقی که در اروپا دارای رخنمون کارست گچی

می‌باشند می‌توان به سورباس^۲ در اسپانیا، بولونیا^۳ در ایتالیا، منطقه سانتانیفا^۴ در ایتالیا، پودولسکی^۵ در

^۱ Gypsum Karst

^۲ Sorbas

^۳ Bologna

^۴ Santa Nifa

^۵ Podolsky

اوکراین و غیره اشاره کرد. توسعه همه این کارست‌ها مربوط به دوره نئوژن می‌باشد، اگر چه توسعه کارست‌های گچی به صورت غیرمعمول در دوره تریاس نیز وجود دارد (Calaforra et al., 2002).

۸-۲- مطالعات انجام شده در ارتباط با کارست‌های تبخیری

گونای (Gunay, 2002) با مطالعه کارست گچی منطقه سیواس^۱ در کشور ترکیه و تأثیر آن بر روی کیفیت منابع آبی اطراف، به این نتیجه رسید که کیفیت آب چشمه‌های موجود منطقه سیواس به دلیل تماس با کارست‌های گچی اطراف نامناسب بوده و دارای $EC = 13000 \mu S/cm$ می‌باشد. همچنین کیفیت آب دریاچه‌های لوتای شرقی^۲، لوتای غربی^۳، هفیک^۴، تودورق^۵ و رودخانه کیزیلیماک^۶ که در مسیر انحلال گچ قرار گرفته‌اند نامناسب بوده و کیفیت لازم را جهت مصارف شرب و کشاورزی ندارند.

داموغ و زارعی (Damough and Zarei, 2012) با بررسی تأثیر لایه‌های نمک سازند گچسارن بر کیفیت آب مخزن سد گتوند، به این نتیجه رسیدند که محدوده‌ای از رخنمون سازند گچساران که در فاصله ۵ تا ۹ کیلومتری بالادست موقعیت سد قرار گرفته است دارای رخنمون‌هایی از لایه‌های ضخیم نمکی است. به دلیل تماس مستقیم آب مخزن با این لایه‌های نمکی، احتمال وقوع تشدید زمین لغزش، وارد شدن حجم بیشتری نمک همراه با توده‌های لغزشی به درون مخزن و در نتیجه انحلال نمک و مشکلاتی از بابت شور شدن آب مخزن وجود دارد.

دوقان و اوزل (Dogan and Ozell, 2005) کارست گچی و ژئومورفولوژی منطقه هفیک در کشور ترکیه را مورد ارزیابی و بررسی قرار دادند. نتایج این محققین نشان داد که در شرق منطقه هفیک تعداد زیادی از

¹ Sivas

² Lota Estren

³ Lota Westre

⁴ Hafic

⁵ Todurge

⁶ Kizilirmak

پدیده‌های کارستی مانند دولین، کارن، چشمه‌های کارستی، غار و غیره قابل مشاهده می‌باشد که نشانگر انحلال و توسعه بالای کارست در منطقه است. وجود کارست‌های جوان و بالغ و همچنین ۷ دولین کارستی با ضخامت و عمق‌های متفاوت، گواه بر توسعه بالای کارست‌گچی در منطقه هفیک می‌باشد.

زارعی و اژدری (۱۳۸۵) گسترش سازند گچساران و رسوبات حاوی نمک‌های انحلال‌پذیر این سازند در حوضه سد ابوالفارس واقع در شهرستان رامهرمز، استان خوزستان را مورد ارزیابی و بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن است که علیرغم وجود چند چشمه کارستی با دبی بالا و کیفیت عالی در سرشاخه‌های رودخانه ابوالفارس، آب این رودخانه برای مصرف شرب نامناسب بوده و ساکنین منطقه با کمبود آب شرب مواجه هستند. تمام منابع آب سطحی حوضه سد ابوالفارس دارای الگویی هستند که در آن آنیون غالب سولفات و کاتیون غالب کلسیم می‌باشد، که نشان‌دهنده انحلال ژپسی در منطقه است.

کوچی و زینی (Cucchi and zini, 2002) با بررسی مورفولوژی کارست ژپسی محدوده رودخانه کرخه در استان خوزستان، مشاهده نمودند که در محور ناودیس سازند گچساران رخنمون‌هایی از غار، فروچاله، دولین و غیره دیده می‌شود. همچنین وجود یک لایه ضخیم گچ در تماس با سازند آسماری باعث ایجاد غارها و گودال‌هایی بزرگ و در نتیجه توسعه کارست گچی در منطقه شده است.

اقدام و همکاران (Aghdam et al., 2012) با بررسی تأثیر سازندهای تبخیری بر کیفیت آب رودخانه کارون در مسیر دره عنبل (به طول ۴ کیلومتر)، دریافتند که با ورود آب کارون به دره عنبل به دلیل تماس آب با واحدهای گچ و نمک سازند گچساران تیپ آب از Ca-HCO_3 و مقدار $\text{TDS}=0/4 \text{ g/l}$ به $\text{Na-(Ca)-Cl(SO}_4\text{)}$ با مقدار $\text{TDS}=1/5 \text{ g/l}$ تغییر می‌کند. این محققین علت این موضوع را در دو فرضیه، انحلال واحدهای گچ و نمک در منطقه و شور شدن آب زیرزمینی ورودی به رودخانه، و نفوذ آب رودخانه کارون از طریق شکستگی‌ها به سازند تبخیری مجاور و سپس ورود آب از طریق چندین چشمه به رودخانه بیان کردند.

پو و همکاران (Pu et al., 2013) ضمن مطالعه کیفیت و شیمی آب یک آبخوان کارستی در کشور چین و بررسی منشاء سولفات موجود در آن، مشاهده کردند که علاوه بر عوامل انسانزاد مانند تخلیه فاضلاب و مصرف کودهای شیمیایی، یکی از عوامل اصلی کنترل مقدار سولفات منابع آب، انحلال ژیپس و کانی‌های سولفیدی می‌باشد.

رئیزی و همکاران (Raeisi et al., 2013) با بررسی انحلال لایه‌های نمکی- ژیپسی سازند گچساران در محدوده سد گتوند علیا، مشاهده کردند که تماس آب رودخانه با لایه‌های نمک و ژیپس سازند تبخیری مجاور کیفیت آب رودخانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

رقیمی (۱۳۸۹) کاربرد هیدروژئوشیمی در شناسایی کانی‌های تبخیری دریاچه شور اینچه در بخش شمالی آق‌قلا در استان گلستان را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار EC به ترتیب برابر با ۴۴۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در بخش شرقی دریاچه و ۲۵۰۰۰ در بخش حاشیه جنوبی می‌باشد. با توجه به رنج تغییرات EC و همچنین میزان $TDS > 1000 \text{ mg/l}$ آب دریاچه اینچه در رده آب‌های بسیار شور قرار می‌گیرد. علت این موضوع را می‌توان ناشی از تبخیر به عنوان مهم‌ترین عامل و همچنین وجود کانی‌های هالیت‌دار، ژیپس، کلسیت و سیلویت در حاشیه دریاچه عنوان کرد.

طبق مطالب بالا می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که انحلال کارست‌های تبخیری مانند گچ و نمک یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در شوری منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌باشد. در این بین سازند گچساران به دلیل لیتولوژی خاص (نمک، گچ و میان لایه‌های از انیدریت) یکی از مهم‌ترین کارست‌های تبخیری در منطقه زاگرس می‌باشد، که به دلیل تماس و انحلال لایه‌های ضخیم گچ و نمک، بسیاری از منابع آبی منطقه مانند تالاب برم‌شور و سد گتوند را تحت تأثیر قرار داده و باعث از بین رفتن کیفیت و قابلیت آن‌ها در جهت استفاده برای مصارف شرب و آبیاری شده است.

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- مقدمه

به منظور بررسی دقیق و جامع هر مطالعه، جمع‌آوری و کسب اطلاعات از محدوده مطالعاتی امری ضروری می‌باشد. در این مطالعه به منظور بررسی هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی تالاب برم‌شور در مجاورت سازند کارستی گچساران پس از مطالعات اولیه و بازدیدهای صحرایی و همچنین بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، ایستگاه‌های نمونه‌برداری تعیین و نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از نمونه‌برداری و آماده‌سازی، نمونه‌ها برای آنالیزهای هیدروشیمیایی، تعیین غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها و اندازه‌گیری غلظت برخی فلزات سنگین به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در این فصل مراحل و روش‌های انجام نمونه‌برداری، آنالیز نمونه‌های آب به روش‌های دستگاهی و آزمایشگاهی و همچنین روش‌های تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آنالیز مورد بحث قرار می‌گیرد.

۳-۲- تعیین موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نمونه‌برداری یکی از مراحل مهم هر پژوهش آب‌شناسی است، به گونه‌ای که می‌توان گفت یک نمونه‌برداری مناسب در تحلیل نتایج کمک بسزایی می‌نماید. با این وجود قبل از نمونه‌برداری باید هدف از نمونه‌برداری مشخص شود، و برنامه‌ریزی مناسبی برای نمونه‌برداری انجام گیرد. بدین منظور، ایستگاه‌های نمونه‌برداری پس از انجام مطالعات اولیه، بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و همچنین بازدیدهای صحرایی از منطقه انتخاب شدند. عملیات انتخاب ایستگاه نمونه‌برداری بر اساس اهمیت فعالیت‌های کشاورزی در منطقه، هوازگی و فرسایش واحدهای سنگی و همچنین آبراهه‌های اصلی و فرعی ورودی به تالاب تعیین گردیدند.

۳-۳- روش نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

پس از بازدیدهای صحرایی و بدست آوردن اطلاعاتی جامع از منطقه، در فروردین ماه ۱۳۹۴، از ۱۱ ایستگاه اطراف تالاب (B1 تا B11) نمونه‌برداری صورت گرفت (شکل ۳-۱). نمونه‌های آب از عمق ۲۰ سانتی‌متری توسط بطری‌های ۵۰۰ سی‌سی برداشت و درب نمونه‌ها در زیر آب به صورت محکم بسته شد. در ماه‌های فروردین، شهریور و بهمن از هر نقطه دو نمونه (یکی برای آنالیز هیدروشیمیایی و اندازه‌گیری کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی و یکی جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین و ایزوتوپی) برداشت شد. با توجه به اینکه آلودگی احتمالی بطری‌ها و ظروف نمونه‌برداری می‌تواند در نتایج حاصله تأثیرگذار باشد جهت جلوگیری از هر گونه آلودگی، بطری نمونه‌برداری چندین بار با آب محل شسته شد و سپس نمونه‌برداری انجام گردید.



شکل ۳-۱- نمونه‌برداری از اطراف تالاب برم‌شور

۳-۴- نمونه‌برداری پراکنده از سطح تالاب

به منظور مطالعه و بررسی کامل تالاب برم‌شور و همچنین مقایسه کیفیت نمونه‌های برداشت شده از اطراف با نمونه‌های وسط تالاب در سه ماه فروردین، شهریور و بهمن از ۴ نقطه پراکنده سطح آب (P1, P2, P3, P4) نمونه‌برداری صورت گرفت. شکل (۳-۲)، نمونه‌برداری پراکنده از سطح تالاب را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲- نمونه‌برداری پراکنده از سطح تالاب (دید به سمت غرب)

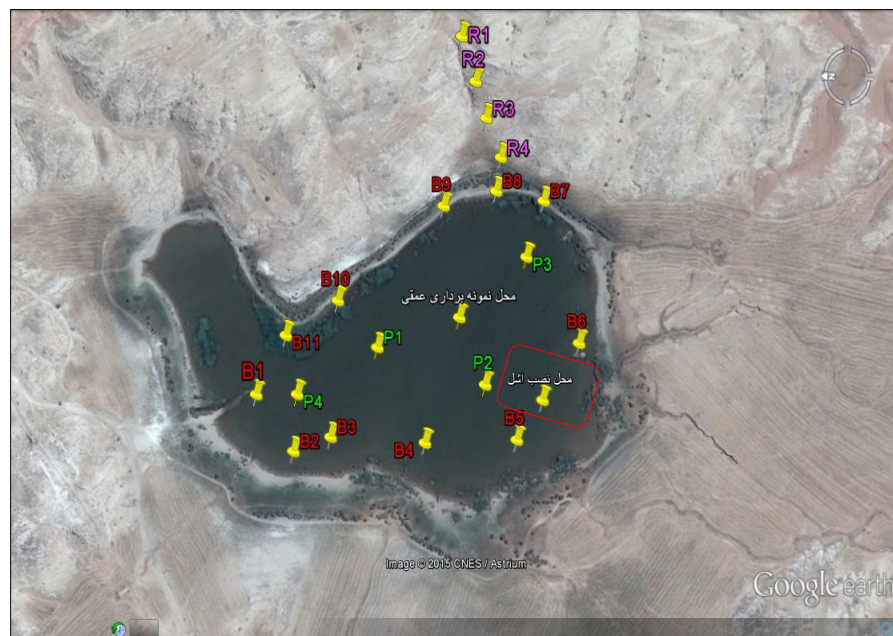
۳-۵- نمونه‌برداری از آبراهه ورودی

در فصل بارندگی آب از تپه‌ها و کوه‌های کم ارتفاع مجاور، از طریق آبراهه‌های بزرگ و کوچک، از بین سازند گچساران عبور می‌کند و وارد تالاب می‌شود. به طوری که می‌توان عامل اصلی شوری بالا در محدوده مطالعاتی را آبراهه‌های ورودی از سازند گچساران در نظر گرفت. به منظور بررسی اثر سازند گچساران بر کیفیت آب تالاب برم‌شور در روز بارانی (تاریخ ۹۴/۱/۱۸) از ۴ نقطه بزرگترین آبراهه ورودی (با رعایت تمام اصول و نکات) نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌ها پس از اندازه‌گیری مقادیر EC و pH برای آنالیزهای

بعدی نگهداری شدند. مشخصات و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های انتخابی در اطراف تالاب، نقاط پراکنده و آبراهه ورودی در جدول (۳-۱) و شکل (۳-۳) ارائه شده است.

جدول ۳-۱- موقعیت جغرافیایی و محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری از آب تالاب

ایستگاه	نام و مشخصات ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (M)
B1	بخش شمالی تالاب	۳۱° ۳۰' ۵۷" N	۴۹° ۴۱' ۳۰" E	۶۲۴
B2	بخش شمال غربی تالاب	۳۱° ۳۰' ۵۶" N	۴۹° ۴۱' ۲۸" E	۶۲۸
B3	بخش شمال غربی تالاب	۳۱° ۳۰' ۵۵" N	۴۹° ۴۱' ۲۹" E	۶۴۰
B4	بخش غربی تالاب	۳۱° ۳۰' ۵۱" N	۴۹° ۴۱' ۲۹" E	۶۱۸
B5	بخش غربی تالاب	۳۱° ۳۰' ۴۸" N	۴۹° ۴۱' ۳۰" E	۶۲۱
B6	بخش جنوبی تالاب	۳۱° ۳۰' ۴۶" N	۴۹° ۴۱' ۳۲" E	۶۳۱
B7	بخش جنوب شرقی تالاب	۳۱° ۳۰' ۴۷" N	۴۹° ۴۱' ۳۷" E	۶۲۱
B8	بخش شرقی تالاب	۳۱° ۳۰' ۴۹" N	۴۹° ۴۱' ۳۸" E	۶۲۴
B9	بخش شرقی تالاب	۳۱° ۳۰' ۵۱" N	۴۹° ۴۱' ۳۶" E	۶۲۷
B10	بخش شمال شرقی تالاب	۳۱° ۳۰' ۵۴" N	۴۹° ۴۱' ۳۴" E	۶۳۹
B11	بخش شمال شرقی تالاب	۳۱° ۳۰' ۵۶" N	۴۹° ۴۱' ۳۳" E	۶۱۱
P1	نقطه پراکنده اول	۳۱° ۳۰' ۵۳" N	۴۹° ۴۱' ۳۳" E	۶۴۰
P2	نقطه پراکنده دوم	۳۱° ۳۰' ۵۰" N	۴۹° ۴۱' ۳۰" E	۶۲۳
P3	نقطه پراکنده سوم	۳۱° ۳۰' ۴۸" N	۴۹° ۴۱' ۳۵" E	۶۲۱
P4	نقطه پراکنده چهارم	۳۱° ۳۰' ۵۶" N	۴۹° ۴۱' ۳۰" E	۶۱۹
R1	بالاترین نقطه سازند گچساران	۳۱° ۳۰' ۵۱" N	۴۹° ۴۱' ۴۳" E	۶۴۲
R2	آبراهه عبوری از سازند گچساران	۳۱° ۳۰' ۵۰" N	۴۹° ۴۱' ۴۱" E	۶۳۸
R3	عبوری از سازند گچساران	۳۱° ۳۰' ۴۹" N	۴۹° ۴۱' ۴۰" E	۶۳۴
R4	بخش منتهی به تالاب	۳۱° ۳۰' ۴۹" N	۴۹° ۴۱' ۳۸" E	۶۳۱
H	محل نمونه برداری عمقی	۳۱° ۳۰' ۵۰" N	۴۹° ۴۱' ۳۳" E	۶۲۸



شکل ۳-۳- موقعیت محل‌های نمونه‌برداری و محل نصب اشل سطح آب در تالاب برم‌شور

۳-۶- طراحی دستگاه نمونه‌برداری عمقی

به منظور بررسی دقیق تغییرات هیدروشیمیایی و مقایسه نمونه‌های عمقی با نمونه‌های برداشت شده از سطح تالاب، اقدام به طراحی یک دستگاه ساده نمونه‌برداری عمقی شد. مراحل و روش ساخت این دستگاه بدین صورت می‌باشد که ابتدا یک محفظه جعبه مانند با استفاده از ورق آهن طراحی شد. درون محفظه با استفاده از میلگرد ۱۰ به صورت یک شبکه‌ای درهم ساخته شد (شکل‌های ۳-۴ و ۳-۵). سپس با استفاده از دریل، تعدادی سوراخ در بالا و پایین جعبه جهت نصب کردن پیستون داخلی سرنگ گاواژ ایجاد شد. همچنین جهت استحصال در برداشت نمونه عمقی، پیستون خارجی سرنگ گاواژ با استفاده از دستگاه هوا برش سوراخ و حلقه‌ها در محل سوراخ شده، نصب گردید. در نهایت به هر دو حلقه به صورت مشترک، چندین متر طناب جهت بالا کشیدن پیستون داخلی سرنگ متصل شد (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۴- محفظه دستگاه نمونه برداری عمقی



شکل ۳-۵- شبکه بندی داخلی دستگاه نمونه برداری عمقی



شکل ۳-۶- نمایی کامل از دستگاه نمونه برداری عمقی

۳-۷- نمونه‌برداری از عمق

جهت نمونه‌برداری از بیشترین عمق و با توجه به اینکه هیچ اطلاعاتی در ارتباط با عمق تالاب در دسترس نبود، در شهریور ۱۳۹۴، ابتدا به بررسی و تعیین عمق تالاب پرداخته شد. به این صورت که یک وزنه ۵ کیلویی به طنابی ۲۰ متری متصل و طناب به فواصل ۱ متری از هم گره زده شد. در نهایت با استفاده از مجموعه تیوپ و تخته و پایین انداختن وزنه در آب، عمق هر نقطه با شمارش تعداد گره‌های ۱ متری به صورت تقریبی محاسبه شد. پس از انجام عملیات تعیین عمق مشاهده شد که عمق تالاب بین ۰/۳ تا ۳ متر متغیر می‌باشد. در نهایت جهت نمونه‌برداری عمقی با استفاده از دستگاه طراحی شده، از منطقه دارای بیشترین عمق (۳ متری) به فواصل ۱ متری از هم نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از اندازه‌گیری مقادیر EC و pH و رعایت سایر نکات نمونه‌برداری، نمونه‌ها برای آنالیزهای بعدی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. موقعیت جغرافیایی و محل نمونه‌برداری عمقی در جدول (۳-۱) و شکل (۳-۳)، ارائه شده است.

۳-۸- نصب اشل اندازه‌گیری تغییرات سطح آب تالاب

به علت عدم وجود اطلاعات و گزارش‌های هیدرولوژی و با توجه به اینکه تاکنون هیچ مطالعه‌ی هیدرولوژی و هیدروژئولوژی در منطقه انجام نشده است، هیچ اطلاعاتی در مورد نوسانات سطح آب تالاب برم‌شور وجود نداشت. بنابراین به منظور بررسی و دستیابی به تغییرات سطح آب، در فروردین ماه ۱۳۹۴، یک اشل (میلگرد) در بخش جنوبی تالاب نصب گردید (شکل ۳-۷). اشل نصب شده در موقعیت عرض جغرافیایی $31^{\circ}3'47''N$ و طول جغرافیایی $49^{\circ}41'33''E$ واقع شده است. بدین صورت، تغییرات سطح آب تالاب در طی دوره زمانی ۱ ساله به صورت ماهانه اندازه‌گیری شد.



شکل ۳-۷- اشل نصب شده در سطح آب تالاب (دید به سمت جنوب غربی)

۳-۹- پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل

۳-۹-۱- هدایت الکتریکی (EC) و pH

هدایت الکتریکی نشان دهنده توانایی آب برای عبور جریان الکتریکی است که به غلظت یون‌های موجود در آب بستگی داشته و با کل جامدات محلول در آب (TDS) رابطه مستقیم دارد. آب خالص دارای هدایت الکتریکی پایینی بوده و با افزایش املاح حل شده هدایت الکتریکی آن افزایش می‌یابد (Hounslow, 1995). پس از نمونه‌برداری اولیه در فروردین ماه و اندازه‌گیری مقادیر EC و pH مشاهده گردید که رنج تغییرات این پارامترها در ۱۱ ایستگاه نمونه‌برداری شده از تالاب به هم نزدیک می‌باشد. بنابراین پس از بررسی کردن مقادیر EC و pH و با در نظر گرفتن شرایط منطقه، از ۵ ایستگاه اطراف تالاب (B10, B8, B6, B4, B2) به صورت ماهانه و از فروردین تا اسفند ۱۳۹۴ (به مدت ۱ سال آبی) نمونه‌برداری صورت گرفت.

۳-۹-۲- اندازه‌گیری دما

دما در جریان‌های سطحی مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها تحت تأثیر فرآیندهای مختلف جوی و هیدروژئولوژیکی است. عوامل انسانی مانند ساخت سدها و آب بندها، تغییر در کاربری اراضی و تغییر در پوشش طبیعی، ورود فاضلاب به دریاچه‌ها و تالاب‌ها نیز می‌تواند در دمای آب آن‌ها تأثیرگذار باشد. آنالیز دمای نمونه‌های آب با استفاده از دماسنج دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد.

۳-۱۰-۱- نمونه‌های فلزات سنگین و ایزوتوپی

نمونه‌های آب برداشت شده جهت آنالیز فلزات سنگین، ابتدا از فیلتر ۴۵ میکرون عبور داده شدند و سپس به هر نمونه چقد قطره اسید نیتریک ۰/۲ مولار اضافه گردید تا pH آب به کمتر از ۲ کاهش یابد. اسیدی کردن نمونه‌ها به منظور تثبیت و جلوگیری از تغییر خواص شیمیایی آن‌ها می‌باشد. نمونه‌ها بلافاصله برای آنالیز عناصر بالقوه سمی به آزمایشگاه ICP سازمان انرژی اتمی ارسال گردیدند. جهت بررسی غلظت فلزات سنگین موجود در نمونه‌های آب تالاب غلظت عناصر سرب، آرسنیک، روی و آهن به روش ICP- OS اندازه‌گیری شد. درحالیکه غلظت برخی از عناصر سنگین مانند کروم، مس، آلومینیوم و غیره زیر حد استاندارد آشکارسازی بود. نتایج حاصل از مطالعه فلزات سنگین و مقایسه آن‌ها با حد مجاز استانداردهای جهانی در فصل چهارم ارائه گردیده است. همچنین جهت آنالیز ایزوتوپی نیز یک نمونه از عمق و دو نمونه از سطح تالاب با رعایت تمام نکات مربوط به نمونه‌برداری برداشت گردید و سپس نمونه‌ها به سازمان انرژی اتمی تهران انتقال داده شد.

۳-۱۱- اندازه‌گیری پارامترهای هیدروشیمیایی در آزمایشگاه

نمونه‌های برداشت شده طی سه دوره آماری فرودین، شهریور و بهمن ماه همراه با نمونه‌های پراکنده از سطح تالاب و آبراهه ورودی جهت آنالیز عناصر اصلی (کاتیون‌ها و آنیون‌ها)، پس از آماده‌سازی به آزمایشگاه آب و زیست‌محیطی دانشگاه شاهرود منتقل شدند. آنالیز نمونه‌های کربنات، بی‌کربنات، منیزیم، کلسیم و کلر از طریق تیتراسیون^۱ و آنالیز یون‌های سدیم، پتاسیم و سولفات توسط دستگاه‌های فلیم‌فتمتری و توربیدی‌متر صورت گرفت (شکل‌های ۳-۸ تا ۳-۱۰).



شکل ۳-۸- آنالیز نمونه‌ها با روش تیتراسیون

¹ Titration



شکل ۳-۹- اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم نمونه‌ها با استفاده از دستگاه فلیم‌فتمتری



شکل ۳-۱۰- اندازه‌گیری سولفات نمونه‌ها با استفاده از دستگاه توربیدی‌متر

۳-۱۲- اندازه‌گیری آنیون‌ها

۳-۱۲-۱- اندازه‌گیری یون کربنات (CO_3^{2-})

نمونه‌هایی که اسیدیته‌ی آن‌ها از ۸/۲ کمتر است، فاقد یون کربنات می‌باشند. با توجه به اینکه pH نمونه‌های آنالیز شده در هر سه دوره آماری از ۸/۲ کمتر می‌باشد، بنابراین یون کربنات در نمونه‌های برداشت شده از تالاب وجود ندارد.

نکته: برای اطمینان از عدم وجود یون کربنات، دو نمونه از ماه‌های فروردین و بهمن و یک نمونه از ماه شهریور به روش تیتراسیون مورد آنالیز قرار گرفت. با توجه به عدم تغییر رنگ در نمونه‌ها، مشاهده گردید که نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه فاقد یون کربنات می‌باشند.

۳-۱۲-۲- اندازه‌گیری یون بی‌کربنات (HCO_3^-)

جهت اندازه‌گیری یون بی‌کربنات از شناساگر متیل اورانژ^۱ و تیترانت اسید سولفوریک^۲ ۱/۴۰ نرمال به روش تیتراسیون استفاده شد.

۳-۱۲-۳- اندازه‌گیری یون سولفات (SO_4^{2-})

جهت اندازه‌گیری یون سولفات از دستگاه توربیدی‌متر استفاده شد. بدین صورت که پس از آماده‌سازی نمونه‌ها اقدام به اضافه نمودن پودر باریت^۳ (۱ gr) شد. پس از به هم زدن محلول و صفر کردن دستگاه، نمونه در محفظه مخصوص قرار داده شد. در نهایت پس از گذشت چند ثانیه مقدار سولفات نمونه قرائت گردید.

^۱ Methyl Orange

^۲ Sulfuric Acid

^۳ Barite

۳-۱۳- اندازه‌گیری کاتیون‌ها

۳-۱۳-۱- اندازه‌گیری یون کلسیم (Ca^{+2})

یون کلسیم نیز با استفاده از روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد. که در آن از مروکسید^۱ به عنوان معرف و چند قطره KOH (هیدروکسید پتاسیم) ۲ نرمال جهت بالا بردن pH نمونه و محلول EDTA^۲ (ترکیب سه‌تایی نمک سدیم) به عنوان تیتранت استفاده شد.

۳-۱۳-۲- اندازه‌گیری یون منیزیم (Mg^{+2})

از آنجائیکه روش تیتراسیون مستقیمی جهت اندازه‌گیری یون منیزیم وجود ندارد، ابتدا مجموع یون‌های کلسیم و منیزیم نمونه با استفاده از روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد و سپس از مقدار کلسیم به دست آمده کم شد و نهایتاً میزان یون منیزیم محاسبه گردید. بدین منظور جهت اندازه‌گیری مجموع یون‌های کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون از اریوکروم^۳ (EBT) به عنوان معرف، pH₁₀ (بافر آمونیاکی) جهت افزایش pH و محلول EDTA به عنوان تیتранت استفاده شد.

۳-۱۳-۳- اندازه‌گیری یون‌های سدیم (Na^{+}) و پتاسیم (K^{+})

جهت اندازه‌گیری یون‌های سدیم و پتاسیم از دستگاه فلم‌فتومتری استفاده شد. برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم ابتدا اقدام به کالیبره کردن^۴ دستگاه با محلول‌های استاندارد شد. سپس غلظت هر یون اندازه‌گیری شد.

¹ Meroxid

² Ethylene Diamine Tetraacetic Acid

³ Eriochrome Black T

⁴ Calibration

نکته: مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های بدست آمده یا محاسبه شده با استفاده از روش تیتراسیون و دستگاه توربیدی‌متر بر حسب واحد epm^1 و مقادیر محاسبه شده با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتری بر حسب mg/l می‌باشد.

۳-۱۴- محاسبه درصد خطای آزمایش

درصد خطای آنالیز یون‌های اصلی در هر نمونه آب، از رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود (Hounslow, 1995).

$$\text{Error}\% = \frac{\sum \text{cation} - \sum \text{anion}}{\sum \text{cation} + \sum \text{anion}} * 100 \quad \text{رابطه ۳-۱}$$

در رابطه فوق، مجموع کاتیون‌ها و آنیون‌ها بر حسب واحد meq یا epm می‌باشد.

۳-۱۵- نرم افزارهای مورد استفاده

در این پژوهش از نرم افزارهای زیر استفاده گردید:

- نرم افزار Arc GIS 10.2، برای ترسیم نقشه زمین‌شناسی منطقه و نقشه هم‌عمق تالاب.
- نرم افزار SPSS 20، برای تحلیل آماری داده‌های بدست آمده و تعیین ضریب همبستگی.
- نرم افزار AqQa، برای ترسیم نمودار پایپر، استیف و تعیین تیپ و رخساره نمونه‌های آب مورد مطالعه.
- نرم افزار Diagram، برای ترسیم نمودار ویلکاکس.
- نرم افزار Phree Qc، برای بدست آوردن شاخص اشباع.
- نرم افزار Global Mapper، برای ژئورفرنس کردن نقشه‌ها و تعیین خطوط توپوگرافی.
- نرم افزار Excel 2013، برای ترسیم نمودارهای توزیع عناصر و پارامترهای کیفی و غیره.

¹ equivalent per million

فصل چهارم

مطالعه هیدروژنولوزی و هیدورژنوشیمی تالاب برم شور

هیدروژنوشیمی و محال ژنوشیمیایی

آلودگی و ارزیابی فلزات سنگین

ژنومورفولوژی کارست کچی

هیدروژنولوزی

بخش اول: هیدروژئوشیمی و تکامل ژئوشیمیایی

۴-۱- مقدمه

تقریباً همه آب‌های زیرزمینی از آب باران و برفی که به درون خاک نفوذ کرده است، به وجود می‌آیند و خاک توانایی بی‌نظیری برای تغییر دادن کیفیت شیمیایی آب دارد. هنگامی که آب در امتداد خطوط جریان از منطقه تغذیه به سمت منطقه تخلیه حرکت می‌کند، شیمی آن توسط انواع گوناگونی از فرآیندهای ژئوشیمیایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. هیدروژئوشیمی منابع آب سطحی و زیرزمینی، اثرات حال و گذشته عواملی همچون اقلیم، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و بیولوژی را که بر روی شیمی آب‌ها مؤثر می‌باشند، مورد ارزیابی قرار می‌دهد. این عوامل شامل شیمی آب نفوذی، تناوب، میزان و مدت بارش، لیتولوژی، پوشش گیاهی و خاک می‌باشد. (Alley, 1993). ترکیب کانی‌شناسی توده‌های سنگی از نقطه‌ای به نقطه دیگر می‌تواند تغییر کند و ترکیب شیمیایی آب‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین لازم است برای انجام مطالعات هیدروژئوشیمیایی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منابع آب توده‌های سنگی مورد مطالعه قرار گیرند. مشکل بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک تنها کم آبی نمی‌باشد بلکه کیفیت نامناسب آب‌های موجود نیز به آن اضافه می‌شود (کلانتری و همکاران، ۱۳۹۰).

در این بخش، کیفیت شیمیایی منابع آب مورد مطالعه به منظور تشخیص منشأ آب منطقه، کیفیت آب از لحاظ کشاورزی، شرب و در نهایت تأثیر عملکرد عوامل زمین‌شناسی (مانند لیتولوژی منطقه)، بر کیفیت هیدروژئوشیمیایی آب محدوده مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفته است.

۴-۱-۱- نتایج سنجش‌های آزمایشگاهی

به منظور مطالعه کیفی و هیدروشیمیایی تالاب برم‌شور نمونه‌برداری از بخش‌های مختلف تالاب طی سه دوره آماری فرودین، شهریور و بهمن ماه ۱۳۹۴ انجام شده است. همچنین به منظور بررسی تغییرات ماهانه هدایت الکتریکی و pH به مدت ۱۲ ماه نمونه‌برداری صورت گرفت. نتایج سنجش شیمیایی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور طی دوره‌های آماری مختلف در جدول‌های (۴-۱ تا ۴-۵) ارائه شده است.

جدول ۴-۱- نتایج آنالیز تغییرات EC نمونه‌های آب تالاب برم‌شور طی بازه زمانی ۱ ساله

ماه	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)					افت سطح آب (سانتی متر)
	نقطه B2	نقطه B4	نقطه B6	نقطه B8	نقطه B10	
فروردین ۹۴	۲۳۱۳	۲۲۹۰	۲۰۳۰	۲۲۹۹	۲۳۳۰	۴۷
اردیبهشت ۹۴	۲۷۰۰	۲۶۹۰	۲۶۷۰	۲۷۰۰	۲۷۱۰	۷۶/۳
خرداد ۹۴	۲۹۴۰	۲۹۴۰	۲۹۶۰	۲۹۲۰	۲۹۴۰	۱۱۶
تیر ۹۴	۴۲۹۰	۳۶۲۰	۴۱۲۰	۳۶۶۰	۳۷۴۰	۱۵۵
مرداد ۹۴	۳۷۹۰	۳۸۰۰	۳۸۵۰	۳۸۳۰	۳۸۲۵	۱۸۹/۲
شهریور ۹۴	۴۱۳۰	۴۰۵۰	۴۱۳۰	۴۱۴۰	۴۱۵۰	۲۱۸/۶
مهر ۹۴	۳۶۵۰	۳۶۴۰	۳۸۷۰	۳۸۳۰	۳۶۳۰	۲۴۱
آبان ۹۴	۳۱۶۰	۳۱۴۰	۳۲۳۰	۳۴۸۰	۳۲۴۰	۸۲
آذر ۹۴	۲۷۸۵	۲۸۱۳	۲۸۰۱	۲۷۷۹	۲۶۹۰	۱۰۵
دی ۹۴	۱۸۷۴	۱۸۶۹	۱۸۶۷	۱۸۵۹	۱۸۹۲	۵۲
بهمن ۹۴	۱۵۳۱	۱۶۴۸	۱۶۴۶	۱۴۹۸	۱۶۲۷	۲۶
اسفند ۹۴	۱۷۴۰	۱۷۳۷	۱۶۹۶	۱۷۵۵	۱۷۶۵	۳۷

جدول ۴-۲ - نتایج آنالیز تغییرات pH نمونه‌های آب تالاب برم‌شور طی بازه زمانی ۱ ساله

ماه	pH					افت سطح آب (سانتی‌متر)
	نقطه B2	نقطه B4	نقطه B6	نقطه B8	نقطه B10	
فروردین ۹۴	۷/۶۸	۷/۵۵	۷/۷۳	۷/۴	۷/۹	۴۷
اردیبهشت ۹۴	۸/۲۶	۸/۳۸	۸/۲۶	۸/۰۸	۸/۳	۷۶/۳
خرداد ۹۴	۷/۱۵	۷/۸۶	۷/۱۹	۷/۷۷	۷/۷۲	۱۱۶
تیر ۹۴	۸/۴۵	۸/۳۹	۸/۴۲	۸/۴۹	۸/۴۶	۱۵۵
مرداد ۹۴	۷/۹	۷/۷۴	۸/۲	۷/۸۶	۸/۱۷	۱۸۹/۲
شهریور ۹۴	۷/۷	۷/۵۵	۷/۷۳	۷/۷۶	۷/۷۳	۲۱۸/۶
مهر ۹۴	۶/۵۶	۶/۴۹	۶/۴۲	۶/۶۳	۶/۲۷	۲۴۱
آبان ۹۴	۸/۴	۸/۱	۸	۷/۹	۷/۸۶	۸۲
آذر ۹۴	۷/۹۵	۷/۷	۷/۸۱	۷	۷/۹	۱۰۵
دی ۹۴	۷/۷۹	۷/۷۷	۷/۷۵	۷/۷۳	۷/۵۸	۵۲
بهمن ۹۴	۶/۶۳	۶/۵۲	۶/۵۷	۶/۵۳	۶/۷۴	۲۶
اسفند ۹۴	۷/۲	۷/۲۹	۷/۱۴	۶/۹	۷/۲۷	۳۷

با توجه به شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه و تبخیر شدید در اکثر ماه‌های سال، به منظور مطالعه دقیق هیدروژئوشیمی تالاب برم‌شور نمونه‌برداری در سه دوره آماری صورت گرفت. با توجه به اینکه در فاصله فروردین تا مهرماه، در منطقه مورد مطالعه تبخیر زیادی از سطح تالاب صورت می‌گیرد جهت ارزیابی دقیق اثر بارندگی بر کیفیت آب تالاب و مقایسه تغییرات فصل‌های مختلف، از سه دوره آماری فروردین، شهریور و بهمن ماه استفاده شده است.

جدول ۴-۳- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در ماه فروردین

شماره	نام محل	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (mg/l)	غلظت یون‌ها (meq/lit)								سختی کل (mg/l)	خطای آزمایش %
					K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}		
B2	تالاب	۷/۶۸	۲۳۱۳	۱۶۴۲	۰	۰/۶۱	۲۵/۵	۷	۳/۵	۲۴/۵۸	۳/۵	۰	۱۶۱۹/۴	٪۲/۳
B4	تالاب	۷/۵۵	۲۲۹۰	۱۶۲۶	۰	۰/۵۵	۲۷	۵	۳	۲۱/۶۶	۵	۰	۱۵۹۶	٪۴/۶
B6	تالاب	۷/۷۳	۲۰۳۰	۱۴۴۱	۰	۰/۵	۲۴/۵	۶/۵	۳/۵	۲۳/۷۵	۳/۵	۰	۱۵۴۴/۸	٪۱/۲
B8	تالاب	۷/۴	۲۲۹۹	۱۶۳۲	۰	۰/۵۳	۲۶/۵	۹/۵	۳/۵	۲۵/۴۱	۶/۵	۰	۱۷۹۲/۴	٪۱/۵
B10	تالاب	۷/۹	۲۳۳۰	۱۶۵۴	۰	۰/۵۶	۲۶/۵	۵/۵	۳	۲۴/۱۶	۳	۰	۱۵۹۵/۶	٪۳/۸
P1	پراکنده	۷/۷۵	۲۲۹۳	۱۶۲۸	۰	۰/۴۹	۲۴/۵	۴/۵	۴	۲۰/۴۱	۳	۰	۱۴۴۶/۴	٪۳/۶
P2	پراکنده	۶/۹۷	۲۲۹۵	۱۶۲۹	۰	۰/۵۶	۲۵	۸/۵	۳/۵	۲۴/۵۸	۴	۰	۱۶۶۸/۲	٪۲/۹
P3	پراکنده	۷/۵۳	۲۲۵۰	۱۵۹۸	۰	۰/۹۳	۲۴/۵	۷	۳	۲۳/۳۳	۳	۰	۱۵۶۹/۴	٪۵
P4	پراکنده	۷/۶۷	۲۳۲۲	۱۶۴۸	۰	۰/۳۵	۲۷/۵	۵/۵	۴	۲۴/۱۶	۲/۵	۰	۱۶۴۵/۶	٪۴/۲
R1	آبراهه	۶/۸	۹۲۰	۶۵۳	۰	۰/۰۲۳	۱۳	۳	۳	۱۱/۲۵	۳	۰	۷۹۷/۶	٪۳/۶
R2	آبراهه	۷/۱	۱۰۲۰	۷۲۴	۰	۰/۰۵۶	۱۳	۴	۳/۵	۱۱/۶۶	۴	۰	۸۴۶/۸	٪۵
R3	آبراهه	۶/۹۵	۱۲۳۰	۸۷۳	۰	۰/۰۷۶	۱۴/۵	۳/۵	۴	۱۲/۵	۳/۵	۰	۸۹۷/۲	٪۵
R4	آبراهه	۶/۸	۱۵۳۰	۱۰۸۶	۰	۰/۰۸۱	۱۳/۵	۴/۵	۵/۵	۱۲/۰۸	۲/۵	۰	۸۹۶/۴	٪۵

فصل چهارم: مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی تالاب برم شور

جدول ۴-۴ - نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب تالاب برم شور در ماه شهریور

شماره	نام محل	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS (mg/l)	غلظت یون‌ها (meq/lit)								سختی کل (mg/l)	خطای آزمایش %
					K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}		
B2	تالاب	۷/۷	۴۱۳۰	۲۹۳۲	۰	۲/۱۶	۴۰/۵	۷	۸/۵	۳۲/۰۸	۴/۵	۰	۲۳۶۹/۴	%۴/۸
B4	تالاب	۷/۵۵	۴۰۵۰	۲۸۷۵	۰	۱/۶۶	۴۲/۵	۵	۶	۳۲/۹۱	۶	۰	۲۳۷۱	%۴
B6	تالاب	۷/۷۳	۴۱۳۰	۲۹۳۲	۰	۲/۸۳	۴۲	۴/۵	۷	۳۳/۳۳	۴	۰	۲۳۲۱/۴	%۵
B8	تالاب	۷/۷۶	۴۱۴۰	۲۹۳۹	۰	۲/۶۷	۴۳	۳/۵	۶/۵	۳۴/۱۶	۳/۵	۰	۲۳۲۲/۲	%۵
B10	تالاب	۷/۷۳	۴۱۵۰	۲۹۴۶	۰	۲/۶۵	۴۴/۵	۲/۵	۶/۵	۳۳/۳۳	۵	۰	۲۳۴۸	%۵
P1	پراکنده	۷/۹۶	۴۱۶۰	۲۹۵۴	۰	۲	۳۶	۵/۵	۴/۵	۳۲/۹۶	۳/۵	۰	۲۰۷۰/۶	%۵
P2	پراکنده	۷/۸	۴۱۴۰	۲۹۳۹	۰	۱/۹۱	۳۹/۵	۳/۵	۵	۳۳/۷۵	۳	۰	۲۱۴۷/۲	%۵
P3	پراکنده	۸/۲۲	۴۱۳۰	۲۹۳۲	۰	۲/۶۱	۳۶	۵	۵	۳۱/۶۶	۳/۵	۰	۲۰۴۶	%۵
P4	پراکنده	۷/۷۴	۴۱۵۰	۲۹۴۶	۰	۱/۴۷	۳۶/۵	۵	۵	۳۱/۶۶	۳/۵	۰	۲۰۷۱	%۳
H1	عمق اول	۶/۷۱	۳۷۳۰	۲۶۴۸	۰	۳/۰۱	۴۳	۴	۶	۳۴/۱۶	۵	۰	۲۳۴۶/۸	%۴
H2	عمق دوم	۶/۷۱	۳۶۴۰	۲۵۸۵	۰	۲/۶۱	۴۷	۲	۵/۵	۳۴/۵۸	۶/۵	۰	۲۴۴۸/۴	%۴
H3	عمق سوم	۶/۶۶	۳۷۷۰	۲۶۷۷	۰	۲/۸۵	۴۵	۴	۵/۵	۳۴/۵۸	۶/۵	۰	۲۴۴۶/۸	%۳

جدول ۴-۵- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در ماه بهمن

شماره	نام محل	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (mg/l)	غلظت یون‌ها (meq/lit)								سختی کل (mg/l)	خطای آزمایش %
					K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}		
B2	تالاب	۶/۶۳	۱۵۳۱	۱۰۸۷	۰	۰/۱۹	۲۰/۵	۲/۵	۲	۱۷/۵	۱/۵	۰	۱۱۴۸	%۴/۹
B4	تالاب	۶/۵۲	۱۶۴۸	۱۱۷۰	۰	۰/۰۵۷	۱۸	۳/۵	۱/۶	۱۶/۶۶	۱/۵	۰	۱۰۷۲/۲	%۴
B6	تالاب	۶/۵۷	۱۶۴۶	۱۱۶۹	۰	۰/۰۳۲	۱۹/۵	۴	۱/۹	۱۷/۹۱	۲	۰	۱۱۷۱/۸	%۳/۷
B8	تالاب	۶/۵۳	۱۴۹۸	۱۰۶۴	۰	۰/۰۷	۱۹	۲/۵	۲	۱۶/۶۶	۴	۰	۱۰۷۳	%۲
B10	تالاب	۶/۷۴	۱۶۲۷	۱۱۵۵	۰	۰/۰۶۷	۲۰/۵	۳	۲	۱۷/۰۸	۳/۵	۰	۱۱۷۲/۶	%۲
P1	پراکنده	۶/۴۵	۱۵۸۶	۱۱۲۶	۰	۰/۰۶۶	۱۹/۵	۳/۵	۱/۸	۱۵/۸۳	۳	۰	۱۱۴۷/۲	%۵
P2	پراکنده	۶/۶۳	۱۶۴۰	۱۱۶۴	۰	۰/۰۵	۲۲	۲/۵	۱/۹	۲۰	۲	۰	۱۲۲۳	%۱
P3	پراکنده	۶/۵۷	۱۶۲۳	۱۱۵۲	۰	۰/۱۴	۲۰	۴	۱/۹	۱۷/۹۳	۳	۰	۱۱۹۶/۸	%۲/۷
P4	پراکنده	۶/۶۵	۱۶۶۰	۱۱۷۹	۰	۰/۰۹۸	۱۸/۵	۵	۱/۸	۱۶/۲۵	۴/۵	۰	۱۱۷۱	%۲

۴-۱-۲- بررسی تغییرات پارامترهای هیدروشیمیایی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور

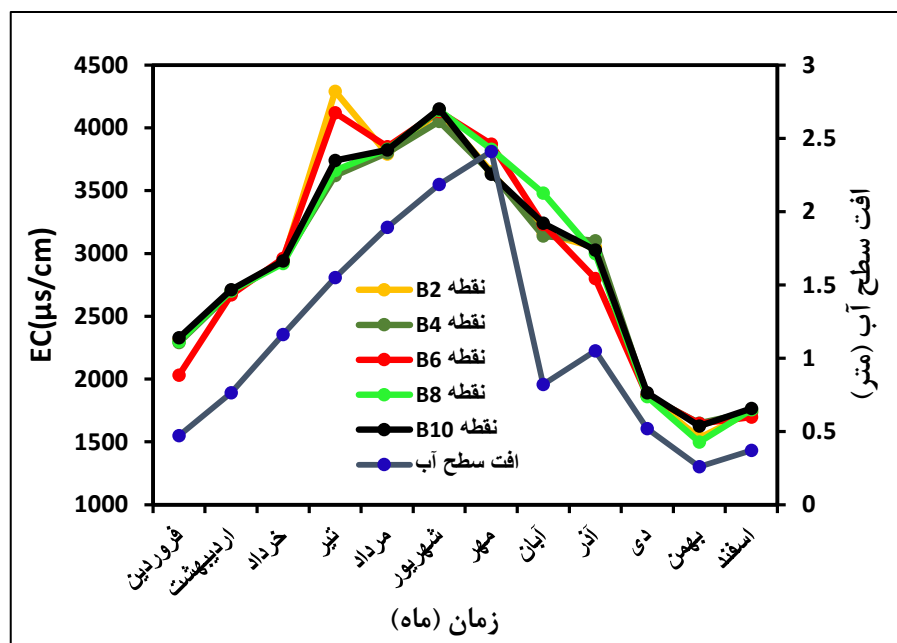
در این قسمت برخی از پارامترهای هیدروشیمیایی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۴-۱-۲-۱- هدایت الکتریکی (EC)

هدایت الکتریکی نشان دهنده توانایی آب برای عبور جریان الکتریکی است که به غلظت یون‌های موجود در آب بستگی داشته و با کل جامدات محلول در آب (TDS) رابطه مستقیم دارد. (Hounslow, 1995). شکل (۴-۱)، تغییرات زمانی EC در محل‌های مختلف اطراف تالاب برم‌شور طی بازه زمانی ۱ ساله را نشان می‌دهد. کمترین مقدار هدایت الکتریکی برابر با ۱۴۹۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و متعلق به نقطه نمونه‌برداری B2 در بهمن ماه ۱۳۹۴ می‌باشد درحالی‌که بیشترین مقدار هدایت الکتریکی با ۴۲۹۰ میکروزیمنس مربوط به نقطه B2 در تیر ماه ۱۳۹۴ است.

با توجه به موقعیت قرارگیری تالاب برم‌شور در بین تپه‌ها و کوه‌های کم ارتفاع سازند گچساران و غالب بودن این سازند تبخیری در منطقه، می‌توان مهم‌ترین و اصلی‌ترین عامل شوری آب تالاب را عملکرد عوامل زمین‌شناسی، بخصوص انحلال گچ و نمک در نظر گرفت. تبخیر از سطح آب و افزایش افت نیز از عوامل مهم و تأثیرگذار بر مقدار هدایت الکتریکی می‌باشند. مطابق شکل (۴-۱)، با افزایش تبخیر و کاهش سطح آب تالاب (افزایش افت) مقدار EC افزایش می‌یابد و بلعکس با کاهش افت از مقدار هدایت الکتریکی کاسته می‌شود. برداشت آب نیز یکی دیگر از عواملی می‌باشد که با افزایش هدایت الکتریکی رابطه مستقیمی دارد. بنابراین با توجه به استفاده از آب تالاب برم‌شور جهت آبیاری اراضی کشاورزی در فاصله زمانی تیر تا مهر

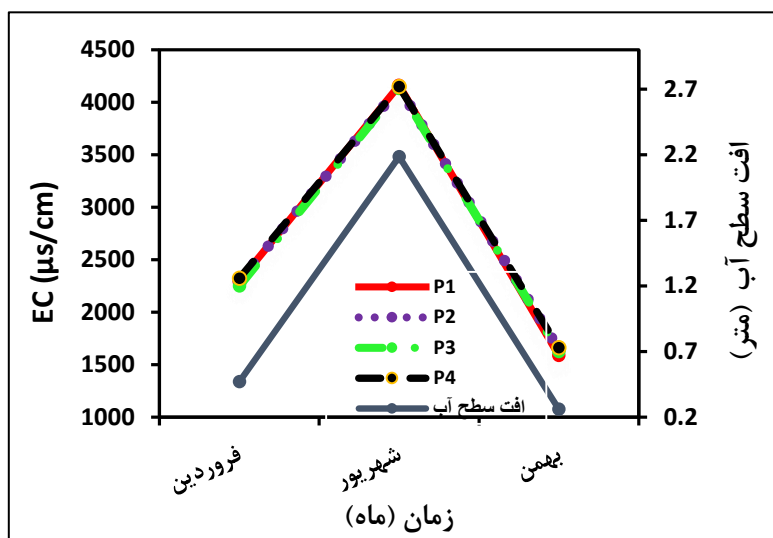
ماه ۱۳۹۴ و همچنین بیشترین تغییرات EC در این بازه زمانی، می‌توان چنین بیان نمود که علاوه بر عملکرد سازندهای زمین‌شناسی و تبخیر بالا، برداشت آب نیز از عوامل مهم و تأثیرگذار بر هدایت الکتریکی است.



شکل ۴-۱- تغییرات زمانی EC در محل‌های مختلف اطراف تالاب برم‌شور طی دوره زمانی ۱ ساله (فروردین تا اسفند ۹۴)

۴-۲-۲- تغییرات هدایت الکتریکی نقاط پراکنده در سطح تالاب

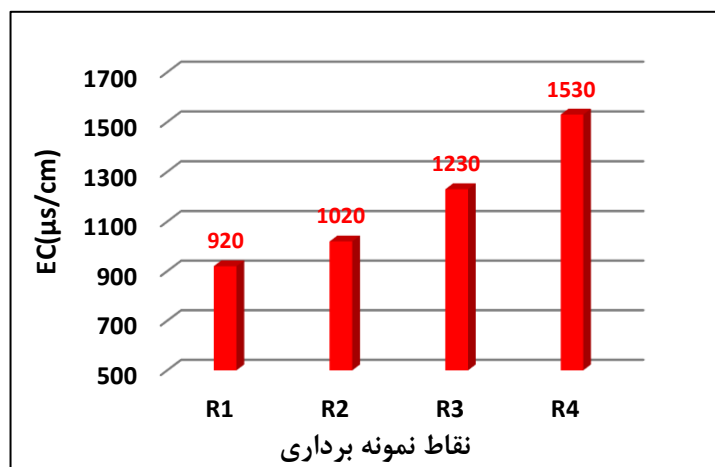
روند تغییرات هدایت الکتریکی نقاط پراکنده از سطح تالاب نیز همانند اطراف تالاب می‌باشد. با توجه به شکل (۴-۲)، قابل مشاهده است که از فروردین تا شهریور ۱۳۹۴، به واسطه انحلال ژئوپس به عنوان مهم‌ترین عامل و از طرفی دیگر به دلیل تبخیر شدید و افزایش افت سطح آب، مقدار هدایت الکتریکی روندی افزایشی داشته، و از مهر تا اسفند نیز به دلیل کاهش تبخیر و بارندگی‌های پراکنده باعث ایجاد روندی کاهشی در مقدار EC آب تالاب شده است. قابل مشاهده است که روند تغییرات EC در ایستگاه‌های مختلف در هر ماه به صورت یکسان می‌باشد که این موضوع ناشی از یکنواختی و گستردگی سازند گچساران در تمام بخش‌های تالاب است.



شکل ۴-۲- تغییرات EC نمونه‌های آب برداشت شده از سطح تالاب برم شور طی دوره زمانی ۱ ساله

۴-۱-۲-۳- تغییرات هدایت الکتریکی نقاط عبوری از سازند گچساران

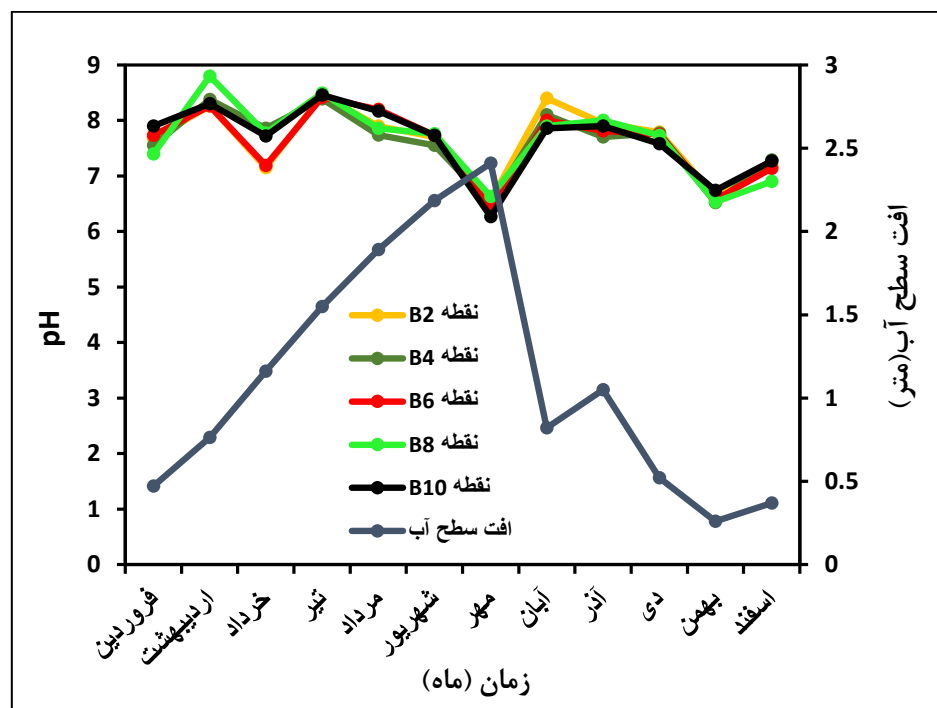
لیتولوژی غالب سازند گچساران سنگ‌های تبخیری ژپسی ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) و تا اندازه‌ای نمکی (NaCl) می‌باشد. سنگ‌های تبخیری دارای انحلال‌پذیری بالایی بوده و در طی تماس با آب حل شده و باعث افزایش مقدار املاح آب می‌شوند. با توجه به قرارگیری تالاب برم شور در محدوده سازند گچساران و همچنین ورود رواناب‌های فصلی از روی سازند گچساران، انتظار می‌رود که نقش اصلی در شوری آب تالاب را وجود سازند تبخیری گچساران و انحلال ژپس ایفا کند. شکل (۴-۳)، نشان دهنده تغییرات هدایت الکتریکی نمونه‌های برداشت شده از آبراهه عبوری است که در فصل بارندگی از بین سازند تبخیری گچساران عبور کرده و وارد تالاب می‌شود. مقدار تغییرات هدایت الکتریکی از نقطه R1 که در بالادست سازند گچساران واقع شده به سمت نقطه R4 که نزدیکترین نقطه به تالاب است روند صعودی داشته و از ۹۲۰ تا ۱۵۳۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغیر می‌باشد. در طول مسیر جریان در اثر انحلال ژپس مقدار شوری آب افزایش یافته و در محل ورودی باعث افزایش شوری تالاب نیز شده است.



شکل ۴-۳- تغییرات EC در آبراهه فصلی ورودی به تالاب از سازند گچساران

۴-۲-۱-۴- تغییرات مقادیر pH در تالاب برم‌شور

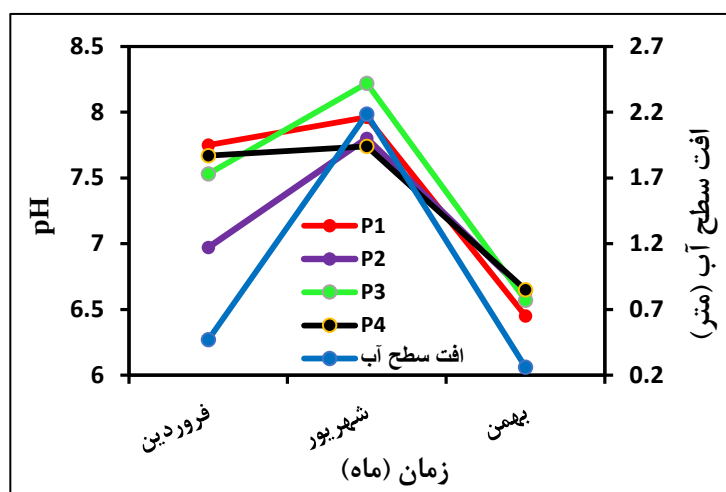
pH رابطه نزدیکی با متغیرهای فیزیکوشیمیایی آب دارد و کنترل‌کننده اصلی حلالیت و رسوبگذاری اکثر ترکیبات فلزی و عناصر انحلال‌پذیر است (Garg et al., 2009). شکل (۴-۴) تغییرات زمانی pH در محل‌های مختلف اطراف تالاب برم‌شور را طی دوره زمانی ۱ ساله نشان می‌دهد. pH نمونه‌های آب از روند خاصی تبعیت نمی‌کند و بین محدوده ۶/۴۲ تا ۸/۸ متغیر می‌باشد. تغییرات سطح آب تالاب تأثیر چشمگیری بر روند حرکتی pH نمونه‌های آب ندارد. با توجه به دامنه تغییرات pH در ماه‌های مختلف قابل مشاهده است که pH آب تالاب برم‌شور در اکثر ماه‌های نمونه‌برداری در رده آب‌های خنثی (pH نزدیک به ۷) قرار می‌گیرد و تنها در برخی از ماه‌های سال بخاطر شرایط خاص منطقه و احتمالاً به دلیل حلالیت یا ته‌نشت برخی کانی‌ها و یون‌های خاص به حالت قلیایی و یا حتی کمی اسیدی تغییر فاز می‌دهد.



شکل ۴-۴- تغییرات زمانی pH در محل‌های مختلف اطراف تالاب برم‌شور در طی دوره زمانی ۱ ساله

۴-۱-۲-۵- تغییرات مقادیر pH در نقاط پراکنده از سطح تالاب

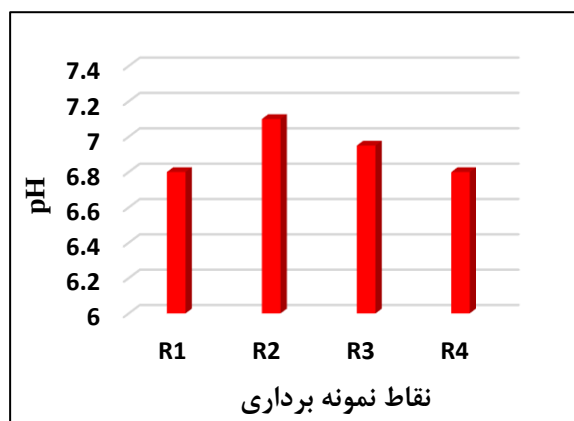
با توجه به شکل (۴-۵)، قابل مشاهده است که، دامنه تغییرات pH در نمونه‌های آب برداشتی از سطح تالاب بین ۶/۴۵ تا ۸/۲۲ متغیر می‌باشد که با توجه به محدوده تغییرات pH در اطراف تالاب می‌توان چنین عنوان نمود که بازه‌ی تغییرات در تمام قسمت‌های تالاب با هم مطابقت دارد و تنها در برخی از فصول سال به دلایل ذکر شده بین محدوده خاصی تغییر می‌کند. با توجه به شکل زیر می‌توان بیان نمود که با افزایش تبخیر و افت سطح آب در فصل تابستان، مقدار pH روند افزایشی داشته و با فرا رسیدن فصل زمستان روندی نزولی پیدا می‌کند.



شکل ۴-۵- تغییرات pH نمونه‌های آب برداشت شده از سطح تالاب برم‌شور

۴-۱-۲-۶- تغییرات pH نقاط عبوری از سازند گچساران

با توجه به شکل (۴-۶)، دامنه تغییرات pH در نمونه‌های عبوری از سازند گچساران، مشابه با سایر نمونه‌های برداشت شده از سطح تالاب می‌باشد و تفاوت چندانی در گستره تغییرات pH دیده نمی‌شود. بنابراین با توجه به اینکه pH در نقاط عبوری از سازند گچساران تفاوتی با سایر محل‌های نمونه‌برداری ندارد، می‌توان چنین اظهار نمود که انحلال، تأثیر چندانی در دامنه تغییرات pH ندارد و به احتمال قوی عامل اصلی این تغییرات تبخیر و شرایط اقلیمی منطقه است.



شکل ۴-۶- مقادیر pH در نمونه‌های آبراهه ورودی از سازند تبخیری گچساران

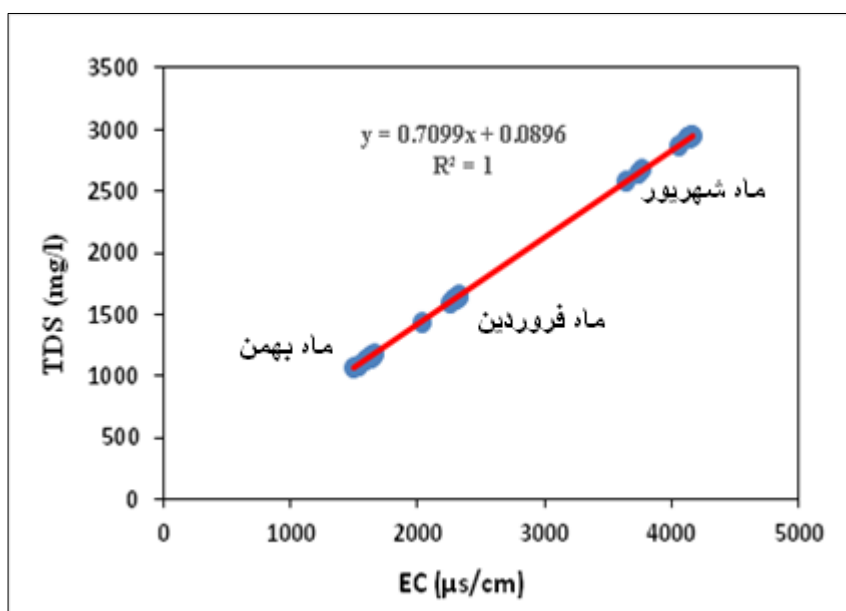
۴-۱-۳- کل مواد جامد محلول (TDS)

به طور کلی میان EC و TDS رابطه خطی وجود دارد (Hounslow, 1995):

$$TDS = EC \times A$$

رابطه ۴-۱

ضریب A دارای تغییراتی بین ۰/۵۵ تا ۰/۷۵ می‌باشد ولی گاهی در برخی از مناطق تا رنج بالاتری نیز قابل تغییر است. بر این اساس، مقدار این ضریب برای منطقه مورد مطالعه برابر با ۰/۷۱ می‌باشد. به طور کلی، جامدات حل شده در آب می‌تواند ناشی از منابع انسانزاد مانند تخلیه فاضلاب‌های خانگی، پساب‌های کشاورزی و عوامل طبیعی از جمله انحلال سازندهای زمین‌شناسی باشد (WHO, 2011). شکل (۴-۷)، رابطه بین هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول را نشان می‌دهد. بازه تغییرات TDS در نمونه‌های مورد مطالعه بین ۶۵۳ تا ۲۹۵۴ با میانگین ۱۹۵۸/۷۶ میلی‌گرم بر لیتر است. بیشترین مقدار TDS مربوط به نمونه P1 (۲۹۵۴ میلی‌گرم بر لیتر) در شهریور ماه و کمترین مقدار TDS مربوط به نمونه R1 (۶۵۳ میلی‌گرم بر لیتر) در فروردین ماه می‌باشد. تبخیر بالا در برخی از ماه‌های سال (شهریور) باعث افزایش هدایت الکتریکی و به تبع روند افزایشی کل جامدات محلول می‌شود. اگر میزان TDS در نمونه آب، بیش از ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، در این صورت امکان رخداد فرآیندهایی چون انحلال سنگ‌های تبخیری، انحلال کربنات‌ها و آلودگی آب وجود دارد (Hounslow, 1995). بنابراین بر اساس اینکه مقدار TDS در همه نمونه‌های برداشت شده از سطح تالاب بیش از ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است و با توجه به رخنمون گسترده سازند تبخیری گچساران و عدم وجود هرگونه فاضلاب و پساب‌های شهری و خانگی به تالاب می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که بالا بودن مقدار TDS در همه نمونه‌ها به علت وجود سازند تبخیری مذکور و فرآیند تبخیر می‌باشد.



شکل ۴-۷- رابطه مقدار EC و TDS در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در سه ماه فروردین، شهریور و بهمن ۱۳۹۴

۴-۱-۴- سختی کل

سختی کل^۱ مقیاسی است که توانایی آب را در واکنش با صابون برای تشکیل کف نشان می‌دهد. اگر چه در مطالعات هیدروشیمیایی آب، این پارامتر اهمیت چندانی ندارد، ولی از نظر کاربردهای مختلف، به ویژه مصارف صنعتی، به دلیل احتمال رسوبگذاری در لوله‌های انتقال آب، حائز اهمیت است. سختی آب به طور معمول به عنوان غلظت کل یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب (برحسب میلی گرم بر لیتر) و بر طبق رابطه (۴-۲) بدست می‌آید (Ravikumar et al., 2013):

$$\text{Total Hardness} = 2.5 (\text{Ca}^{2+}) + 4.1 (\text{Mg}^{2+}) \quad \text{رابطه ۴-۲}$$

بازه تغییرات سختی در نمونه‌های برداشت شده از تالاب برم‌شور، بین ۱۰۷۲/۲ تا ۲۴۴۶/۸ با میانگین ۱۶۳۵/۳ میلی گرم بر لیتر است. بیشترین مقدار سختی کل متعلق به نمونه H3 (۲۴۴۶/۸ میلی گرم بر لیتر) می‌باشد که مربوط به نمونه برداشت شده از عمق ۳ متری در شهریور ماه ۱۳۹۴ است. کمترین مقدار

^۱ Total Hardness

سختی نیز مربوط به نمونه R1 (۷۹۷/۶ میلی گرم بر لیتر) است که متعلق به دوره فروردین ماه می‌باشد. سختی کل در نمونه‌های برداشت شده همانند کل جامدات محلول دارای رنج تغییرات گسترده‌ای می‌باشد که علت آن را می‌توان از یک طرف به دلیل رخنمون سازند تبخیری گچساران و نرخ بالای کلسیم در نمونه‌ها و از طرفی دیگر به واسطه تغییرات فصلی و تبخیر بالا در برخی از فصل‌های سال عنوان کرد. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2008) مطلوب‌ترین مقدار سختی برای مصارف شرب ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر است. رده‌بندی آب بر اساس سختی کل در جدول (۴-۶) ارائه شده است. بر این اساس تمامی نمونه‌های برداشت شده از اطراف، عمق و وسط تالاب برم‌شور در رده آب‌های خیلی سخت قرار می‌گیرند. به طور کلی می‌توان چنین اظهار نظر نمود که عملکرد عوامل زمین‌شناسی به ویژه گسترش سازند تبخیری گچساران در منطقه عامل اصلی سختی بیش از حد در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور است.

جدول ۴-۶- رده‌بندی آب بر اساس سختی کل (Ravikumar et al., 2013)

سختی کل بر اساس میلی گرم بر لیتر CaCO_3	طبقه آب
۷۵ >	نرم
۷۵-۱۵۰	سختی متوسط
۱۵۰-۳۰۰	سخت
۳۰۰ >	خیلی سخت

۴-۱-۵- نمایش نموداری داده‌های هیدروشیمیایی

جهت نمایش داده‌های کیفی نمونه‌های آب از نمودارهای شیمیایی متفاوتی استفاده می‌شود. در این مطالعه جهت بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی از نمودارهای پایپر، دروو و استیف استفاده شد.

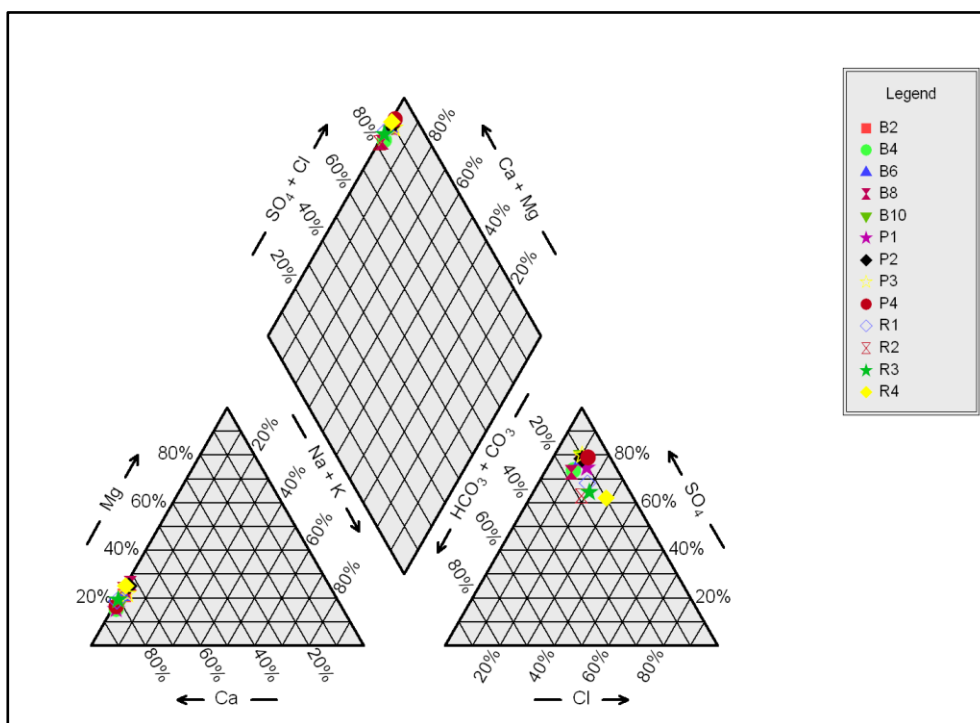
۴-۱-۵-۱- نمودارهای پایپر

نمودارهای پایپر^۱ عمدتاً جهت تعیین نوع آب‌ها، رخساره‌های هیدرووشیمیایی و مسیرهای تکامل ژئوشیمیایی در آبخوان‌ها تهیه می‌گردند. رخساره‌های هیدرووشیمیایی جهت نمایش اختلاف در ترکیب شیمیایی آب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Freeze & Cherry, 1997).

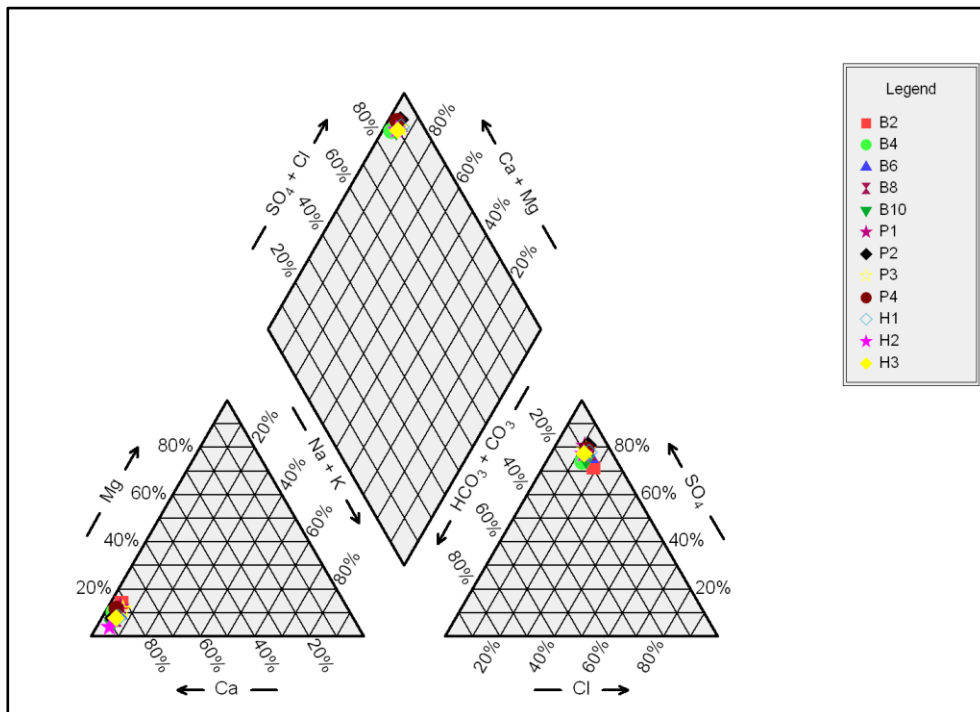
بر اساس نمودارهای پایپر مربوط به نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور قابل مشاهده می‌باشد که آنیون سولفات و کاتیون کلسیم در همه نمونه‌ها غالب است (شکل‌های ۴-۸ و ۴-۹). با توجه به این نمودارها، در نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه میزان عناصر قلیایی خاکی بیش از عناصر قلیایی بوده و اسیدهای قوی بیش از اسیدهای ضعیف می‌باشد. رخساره‌های این منطقه نشان می‌دهند که فرآیند هیدرووشیمیایی حاکم بر تالاب برم‌شور، وجود سازند تبخیری گچساران و انحلال ژیپس است.

بر اساس نمودارهای پایپر در شکل‌های (۴-۸ و ۴-۹) که مربوط به دوره‌های آماری فروردین و شهریور می‌باشد، تمام نمونه‌های آب برداشت شده از اطراف تالاب برم‌شور (B2-B4-B6-B8-B10)، نمونه‌های پراکنده از سطح تالاب (P1-P2-P3-P4)، نمونه‌های عبوری از آبراهه ورودی سازند گچساران (R1-R2-R3-) و همچنین نمونه‌های عمقی (H1، H2 و H3)، دارای تیپ آب سولفات و رخساره کلسیک می‌باشند که می‌توان علت آن را به واسطه انحلال رگه‌های ژیپس موجود در لایه‌های مارنی سازند گچساران و در نتیجه افزایش مقدار سولفات در آب تالاب تفسیر نمود. همچنین شایان به ذکر است که تبخیر بالا در منطقه، ته‌نشست و جایگزینی برخی از عناصر و کانی‌ها نیز می‌تواند دلیل دیگری بر غالب بودن تیپ سولفات - کلسیک در محدوده مطالعاتی باشد.

^۱ Piper



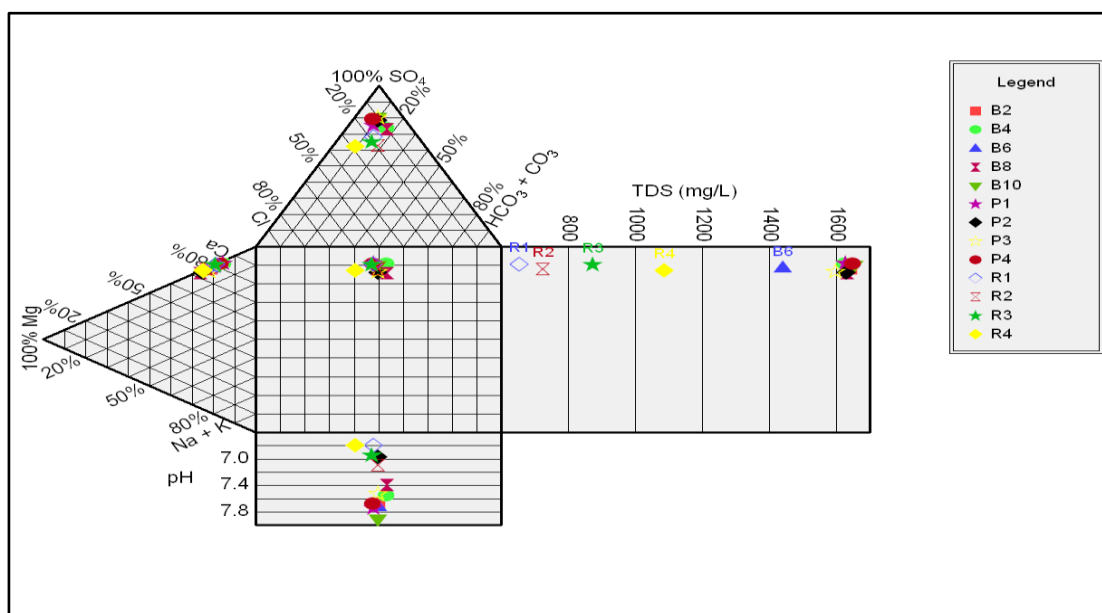
شکل ۴-۸- نمودار پایپر نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در فروردین ماه ۹۴



شکل ۴-۹- نمودار پایپر نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در شهریور ماه ۹۴

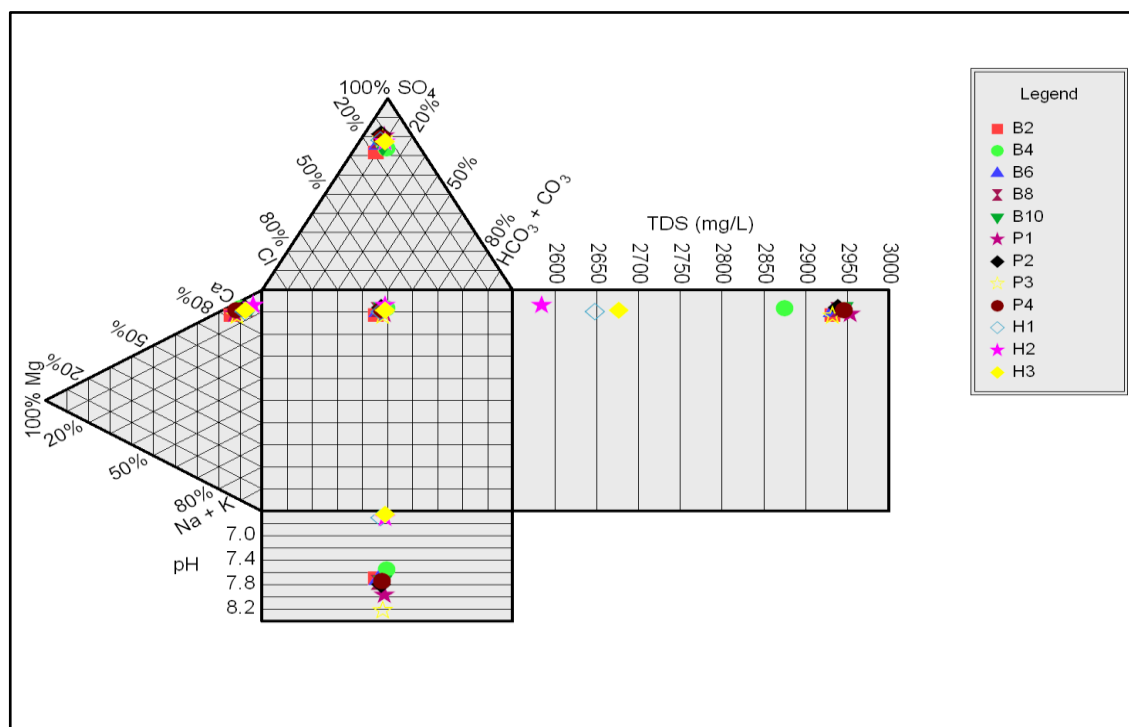
۴-۱-۵-۲- نمودارهای دروو

برای تفسیر بهتر نمونه‌های آب از نمودار دروو^۱ استفاده گردید. این نمودار شکل پیشرفته نمودار پایپر است که جهت بررسی همزمان نسبت‌های یونی با غلظت کل جامدات محلول و pH نمونه‌های آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نمودارهای دروو نمونه‌های آب مورد مطالعه، مثلث کاتیونی و آنیونی، غلظت کل جامدات محلول و pH در نظر گرفته شده است. در این نمودار مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های عمده آب بر حسب meq/l می‌باشند. با توجه به این نمودارها تیپ غالب در منطقه مورد مطالعه سولفات کلسیک می‌باشد، که دلیل غالب بودن این تیپ آب، به واسطه رخنمون گسترده سازند گچساران در منطقه و انحلال ژپس است. نمونه‌های آب برداشتی از تالاب برم‌شور در دوره‌های آماری مختلف از نظر مجموع املاح تفاوت قابل توجهی را نشان می‌دهند ولی دارای منشاء یکسانی می‌باشند که منعکس کننده تأثیرپذیری یکنواخت از عوامل شوری در منطقه است (شکل‌های ۴-۱۰ و ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۰- نمودار دروو ماه فروردین

¹ Durov

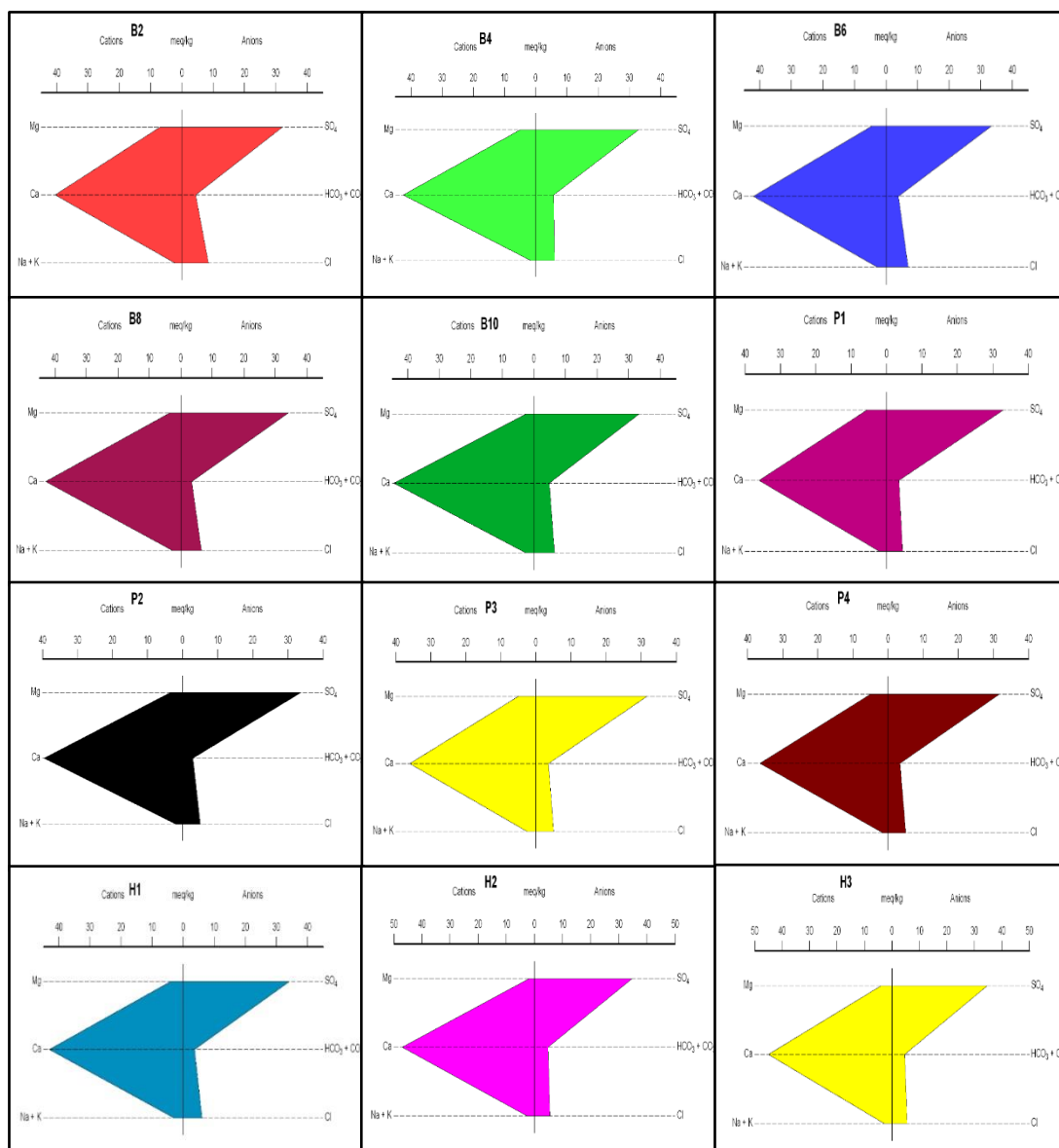


شکل ۴-۱۱- نمودار درو ماه شهریور

۴-۱-۵-۳- نمودارهای استیف

در نمودار استیف^۱، هر نمونه آب به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این نمودار غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها بر حسب meq/l بر روی خطوط افقی قرار می‌گیرد. هر چه مساحت شکل بدست آمده بیشتر باشد، غلظت املاح موجود در آب بیشتر خواهد بود (Hounslow, 1995). نمودارهای استیف تفاوت‌های موجود در رخساره‌های هیدروشیمیایی و غلظت کل جامدات محلول نمونه‌های آب را نمایان می‌سازد. نتایج بدست آمده از این نمودار می‌تواند مؤید نتایج بدست آمده از سایر نمودارها باشد. بر همین اساس با استفاده از نرم افزار AQqa نمودارهای استیف نمونه‌های برداشت شده برای دوره آماری شهریور تهیه گردید شکل (۴-۱۲).

¹ Sttif



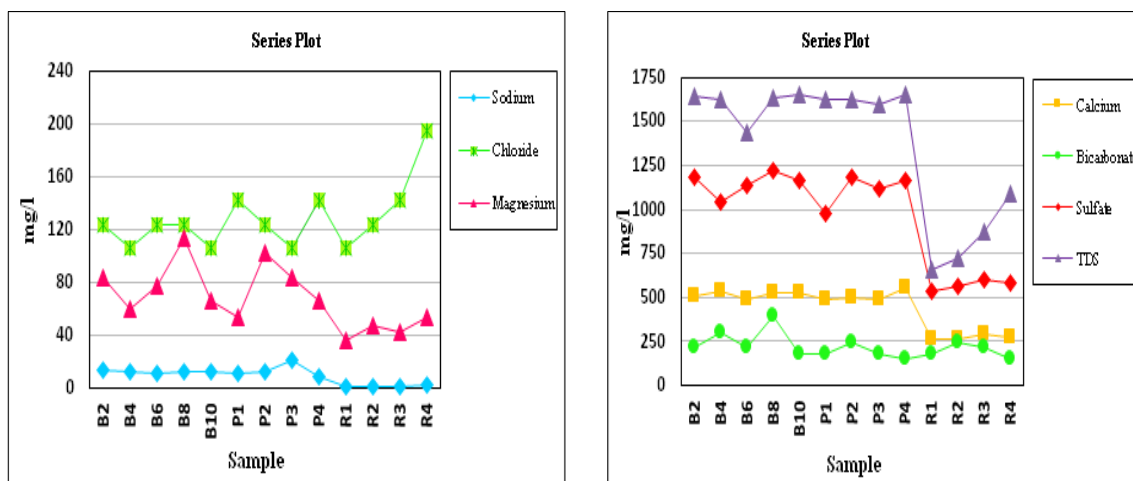
شکل ۴-۱۲- نمودارهای استیف نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در شهریور ماه ۹۴

شکل (۴-۱۲)، نمودارهای استیف، نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در شهریور ماه را نشان می‌دهد. قابل مشاهده است که کاتیون غالب کلسیم و آنیون غالب تمام نمونه‌ها سولفات می‌باشد. نمودارهای استیف مربوط به ماه‌های فروردین و بهمن نیز همانند شهریور ماه بوده و تیپ آب از نوع سولفات - کلسیک می‌باشد. هیچ تغییری در تیپ آب نمونه‌های برداشت شده در طی دوره‌های آماری مختلف دیده نمی‌شود و تنها تغییر در

مقدار و مساحت یون‌های غالب کلسیم و سولفات تحت اثر عوامل مختلف قابل مشاهده می‌باشد. نمودارهای استیف شهریور ماه از نظر مساحت و مقدار یون‌های کلسیم و سولفات به نسبت فروردین ماه بیشتر بوده و بنابراین باعث افزایش جامدات محلول و همچنین هدایت الکتریکی نیز می‌شود که علت این امر را می‌توان ناشی از ته‌نشست کلسیت و همچنین تبخیر شدید در منطقه عنوان نمود.

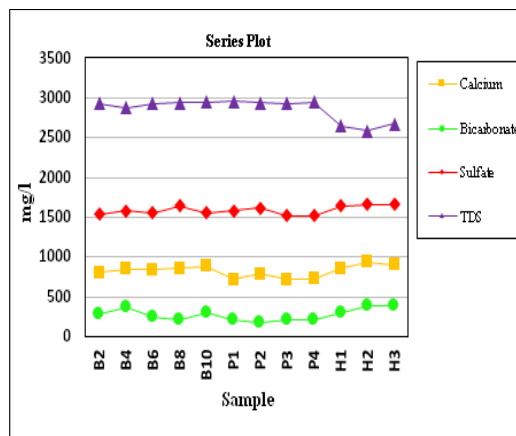
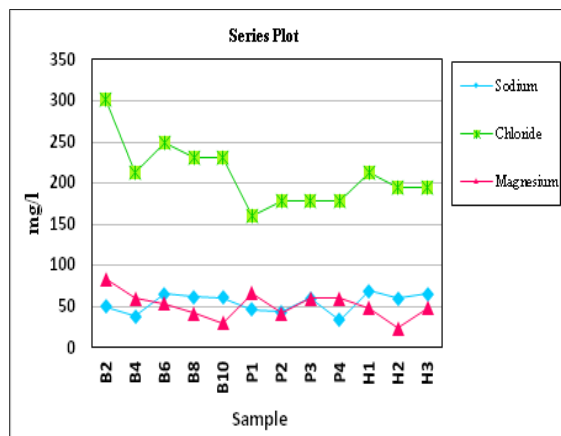
۴-۱-۶- تغییرات مکانی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور

تغییرات مکانی ابزار مفیدی جهت بررسی تغییرات یون‌های موجود در نمونه‌های آب، در بخش‌های مختلف یک منطقه می‌باشند. به منظور بررسی روند تغییرات یون‌های کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات، سدیم، سولفات، کلراید و همچنین املاح جامد محلول در بخش‌های مختلف تالاب برم‌شور، نمودار سری مکانی یون‌های مذکور در سه دوره فروردین، شهریور و بهمن ماه ترسیم و مورد بررسی قرار گرفت (شکل‌های ۴-۱۳، ۴-۱۴ و ۴-۱۵).

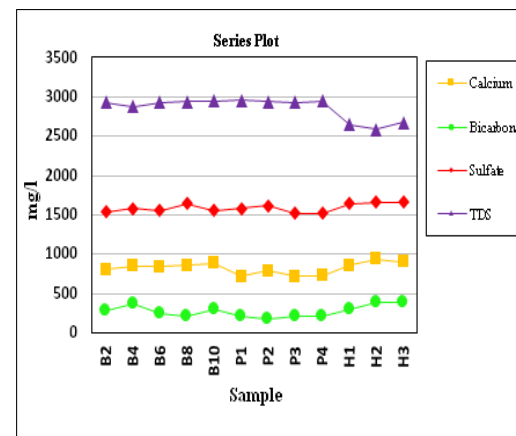
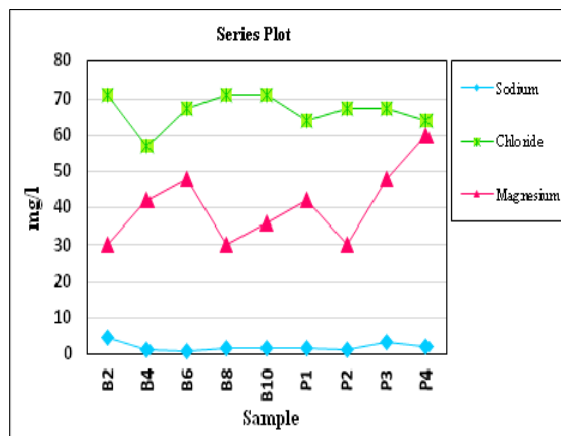


شکل ۴-۱۳- سری مکانی عناصر عمده و مجموع املاح آب تالاب برم‌شور در فروردین ماه ۹۴

در فرودین ماه با توجه به شکل (۴-۱۳)، یون‌های منیزیم، کلسیم و سولفات بیشترین تغییرات را در نمونه‌های آب تالاب نشان می‌دهند، درحالی‌که کمترین مقدار در بین یون‌ها مربوط به یون سدیم می‌باشد. روند همه یون‌ها در نمونه‌های مربوط به آبراهه ورودی از سازند گچساران (R1 تا R4) با نمونه‌های خود تالاب متفاوت می‌باشد به طوری که مقادیر اکثر یون‌ها بجز کلراید، کمتر از غلظت نمونه‌های تالاب است. تغییرات یون‌های بی‌کربنات و کلسیم در اکثر نمونه‌ها تقریباً مشابه است و غلظت آن‌ها در مکان‌های مختلف تالاب یکسان می‌باشد.



شکل ۴-۱۴- سری مکانی عناصر عمده و مجموع املاح آب تالاب برم‌شور در شهریور ماه ۹۴



شکل ۴-۱۵- سری مکانی عناصر عمده و مجموع املاح آب تالاب برم‌شور در بهمن ماه ۹۴

با توجه به شکل (۴-۱۴)، که نشانگر تغییرات مکانی عناصر عمده و مجموع املاح آب تالاب برم‌شور در شهریور ماه است، می‌توان چنین بیان نمود که روند تغییرات یون‌های کلسیم، بی‌کربنات و سولفات در همه محل‌های نمونه برداری یکسان می‌باشد که این امر به دلیل یکنواختی و گستردگی سازند تبخیری گچساران در منطقه است. از طرفی در این دوره روند تغییرات سدیم و کلراید به نسبت فروردین ماه بیشتر می‌باشد. بیشترین مقدار هر دو یون متعلق به نمونه B2 می‌باشد که در بخش شمالی تالاب واقع شده است. شکل (۴-۱۵)، نشان‌دهنده تغییرات مکانی عناصر عمده و مجموع املاح آب در بهمن ماه می‌باشد. بیشترین مقدار سولفات و کلسیم مربوط به نمونه P2 و کمترین مقدار این دو یون متعلق به نمونه B4 می‌باشد، که در بخش غربی تالاب واقع شده است. بیشترین روند تغییرات در بهمن ماه مربوط به منیزیم است. بیشترین غلظت بی‌کربنات مربوط به نمونه P4 و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه B2 می‌باشد، که در بخش شمالی تالاب قرار دارد. مقدار سدیم نیز همانند شهریور ماه از روندی تقریباً یکنواخت تبعیت می‌کند. به طور کلی نحوه تغییرات غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم مشابه با یون سولفات است، که این موضوع نشان‌دهنده فرآیند انحلال ژئوپس می‌باشد. از طرفی الگوی تغییرات یون‌های کلسیم و سولفات از الگوی تغییرات مجموع املاح پیروی می‌کند که این امر نشان‌دهنده آن است که یکی از دلایل افزایش مجموع املاح در آب تالاب انحلال ژئوپس است.

۴-۱-۷- فرآیندهای ژئوشیمیایی حاکم بر تالاب برم‌شور

در بررسی فرآیندهای ژئوشیمیایی تالاب برم‌شور از نمایه‌های اشباع، نمودار ترکیبی و نمودارهای تبادلات یونی استفاده شده است.

۴-۱-۷-۱- محاسبه نمایه‌های اشباع با استفاده از کد کامپیوتری PHREEQC

جهت محاسبه نمایه‌های اشباع نمونه‌های آب تالاب برم‌شور، مدل‌سازی اجزاء تعادلی ترکیب شیمیایی آب‌ها با استفاده از کد کامپیوتری PHREEQC صورت گرفته است. برای هر کدام از نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دوره‌های نمونه‌برداری مختلف یک مدل اجزاء تعادلی تهیه گردیده است. مقادیر نمایه‌های اشباع کلسیت، دولومیت، ژیپس، انیدریت و هالیت نمونه‌های آب تالاب برای سه دوره آماری مربوط به ماه‌های فروردین، شهریور و بهمن با استفاده از نتایج مدل‌سازی ژئوشیمیایی از طریق کد PHREEQC تهیه و در جداول (۷-۴، ۸-۴ و ۹-۴) ارائه گردیده است. شکل‌های (۴-۱۶، ۴-۱۷ و ۴-۱۸) نمودارهای مقادیر شاخص‌های اشباع مختلف را نسبت به سولفات نشان می‌دهد.

همه نمونه‌های برداشت شده از تالاب در دوره نمونه‌برداری فروردین ماه نسبت به انیدریت و هالیت تحت اشباع می‌باشند. همچنین تمام نمونه‌های تالاب نسبت به شاخص کلسیت، دولومیت، ژیپس و آراگونیت فوق اشباع هستند. در نمونه‌های آبراهه عبوری (R1، R2، R3، R4) نیز همانند نمونه‌های تالاب، نسبت به مقادیر انیدریت، هالیت و ژیپس تحت اشباع بوده، اما نسبت به نمایه‌های آراگونیت، کلسیت و دولومیت حالت‌های مختلف تحت اشباع، فوق اشباع و حتی به صورت تعادلی است. نمایه‌های اشباع انیدریت، آراگونیت و کلسیت در شهریور ماه بر خلاف نمونه‌های مربوط به بهمن ماه که تماماً به صورت تحت اشباع می‌باشند، فوق اشباع هستند. همه نمونه‌های مربوط به دو دوره آماری شهریور و بهمن نسبت به هالیت تحت اشباع می‌باشند درحالی‌که به نسبت ژیپس فوق اشباع هستند. نمایه اشباع دولومیت نیز در نمونه‌های مربوط به شهریور ماه بجز نمونه‌های عمقی H1 و H2 فوق اشباع و در همه نمونه‌های فروردین ماه همانند نمونه‌های عمقی به صورت تحت اشباع می‌باشند. حداقل و حداکثر اندیس‌های اشباع انیدریت در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در سه دوره آماری فروردین، شهریور و بهمن به ترتیب برابر با (۰/۴۲- و ۰/۰۱-)، (۰/۱۵ و ۰/۲۶-)، (۰/۲۳- و ۰/۰۹-) و این مقادیر برای آراگونیت به ترتیب برابر با (۰/۲۲- و ۱/۰۹)، (۰/۲۸ و ۱/۵)،

(۰/۶۵ و ۰/۰۲-) محاسبه شده است. همچنین حداقل و حداکثر اندیس اشباع کلسیت به ترتیب برابر با (۰/۰۸ و ۱/۲۳)، (۰/۴۳ و ۱/۶۵)، (۰/۵ و ۰/۱۳) برآورد شده است. بیشترین و کمترین نمایه‌های اشباع ژیپس در فروردین ماه برابر با (۰/۲۱ و ۰/۲۰-)، در شهریور ماه (۰/۴۸ و ۰/۳۷) و در بهمن ماه نیز برابر با (۰/۱۳ و ۰/۰۱) می‌باشند درحالی‌که این مقادیر برای هالیت به ترتیب برابر با (۵/۷۷- و ۷/۳۳-)، (۴/۹۴- و ۵/۳۷-)، (۶/۶۱- و ۷/۴۱) محاسبه شده است.

جدول ۴-۷- مقادیر نمایه‌های اشباع در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در فروردین ماه ۹۴

شماره	انیدریت	آراگونیت	کلسیت	دولومیت	ژیپس	هالیت
B2	-۰/۰۲	۰/۹۳	۱/۰۷	۱/۷	۰/۲	-۵/۸۸
B4	-۰/۰۴	۱	۱/۱۴	۱/۶۷	۰/۱۸	-۵/۹۹
B6	-۰/۰۴	۰/۹۷	۱/۱۱	۱/۷۶	۰/۱۸	-۵/۹۷
B8	-۰/۰۲	۰/۹۳	۱/۰۷	۱/۸۲	۰/۲	-۵/۹۵
B10	-۰/۰۱	۱/۰۹	۱/۲۳	۱/۸۹	۰/۲۱	-۵/۹۹
P1	-۰/۰۷	۰/۹۴	۱/۰۹	۱/۵۶	۰/۱۵	-۵/۹۱
P2	-۰/۰۴	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۵	۰/۱۸	-۵/۹۲
P3	-۰/۰۵	۰/۷۱	۰/۸۶	۱/۲۸	۰/۱۷	-۵/۷۷
P4	-۰/۰۱	۰/۸۱	۰/۹۵	۱/۳۲	۰/۲۲	-۶/۰۷
R1	-۰/۴۳	-۰/۱۵	۰	-۰/۵۲	-۰/۲	-۷/۳۳
R2	-۰/۴۲	۰/۲۷	۰/۴۱	۰/۴۳	-۰/۲	-۶/۸۸
R3	-۰/۳۶	۰/۱	۰/۲۴	-۰/۰۲	-۰/۱۴	-۶/۶۹
R4	-۰/۴۱	-۰/۲۲	-۰/۰۸	-۰/۵۲	-۰/۱۹	-۶/۵۳

جدول ۴-۸- مقادیر نمایه‌های اشباع در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در شهریور ماه ۹۴

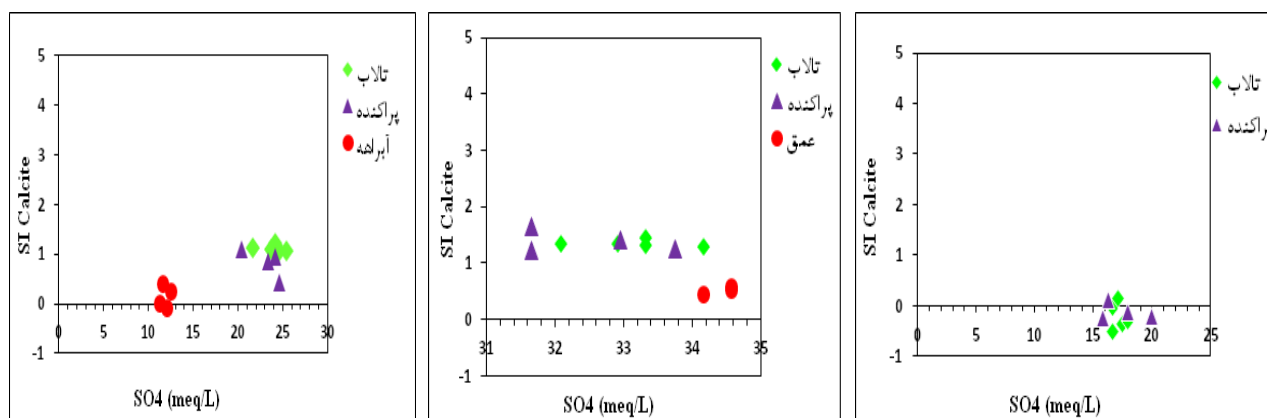
شماره	انیدریت	آراگونیت	کلسیت	دولومیت	ژپس	هالیت
B2	۰/۱۷	۱/۱۹	۱/۳۳	۲/۰۲	۰/۳۹	-۴/۹۸
B4	۰/۲۰	۱/۱۸	۱/۳۳	۱/۸۵	۰/۴۲	-۵/۲۴
B6	۰/۲۱	۱/۱۷	۱/۳۲	۱/۷۸	۰/۴۳	-۴/۹۴
B8	۰/۲۳	۱/۱۵	۱/۲۹	۱/۶۲	۰/۴۵	-۵
B10	۰/۲۳	۱/۲۹	۱/۴۴	۱/۷۴	۰/۴۵	-۵
P1	۰/۱۷	۱/۲۷	۱/۴۲	۲/۱۳	۰/۳۹	-۵/۲۸
P2	۰/۲۱	۱/۰۹	۱/۲۴	۱/۵۴	۰/۴۳	-۵/۲۶
P3	۰/۱۵	۱/۵	۱/۶۵	۲/۵۵	۰/۳۷	-۵/۱۲
P4	۰/۱۶	۱/۰۸	۱/۲۳	۱/۷۱	۰/۳۸	-۵/۳۷
H1	۰/۲۲	۰/۲۸	۱/۴۳	-۰/۰۶	۰/۴۴	-۴/۹۸
H2	۰/۲۶	۰/۴۳	۰/۵۷	-۰/۱۱	۰/۴۸	-۵/۰۹
H3	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۵۱	۰/۰۸	۰/۴۶	-۵/۰۵

جدول ۴-۹- مقادیر نمایه‌های اشباع در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در بهمن ماه ۹۴

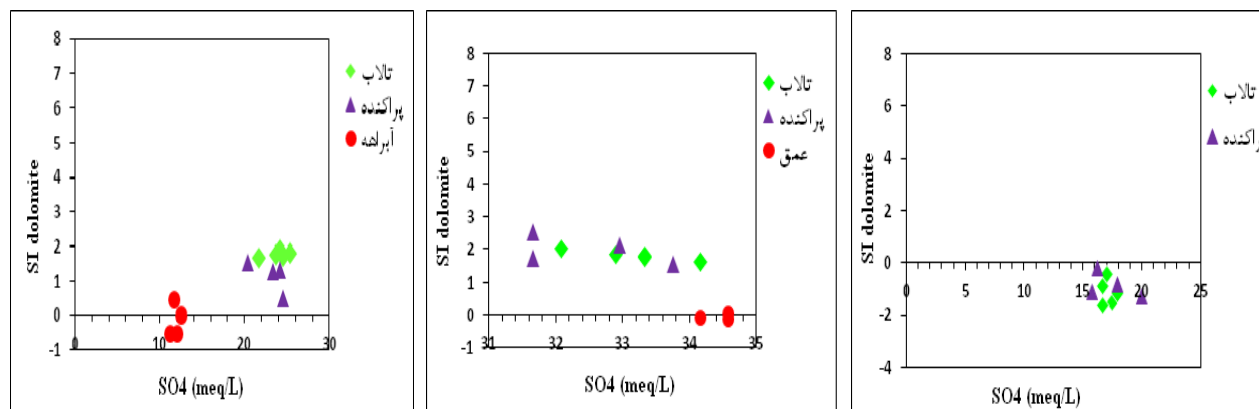
شماره	انیدریت	آراگونیت	کلسیت	دولومیت	ژپس	هالیت
B2	-۰/۱۵	-۰/۴۹	-۰/۳۵	-۱/۵۰	۰/۰۷	-۶/۶۱
B4	-۰/۲۰	-۰/۶۵	-۰/۵	-۱/۶۰	۰/۰۲	-۷/۲۳
B6	-۰/۱۷	-۰/۴۵	-۰/۳۱	-۱/۱۹	۰/۰۵	-۷/۴۱
B8	-۰/۱۹	-۰/۲۰	-۰/۰۵	-۰/۸۷	۰/۰۳	-۷/۰۴
B10	-۰/۱۶	-۰/۰۲	۰/۱۳	-۰/۴۶	۰/۰۶	-۷/۰۶
P1	-۰/۲۰	-۰/۳۸	-۰/۲۴	-۱/۱	۰/۰۲	-۷/۱۱
P2	-۰/۰۹	-۰/۳۶	-۰/۲۲	-۱/۲۷	۰/۱۳	-۷/۲۲
P3	-۰/۱۶	-۰/۲۷	-۰/۱۳	-۰/۸۴	۰/۰۶	-۶/۷۷
P4	-۰/۲۳	-۰/۰۴	۰/۱۱	-۰/۲۳	۰/۰۱	-۶/۹۴

در مورد آب تالاب برم‌شور می‌توان بیان نمود که وجود سازند تبخیری گچساران در منطقه به عنوان عامل اصلی افزایش کلسیم و منیزیم تالاب و همچنین کانی‌های تبخیری ژپس و انیدریت در بخش لهری و سازند گچساران که در جهت جریان انحلال می‌یابند و وارد تالاب می‌شوند، نهایتاً سبب افزایش رسوب کلسیم و منیزیم می‌شوند. بنابراین طبق نتایج می‌توان گفت که در محدوده تالاب برم‌شور انحلال کانی‌های مثل هالیت، ژپس و انیدریت صورت می‌گیرد، درحالی‌که رسوبگذاری و ته‌نشست در کانی‌های کلسیت و دولومیت انجام می‌گیرد.

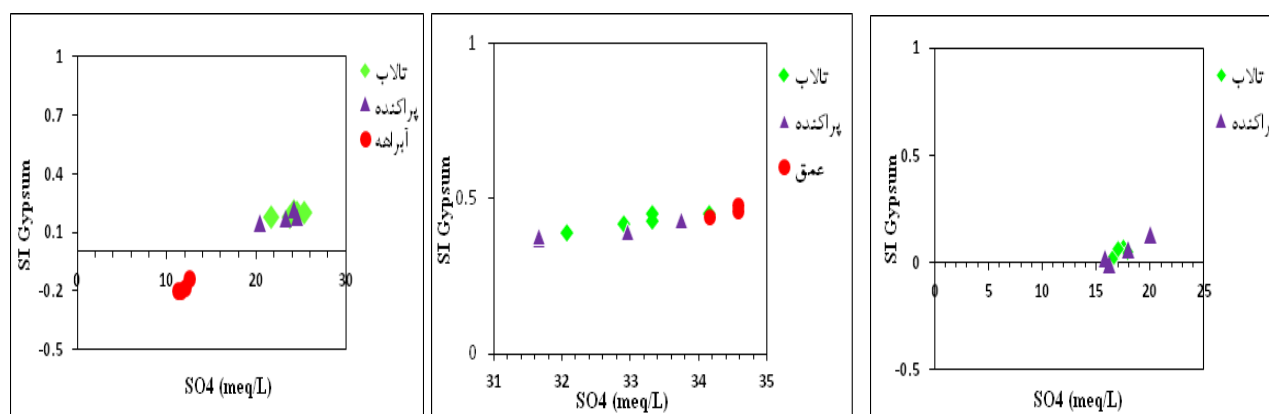
با توجه به نمودارهای دو متغیره بین شاخص اشباع کلسیت، دولومیت و ژپس در مقابل آنیون سولفات قابل مشاهده است که بین غلظت یون‌ها در دو دوره آماری فروردین و بهمن همبستگی خوبی وجود دارد. این همبستگی بین تمام نمونه‌های تالاب و آبراهه قابل مشاهده است. از طرفی دیگر در شهریور ماه به دلیل همبستگی پایین بین شاخص‌های اشباع و آنیون سولفات این احتمال می‌رود که علاوه بر انحلال ژپس عامل دیگری مانند تبخیر در تغییرات اشباع این کانی‌ها مؤثر بوده است (شکل‌های ۴-۱۶، ۴-۱۷ و ۴-۱۸).



شکل ۴-۱۶- تغییرات نمایه اشباع کلسیت آب تالاب برم‌شور در برابر یون سولفات در فروردین ماه (سمت چپ)، شهریور ماه (وسط) و بهمن ماه (سمت راست)



شکل ۴-۱۷- تغییرات نمایه اشباع دولومیت آب تالاب برم‌شور در برابر یون سولفات در فروردین ماه (سمت چپ)، شهریور ماه (وسط) و بهمن ماه (سمت راست)

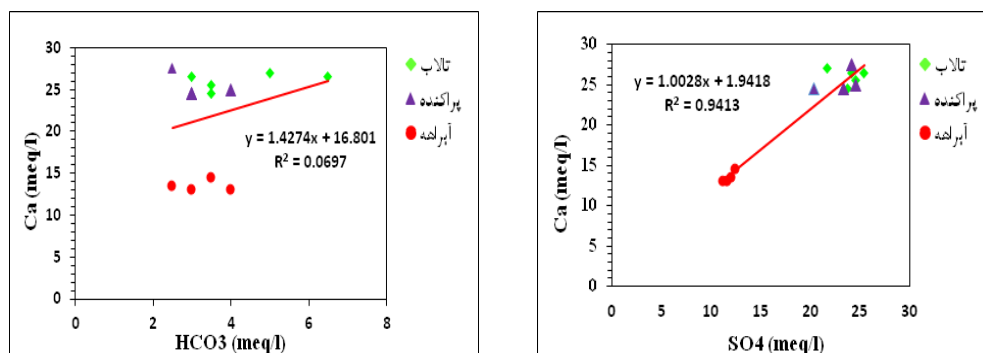


شکل ۴-۱۸- تغییرات نمایه اشباع ژیپس آب تالاب برم‌شور در برابر یون سولفات در فروردین ماه (چپ)، شهریور ماه (وسط) و بهمن ماه (راست)

در تالاب برم‌شور با افزایش غلظت سولفات مقادیر نمایه اشباع ژیپس نمونه‌های آب نیز افزایش می‌یابد. همبستگی بالایی در هر دو دوره آماری (فروردین و بهمن) بین شاخص اشباع ژیپس و آنیون سولفات وجود دارد که نشان دهنده این است که انحلال ژیپس مهم‌ترین عامل در تغییرات اشباع این کانی می‌باشد.

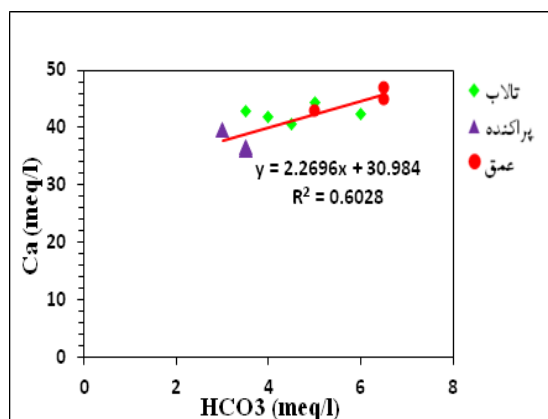
۴-۱-۷-۲- نمودارهای ترکیبی

نمودارهای ترکیبی وسیله‌ای برای نمایش اطلاعات حاصل از آنالیزهای شیمیایی هستند. در مطالعات هیدروژئوشیمی برای تشخیص نوع فرآیندهای شیمیایی و تعیین منشاء و اختلاط آب‌ها از نمودارهای ترکیبی یا دو متغیره استفاده می‌شود (Mazor, 2004). جهت تعیین فرآیندهای ژئوشیمیایی حاکم بر تالاب برم‌شور نمودارهای ترکیبی با استفاده از یون‌های سولفات، بی‌کربنات و کلسیم نمونه‌های آب، ترسیم شده است. در شکل (۴-۱۹)، (الف، ب، پ)، نمودار پراکندگی غلظت سولفات در مقابل کلسیم طی سه دوره آماری ترسیم شده است. همه نمونه‌ها در طی سه دوره آماری در امتداد و روی خط تعادل قرار گرفته‌اند. یون کلسیم با سولفات رابطه مستقیمی نشان می‌دهد که نشانگر انحلال ژئیس در منطقه می‌باشد. در شهریور ماه نسبت به دو دوره آماری دیگر، مقدار کلسیم روند افزایشی بیشتری داشته که می‌تواند دلیل بر این باشد که کلسیم علاوه بر ژئیس دارای منشاء دیگری مانند انحلال کربنات کلسیم نیز می‌باشد. رابطه کلسیم در مقابل بی‌کربنات گویای این مطلب است، به طوری که در شهریور ماه کلسیم با بی‌کربنات رابطه مستقیمی داشته و دلیل بر انحلال کربنات کلسیم می‌باشد. از طرفی در ماه‌های فروردین و بهمن به دلیل غالب بودن سازند ژئوسی گچساران، مقدار بی‌کربنات ورودی به تالاب کم بوده است.

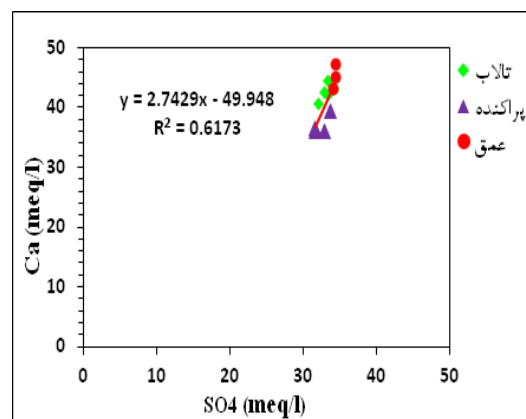


الف: نمودار ترکیبی سولفات در مقابل کلسیم (فروردین ماه) ت: نمودار بی‌کربنات در مقابل کلسیم (فروردین ماه)

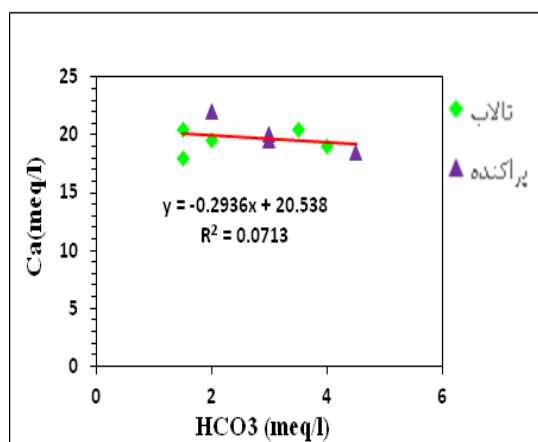
شکل ۴-۱۹- نمودارهای ترکیبی سولفات و بی‌کربنات در مقابل کلسیم در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور طی سه دوره آماری



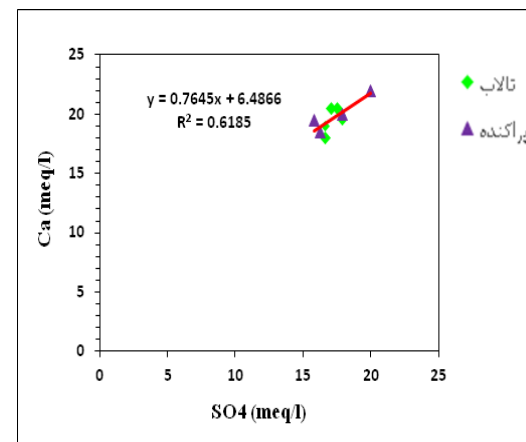
ث: نمودار ترکیبی بی‌کربنات در مقابل کلسیم (شهریور ماه)



ب: نمودار ترکیبی سولفات در مقابل کلسیم (شهریور ماه)



ج: نمودار ترکیبی بی‌کربنات در مقابل کلسیم (بهمن ماه)



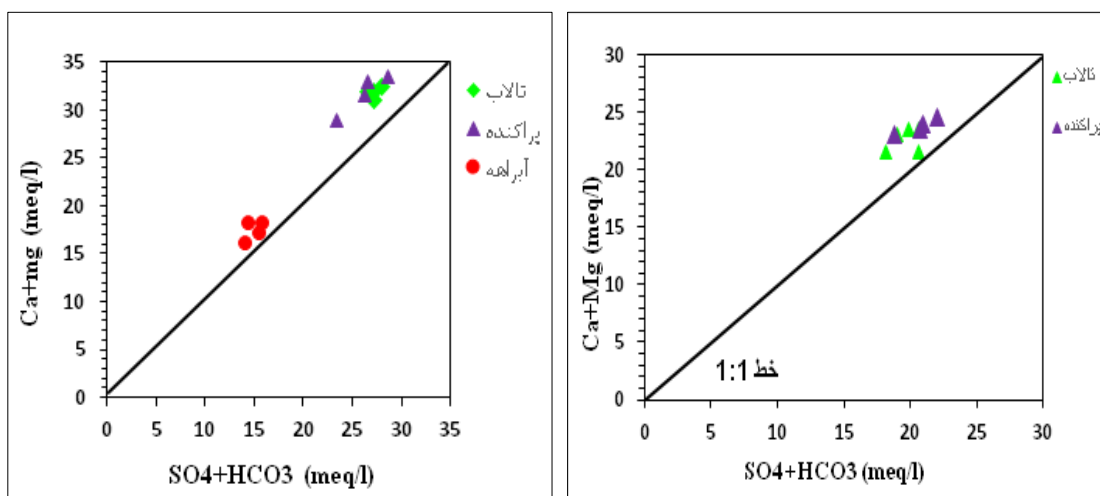
پ: نمودار ترکیبی سولفات در مقابل کلسیم (بهمن ماه)

ادامه شکل ۴-۱۹: نمودارهای ترکیبی سولفات و بی‌کربنات در مقابل کلسیم در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور طی سه دوره آماری

۴-۱-۷-۳- تبادلات یونی

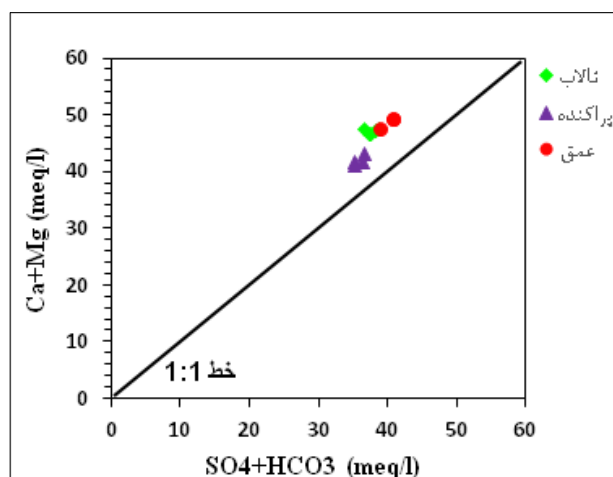
برای تعیین فرآیندهای تبادل یونی و تبادل یونی معکوس در طی سه دوره آماری (ماه‌های فروردین، شهریور و بهمن) سه نمودار ترکیبی با استفاده از توابع بین متشکل‌های شیمیایی متأثر از فرآیند تبادل یونی تهیه گردیده است. شکل (۴-۲۰)، نمودارهای دو متغیره $Ca+Mg$ در مقابل SO_4+HCO_3 نشان می‌دهد. خط ۱:۱ نشان دهنده فرآیندهای انحلال کلسیت، دولومیت و ژپس می‌باشد. نمونه‌هایی که در بالای خط ۱:۱

قرار می‌گیرند دارای تبادل یونی معکوس هستند، و نمونه‌هایی که در زیر خط قرار می‌گیرند نشان دهنده این است که فرآیند تبادل یونی در آن‌ها صورت گرفته است. تقریباً همه نمونه‌های آب تالاب برم‌شور، نمونه‌های عمقی و عبوری از آبراهه، در هر سه دوره آماری در بالای خط ۱:۱ قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده فرآیند تبادل یونی معکوس در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.



ب: فروردین ماه

الف: بهمن ماه



پ: شهریور ماه

شکل ۴-۲۰- نمودارهای دو متغیره $Ca+mg$ در مقابل $SO_4 + HCO_3$ در سه دوره آماری

۴-۱-۸- نمودار گیبس

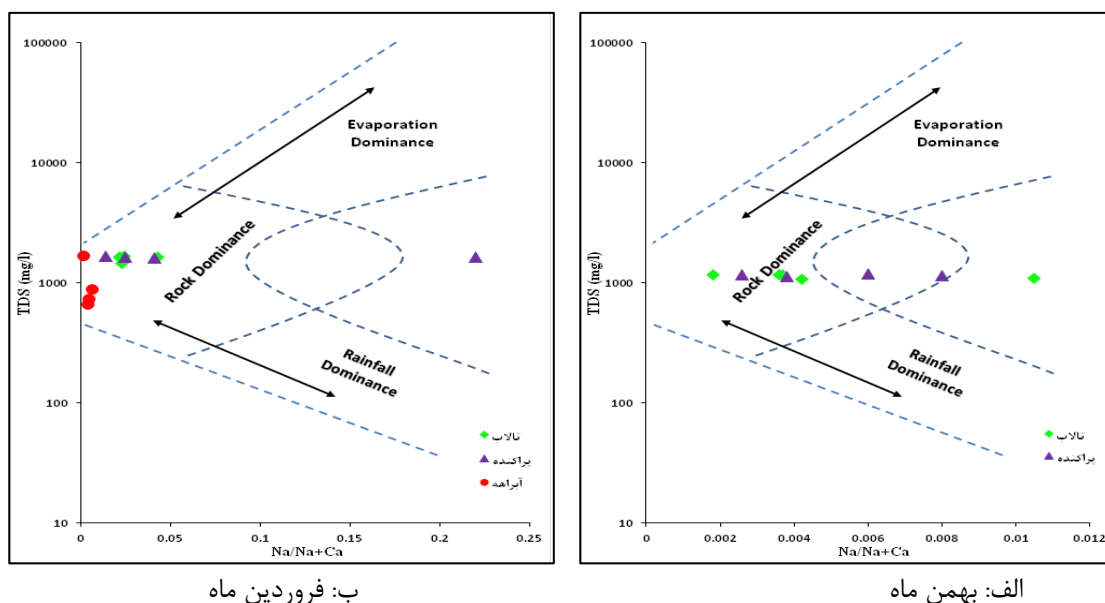
به منظور بررسی تأثیر لیتولوژیکی سنگ‌های مؤثر بر کیفیت منابع آب، تعیین سازوکار حاکم بر جریان آب‌های زیرزمینی و سطحی، ترکیب یون‌های اصلی موجود در منابع آب از نمودار گیبس^۱ استفاده می‌شود. طبق نظر (Langmuir, 1997) ترکیب آب‌های زیرزمینی توسط سه پارامتر تعیین خواهد شد:

۱- وقتی که بارندگی عامل اصلی و غالب می‌باشد.

۲- واکنش‌هایی که سنگ روند واکنش را تحت کنترل دارد.

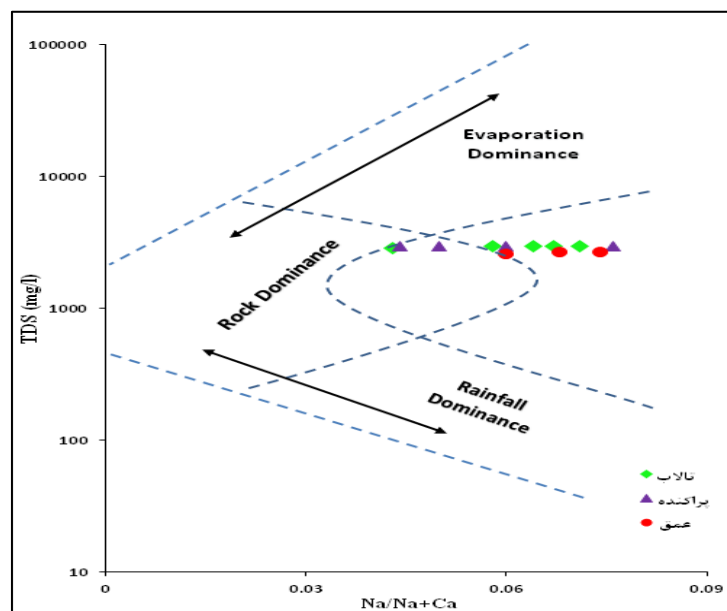
۳- وقتی که کیفیت منابع آب تحت تأثیر تبخیر قرار می‌گیرد.

شکل (۴-۲۱)، نمودار گیبس نمونه‌های آب برداشت شده از قسمت‌های مختلف تالاب برم‌شور در طی سه دوره آماری را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۱- نمودار گیبس نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در طی سه دوره آماری

¹ Gibbs



پ: شهرپور ماه

ادامه شکل ۴-۲۱- نمودار گیبس نمونه‌های آب تالاب برم شور در طی سه دوره آماری

با توجه به نمودارهای گیبس در هر سه دوره آماری، مهم‌ترین فرآیند مؤثر در ترکیب شیمیایی آب تالاب در اکثر نمونه‌ها، هوازدگی و انحلال سازندها (واکنش متقابل آب و سنگ) است.

۴-۱-۹- قابلیت مصرف شرب و کشاورزی آب تالاب برم شور

تعیین کیفیت آب برای مصارف مختلف به معیارها و استانداردهای کیفی آب بستگی دارد و تنها از طریق استانداردهای موجود می‌توان آب‌های با کیفیت خوب را از آب‌های با کیفیت بد متمایز کرد. لازم به ذکر است که کیفیت امری نسبی است و استانداردهای تعیین شده از سوی سازمان‌های مختلف، بسته به شرایط اقلیمی، اقتصادی، جغرافیایی و غیره با یکدیگر تفاوت دارند. با توجه به اینکه آب تالاب گاهاً برای آبیاری اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این قسمت از پژوهش نیز سعی بر این می‌باشد که آب

تالاب از لحاظ قابلیت مصرف شرب و کشاورزی مورد ارزیابی قرار گیرد، بدین منظور از جدول‌های استاندارد و دیاگرام ویلکوکس برای ارزیابی کیفیت آب استفاده شده است.

۴-۱-۹-۱- قابلیت مصرف شرب

تقسیم‌بندی شولر^۱ یکی از معیارهای طبقه‌بندی آب از لحاظ شرب است (احمدنژاد، ۱۳۹۰). این تقسیم‌بندی و معیارهای استاندارد کیفیت آب شرب در جدول (۴-۱۰) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۰- معیارهای استاندارد کیفیت آب شرب طبق تقسیم‌بندی شولر (برحسب میلی‌گرم بر لیتر)، (احمدنژاد، ۱۳۹۰)

رده	کیفیت آب	TDS	TH	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
۱	خوب	<۵۰۰	<۲۵۰	<۱۱۵	<۱۷۵	<۱۴۵
۲	قابل قبول	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۵۰-۵۰۰	۱۱۵-۲۳۰	۱۷۵-۳۵۰	۱۴۵-۲۸۰
۳	نامناسب	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۳۰-۴۶۰	۳۵۰-۷۰۰	۲۸۰-۵۸۰
۴	بد	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۴۶۰-۹۲۰	۷۰۰-۱۴۰۰	۵۸۰-۱۱۵۰
۵	قابل شرب در شرایط اضطراری	۴۰۰۰-۸۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۹۲۰-۱۸۴۰	۱۴۰۰-۲۸۰۰	۱۱۵۰-۲۲۴۰
۶	غیر قابل شرب	>۸۰۰۰	>۴۰۰۰	>۱۸۴۰	>۲۸۰۰	>۲۲۴۰

طبق این جدول و نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های آب تالاب در دو دوره آماری مربوط به ماه‌های فروردین و شهریور (جدول‌های ۴-۱۱ و ۴-۱۲)، با اختصاص دادن اعداد ۱ تا ۶ به رده هر پارامتر، نوع آب نمونه‌برداری شده از نظر آن پارامتر مشخص و بالاترین رده به عنوان رده آب از لحاظ شرب در نظر گرفته شد.

¹ Schuler

فصل چهارم: مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی تالاب برم شور

جدول ۴-۱۱- معیارهای استاندارد کیفیت آب شرب تالاب برم شور در فروردین ماه ۹۴ (برحسب میلی گرم بر لیتر)

کد نمونه	TDS	TH	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	کیفیت آب
B2	۳	۴	۱	۱	۵	۵
B4	۳	۴	۱	۱	۴	۴
B6	۳	۴	۱	۱	۴	۴
B8	۳	۴	۱	۱	۵	۵
B10	۳	۴	۱	۱	۵	۵
P1	۳	۴	۱	۱	۴	۴
P2	۳	۴	۱	۱	۵	۵
P3	۳	۴	۱	۱	۴	۴
P4	۳	۴	۱	۱	۵	۵
R1	۲	۳	۱	۱	۳	۳
R2	۲	۳	۱	۱	۳	۳
R3	۲	۳	۱	۱	۴	۴
R4	۳	۳	۱	۲	۴	۴

۱: خوب ۲: قابل قبول ۳: نامناسب ۴: بد ۵: قابل شرب در شرایط اضطراری ۶: غیر قابل شرب

جدول ۴-۱۲- معیارهای استاندارد کیفیت آب شرب تالاب برم شور در شهریور ماه ۹۴ (بر حسب میلی گرم بر لیتر)

کد نمونه	TDS	TH	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	کیفیت آب
B2	۴	۵	۱	۲	۵	۵
B4	۴	۵	۱	۲	۵	۵
B6	۴	۵	۱	۲	۵	۵
B8	۴	۵	۱	۲	۵	۵
B10	۴	۵	۱	۲	۵	۵
P1	۴	۵	۱	۱	۵	۵
P2	۴	۵	۱	۲	۵	۵
P3	۴	۵	۱	۲	۵	۵
P4	۴	۵	۱	۲	۵	۵

۱: خوب ۲: قابل قبول ۳: نامناسب ۴: بد ۵: قابل شرب در شرایط اضطراری ۶: غیر قابل شرب

به دلیل بالا بودن مقدار سولفات در تمام نمونه‌های تالاب در مقایسه با حد مجاز استاندارد، هیچ یک از نمونه‌های آب تالاب کیفیت مناسب را برای مصارف شرب ندارند، به طوری که همه نمونه‌های مورد مطالعه در رده ۴ و ۵ قرار می‌گیرند. به دلیل کمبود آب در منطقه مورد مطالعه و با توجه به اینکه غلظت کلر در تمام نمونه‌ها پایین‌تر از حد مجاز آب شرب می‌باشد، می‌توان استفاده از آب تالاب را در شرایط کاملاً ضروری مناسب توصیف نمود. نمونه‌های مربوط به آبراهه ورودی، از لحاظ مقدار املاح محلول و سختی آب، مناسب‌تر می‌باشند. بنابراین با توجه به غلظت پایین برخی از یون‌ها در آب بارش، می‌توان نمونه‌های آبراهه ورودی را تا قبل از انحلال ژئوپس و رسیدن به تالاب (نمونه‌های R1 و R2) در رده آب‌هایی مناسب شرب، البته در شرایط اضطراری و در مقایسه با نمونه‌های خود تالاب در نظر گرفت.

در نمونه‌های مربوط به شهرپور ماه به دلیل بالا بودن مقدار سولفات نسبت به استاندارد کیفیت آب شرب، تمام نمونه‌های برداشتی از بخش‌های مختلف تالاب از لحاظ شرب نامناسب می‌باشند و تماماً در رده ۵ قرار می‌گیرند. با مقایسه نمونه‌های مربوط به دو دوره آماری فروردین و شهریور می‌توان مشاهده نمود که مقادیر کلر، املاح محلول و سختی آب افزایش یافته است که دلیل این امر را می‌توان ناشی از افزایش تبخیر و افت سطح آب به دلیل برداشت و ته‌نشست در نظر گرفت. بنابراین نمونه‌های شهرپور ماه از لحاظ استاندارد آب شرب شرایط نامناسب‌تری داشته، اما با توجه به حد مجاز استاندارد، قابل استفاده در شرایط کاملاً اضطراری می‌باشند.

۴-۹-۱-۲- کیفیت آب از لحاظ کشاورزی (آب آبیاری)

در آب آبیاری به میزان قابل توجهی یون‌های محلول وجود دارد که از طریق فیزیکی و شیمیایی روی گیاهان و خاک کشاورزی تأثیر می‌گذارد و باعث کاهش بهره‌وری می‌شود. بر اثر تأثیرات فیزیکی، این یون‌ها فشار اسمزی داخل سلول‌های گیاهی را کم و مانع رسیدن آب به شاخ و برگ گیاه می‌شوند. همچنین از نظر

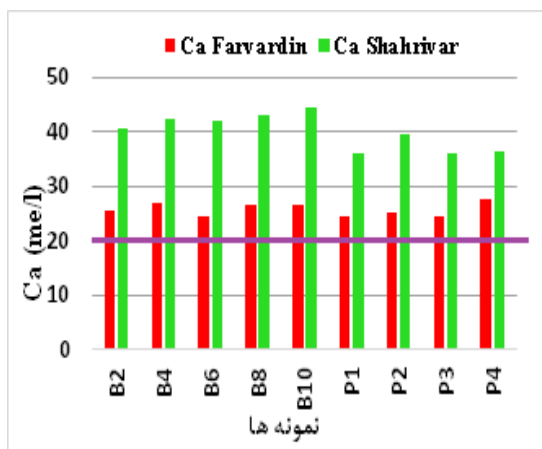
شیمیایی نیز باعث برهم زدن متابولیسم گیاه می‌شود (حسینی، ۱۳۹۳). از این رو برای مقایسه غلظت برخی از عناصر عمده با استانداردهای آب آبیاری تالاب برم‌شور در دو دوره آماری، با توجه به جدول (۴-۱۳)، هیستوگرام عناصر عمده برای دو دوره آماری ترسیم و مقایسه شده است (شکل ۴-۲۲).

میزان املاح جامد محلول در تمام نمونه‌های مربوط به فروردین ماه کمتر از حد مجاز استاندارد آب آبیاری (دامنه ۰ تا ۲۰۰۰) می‌باشد، در حالیکه در شهریور ماه با توجه به افزایش شوری به دلیل تبخیر بالا و اثر سازند گچی مجاور مقدار TDS در تمام نمونه‌ها بیش از حد مجاز استاندارد است.

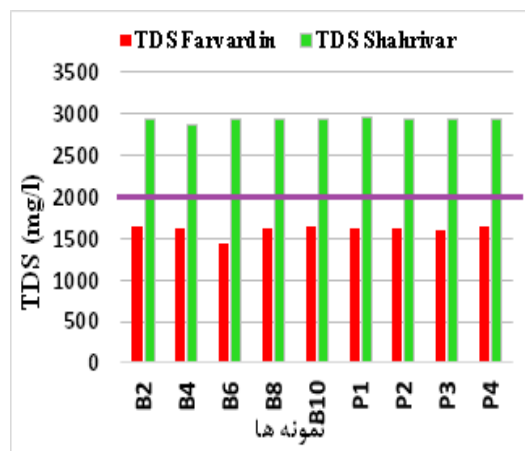
جدول ۴-۱۳- اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی مورد لزوم برای ارزیابی مسائل معمولی کیفیت آب آبیاری (حسینی، ۱۳۹۳)

پارامترهای آب	علائم قراردادی	واحد	دامنه معمول در آب آبیاری
هدایت الکتریکی	EC	$\mu\text{s/cm}$	۰ تا ۳۰۰۰
مجموع املاح جامد	TDS	mg/l	۰ تا ۲۰۰۰
کلسیم	Ca^{2+}	meq/l	۰ تا ۲۰
منیزیم	Mg^{2+}	meq/l	۰ تا ۵
سدیم	Na^{+}	meq/l	۰ تا ۴۰
کربنات	CO_3^{-2}	meq/l	۰ تا ۰/۱
بی‌کربنات	HCO_3^{-}	meq/l	۰ تا ۱۰
کلراید	Cl^{-}	meq/l	۰ تا ۳۰
سولفات	SO_4^{-2}	meq/l	۰ تا ۲۰
پتاسیم	K^{+}	meq/l	۰ تا ۲
اسیدی-بازی	pH	۱-۱۴	۶ تا ۸/۵
نسبت جذب سدیم	SAR	meq/l	۰ تا ۱۵

شکل (۴-۲۲)، نمودار مقایسه مقادیر مجموع املاح محلول و عناصر عمده موجود در نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه با مقادیر مجاز آبیاری در دو دوره آماری فروردین و شهریور را نشان می‌دهد. در اکثر نمونه‌های فروردین ماه مقدار منیزیم بیشتر از شهریور ماه می‌باشد، که احتمالاً ناشی از انحلال $MgSO_4$ در منطقه است. نمونه‌های آب مربوط به شهریور ماه بجز نمونه‌های B2 و P1 دارای دامنه مجاز برای آبیاری هستند در حالیکه در فروردین ماه تنها نمونه‌های P1 و B4 چنین شرایطی دارند و سایر نمونه‌ها دارای مقدار منیزیم بیش از حد غلظت مجاز برای کشاورزی می‌باشند. مقدار کلسیم نیز در هر دوره آماری فروردین و شهریور بیش از حد مجاز آبیاری بوده که این مقدار در شهریور ماه به مراتب بیش‌تر از فروردین ماه می‌باشد و شرایط لازم برای آبیاری اراضی کشاورزی را ندارد. میزان سدیم، کلر و بی‌کربنات در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در هر دو دوره آماری برای آب کشاورزی منطقه مورد مطالعه در محدوده مجاز قرار گرفته است. مقدار سولفات نیز در هر دو دوره آماری، بیش از حداکثر غلظت مجاز برای کشاورزی است. از طرفی مقدار سولفات در شهریور ماه همانند مقدار کلسیم، بیشتر از فروردین ماه می‌باشد که این امر احتمالاً به دلیل شرایط اقلیمی و زمین‌شناسی منطقه است.

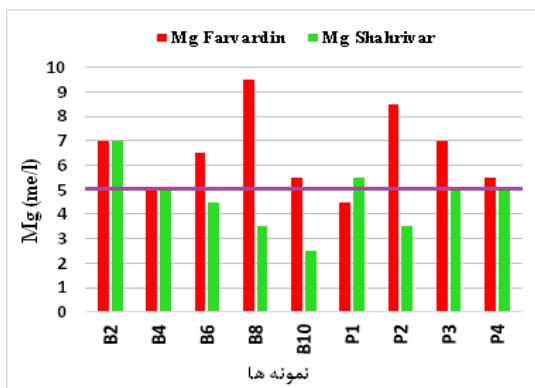


ب) مقایسه مقادیر کلسیم با مقادیر مجاز آب آبیاری

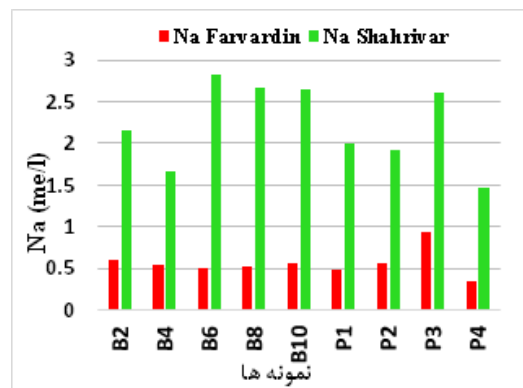


آ) مقایسه مقادیر املاح محلول با مقادیر مجاز آب آبیاری

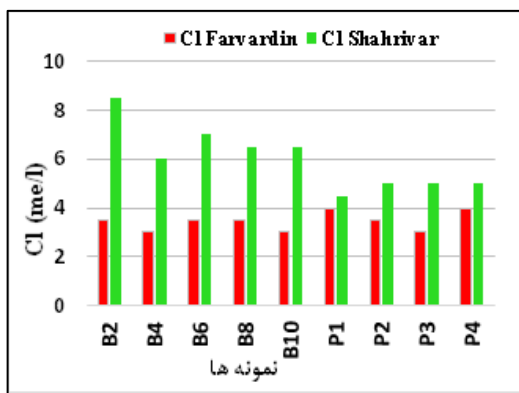
شکل ۴-۲۲ - نمودارهای مقایسه مقادیر مجموع املاح و عناصر عمده موجود در آب‌های مورد مطالعه با مقادیر مجاز آبیاری



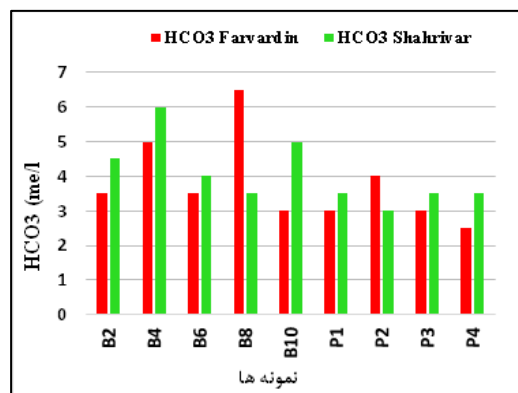
ت) مقایسه مقادیر منیزیم با مقادیر مجاز آب آبیاری



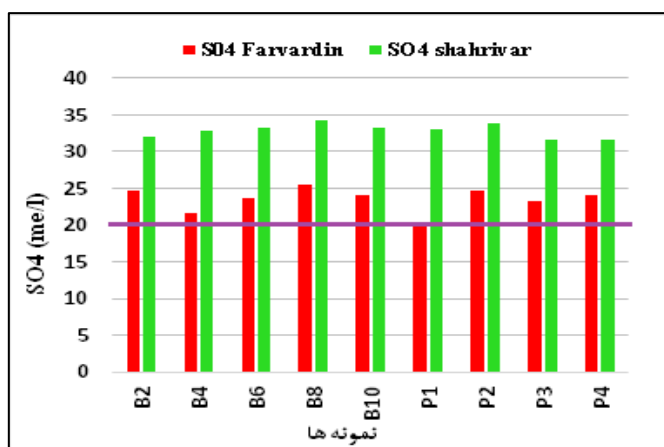
پ) مقایسه مقادیر سدیم با مقادیر مجاز آب آبیاری



ج) مقایسه مقادیر کلر با مقادیر مجاز آب آبیاری



ث) مقایسه مقادیر بی‌کربنات با مقادیر مجاز آب آبیاری



چ) مقایسه مقادیر سولفات با مقادیر مجاز آب آبیاری

ادامه شکل ۴-۲۲ - نمودارهای مقایسه مقادیر مجموع املاح و عناصر عمده موجود در آب‌های مورد مطالعه با

مقادیر مجاز آبیاری

۴-۱-۱۰- بررسی پارامترهای مهم کیفیت آب آبیاری

در این قسمت سعی بر شناخت نسبی کیفیت آب آبیاری تالاب برم‌شور شده است. که با استفاده از روابط مخصوص برخی از مهم‌ترین پارامترهای آب آبیاری محاسبه شده است.

مولفه‌های مهم آب آبیاری بر اساس روابط (۳-۴) تا (۸-۴) به ترتیب زیر محاسبه گردیده است.

۱-نسبت جذب سدیم (SAR^1) با استفاده از فرمول ارائه شده توسط (Richards, 1954)، (رابطه ۳-۴) محاسبه شد.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{Ca^{2+} + Mg^{2+}}/2} \quad \text{رابطه ۳-۴}$$

۲- میزان درصد سدیم محلول ($\%Na^+$) بر اساس رابطه (۴-۴) محاسبه گردید.

$$\%SSP = \frac{Na + K \times 100}{Ca + Mg + K + Na} \quad \text{رابطه ۴-۴}$$

۳- مقدار بی‌کربنات سدیم باقی مانده ($RSBC^2$) طبق رابطه (۵-۴)، که توسط (Gupta, 1978) ارائه شده محاسبه شد.

$$RSBC = HCO_3^- - Ca^{2+} \quad \text{رابطه ۵-۴}$$

۴- شاخص نفوذپذیری (PI^3) توسط معادله (Doneen, 1964) محاسبه گردید (رابطه ۶-۴).

$$PI = \frac{Na + \sqrt{HCO_3 \times 100}}{Ca + Mg + Na} \quad \text{رابطه ۶-۴}$$

¹ Sodium Adsorption Ratio

² Residual Sodium Carbonate

³ Permeability Index

۵- نسبت جذب منیزیم (MAR^1) از طریق رابطه‌ای که توسط (Raghunath, 1987) به دست می‌آید.

$$MAR = \frac{Mg \times 100}{Ca + Mg} \quad \text{رابطه ۷-۴}$$

۶- نسبت کلایز^۲ نیز براساس رابطه پیشنهادی (Kelly, 1963) قابل محاسبه می‌باشد.

$$kR = \frac{Na}{Ca + Mg} \quad \text{رابطه ۸-۴}$$

جدول ۴-۱۴- مقادیر استاندارد برخی پارامترهای کیفی آب آبیاری (حسینی، ۱۳۹۳)

رده	RSBC (meq/l)	SAR	%SSP	قابلیت آب آبیاری
۱	< ۱/۲۵	< ۱۰	< ۲۰	خیلی خوب
۲	۱/۲۵-۲/۲۵	۱۰-۱۸	۲۰-۴۰	خوب
۳	> ۲/۵	۱۸-۲۶	۴۰-۸۰	بد
۴	-	> ۲۶	> ۸۰	خیلی ضعیف

¹ Magnesium Adsorption Ratio

² Kellys Ratio

جدول ۴-۱۵- برخی پارامترهای کیفی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در فروردین ماه ۹۴

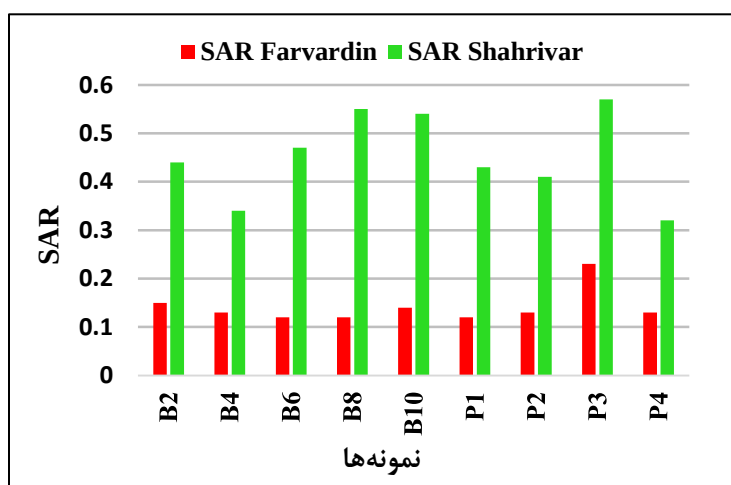
علامت اختصاری	SAR	%SSP	TDS (mg/l)	EC (μ s/cm)	KR (meq/l)	RSBC (meq/l)	% MAR	% PI
B2	۰/۱۵	۱/۹	۱۶۴۲	۲۳۱۳	۰/۰۱۹	-۲۲	۲۱/۵۴	۰/۵۸
B4	۰/۱۳	۱/۷	۱۶۲۶	۲۲۹۰	۰/۰۱۷	-۲۲	۱۵/۶۲	۰/۷
B6	۰/۱۲	۱/۶۱	۱۴۴۱	۲۰۳۰	۰/۰۱۶	-۲۱	۲۱	۰/۶
B8	۰/۱۲	۱/۵	۱۶۳۲	۲۲۹۹	۰/۰۱۴	-۲۰	۲۶/۴	۰/۹۸
B10	۰/۱۴	۱/۷۵	۱۶۵۴	۲۳۳۰	۰/۰۱۷	-۲۳/۵	۱۷/۱۹	۰/۵۵
P1	۰/۱۲	۱/۶۹	۱۶۲۸	۲۲۹۳	۰/۰۱۷	-۲۱/۵	۱۵/۵	۰/۶
P2	۰/۱۳	۱/۶۷	۱۶۲۹	۲۲۹۵	۰/۰۱۷	-۲۱	۲۵/۴	۰/۶
P3	۰/۲۳	۲/۹۵	۱۵۹۸	۲۲۵۰	۰/۰۲۹	-۲۱/۵	۲۲	۰/۵۶
P4	۰/۱۳	۱/۰۶	۱۶۴۸	۲۳۲۲	۰/۰۱۱	-۲۵	۱۷	۰/۴۸

جدول ۴-۱۶- برخی پارامترهای کیفی نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در شهریور ماه ۹۴

علامت اختصاری	SAR	%SSP	TDS (mg/l)	EC (μ s/cm)	KR (meq/l)	RSBC (meq/l)	% MAR	% PI
B2	۰/۴۴	۴/۵۴	۲۹۳۲	۴۱۳۰	۰/۰۴۵	-۳۶	۱۴/۷	۰/۴۷
B4	۰/۳۴	۳/۵	۲۸۷۵	۴۰۵۰	۰/۰۳۵	-۳۶/۵	۱۰/۵	۰/۵۳
B6	۰/۴۷	۶/۰۸	۲۹۳۲	۴۱۳۰	۰/۰۶	-۳۸	۹/۶	۰/۴۶
B8	۰/۵۵	۵/۷۴	۲۹۳۹	۴۱۴۰	۰/۰۵۸	-۳۹/۵	۷/۵	۰/۴۳
B10	۰/۵۴	۵/۶۳	۲۹۴۶	۴۱۵۰	۰/۰۵۶	-۳۹/۵	۵/۳	۰/۵
P1	۰/۴۳	۴/۸۱	۲۹۵۴	۴۱۶۰	۰/۰۴۸	-۳۲/۵	۱۳/۲	۰/۴۷
P2	۰/۴۱	۴/۴۴	۲۹۳۹	۴۱۴۰	۰/۰۴۴	-۳۶/۵	۸/۱۳	۰/۴۳
P3	۰/۵۷	۸/۳۶	۲۹۳۲	۴۱۳۰	۰/۰۶۴	-۳۲/۵	۱۲/۱۹	۰/۴۸
P4	۰/۳۲	۳/۵۴	۲۹۴۶	۴۱۵۰	۰/۰۳۵	-۳۳	۱۲	۰/۴۶

۴-۱-۱۰-۱-نسبت جذب سدیم (SAR)

با توجه به جدول‌های (۴-۱۵ و ۴-۱۶)، بیشترین مقدار SAR در فروردین ماه، متعلق به نمونه P3 (۰/۲۳) و کمترین مقدار به صورت مشترک مربوط به نمونه‌های B6، B8 و P1 (۰/۱۲) می‌باشد. بیشترین و کمترین مقدار نسبت جذب سدیم در شهریور ماه به ترتیب متعلق به نمونه P3 (۰/۵۷) و P4 (۰/۳۲) است. در مجموع با توجه به شکل، مقدار SAR در شهریور ماه به مراتب بیشتر از فروردین ماه می‌باشد اما به طور کلی در هر دو دوره آماری، نمونه‌های آب تالاب برم‌شور از لحاظ مقدار نسبت جذب سدیم در رده خیلی خوب قرار می‌گیرد (شکل ۴-۲۳).



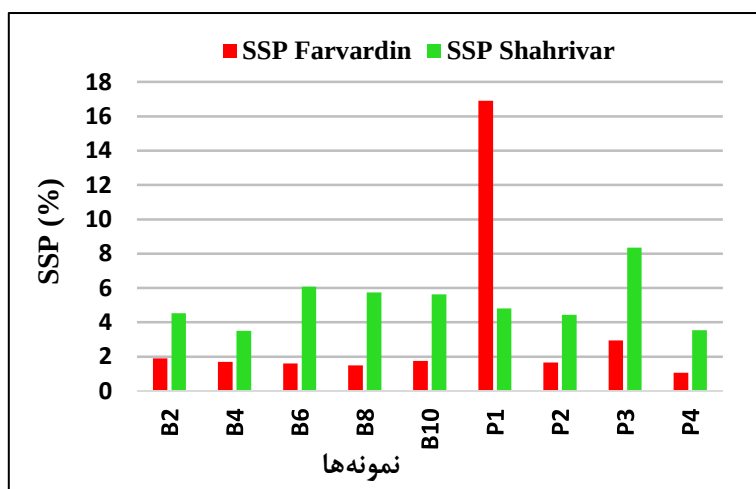
شکل ۴-۲۳ - نمودار نسبت جذب سدیم (SAR) نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور

۴-۱-۱۰-۲-درصد سدیم محلول در آب (SSP)

پارامتر بعدی که مورد بررسی قرار می‌گیرد، نسبت ^۱SSP (سدیم محلول در آب) است که با داشتن غلظت عناصر کلسیم، منیزیم و سدیم در آب قابل محاسبه می‌باشد. SSP پارامتر مهمی برای مطالعه شوری آب است. درصد بالای سدیم رشد گیاه را متوقف و نفوذپذیری خاک را کاهش می‌دهد (Joshi et al., 2009).

^۱ Sodium Solution Percentage

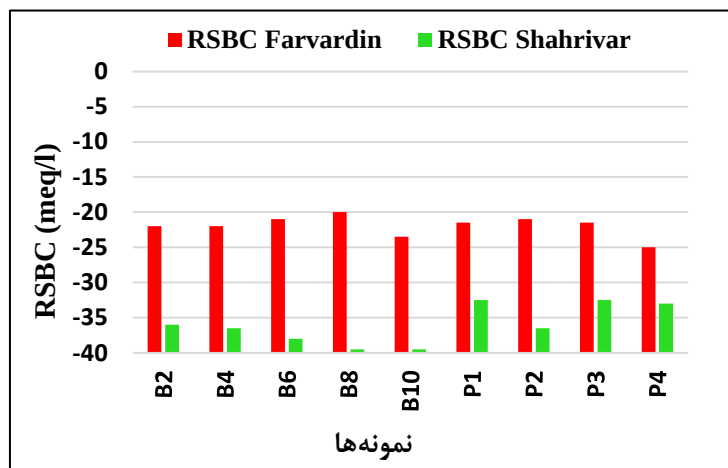
بر اساس جداول (۴-۱۵، ۴-۱۶)، همه نمونه‌های برداشت شده در هر دو دوره آماری در رده آب‌هایی با کیفیت خیلی خوب قرار می‌گیرند. از نظر مقایسه بین دو دوره آماری نیز، درصد سدیم محلول در شهریور ماه، به نسبت فروردین ماه در همه نمونه‌ها (بجز نمونه P1) بیشتر می‌باشد (شکل ۴-۲۴).



شکل ۴-۲۴- نمودار درصد سدیم محلول (SSP) نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور

۴-۱۰-۳- بی‌کربنات سدیم باقی مانده (RSBC)

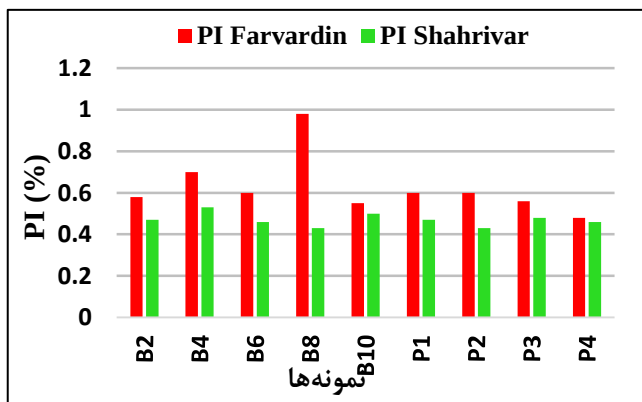
آب با مقادیر زیاد RSBC دارای pH بالایی است. بنابراین، آبیاری زمین با این آب سبب بایر شدن زمین و رسوب بی‌کربنات سدیم می‌شود. با توجه به اینکه افزایش سدیم باعث کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود، مقادیر RSBC در آب آبیاری باید از ۱/۲۵ کمتر باشد (Obiefuna & Sheriff, 2010). مقدار RSBC در هر دو دوره آماری در تمام نمونه‌های آب کمتر از مقدار ۱/۲۵ و در رده خیلی خوب قرار می‌گیرند. بنابراین خطر رسوب بی‌کربنات سدیم وجود ندارد (شکل ۴-۲۵).



شکل ۴-۲۵ - نمودار بی کربنات سدیم باقیمانده (RSBC) نمونه‌های آب تالاب برم شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور

۴-۱۰-۱-۴ - شاخص نفوذپذیری (PI)

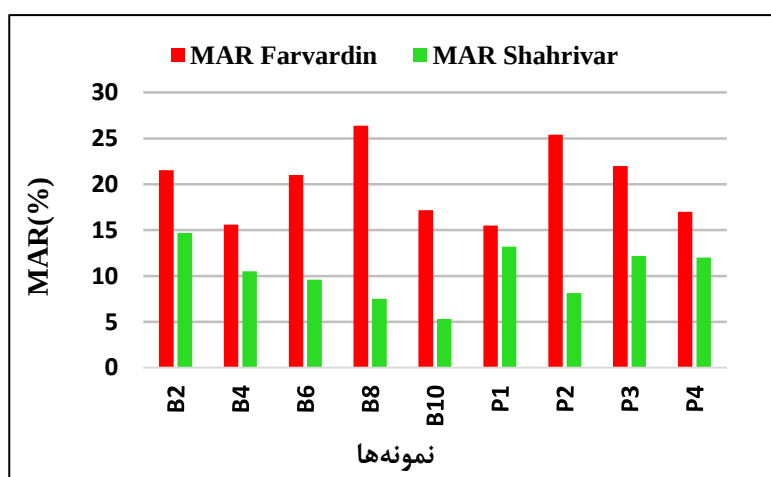
نفوذپذیری خاک از استفاده طولانی مدت آب آبیاری تأثیر می‌پذیرد. مؤثرترین پارامترها در نفوذپذیری خاک شامل کل جامدات محلول، کربنات سدیم و نوع خاک است. دامنه مناسب شاخص نفوذپذیری از ۰/۱۹ تا ۷/۱۵ می‌باشد (Obiefuna & Sheriff, 2010). با توجه به اطلاعات جداول (۴-۱۵ و ۴-۱۶)، تمام نمونه‌های آب مورد مطالعه از تالاب برم شور در هر دو دوره آماری از لحاظ شاخص نفوذپذیری در حد قابل قبولی هستند (شکل ۴-۲۶).



شکل ۴-۲۶ - نمودار شاخص نفوذپذیری (PI) نمونه‌های آب تالاب برم شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور

۴-۱-۱-۵- نسبت جذب منیزیم (MAR)

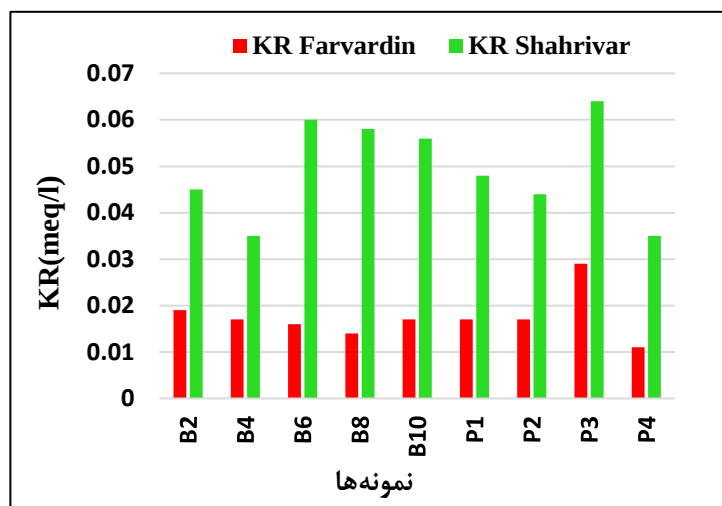
مقدار منیزیم آب یکی از مهم‌ترین معیارها برای تعیین کیفیت آب آبیاری است. معمولاً منیزیم و کلسیم در بیشتر آب‌ها در تعادل هستند. منیزیم زیاد در آب، همچنان که باعث شور شدن آب می‌شود، کاهش محصولات را نیز سبب می‌گردد (Joshi *et al.*, 2009). حد مجاز این پارامتر در آب آبیاری ۵۰ درصد می‌باشد (Obiefuna & Sheriff, 2010). مقدار MAR در نمونه‌های فروردین ماه به مراتب بیشتر از نمونه‌های ماه شهریور است. به طور کلی نسبت جذب منیزیم در هر دو دوره آماری، در مقایسه با استاندارد کیفی آب آبیاری در محدوده مجاز می‌باشد (شکل ۴-۲۷).



شکل ۴-۲۷ - نمودار نسبت جذب منیزیم (MAR) نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور

۴-۱-۱-۶- نسبت کلایز (KR)

حد مجاز این مولفه در آب آبیاری یک می‌باشد (Obiefuna & Sheriff, 2010). با استفاده از اطلاعات جداول (۴-۱۵ و ۴-۱۶)، مشخص است که نسبت کلایز در هر دو دوره آماری در محدوده مجاز بوده و از این لحاظ مطلوب می‌باشند (شکل ۴-۲۸).



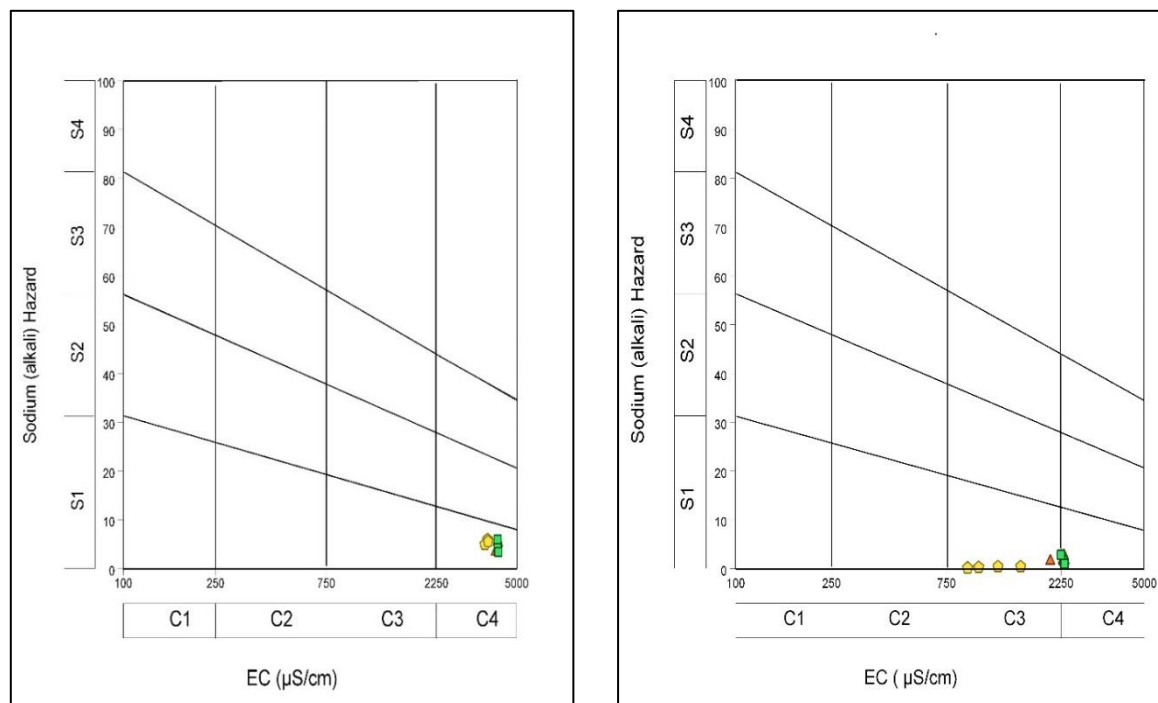
شکل ۴-۲۸- نمودار نسبت کلایز (KR) نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین و شهریور

۴-۱-۱۱- طبقه‌بندی بر اساس نمودار ویلکاکس

روش طبقه‌بندی ویلکاکس^۱ و استفاده از نمودار آن کاربردی‌ترین روش برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی در مطالعات هیدروژئولوژی می‌باشد، زیرا در نمودار ویلکاکس محور افقی به شوری آب (بر حسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و محور عمودی به نسبت جذبی سدیم (SAR) اختصاص دارد. بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس آب‌های خیلی خوب همگی دارای EC کمتر از ۲۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده و در گروه C1S1 قرار می‌گیرند. آب‌های خوب در گروه C1S2، C2S1، C2S2، آب‌های متوسط در گروه در کلاس C3S3، C1S3، C2S3، C3S1 قرار گرفته و بقیه آب‌ها نامناسب هستند (علیزاده، ۱۳۸۹). برای طبقه‌بندی آب تالاب برم‌شور از نمودار ویلکاکس استفاده شد. با توجه به شکل (۴-۲۹)، قابل مشاهده می‌باشد که نمونه‌های آب تالاب در فروردین ماه در حد واسط بین رده‌های C3S1 و C4S1 قرار دارند، درحالی‌که نمونه‌های آبراهه ورودی شرایط به نسبت بهتری داشته و در رده C3S1 قرار گرفته‌اند. از طرفی دیگر همه نمونه‌های مربوط

^۱ Wilcox

به دوره آماری شهریور ماه (نمونه‌های سطحی و عمقی) همگی در رده خیلی شور C4S1 (نامناسب) قرار گرفته‌اند.



شکل ۴-۲۹- نمودار ویلکاکس آب تالاب برم‌شور در دو دوره آماری فروردین (راست) و شهریور (چپ)

به منظور تفسیر جامع‌تر می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که در فروردین ماه به دلیل شرایط اقلیمی در منطقه به نسبت شهریور ماه شرایط مناسب‌تری برای استفاده آب تالاب جهت آبیاری اراضی وجود دارد. نمونه‌های آبراهه ورودی از سازند گچساران در فصل بارندگی تا قبل از رسیدن به تالاب به دلیل انحلال کمتر ژئوپس، شرایط مساعدتری دارند. اما در شهریور ماه به دلیل تبخیر شدید در منطقه و افزایش شوری شرایط برای آبیاری اراضی کشاورزی و استفاده از آب تالاب فراهم نمی‌باشد. البته شایان به ذکر است که این شرایط برای کاشت همه ارقام گیاهی نمی‌باشد و با توجه به نوع کشت و دامنه شوری گیاهان احتمالاً شرایط برای استفاده آب تالاب جهت آبیاری برخی گیاهان مقاوم به شوری مناسب است.

بخش دوم: آلودگی و ارزیابی فلزات سنگین

۴-۲- مقدمه

فلزات سنگین به طور طبیعی و به مقدار بسیار کم در اکوسیستم‌های آبی یافت می‌شوند و معمولاً به دو روش طبیعی و انسان‌زاد وارد سیستم دریاچه‌ها می‌شوند. معمولاً محیط‌هایی که تحت تأثیر آلودگی قرار نگرفته‌اند، غلظت فلزات در آن‌ها بسیار کم است و عمدتاً در اثر فرآیندهای طبیعی از قبیل انحلال سنگ‌ها حاصل شده‌اند (Islam et al., 2015). در این بخش به آلودگی و ارزیابی فلزات سنگین در قسمت‌های مختلف تالاب برم‌شور پرداخته شده است. بدین منظور مقادیر فلزات سنگین با محاسبه شاخص فلزی و مقایسه داده‌ها با استانداردهای سازمان‌های جهانی (WHO و FAO^۱) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین پارامترهای اندازه‌گیری شده با استانداردهای جهانی مقایسه شده و تغییرات مکانی آن‌ها با ترسیم نمودارهای مرتبط تفسیر شده است. از روش‌های آماری مانند همبستگی پیرسون و آنالیز خوشه‌ای نیز جهت تعیین مشابهت بین عناصر و منشاء احتمالی آن‌ها استفاده گردید.

۴-۲-۱- فلزات سنگین

رفتار فلزات سنگین در آب‌های طبیعی به طور کلی تابع شیمی آب، وجود مواد جذب‌کننده (مانند کانی‌های رسی و هیدروکسید در رسوبات) و فرآیندهای ژئوشیمیایی مانند اکسیداسیون و احیاء، جذب - و جذب و انحلال - ته‌نشینی است (شاملو، ۱۳۹۳). در منطقه مورد مطالعه فاضلاب‌های شهری و صنعتی وارد تالاب نمی‌شوند ولی به دلیل وجود اراضی کشاورزی، لیتولوژی و شرایط خاص زمین‌شناسی منطقه، انتظار آلودگی

^۱ Food and Agriculture Organization

تالاب برم‌شور برای برخی از عناصر سنگین وجود داشت. نتایج آنالیز فلزات سنگین تالاب برم‌شور در مقایسه با مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2004) و سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی (FAO) مقایسه و در جدول (۴-۱۷) ارائه شده است. شکل (۴-۳۰)، نشان‌دهنده تغییرات غلظت فلزات سنگین در مقایسه با حد مجاز آبیاری FAO و استاندارد سازمان بهداشت جهانی می‌باشد. طبق نتایج حاصل از این مطالعه، نمونه‌های تالاب در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی به عناصر Pb، As و Zn آلوده می‌باشند، درحالی‌که در مقایسه با حد مجاز استاندارد کشاورزی (FAO, Ayers and Westcot, 1994) دارای شرایط مناسبی می‌باشند (بجز غلظت آرسنیک در نمونه B6). غلظت فلز آهن نیز در مقایسه با هر دو استاندارد سازمان بهداشت جهانی و کشاورزی مناسب بوده و زیر حد استاندارد مجاز می‌باشد. روند تغییر غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های تالاب به این صورت می‌باشد: $Zn > Pb > Fe > As$

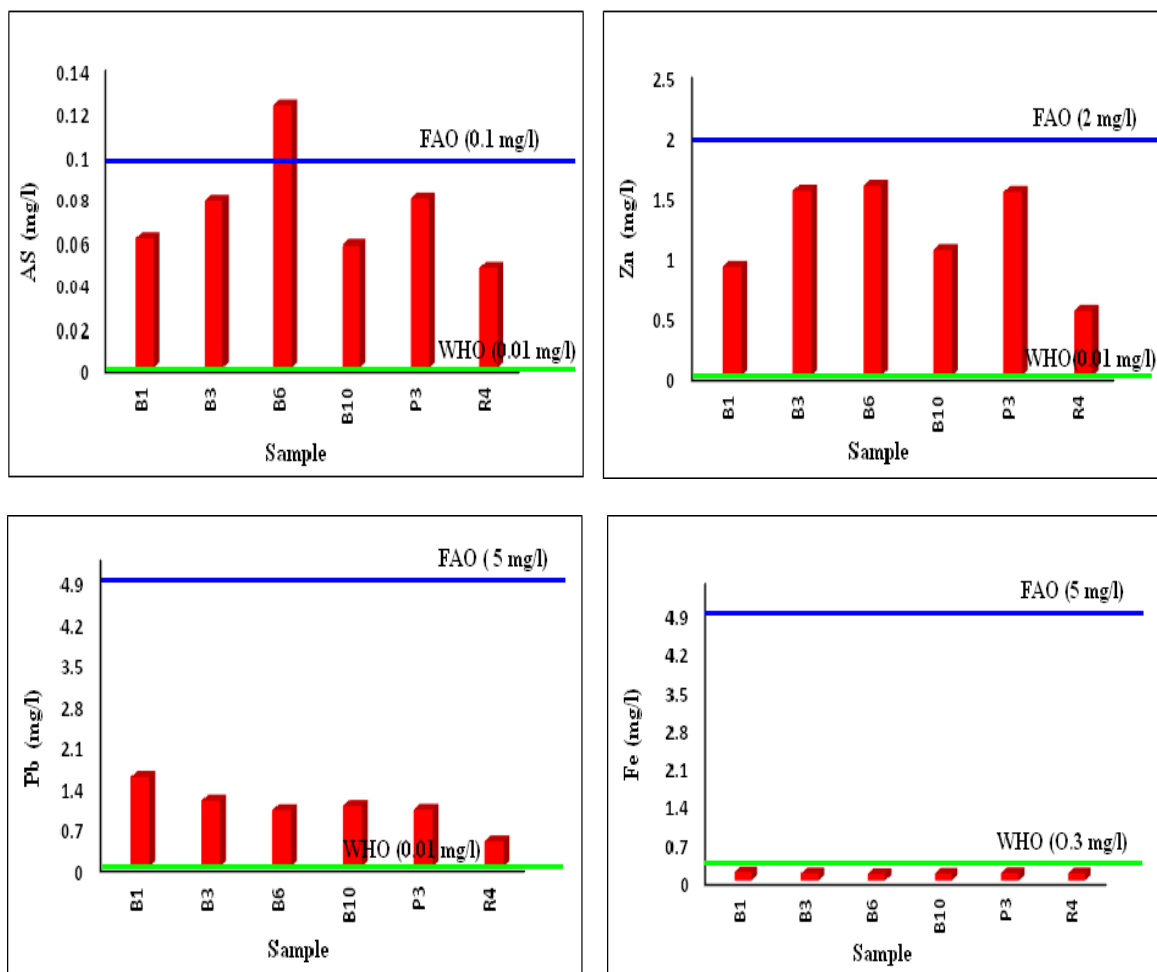
جدول ۴-۱۷- غلظت فلزات سنگین و مقادیر EC و pH در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور و مقایسه با استانداردهای سازمان

بهداشت جهانی (WHO, 2004) و سازمان خواروبار کشاورزی جهانی (FAO)

Sample	Zn (mg/l)	As (mg/l)	Fe (mg/l)	Pb (mg/l)	Ec μS/cm	pH
B1	۰/۹۰۱	۰/۰۶	۰/۱۵۷	۱/۵۳۵	۲۳۰۵	۷/۳۹
B3	۱/۵۳	۰/۰۷۸	۰/۱۳۹	۱/۱۲۹	۲۲۲۷	۷/۵۳
B6	۱/۵۷	۰/۱۲۲	۰/۱۲۴	۰/۹۶۵	۲۰۳۰	۷/۷۳
B10	۱/۰۴	۰/۰۵۷	۰/۱۳۱	۱/۰۳۸	۲۳۳۰	۷/۹
P3	۱/۵۲	۰/۰۷۹	۰/۱۴۰	۰/۹۷۴	۲۳۵۰	۷/۵۳
R4	۰/۵۳۸	۰/۰۴۷	۰/۱۳۶	۰/۴۳۳	۱۵۳۰	۶/۸
WHO *	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۳	۰/۰۱	-	-
FAO*	۲	۰/۱	۵	۵	-	-

*سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2004)

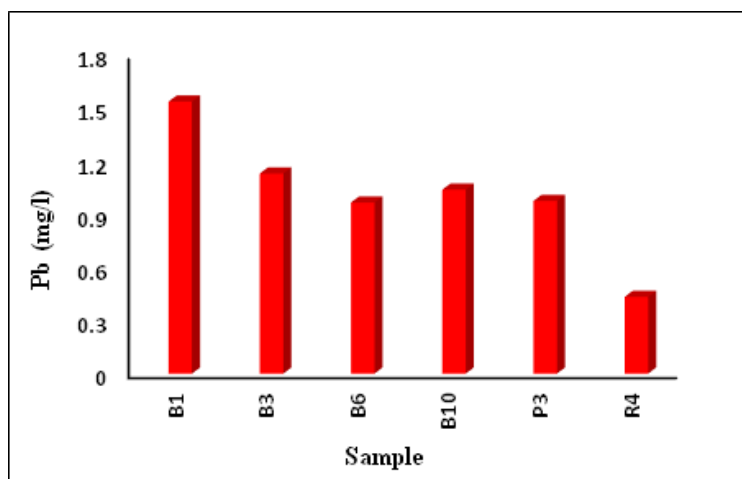
*حد مجاز آبیاری (FAO)



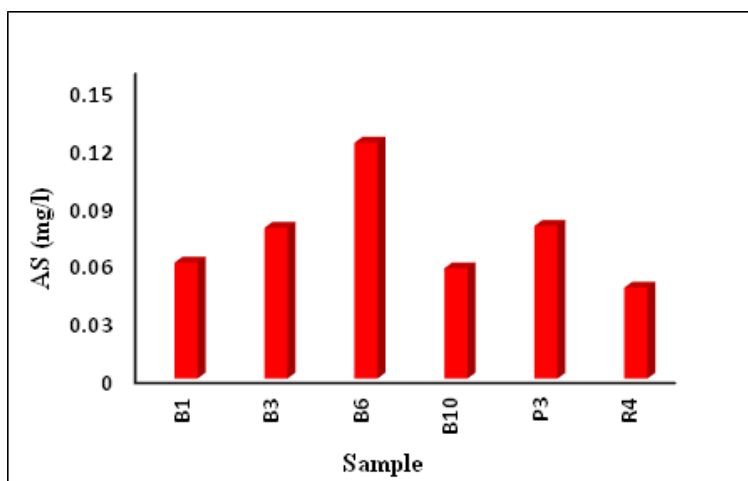
شکل ۴-۳۰- غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور و مقایسه آن با حد مجاز سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استاندارد سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO)

۴-۲-۲- تغییرات مکانی غلظت فلزات سنگین

با توجه به غلظت بالای عناصر سنگین و سمی مانند سرب و آرسنیک در نمونه‌های تالاب و آبراهه ورودی در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی، تغییرات مکانی این فلزات در بخش‌های مختلف تالاب ترسیم و ارائه گردیده است (شکل‌های ۴-۳۱ و ۴-۳۲).



شکل ۴-۳۱- تغییرات غلظت سرب در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور



شکل ۴-۳۲- تغییرات غلظت آرسنیک در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور

تغییرات مکانی غلظت سرب در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در شکل (۴-۳۱) نشان داده شده است. غلظت سرب در نمونه‌های برداشت شده از آب تالاب از حداقل ۰/۹۶۵ میلی‌گرم بر لیتر تا حداکثر ۱/۵۳۵ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بوده و میانگین آن ۱/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. مقدار سرب در نمونه برداشت شده از آبراهه ورودی در مقایسه با نمونه‌های تالاب، به مقدار قابل توجهی کمتر می‌باشد که نشان‌دهنده افزایش غلظت سرب آب، پس از ورود به تالاب است. بیشترین و کمترین مقادیر سرب در نمونه‌های آنالیز شده از تالاب مربوط به نقاط B1 و B6 می‌باشد، که به ترتیب در بخش‌های شمالی و جنوبی تالاب واقع شده‌اند.

بالا بودن مقادیر سرب نسبت به حد مجاز سازمان بهداشت جهانی را می‌توان ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و همچنین شرایط لیتولوژی و زمین‌شناسی منطقه در نظر گرفت. وجود کارخانه شن و ماسه سرتیوک در نزدیکی تالاب برم‌شور و جاده اصلی ایذه - اهواز که مسیر تردد گسترده وسایل نقلیه می‌باشد، می‌تواند دلیل دیگری بر افزایش غلظت سرب در منطقه مورد مطالعه باشد.

شکل (۴-۳۲)، تغییرات مکانی غلظت فلز آرسنیک در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور را نشان می‌دهد. غلظت آرسنیک در نمونه‌های برداشت شده از آب تالاب از حداقل ۰/۰۵۷ میلی‌گرم بر لیتر تا حداکثر ۰/۱۲۲ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بوده و میانگین آن ۰/۰۷۹ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. بیشترین و کمترین مقادیر سرب در نمونه‌های آنالیز شده مربوط به نقاط B6 و B10 می‌باشد که به ترتیب در بخش‌های جنوبی و شرقی تالاب واقع شده‌اند. همانند غلظت سرب، غلظت فلز آرسنیک نیز در نمونه مربوط به آبراهه ورودی از سازند گچساران در فصل بارندگی، کمتر از غلظت نمونه‌های تالاب می‌باشد اما این اختلاف نسبت به مقدار غلظت سرب بسیار کمتر می‌باشد. دلیل احتمالی آلوده بودن نمونه‌های آب تالاب برم‌شور به فلز آرسنیک را می‌توان ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و شرایط زمین‌شناسی منطقه در نظر گرفت.

۴-۲-۳- شاخص فلزی MI

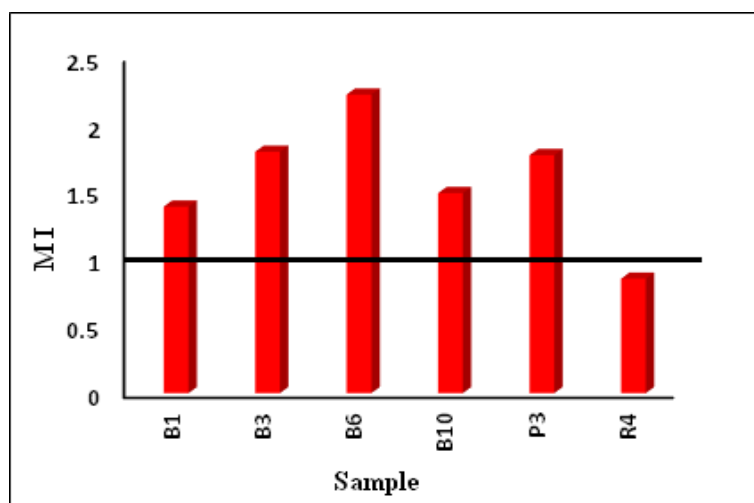
در این پژوهش، جهت ارزیابی و تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور، از شاخص فلزی MI^۱ استفاده شد.

این شاخص فلزی از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Tijani, 2009):

$$MI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{X_0} \right) \quad \text{رابطه ۴-۹}$$

^۱ Metal Index

در رابطه فوق MI شاخص فلزی، X_i غلظت فلزات اندازه‌گیری شده و X_o غلظت مجاز فلز مورد نظر طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2004) است. اگر مقادیر بدست آمده برای شاخص فلزی بیشتر از ۱ باشد، نمونه مورد مطالعه به فلز مورد نظر آلوده می‌باشد، اگر MI کمتر از ۱ باشد، نمونه غیر آلوده و در صورتی که MI برابر ۱ باشد، آب مورد مطالعه در حد آستانه خطر آلودگی به فلز سنگین قرار دارد. مقادیر MI در نمونه‌های آب تالاب و آبراهه ورودی بر اساس حد مجاز آب آبیاری FAO محاسبه و در شکل (۳۳-۴) ارائه شده است. در این مطالعه تمام نمونه‌های تالاب دارای شاخص فلزی بیشتر از حد آستانه بوده، اما نمونه مربوط به آبراهه ورودی به تالاب در فصل بارندگی (R_4) که از سازند کارستی گچساران عبور می‌کند زیر حد آستانه هشدار دهنده می‌باشد؛ بنابراین آب آبراهه ورودی تا قبل از رسیدن به تالاب شرایط لازم را برای آبیاری اراضی کشاورزی دارا می‌باشد، اما ضمن ورود به تالاب کیفیت خود را برای آبیاری از دست می‌دهد.



شکل ۳۳-۴- تغییرات شاخص فلزی (MI) در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور

۴-۲-۴- ضریب همبستگی

از ضریب همبستگی^۱ برای تعیین منشاء احتمالی عناصر، بررسی روابط بین عناصر و همچنین ارزیابی تأثیر پارامترهای محیطی بر کیفیت آب استفاده می‌شود. ضریب همبستگی در محدوده بین +۱ تا -۱ تغییر می‌کند. علامت مثبت بیانگر همبستگی مثبت و علامت منفی، بیانگر همبستگی منفی بین دو متغیر است (بایزدی و همکاران، ۱۳۹۱). همبستگی خوبی بین هدایت الکتریکی و فلزات سنگین آب تالاب وجود دارد، به عبارت دیگر بین غلظت فلزات سنگین با مقدار هدایت الکتریکی رابطه مستقیمی وجود دارد. مقدار pH نمونه‌های آب نیز با غلظت فلزات سنگین (بجز آهن) رابطه مثبت و معناداری دارد. همچنین همبستگی مثبت و معناداری میان فلزات روی، آرسنیک و سرب قابل مشاهده می‌باشد (جدول ۴-۱۸). این موضوع نشان می‌دهد که منشاء فلزات سنگین تالاب برم‌شور به احتمال قوی ناشی از عوامل زمین‌زاد از جمله زمین‌شناسی و لیتولوژی منطقه و گاهی زهاب‌های ورودی حاصل از فعالیت‌های کشاورزی به تالاب است.

جدول ۴-۱۸- مقدار همبستگی بین فلزات و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور

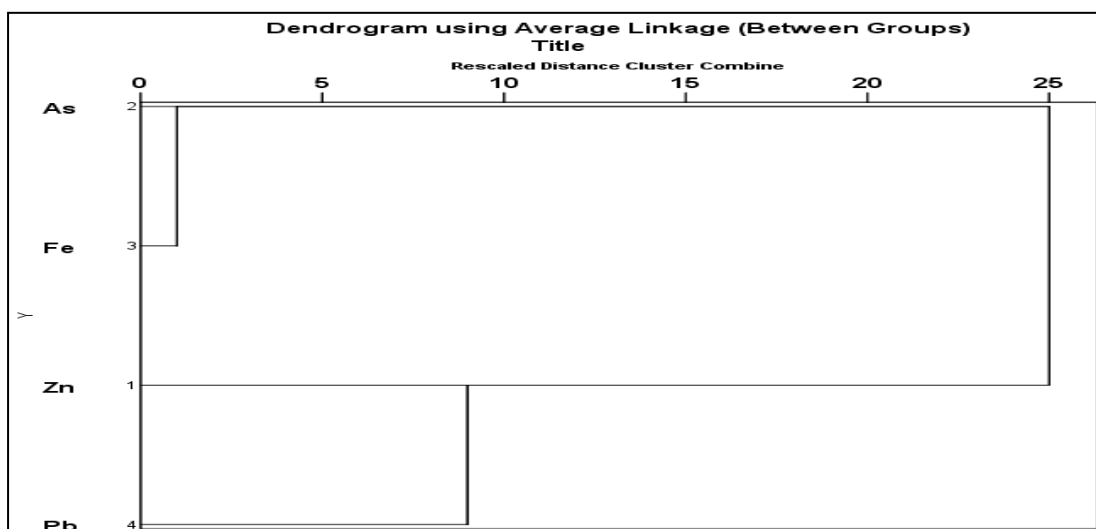
Sample	Zn	As	Fe	Pb	EC	pH
Zn	۱					
As	۰/۸۰۳*	۱				
Fe	-۰/۳۱۷	-۰/۵۰۸	۱			
Pb	۰/۳۰۹	۰/۱۲۵	۰/۵۹۲	۱		
EC	۰/۵۶۵	۰/۱۶۷	۰/۲۸۹	۰/۸۰۸*	۱	
pH	۰/۶۶۷	۰/۴۹۴	-۰/۳۱۷	۰/۵۲۳	۰/۷۸۳*	۱

* Correlation is significant at the 0.05 level

^۱ Correlation Coefficient

۴-۲-۵- تحلیل خوشه‌ای

هدف از کاربرد آنالیز خوشه‌ای^۱، نظم بخشیدن به داده‌های مختلف گروه‌هایی است که درجه ارتباط بین آن‌ها حداقل می‌باشد. در آنالیز خوشه‌ای، از ضریب همبستگی پیرسون به عنوان معیار شباهت بین متغیرها استفاده می‌شود (بایزدی و همکاران، ۱۳۹۱). برای تهیه نمودار درختی که نمایانگر ساختار درونی متغیرها می‌باشد، باید روش مناسبی برای اتصال خوشه‌ها انتخاب شود که با توجه به معیار شباهت انتخاب شده (ضریب همبستگی پیرسون)، روش اتصال متوسط بین خوشه‌ای انتخاب می‌شود. خوشه‌های مختلف در هر نمودار درختی، نشانگر ویژگی یا منشأ مشترک عناصر و یا شباهت در ویژگی ایستگاه‌های مختلف می‌باشد. با توجه به شکل (۴-۳۴)، که نمودار خوشه‌ای فلزات سنگین در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور را نشان می‌دهد می‌توان دریافت که پارامترهای متعلق به خوشه‌های یکسان احتمالاً از یک منبع مشترک منشأ گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد افزایش غلظت فلزات سنگین در تالاب برم‌شور یک منشأ مشترک دارند.



شکل ۴-۳۴- نمودار خوشه‌ای غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور

^۱ Analysis Cluster

۴-۲-۶- مقایسه غلظت فلزات سنگین تالاب برم‌شور با میانگران

به منظور بررسی تغییرات و منشاء فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه، مقادیر غلظت فلزات سنگین با یکی دیگر از تالاب‌های موجود در نزدیکی منطقه به نام میانگران، مقایسه شده است. پیکره آب شیرین میانگران با مساحت ۴۰ کیلومتر مربع در شمال شهرستان ایزه قرار گرفته است. تالاب میانگران سفره‌های آب زیرزمینی آزاد دشت ایزه را از طریق فروچاله‌های موجود در بخش‌هایی از آن، تغذیه می‌نماید. تالاب میانگران عمدتاً در بین سازندهای ایلام و سروک در بخش شمال غربی و سازندهای آسماری و بختیاری در بخش غربی قرار گرفته است. در اطراف تالاب میانگران اراضی کشاورزی گسترده‌ای وجود دارد و از طرف دیگر این تالاب منشاء اصلی ورودی فاضلاب و شورابه‌های شهری و صنعتی شهرستان ایزه و روستاهای همجوار از طریق آبراهه‌های بزرگ و کوچک است. مقادیر مختلف فلزات سنگین در تالاب میانگران بیشتر از تالاب برم‌شور می‌باشد، به طوری که غلظت Fe و Zn به ترتیب حدود ۳/۳۸ و ۱/۶۷ اندازه‌گیری شده است (Jafari et al., 2015). روند کلی تغییرات غلظت فلزات سنگین در تالاب میانگران بدین صورت می‌باشد $Fe > Zn > Pb > As$. همچنین غلظت برخی عناصر سنگین مانند Cr، Ni و Cd در قسمت ورودی فاضلاب و همچنین در نمونه‌های آنالیز شده سطح تالاب میانگران دارای مقادیر مشخصی می‌باشند که می‌تواند به دلیل ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به تالاب میانگران باشد. تالاب برم‌شور بعلت قرار گرفتن در خارج از شهر، هیچ فاضلاب و شورابه شهری و پساب صنعتی به آن وارد نمی‌شود؛ به طوری که غلظت برخی عناصر سنگین مانند Cr، Ni و Cd زیر حد آشکارسازی می‌باشد، اما در اثر ورود فاضلاب کشاورزی و همچنین وجود سازند گچساران در اطراف تالاب، کیفیت آن تا حدودی تخریب شده است و برای شرب مناسب نمی‌باشد.

بخش سوم: ژئومورفولوژی کارست گچی

۴-۳- مقدمه

ژئومورفولوژی کارست طیف وسیعی از زمین شکل‌ها (لندفرم‌ها)^۱ را شامل می‌شود که از ساده‌ترین و آن‌ها مانند کارن تا تحول یافته‌ترین که غارها و پولیه‌ها است را در بر می‌گیرد (Coper et al., 2011). با توجه به اهمیت منابع آب کارستی در کشور، شناخت پدیده‌های ژئومورفولوژیکی^۲ کارست به منظور تشخیص میزان توسعه کارست ضروری می‌باشد. مطالعه پدیده‌های ژئومورفولوژیکی مناطق کارستی، در شناخت وضعیت هیدروژئولوژیکی سنگ‌های کربناته و تبخیری و نقش آن‌ها در ارتباط با تغذیه و تخلیه حوضه‌های کارستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (کریمی وردنجانی، ۱۳۸۹). کارست‌های تبخیری به دلیل گستردگی کم و کیفیت نامناسب منابع آب در آن‌ها، نسبت به کارست‌های آهکی که منبع مهمی برای تامین منابع آب می‌باشند، کمتر مورد توجه قرار می‌گیرند (کریمی، ۱۳۹۴). با توجه به قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در مجاورت سازند تبخیری گچساران و تأثیر آن بر کیفیت آب تالاب برم‌شور، مطالعه کارست‌های تبخیری (به ویژه گچ) و شناسایی ژئومورفولوژی عوارض تشکیل شده در لایه‌های گچ و نمک مجاور، امری مهم و ضروری می‌باشد. در این بخش با استفاده از مطالعات انجام شده و بازدیدهای صحرایی متعدد به بررسی ژئومورفولوژی کارست گچی در مجاورت تالاب برم‌شور پرداخته می‌شود.

^۱ Landform

^۲ Geomorphology

۴-۳-۱- تقسیم‌بندی کارست بر اساس عامل مورفولوژیکی

از دیدگاه ژئومورفولوژی و طبق تقسیم‌بندی Civijic، کارست، به سه گروه کارست کامل (هولوکارست)^۱، کارست ناقص (مروکارست)^۲ و کارست انتقالی^۳ تقسیم می‌شود، که هر کدام دارای ویژگی‌ها و شرایط تشکیل تشکیل خاصی می‌باشند. به طور کلی در مناطقی که کارست توسعه‌یافتگی کامل دارد، اشکال سطحی کارست مانند دولین‌ها و اشکال زیرسطحی مثل غارها گسترش دارند. در مقابل مناطقی که کارست توسعه‌یافتگی ناقص دارد، اشکال ناشی از انحلال مانند فروچاله، پولیه، حفرات انحلالی، گودی مسدود و غیره مشاهده نمی‌شود (Heidari et al., 2011). در کارست‌های تبخیری (ژپیس و نمک) به دلیل انحلال بالا نسبت به آهک، احتمال تشکیل این عوارض و توسعه کارست بیشتر است. بنابراین منطقه مورد مطالعه به دلیل شرایط مورفولوژیکی خاص و تشکیل عوارض کارستی متفاوت و متعدد، در گروه کارست‌های کامل یا هولوکارست قرار می‌گیرد و دارای توسعه کارست بالایی می‌باشد. در ادامه این بخش به بررسی و بیان مفصل عوارض کارستی تشکیل شده در محدوده مطالعاتی پرداخته می‌شود.

۴-۳-۲- ژئومورفولوژی منطقه

انحلال سنگ‌ها، پدیده‌های مورفولوژیکی خاصی را با ابعاد کمتر از یک میلی‌متر (میکروکارن‌های کوچک) تا بیش از چندین کیلومتر (پولیه‌ها) ایجاد می‌نماید. به طور کلی انحلال در سطح، با سرعت و شدت بیشتری رخ می‌دهد، اما این پدیده‌ها می‌توانند از طریق توسعه درز و شکاف‌ها به زیر سطح انتقال یافته و باعث

¹ Holo Karst

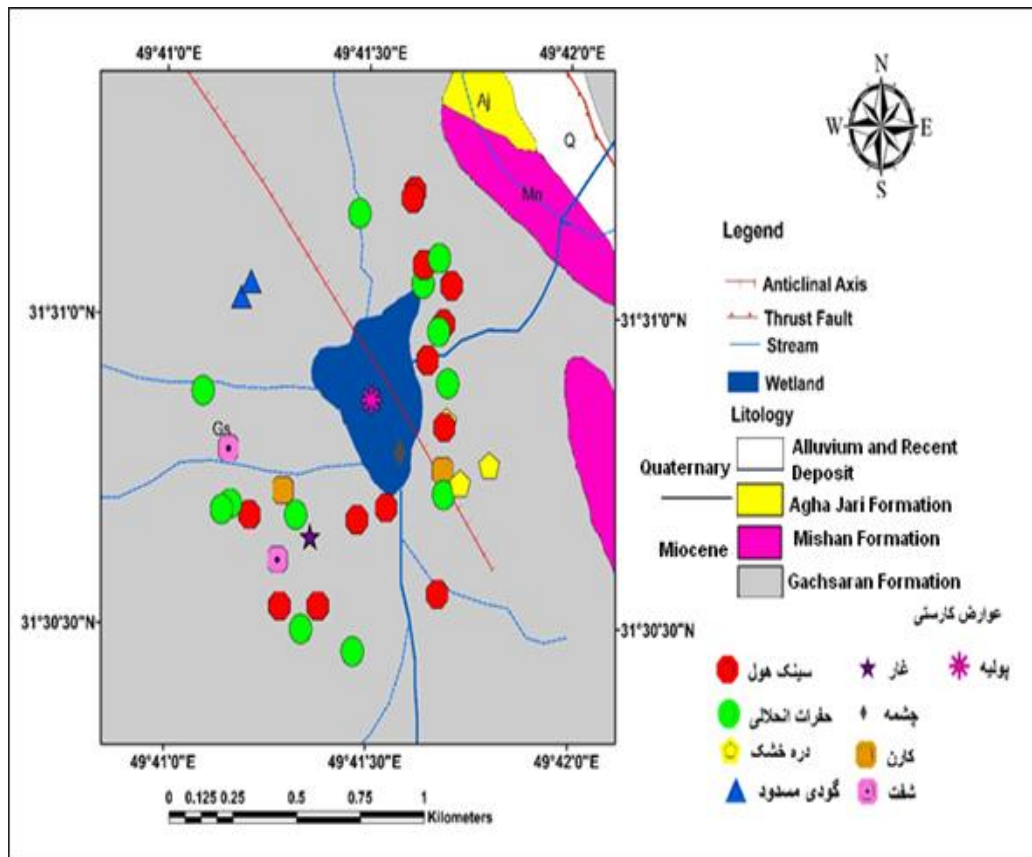
² Mero Karst

³ Transitional Karst

تشکیل کارست زیرسطحی نیز شوند (Ford and Williams, 2007). همانطور که قبلاً نیز بیان شد از مهم‌ترین رخنمون‌های سنگی اطراف تالاب برم‌شور می‌توان به سازند گچساران اشاره نمود که بخش عمده‌ای از لیتولوژی منطقه مورد مطالعه را تا شعاع چندین کیلومتری شامل می‌شود. بنابراین با توجه به ترکیب خاص سازند گچساران (گچ و نمک) و مستعد بودن منطقه مورد مطالعه به انحلال شدید و ایجاد عوارض کارستی گسترده، اقدام به بررسی کارست گچی در مجاورت تالاب برم‌شور شد. پس از بازدیدهای صحرایی، عوارض مهمی از جمله، فروچاله‌هایی با ابعاد و اشکال متفاوت، دره خشک، کارن، حفرات انحلالی، شفت و غار، آثار باران، پولیه، گودی مسدود و غیره مشاهده گردید. موقعیت عوارض کارستی توسط سیستم موقعیت‌یاب جغرافیایی (GPS) ثبت گردید.

۴-۳-۳- موقعیت عوارض ژئومورفولوژیکی در منطقه

به منظور بررسی و تفکیک عوارض کارستی مشاهده شده در اطراف تالاب برم‌شور اقدام به نمایش این عوارض بر روی نقشه زمین‌شناسی شد (شکل ۴-۳۵). از مهم‌ترین و بیشترین عوارض کارستی در اطراف تالاب می‌توان به فروچاله‌ها و حفرات انحلالی اشاره نمود، در حالیکه کارن و دره خشک به دلیل انحلال بالا در لایه‌های گچ و نمک و عدم فرصت کافی برای تشکیل، کمترین رخنمون را در محدوده مطالعاتی دارند. شایان به ذکر است، به دلیل غالب بودن سازند تبخیری گچساران در منطقه و پتانسیل بالای این سازند کارستی در تشکیل عوارض مورفولوژیکی، رخنمون و گسترش پدیده‌های کارستی تا شعاع چندین کیلومتری از تالاب برم‌شور قابل رویت می‌باشد.



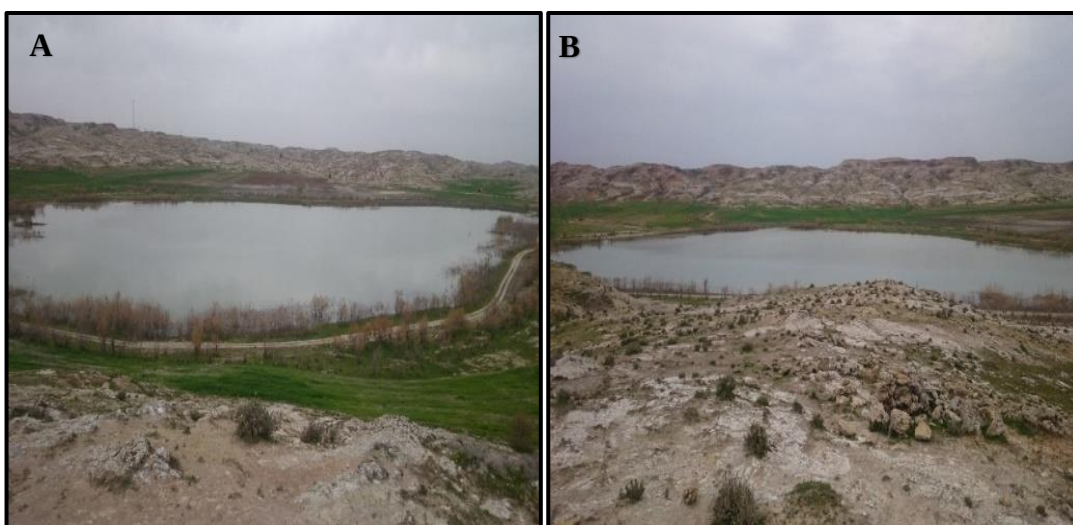
شکل ۴-۳۵- موقعیت عوارض کارستی در محدوده تالاب برم‌شور

۴-۳-۴- ارزیابی توسعه کارست و عوارض مورفولوژیکی

بین ژئومورفولوژی کارست و تکامل آن ارتباط نزدیکی وجود دارد. به این معنا که فراوانی و گسترش پدیده‌های مورفولوژیکی، از توسعه کارست در منطقه حکایت دارند.

۴-۳-۱- پولیه

پولیه^۱ در تعریف، یک فروافتادگی بزرگ در درون سازندهای کارستی است که به صورت دشت در آمده است. معمولاً یک طرف پولیه چشمه و در طرف دیگر آن فروچاله وجود دارد و دارای یک شیب ملایم از چشمه به فروچاله می‌باشد و حداقل از یک قسمت به دیواره‌های پرشیب محدود می‌گردد (کریمی، ۱۳۸۹). پولیه‌ها تقسیم‌بندی‌های متفاوتی دارند. یکی از مهم‌ترین تقسیم‌بندی پولیه‌ها بر اساس رژیم آبی می‌باشد که پولیه‌ها را به سه گروه پولیه‌های خشک، فصلی و غرقابی تقسیم می‌کند. با توجه به بررسی ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه می‌توان بیان نمود که تالاب برم‌شور به احتمال زیاد یک پولیه کارستی می‌باشد که به صورت یک فروافتادگی در بین تپه‌ها و کوه‌های کم ارتفاع سازند کارستی- تبخیری گچساران تشکیل شده است (شکل ۴-۳۶). بنابراین با توجه به اینکه تالاب برم‌شور به صورت دائمی دارای آب زیادی می‌باشد می‌توان آن را جزء پولیه‌های غرقابی در نظر گرفت.

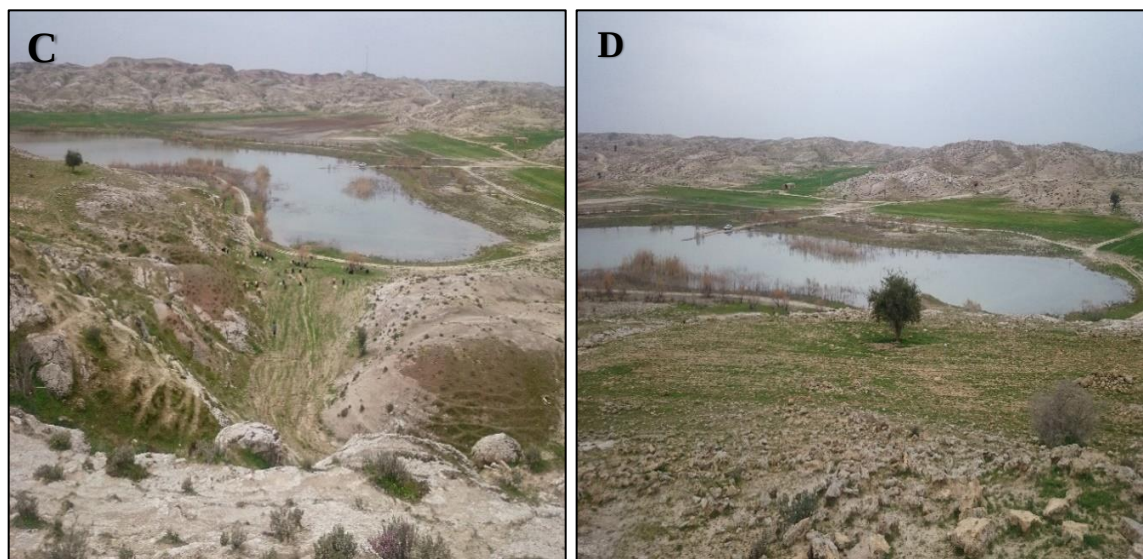


شکل ۴-۳۶- نمایی از پولیه غرقابی برم‌شور (A: دید به سمت شمال غرب، B: دید به سمت غرب)

¹ Polje

۴-۳-۲- گودی مسدود

منطقه‌ای که از لحاظ ارتفاعی از تمام قسمت‌های اطراف پایین‌تر باشد. به عبارتی دیگر گودی مسدود^۱ را می‌توان یک عارضه کارستی در نظر گرفت که از اطراف گودتر باشد و در اثر پدیده انحلال در طی سالیان متمادی تشکیل شده باشد. در سیستم گودی‌های مسدود، آبی که وارد محدوده می‌شود راه خروجی ندارد و معمولاً توسط یک یا چند پانر^۲ و فروچاله عمل زهکشی زیرزمینی صورت می‌گیرد (کرمی، ۱۳۹۴). با توجه به تشکیل تالاب برم‌شور به صورت یک گودی فروافتاده در بین تپه‌های سازند گچساران می‌توان محدوده مطالعاتی را یک گودی مسدود توسعه‌یافته در نظر گرفت. از آنجائیکه در ژئومورفولوژی کارست یک عارضه می‌تواند عوارض دیگری را نیز به همراه داشته باشد، می‌توان بیان نمود که تالاب برم‌شور به احتمال فراوان یک پولیه غرقابی با حالت گودی مسدود است (شکل ۴-۳۷).



شکل ۴-۳۷- نمایی از تالاب برم‌شور به صورت عارضه گودی مسدود (C: دید به سمت غرب، D: دید به سمت شمال غرب)

^۱ Closed deepression

^۲ Ponor

۴-۳-۴-۳- کارن

کارن^۱ها زهکش‌های کوچک سطحی و شکل‌های ویژه پهنه‌های کارستی هستند که در نتیجه عوامل متعددی مانند عوامل هیدرولیکی، ساختمانی و انحلالی بوجود می‌آیند. اهمیت کارن‌ها از دیدگاه هیدرولوژی، در تولید یک الگوی زهکش سطحی با شاخه‌های بی‌نهایت کوچک، نقاط جذب آب متعدد و تعیین نرخ فرسایش می‌باشد (Ford and Williams, 2007). کارن‌ها معمولاً در کارست‌های تبخیری به دلیل بالا بودن نرخ انحلال، رخنمون‌های شاخص و قابل وضوحی ندارند و عمدتاً به صورت توسعه‌نیافته و ابتدایی قابل شناسایی هستند. در منطقه مورد مطالعه نیز به دلیل رخنمون گسترده کارست گچی، کارن‌های توسعه‌یافته و مشخصی قابل رویت نمی‌باشد و تنها در بخش‌هایی از منطقه، به صورت پراکنده این عارضه مورفولوژیکی قابل شناسایی می‌باشد (شکل ۴-۳۸).



شکل ۴-۳۸- شماتیکی از کارن‌های توسعه‌نیافته در کارست گچی (دید از بالا)

¹ Karren

۴-۳-۴- فروچاله

فروچاله‌ها^۱ یکی از مهم‌ترین اشکال پیکرشناسی زمین در نواحی کارستی می‌باشند. شکل فروچاله‌ها و نحوه تشکیل آن‌ها در بیشتر موارد به وسیله زمین‌ساخت مشخص می‌شود. از این رو فروچاله‌ها معمولاً در طول گسل‌های شناخته شده وجود دارند. با توجه به اینکه فروچاله‌ها اغلب در نزدیکی گسل‌ها تشکیل می‌شوند، بنابراین محور طولی آن‌ها به طور معمول در جهت شکستگی‌های اصلی زمین‌ساختی منطقه می‌باشد (Millanovich, 1981). تشکیل فروچاله‌هایی با ابعاد و اشکال متفاوت در لایه‌های گچ و نمک سازند گچساران سبب ایجاد سیمای مورفولوژیکی خاصی در منطقه شده است (شکل ۴-۳۹). فروچاله‌ها به همراه حفرات انحلالی بیشترین عارضه‌های کارستی در مجاورت تالاب برم‌شور می‌باشند. علت گسترش زیاد فروچاله‌ها در منطقه را می‌توان ناشی از انحلال بالا در سازند تبخیری مجاور تالاب بیان نمود.

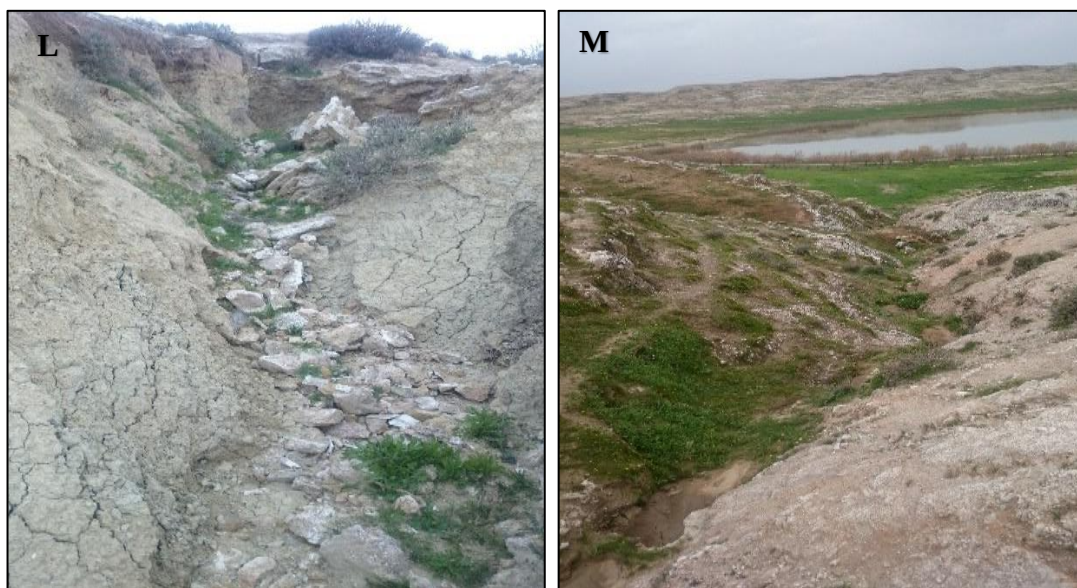


شکل ۴-۳۹- شماتیکی از فروچاله‌های موجود در منطقه مورد مطالعه (E, F, G, I و J: دید از بالا، H: دید به سمت غرب)

¹ Sinkhole

۴-۳-۵- دره خشک

دره خشک^۱ یکی از پدیده‌های مهم نواحی کارستی است که عمدتاً در مناطق آهکی تشکیل می‌شود، اما در کارست‌های تبخیری به دلیل انحلال بالا، شرایط برای تشکیل دره‌های خشک توسعه یافته فراهم نیست و معمولاً به صورت نامشخص و توسعه نیافته قابل شناسایی می‌باشند. دره‌های خشک معمولاً فاقد جریان دائمی یا فصلی هستند. منشاء این دره‌ها به طور مستقیم به تشکیل و تکامل کارست مربوط می‌شود. بدین صورت که، در مسیر این دره‌ها نرخ فرسایش در مقابل با نرخ کارستی شدن کمتر است، بنابراین آب ترجیح می‌دهد از مسیرهای زیرسطحی که در اثر توسعه کارست ایجاد شده عبور کند (کریمی، ۱۳۹۴). پس از بررسی‌ها و بازدیدهای صحرایی صورت گرفته از منطقه مورد مطالعه مشاهده شد که، دره خشک نیز همانند کارن، گسترش زیادی نداشته و تنها در بخش‌هایی از محدوده مطالعاتی به صورت پراکنده قابل شناسایی است (شکل ۴-۴۰).



شکل ۴-۴۰- نمایی از دره خشک تشکیل شده در مجاورت تالاب برم‌شور (L: دید از بالا، M: دید به سمت غرب)

^۱ Dry Valley

۴-۳-۴- شفت و غار

شفت و غار^۱ نیز از عوارض مهم مناطق کارستی می‌باشند. شاید غارها را بتوان به دلیل معروفیت آن‌ها در نزد عموم شناخته‌ترین اشکال کارستی دانست که در عین حال تماشایی‌ترین آن‌ها نیز می‌باشند. شفت را می‌توان مجاری یا کانال‌های کارستی عمودی یا نیمه عمودی در نظر گرفت که به سطح زمین راه پیدا کرده‌اند، درحالی‌که غارها یک مجاری افقی ثانویه هستند که توسط چند مدخل به فضای بیرون مرتبط می‌شوند (کرمی، ۱۳۹۴). اگر چه عوامل تکتونیکی یکی از پارامترهای مؤثر در تشکیل این عارضه‌های کارستی می‌باشد، ولی مهم‌ترین عامل در تشکیل شفت و غار را می‌توان انحلال در اثر آب‌های طبیعی در نظر گرفت. در کارست‌های گچی به دلیل انحلال سریع، فرآیند تشکیل شفت و غار به نسبت کارست‌های آهکی سریع‌تر صورت می‌گیرد. در محدوده مطالعاتی نیز وجود شفت و غارهایی با ابعاد و زوایای مختلف باعث ایجاد سیمای مورفولوژیکی خاص و منحصر به فردی در منطقه شده است (شکل ۴-۴۱).



شکل ۴-۴۱ - نمایی از شفت و غار تشکیل شده در اطراف تالاب برم‌شور (N و O: دید از بالا)

^۱ Shaft and Cave

۴-۳-۷- حفرات انحلالی

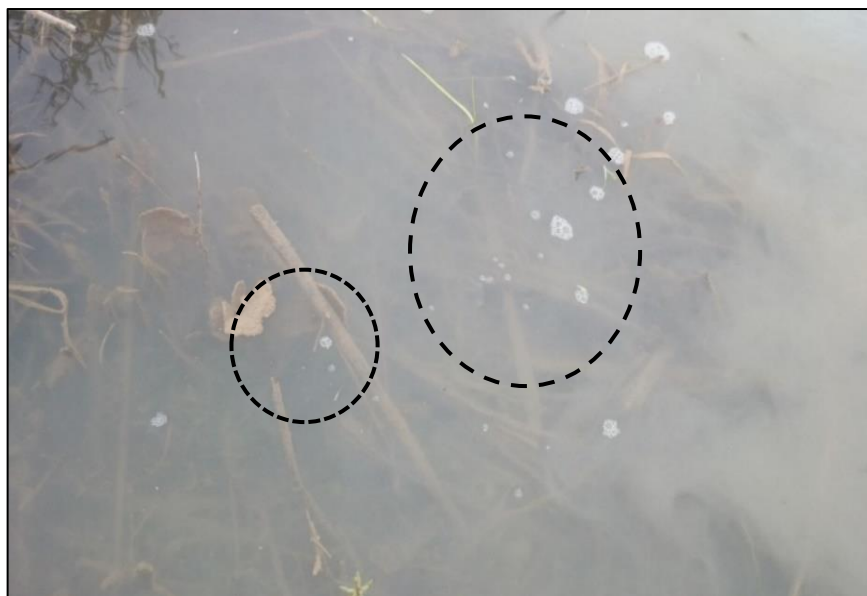
از مهم‌ترین عارضه‌هایی که در مناطق کارستی ایجاد می‌شوند حفرات و شکاف‌های انحلالی هستند. این عارضه‌های کارستی در سازندهای تبخیری به دلیل انحلال بالا نسبت به سنگ‌های کربناته گسترش بیشتری دارند (قبادی، ۱۳۹۲). بازدیدهای صحرایی از منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد که حفرات انحلالی متعددی، در شکل و اندازه‌های متفاوت در منطقه توسعه پیدا کرده است (شکل ۴-۴۲). حفرات انحلالی به همراه فروچاله‌ها بیشترین گسترش را در محدوده مطالعاتی دارند که علت آن را می‌توان ناشی از انحلال بالا در لایه‌های گچ و نمک منطقه در نظر گرفت. حفرات ناشی از توسعه کارست، شامل حفراتی هستند که عمدتاً در نقاط ضعیف توده سنگ تشکیل شده‌اند. ابعاد این حفرات انحلالی از ۲۰ سانتی‌متر تا چند متر نیز تغییر می‌کند.



شکل ۴-۴۲- حفرات انحلالی در اطراف تالاب برم‌شور (P, Q: دید از بالا، R: دید به سمت غرب، S: دید به سمت شرق)

۴-۳-۴-۸- چشمه‌های کارستی

با توجه به توسعه کارست گچی و وجود عوارض مورفولوژیکی گسترده در منطقه، انتظار می‌رود که این پدیده‌های کارستی در تغذیه آب تالاب برم‌شور تأثیرگذار باشند. ضمن بررسی گسترده کارست گچی و ژئومورفولوژی اطراف تالاب مشاهده شد، که در بخش جنوبی و در مجاورت عوارض مورفولوژیکی چشمه‌های کارستی^۱ کوچکی وجود دارد که در حال تغذیه تالاب می‌باشند. بنابراین با توجه به لیتولوژی خاص منطقه و انحلال بالا در لایه‌های گچ و نمک می‌توان چنین بیان نمود که به احتمال فراوان آب از فواصل دور و نزدیک از طریق فروچاله‌ها، کانال‌ها، مجاری انحلالی و غیره جمع‌آوری و به واسطه این چشمه‌ها وارد تالاب می‌شود. شکل (۴-۴۳)، نمایی از چشمه‌های تغذیه‌کننده تالاب برم‌شور را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴۳- چشمه‌های تغذیه‌کننده تالاب برم‌شور (دید از بالا)

^۱ Karst Spring

بخش چهارم: هیدروژئولوژی

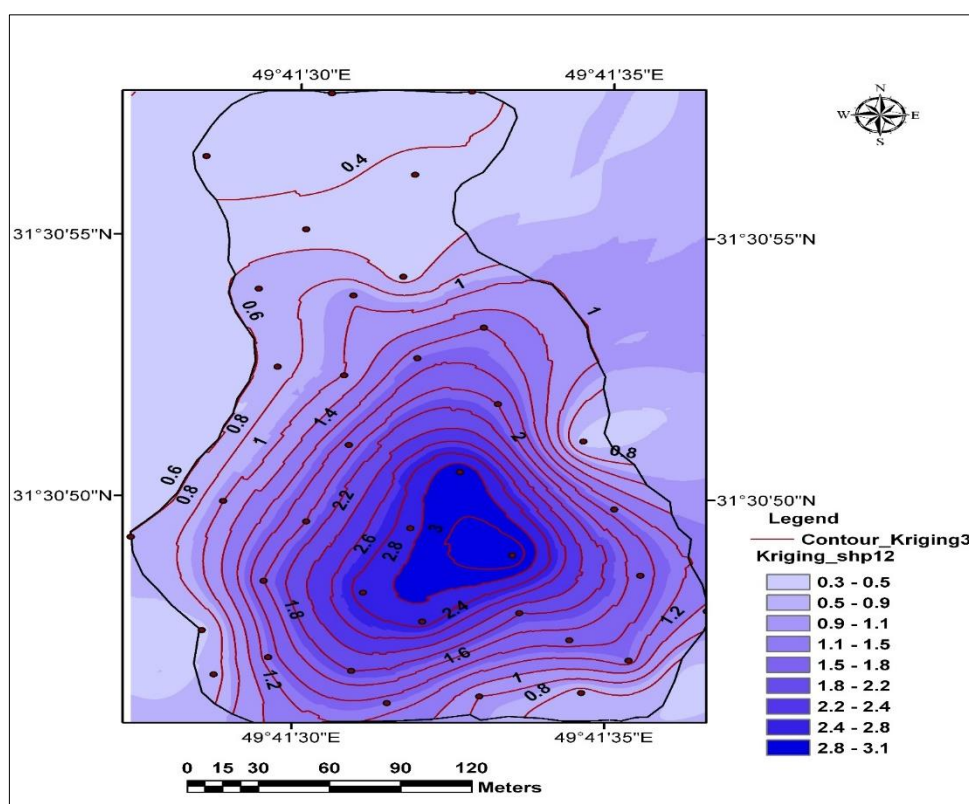
۴-۴- مقدمه

یکی از عوامل اصلی توسعه اقتصادی و اجتماعی هر کشوری ذخایر و پتانسیل آبی آن می‌باشد. شناخت همه‌جانبه و جامع منابع آب پیش‌نیاز بهره‌برداری بهینه و پایدار از این منابع محسوب می‌شود. در کشور ایران به علت کمبود بارندگی در اکثر حوزه‌های آبریز و محدود بودن منابع آب، ایجاد برنامه‌ریزی مدون به منظور شناخت امکانات و محدودیت‌های منابع آب با هدف بهره‌برداری بهینه، بسیار ضروری می‌باشد. بدین سبب از مهم‌ترین مباحث هیدروژئولوژی که در مدیریت منابع آب بسیار کاربرد دارد، محاسبه مؤلفه‌های مختلف بیلان منابع آب سطحی و زیرزمینی است. تنها مقادیر بارش و جریان سطحی هستند که به صورت گسترده و تقریباً در ایستگاه‌های زیادی در هر حوضه اندازه‌گیری می‌شوند. مقادیر تبخیر معمولاً در مقیاس محدود اندازه‌گیری می‌شوند. همچنین مقادیر نفوذ و رطوبت خاک نیز دارای اندازه‌گیری‌های محدود بوده و معمولاً به وسیله روابط تجربی محاسبه می‌گردند. بنابراین استفاده از مدل‌های بیلان آب برای تخمین مؤلفه‌های مختلف چرخه آبی از اهمیت زیادی در تحلیل‌های هیدرولوژیکی برخوردار است (کارآموز و عراقی‌نژاد، ۱۳۸۴). هدف از این بخش بررسی هیدروژئولوژی و محاسبه بیلان آب تالاب طی دوره زمانی ۱۲ ماهه و بررسی وضعیت ارتباط هیدرولیکی تالاب با منابع آبی مجاور می‌باشد.

۴-۴-۱- نقشه هم‌عمق تالاب برم‌شور

با توجه به عدم وجود هر گونه اطلاعات در ارتباط با عمق تالاب برم‌شور، یکی از مهم‌ترین اهداف هیدروژئولوژیکی این مطالعه تعیین و ترسیم نقشه هم‌عمق تالاب بود. حداکثر عمق تالاب در بخش

مرکزی و در حدود ۳ متر می‌باشد، درحالی‌که در بخش‌های شمالی و کناره‌های تالاب تا ۳۰ سانتی‌متر نیز کاهش می‌یابد. هر چه از بخش جنوبی به سمت شمال تالاب نزدیک می‌شویم از عمق تالاب کاسته می‌شود (شکل ۴-۴۴). به طور کلی عمق تالاب در بخش جنوبی بسیار بیشتر از بخش شمالی است. این روند تغییرات عمق تالاب مربوط به دوره آماری شهرپور ماه می‌باشد و به طور حتم در فصل‌های پربارش بر عمق تالاب افزوده می‌شود.

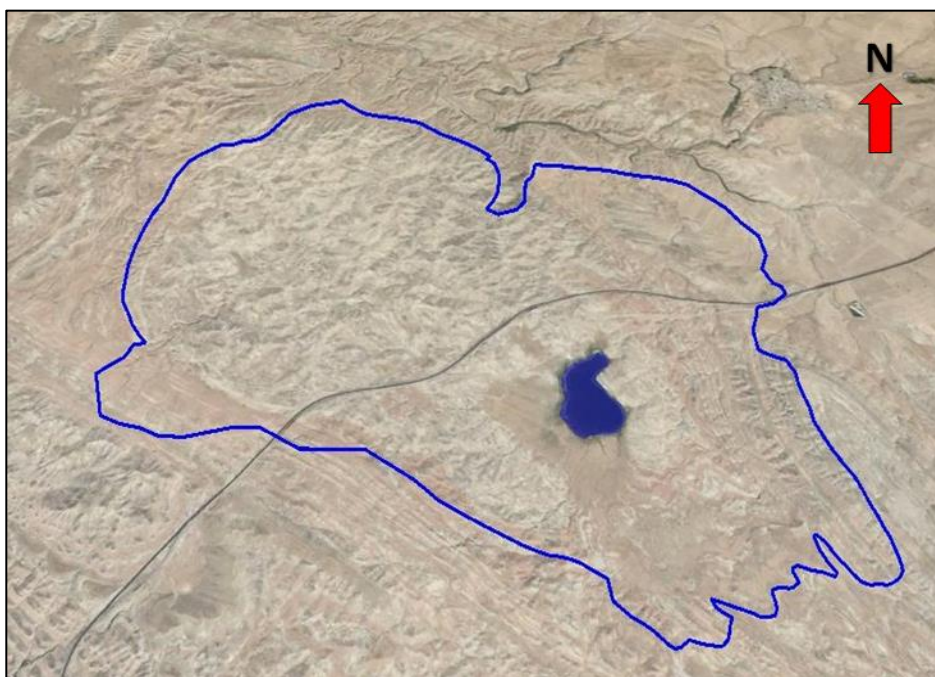


شکل ۴-۴۴- نقشه هم‌عمق تالاب برم‌شور (مقادیر بر حسب متر می‌باشد)

۴-۴-۲- حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه

با بررسی‌های انجام شده بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و بر اساس بازدیدهای صحرائی اقدام به مشخص نمودن حوضه آبریز تالاب برم‌شور شد. با توجه به انحلال‌پذیری

بالای سازند گچساران در منطقه، تعیین دقیق حوضه آبریز محدوده مطالعاتی امری دشوار و غیر ممکن بود. اما با توجه به خطوط سطحی تقسیم آب، نقشه حوضه آبریز منطقه ترسیم و در شکل (۴-۴۵) ارائه شده است. مساحت حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه در حدود ۹ کیلومترمربع می‌باشد. به دلیل گستردگی آبراهه‌های اصلی و فرعی در حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه امکان تعیین حجم رواناب ورودی به تالاب میسر نبود.



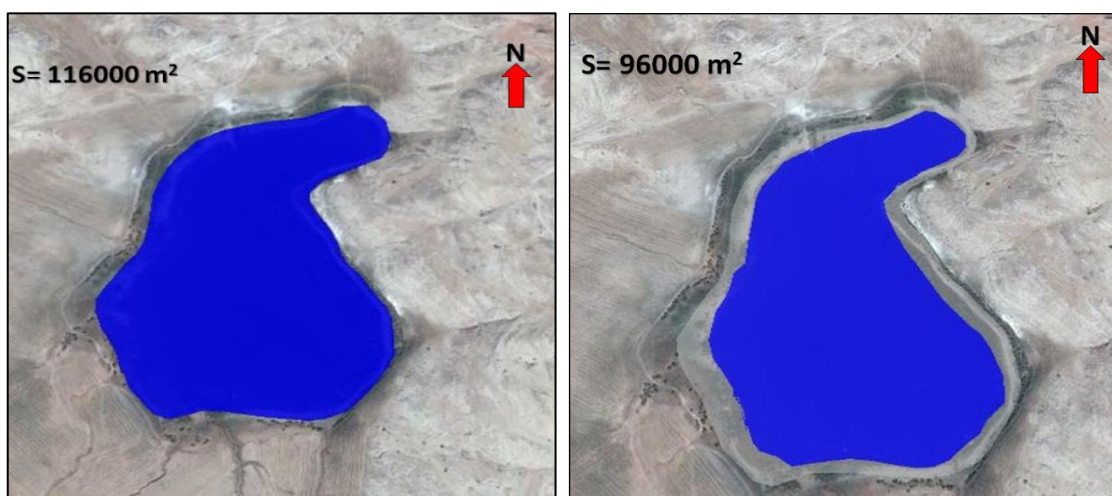
شکل ۴-۴۵- نقشه حوضه آبریز تالاب برم‌شور در محیط Google Earth

۴-۳-۴- بیان آب

دخال‌ت انسان در چرخه آب سبب تغییر در توازن اجزای آن شده که در نتیجه اثرات زیان‌آوری را به همراه دارد. جهت جلوگیری از این اثرات مخرب بایستی شناخت و مطالعه کافی از منابع آب صورت گیرد. در این راستا ارزیابی بیان چیزی جز موازنه ماده نیست که در آن تمام ورودی‌ها، خروجی‌ها و تغییر در ذخیره در محدوده‌ای با مرزهای مشخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (شیرافکن، ۱۳۹۲).

۴-۴-۴- محدوده بیلان آب تالاب

تالاب برم‌شور دارای مساحتی در حدود ۳۰۰ متر طول و ۷۰۰ متر عرض می‌باشد. با توجه به بارندگی در برخی از فصل‌ها و همچنین تبخیر شدید در اکثر ماه‌های سال، مساحت تالاب برم‌شور یکسان نمی‌باشد و با توجه به شرایط اقلیمی متغیر است. بنابراین به منظور تعیین تأثیر مساحت در نرخ بیلان آبی، مساحت تالاب در دو دوره بارندگی و خشک محاسبه شده است. بدین صورت از خرداد تا مهرماه به عنوان ماه‌های بدون بارش مساحت تالاب ۹۶۰۰۰ متر مربع، و از آبان تا اردیبهشت برابر با ۱۱۶۰۰۰ متر مربع به عنوان ماه‌های پر بارش در نظر گرفته شد (شکل ۴-۴۶). مساحت محدوده با استفاده از نرم افزار Google Earth اندازه‌گیری شده است.



شکل ۴-۴۶- مساحت تالاب برم‌شور در دو دوره فصل خشک و پر بارش (سمت راست؛ فصل خشک، سمت چپ؛ فصل پر بارش)

۴-۴-۵- دوره زمانی بیلان

در این مطالعه با توجه به اندازه‌گیری سطح آب برای سال‌های آبی ۹۳-۹۴ و ۹۴-۹۵ بیلان آبی برای دوره زمانی فرودین تا اسفند ۱۳۹۴ محاسبه شده است.

۴-۴-۶- پارامترهای مختلف بیلان

با توجه به عدم وجود ایستگاه هواشناسی در منطقه مورد مطالعه امکان محاسبه تمام اجزای بیلان وجود نداشت. اما با استفاده از اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه مجاور به تالاب (ایستگاه شهرستان باغملک) برخی از مؤلفه‌های ورودی و خروجی محاسبه گردید. مؤلفه‌های ورودی به تالاب را می‌توان به طور عمده بارش مستقیم به سطح تالاب، نفوذ به زمین، رواناب ورودی به تالاب و ورودی از آب زیرزمینی در نظر گرفت. از طرفی دیگر تبخیر، خروجی به آب زیرزمینی و برداشت آب برای اراضی کشاورزی از مهم‌ترین مؤلفه‌های خروجی از تالاب می‌باشند. با توجه به عدم وجود اطلاعات در ارتباط با حجم آب برداشتی از تالاب و دشوار بودن محاسبه این پارامتر، آب برداشتی از سطح تالاب برای آبیاری اراضی کشاورزی به عنوان یک عامل خطا در نظر گرفته شد و در محاسبه بیلان لحاظ نگردیده است.

۴-۴-۶-۱- تغییر در ذخیره

با استفاده از داده‌های سطح آب می‌توان تغییر در ذخیره را محاسبه نمود. بر این اساس در ماه‌های که سطح آب افت می‌کند تغییر در ذخیره منفی و در ماه‌هایی که سطح آب بالا می‌آید مثبت می‌باشد. جدول (۱۹-۴) تغییر ذخیره در ماه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

۴-۴-۶-۲- مؤلفه‌های ورودی به تالاب

۴-۴-۶-۲-۱- تغذیه ناشی از نفوذ مستقیم بارش

این فاکتور یکی از اساسی‌ترین پارامترهای هواشناسی بوده که عامل اصلی در شکل‌گیری منابع آب می‌باشد. از داده‌های مربوط به ایستگاه باران‌سنجی باغملک برای محاسبه تغذیه مستقیم از آب بارش استفاده گردید. با توجه به وضعیت اقلیمی منطقه تنها در برخی از ماه‌های سال افزایش سطح آب مشاهده می‌گردد

در حالیکه در اکثر ماه‌های سال سطح آب روند نزولی دارد. نتایج مربوط به مقدار بارش مستقیم به سطح تالاب در جدول (۴-۱۹) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۹- مقادیر برخی پارامترها و مؤلفه‌های بیلان

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
نرخ تغذیه (m)	۰/۲۹۲	۰/۳۳۶	۰/۳۷۲	۰/۳۵۲	۰/۳۱۰	۰/۲۵۵	۱/۴۰۷	۰/۷۲۷	۰/۳۸۷	۰/۴۰۶	۰/۱۴۹	۰/۰۹۵
بارش (m)	۶۱/۵	۳/۵	۰	۲	۰	۰	۰	۱۲۰	۷۱/۵	۱۵۷/۵	۱۴	۲۹/۵
تبخیر از سطح (m)	۰/۱۹۳	۰/۳۵۴	۰/۵۵۹	۰/۶۶۰	۰/۶۷۷	۰/۴۷۸	۰/۳۱۲	۰/۲۵۱	۰/۱۰۶	۰/۱۵۷	۰/۰۸۶	۰/۰۹۲

۴-۴-۶-۲- تغذیه ناشی از نفوذ آب به زمین

با توجه به شرایط لیتولوژیکی منطقه و وجود لایه‌هایی با انحلال بالا، می‌توان انتظار داشت که بخشی از آب ناشی از بارندگی به درون زمین نفوذ و سپس از طریق عوارض کارستی وارد تالاب شود. با توجه به عدم اطلاعات در ارتباط با نرخ نفوذ، این مؤلفه همراه با رواناب سطحی و ورودی آب زیرزمینی به صورت یک پارامتر ترکیبی در محاسبه بیلان آبی تالاب لحاظ شده است.

۴-۴-۶-۳- تغذیه ناشی از رواناب سطحی

با توجه به گستردگی حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه، رواناب سطحی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های ورودی به تالاب است. با توجه به تعدد آبراهه‌های بزرگ و کوچک امکان محاسبه حجم رواناب ورودی به تالاب به صورت یک پارامتر مجزا در معادله بیلان وجود نداشت.

۴-۴-۶-۴-۴ جریان ورودی از آب زیرزمینی به تالاب

با توجه به اینکه تاکنون هیچ مطالعه هیدروژئولوژیکی و هیدرولوژیکی در منطقه صورت نگرفته است، اطلاعات دقیق و قابل استنادی برای محاسبه دقیق سهم ورودی آب زیرزمینی به تالاب وجود ندارد، اما با استفاده از داده‌های مربوط به ایستگاه باران‌سنجی مجاور و محاسبه سایر مؤلفه‌های بیلان، ورودی آب زیرزمینی به تالاب به صورت تقریبی محاسبه گردید.

۴-۴-۶-۳-۳ مؤلفه‌های خروجی از تالاب

۴-۴-۶-۳-۱ تبخیر از سطح تالاب

همانند بارش، تبخیر نیز یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین مؤلفه بیلان است. برای محاسبه تبخیر از سطح تالاب از اطلاعات ایستگاه تبخیرسنجی مجاور (ایستگاه باغملک) استفاده گردید. جهت ارزیابی دقیق مقدار تبخیر از سطح آزاد در مقایسه با تبخیر از تشت، مقادیر تبخیر تشت در ضریب 0.7 ضرب شد تا مقدار دقیق تبخیر از سطح آزاد محاسبه گردد. مقادیر تبخیر از سطح آزاد برای محاسبه بیلان آبی تالاب برم‌شور محاسبه و در جدول (۴-۱۹) ارائه شده است.

۴-۴-۶-۳-۲ جریان خروجی از تالاب به سفره آب زیرزمینی

همانطور که در بخش ورودی آب زیرزمینی به تالاب بحث شد امکان محاسبه مقدار دقیق خروجی از تالاب به سفره آب زیرزمینی میسر نمی‌باشد. با توجه به محاسبه اجزای بیلان و تبادلات بین آب تالاب و سفره آب زیرزمینی در برخی از ماه‌های سال، مقدار خروجی از آب تالاب به صورت تقریبی محاسبه گردیده است.

۴-۴-۷- محاسبه بیلان

نرخ بیلان آبی تالاب برای دوره آماری ۱۲ ماهه بر اساس اطلاعات و داده‌های در دسترس محاسبه و در جدول (۴-۲۰) ارائه شده است. با توجه به اینکه تغییر در ذخیره به واسطه داده سطح آب و مساحت تالاب قابل محاسبه می‌باشد پارامتر مجهول برای ماه‌های دارای بارش مجموع رواناب سطحی، نفوذ به زمین و ورودی آب زیرزمینی می‌باشند درحالی‌که در فصل‌های بدون بارش تنها پارامتر ورودی از آب زیرزمینی به تالاب مجهول می‌باشد. این پارامترها به واسطه رابطه‌های (۴-۱۰ و ۴-۱۱) قابل محاسبه می‌باشند.

رابطه ۴-۱۰ تغییر در ذخیره = تبخیر - ورودی آب زیرزمینی + رواناب + نفوذ به زمین + بارش مستقیم

رابطه ۴-۱۱ تغییر در ذخیره = تبخیر - ورودی از آب زیرزمینی + بارش مستقیم به سطح تالاب

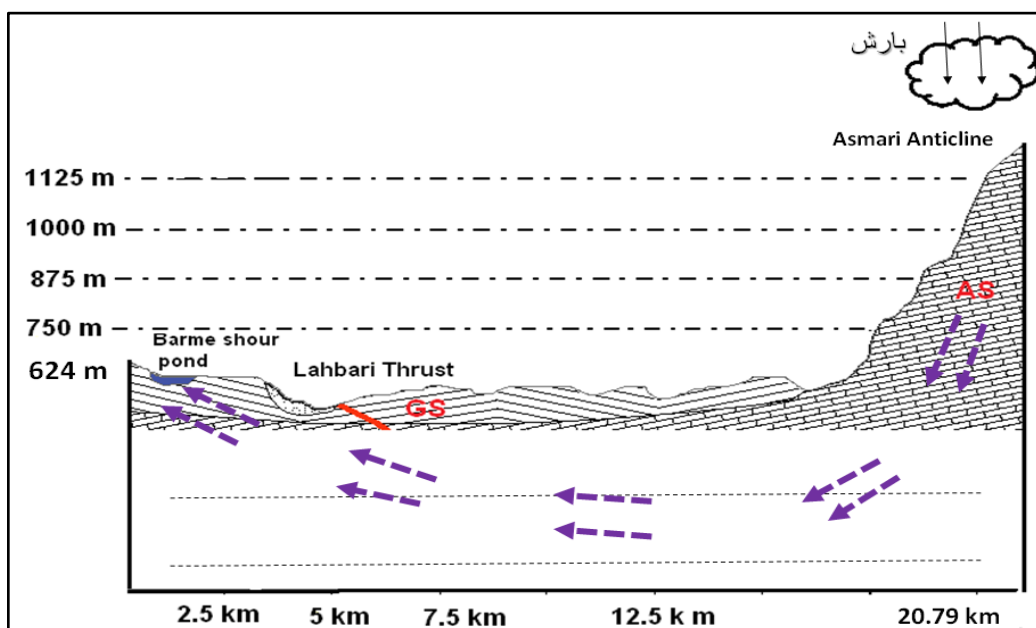
با توجه به جدول (۴-۲۰)، تغییر در ذخیره آب تالاب با توجه به کاهش سطح آب برای اکثر ماه‌های سال منفی می‌باشد. بنابراین بر اساس تغییر در حجم ذخیره و محاسبه سایر مؤلفه‌های بیلان می‌توان پارامتر مجهول را محاسبه نمود. ضمن محاسبه پارامتر مجهول برای هر ماه، می‌توان دریافت که در اکثر ماه‌های سال تالاب برم‌شور توسط سفره آب زیرزمینی در حال تغذیه می‌باشد در حالیکه از طرفی دیگر در برخی از ماه‌ها نرخ بیلان منفی و تالاب در حال تغذیه سفره آب زیرزمینی می‌باشد. کل ورودی سالانه آب زیرزمینی و سطحی به تالاب (رواناب سطحی، نفوذ مستقیم، ورودی از آب زیرزمینی) برابر با $277910 \text{ m}^3/\text{years}$ و کل حجم آب خروجی از تالاب به سفره آب زیرزمینی برابر با $168398 \text{ m}^3/\text{years}$ می‌باشد. بنابراین به صورت کلی و ضمن بررسی بیلان یک ساله تالاب برم‌شور می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که تبادلات بین سفره آب زیرزمینی و آب تالاب مثبت بوده و تالاب برم‌شور توسط سفره آب زیرزمینی در حال تغذیه می‌باشد.

جدول ۴-۲۰- محاسبه نرخ بیلان آبی تالاب طی بازه زمانی ۱۲ ماه

ماه	تغییر در ذخیره (m ³ /month)	بارش (m ³ /month)	تبخیر (m ³ /month)	ورودی از آب زیرزمینی و سطحی به تالاب (رواناب سطحی، نفوذ مستقیم، ورودی از آب زیرزمینی)	ورودی از آب دریاچه به سفره آب زیرزمینی
فروردین	-۳۳۸۷۲	۷۱۳۴	-۱۰۹۰۴		-۱۸۶۱۸
اردیبهشت	-۳۸۹۷۶	۴۰۶	-۲۰۰۶۸	۱۶۸۲	
خرداد	-۳۵۷۱۲	۰	-۲۶۳۰۴	۱۷۹۵۲	
تیر	-۳۳۷۹۲	۱۹۲	-۳۱۰۰۸	۲۹۳۷۶	
مرداد	-۲۹۷۶۰	۰	-۳۱۷۷۶	۳۵۲۳۲	
شهریور	-۲۴۴۸۰	۰	-۲۲۴۶۴	۲۱۴۰۸	
مهر	-۱۳۵۰۷۲	۰	-۱۴۶۸۸		-۱۰۵۱۲۰
آبان	۸۴۳۳۲	۱۳۹۲۰	-۱۴۲۶۸	۹۹۵۲۸	
آذر	-۴۴۸۹۲	۸۲۹۴	-۵۵۶۸		-۴۰۸۹۰
دی	۴۷۰۹۶	۱۸۲۱۲	-۸۸۱۶	۴۷۰۹۶	
بهمن	۱۷۲۸۴	۱۶۲۴	-۴۸۷۲	۲۵۶۳۶	
اسفند	-۱۱۰۲۰	۳۴۲۲	-۵۲۲۰		-۳۷۷۰
		کل ورودی به تالاب m ³ /years ۲۷۷۹۱۰			
		کل خروجی از تالاب m ³ /years ۱۶۸۳۹۸			
		مقدار تبادلات بین تالاب و سفره آب زیرزمینی m ³ /years ۱۰۹۵۱۲			

۴-۴-۸- تعیین منشاء آب تالاب و بررسی وضعیت ارتباط هیدرولیکی

همانطور که در فصل اول نیز بیان شد از مهم‌ترین منابع آبی اطراف تالاب برم‌شور می‌توان به سد جره، سد جارو و تاق‌دیس آسماری اشاره نمود. از طرفی دیگر با توجه به تبادلات بیلان بین تالاب و سفره آب زیرزمینی و حصول اطمینان به تغذیه تالاب توسط منابع آب زیرزمینی اقدام به بررسی وضعیت ارتباط هیدرولیکی تالاب برم‌شور با منابع آبی اطراف شد. سد جره و سایر سدهای مجاور از نظر ارتفاعی، در ارتفاع پایین‌تری نسبت به تالاب قرار گرفته‌اند، بنابراین احتمال تغذیه از سد به تالاب از لحاظ هیدرولیکی وجود ندارد. همانطور که قبلاً ذکر گردید تالاب برم‌شور در بین سازند گچساران قرار گرفته است. در بالادست تالاب و در بخش شمالی نیز سازند کارستی آسماری واقع در تاق‌دیس آسماری رخنمون دارد. انحلال‌پذیری بالای این دو سازند (گچساران و آسماری) منجر به توسعه بالای کارست و تشکیل عوارض کارستی متعددی در منطقه شده است. امکان ارتباط هیدرولیکی بین تاق‌دیس آسماری و تالاب برم‌شور از طریق کارست زیرزمینی امکان‌پذیر است و از لحاظ ارتفاعی، امکان تامین بار هیدرولیکی لازم جهت انتقال آب از ارتفاعات بالادست به تالاب وجود دارد و می‌تواند ارتباط زیرزمینی بین آن‌ها وجود داشته باشد (شکل ۴-۴۷). بنابراین با توجه به توسعه بالای کارست در منطقه این انتظار می‌رود که احتمالاً منبع تغذیه کننده تالاب برم‌شور، تاق‌دیس آسماری می‌باشد.



شکل ۴-۴۷- شماتیکی از مقطع زمین‌شناسی بین تالاب برم‌شور و تاقدیس آسماری

۴-۹-۴- ایزوتوپی

به طور کلی هر چه که ارتفاع منطقه تغذیه افزایش می‌یابد مقادیر ایزوتوپی O_{18} و D کاهش می‌یابد، به عبارتی مقادیر عددی آن‌ها کم می‌شود. با توجه به مثبت بودن نرخ بیلان آبی تالاب برم‌شور و حصول اطمینان از تغذیه تالاب توسط یک منشاء زیرزمینی این انتظار وجود داشت که داده‌های ایزوتوپی نیز این موضوع رو تایید کنند. نتایج حاصل از آنالیزهای ایزوتوپی نشان می‌دهد که مقادیر ایزوتوپی نمونه برداشت شده از عمق سبک می‌باشد درحالی‌که نمونه‌های سطحی دارای مقادیر ایزوتوپی سنگین‌تر یا مثبت‌تری می‌باشند. بنابراین می‌توان چنین تفسیر نمود که علت اصلی سنگین‌تر بودن مقادیر ایزوتوپی نمونه‌های سطحی به واسطه تبخیر در منطقه است. از طرفی دیگر سبک‌تر بودن مقادیر ایزوتوپی نمونه عمقی را می‌توان ناشی از ورود آب و تغذیه تالاب از منطقه‌ای با ارتفاع بالاتر بیان نمود که با توجه به مطالعه و بررسی ارتباط هیدرولیکی بین تالاب و سایر منابع آب سطحی می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که به احتمال زیاد این منبع تغذیه کننده تاقدیس آسماری می‌باشد.

فصل پنجم

نتیجہ گیری و پیشہادہا

در این فصل هدف بر این است تا به صورت مختصر به بیان نتایج حاصل از مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی تالاب برم‌شور و اثر سازند کارستی گچساران بر آن پرداخته شود. همچنین در ادامه پیشنهادها و راهکارهایی جهت پایش دقیق‌تر این تالاب مهم، به منظور حفظ و صیانت از آن ارائه شده است.

۵-۱- نتایج

۵-۱-۱- نتایج حاصل از مطالعات هیدروژئوشیمی

• تغییرات زمانی EC در محل‌های مختلف اطراف تالاب برم‌شور طی دوره زمانی ۱ ساله نشان می‌دهد که کمترین مقدار هدایت الکتریکی برابر با ۱۴۹۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و متعلق به نقطه نمونه برداری B2 در بهمن ماه ۱۳۹۴ می‌باشد، درحالی‌که بیشترین مقدار هدایت الکتریکی با ۴۲۹۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مربوط به نقطه B2 در تیر ماه ۱۳۹۴ است. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مقدار شوری و هدایت الکتریکی آب می‌توان به افزایش تبخیر، کاهش سطح آب تالاب (افزایش افت) و برداشت آب اشاره نمود. به طوری که با افزایش تبخیر و کاهش سطح آب تالاب (افزایش افت) مقدار EC افزایش می‌یابد و بلعکس با کاهش افت از مقدار هدایت الکتریکی کاسته می‌شود.

• تغییرات pH نمونه‌های آب طی دوره زمانی ۱ ساله از روند خاصی پیروی نمی‌کند و بین رنج ۶/۴۲ تا ۸/۸ متغیر می‌باشد. pH نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در رده آب‌های خنثی (pH نزدیک به ۷) قرار می‌گیرند و تنها در برخی از ماه‌های سال بخاطر شرایط خاص منطقه و احتمالاً به دلیل حلالیت یا ته‌نشست برخی کانی‌ها و یون‌های خاص به حالت قلیایی و یا حتی کمی اسیدی تغییر فاز می‌دهد.

• با توجه به نمودارهای پایپر ترسیم شده برای دو دوره آماری فروردین، شهریور قابل مشاهده می‌باشد که تیپ آب در هر دو دوره آماری از نوع سولفات همراه با رخساره غالب کلسیک می‌باشد. علت این موضوع را می‌توان ناشی از رخنمون گسترده سازند تبخیری گچساران در محدوده مطالعاتی در نظر گرفت.

• بر اساس تغییرات مکانی نمونه‌ها در دوره آماری فروردین قابل مشاهده است که بیشترین روند تغییرات مربوط به عناصر منیزیم، کلر و سولفات می‌باشد، درحالی‌که کمترین تغییرات مربوط به سدیم نمونه‌ها است. تغییرات عناصر بی‌کربنات و کلسیم در اکثر نمونه‌ها تقریباً مشابه و از روند یکسانی تبعیت می‌کند. روند تغییرات عناصر در سری مکانی مربوط به نمونه‌های آبراهه ورودی نسبت به نمونه‌های تالاب کمتر می‌باشد، به طوری که مقادیر اکثر یون‌ها بجز کلراید، کمتر از غلظت نمونه‌های تالاب است.

• روند تغییرات کلسیم، بی‌کربنات و سولفات در همه محل‌های نمونه‌برداری مربوط به دوره آماری شهریور ماه تقریباً یکسان می‌باشد. از طرفی در این دوره روند تغییرات سدیم و کلراید به نسبت فروردین ماه بیشتر می‌باشد، به طوری که بیشترین غلظت این عناصر متعلق به نمونه B2 است که در بخش شمالی تالاب واقع شده است. افزایش روند تغییرات سدیم و کلراید در شهریور ماه نسبت به فروردین ماه را می‌توان ناشی از تبخیر شدید در منطقه مورد مطالعه عنوان نمود.

• روند تغییرات مکانی مربوط به دوره آماری بهمن به این صورت می‌باشد که، بیشترین مقدار تغییرات عناصر سولفات و کلسیم مربوط به نمونه P2 و کمترین غلظت این عناصر متعلق به نمونه B4 است که در بخش غربی تالاب واقع شده است. مقدار سدیم نمونه به مانند دوره آماری شهریور تغییرات چندانی نداشته و از روندی تقریباً یکسان تبعیت می‌کند در حالی‌که بیشترین روند تغییرات در این دوره آماری متعلق به منیزیم نمونه‌ها می‌باشد. بیشترین و کمترین غلظت بی‌کربنات نیز به ترتیب مربوط به نمونه‌های P4 و B2 است.

• بر اساس نمودار پراکندگی غلظت سولفات در برابر کلسیم در طی سه دوره آماری قابل مشاهده است که همه نمونه‌های برداشت شده در بخش‌های مختلف تالاب در امتداد خط تعادل ۱:۱ قرار می‌گیرند. رابطه مستقیم بین یون‌های کلسیم و سولفات حاکی از انحلال ژپس در منطقه است. افزایش مقدار کلسیم در شهریور ماه نسبت به دو دوره آماری دیگر می‌تواند دلیل بر این باشد که کلسیم علاوه بر ژپس دارای منشاء دیگری مانند انحلال کربنات کلسیم نیز می‌باشد.

• مهم‌ترین فرآیند مؤثر در ترکیب شیمیایی نمونه‌های برداشت شده از بخش‌های مختلف تالاب در هر سه دوره آماری بر اساس نمودار گیبس، هوازگی و انحلال سازندها (واکنش متقابل آب و سنگ) است.

۵-۱-۲- نتایج حاصل از قابلیت مصرف شرب و کشاورزی آب تالاب برم‌شور

• بر اساس جدول استاندارد شرب می‌توان دریافت که در هر دو دوره آماری فروردین و شهریور به دلیل بالا بودن مقدار سولفات در همه نمونه‌های تالاب در مقایسه با حد مجاز استاندارد، هیچ یک از نمونه‌های آب تالاب کیفیت مناسب را برای مصارف شرب ندارند، و تماماً در رده آب‌هایی با کیفیت بد و قابل شرب در شرایط کاملاً اضطراری قرار می‌گیرند.

• ضمن مقایسه مقادیر مجموع املاح محلول و عناصر عمده موجود در نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه با مقادیر مجاز آبیاری در دو دوره آماری فروردین و شهریور قابل مشاهده است که، مقادیر سدیم، کلر و بی‌کربنات در نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در هر دو دوره آماری در محدوده مجاز استاندارد قرار دارند. از لحاظ غلظت کلسیم، هیچ کدام از نمونه‌های دو دوره آماری فروردین و شهریور شرایط لازم برای آبیاری اراضی کشاورزی دارا نمی‌باشند و بیش از حد مجاز استاندارد آب آبیاری هستند. مقدار منیزیم نمونه‌های آب تالاب برم‌شور در فروردین ماه بیشتر از شهریور ماه می‌باشد. افزایش منیزیم در فروردین ماه می‌تواند ناشی از انحلال $MgSO_4$ در منطقه باشد.

- بر اساس نمودار ویلکاکس نمونه‌های برداشت شده از تالاب در فروردین ماه در حد واسط بین رده‌های C3S1 و C4S1 قرار گرفته‌اند، درحالی‌که نمونه‌های آبراهه ورودی در رده C3S1 واقع شده‌اند. همچنین در ماه شهریور نیز همه نمونه‌های برداشت شده از تالاب و عمق در رده نامناسب C4S1 قرار گرفته‌اند.

۵-۱-۳- نتایج حاصل از مطالعات فلزات سنگین

- ضمن مقایسه نمونه‌های آب تالاب با استانداردهای شاخص جهانی مشاهده گردید که غلظت عناصر Pb, As و Zn بیشتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی می‌باشند، درحالی‌که نسبت به استاندارد FAO کیفیت مطلوبی دارند (بجز مقدار آرسنیک در نمونه B6). غلظت فلز آهن نیز در مقایسه با هر دو استاندارد سازمان بهداشت جهانی و کشاورزی مناسب بوده و زیر حد استاندارد مجاز می‌باشد.
- تغییرات مکانی غلظت سرب در نمونه‌های آب تالاب نشان می‌دهد که، غلظت سرب در نمونه‌های برداشت شده از حداقل ۰/۹۶۵ میلی‌گرم بر لیتر تا حداکثر ۱/۵۳۵ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بوده و میانگین آن ۱/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. بیشترین و کمترین مقادیر سرب در نمونه‌های آنالیز شده مربوط به نقاط B1 و B6 می‌باشد که به ترتیب در بخش‌های شمالی و جنوبی تالاب واقع شده‌اند. همچنین مقدار سرب در نمونه برداشت شده از آبراهه ورودی در مقایسه با نمونه‌های تالاب، به مقدار قابل توجهی کمتر می‌باشد که نشان‌دهنده افزایش غلظت سرب آب، پس از ورود به تالاب است.
- غلظت آرسنیک در نمونه‌های برداشت شده از آب تالاب از حداقل ۰/۰۵۷ میلی‌گرم بر لیتر تا حداکثر ۰/۱۲۲ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بوده و میانگین آن ۰/۰۷۹ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. بیشترین و کمترین مقادیر سرب در نمونه‌های آنالیز شده مربوط به نقاط B6 و B10 می‌باشد که به ترتیب در بخش‌های جنوبی و شرقی تالاب واقع شده‌اند.

- ضریب همبستگی بین فلزات سنگین و پارامترهای فیزیکوشیمیایی نشان می‌دهد که همبستگی خوبی بین فلزات روی، آرسنیک و سرب وجود دارد. همچنین همبستگی مثبتی بین مقدار هدایت الکتریکی و فلزات سنگین آب تالاب دیده می‌شود. مقدار pH نمونه‌های آب نیز با غلظت فلزات سنگین (بجز آهن) رابطه مثبت و معناداری دارد.

۵-۱-۴- نتایج حاصل از مطالعات ژئومورفولوژی کارست گچی

- بارش زیاد و کاهش دمای هوای منطقه در فصل زمستان و از طرفی دیگر رخنمون گسترده سازند تبخیری گچساران شرایط را برای انحلال بالا و تشکیل کارستی فراهم کرده است.
- آثار انحلال در سطح سنگ‌ها و سازندهای منطقه به خوبی گسترش یافته است و نشان از توسعه‌یافتگی کارست گچی در منطقه مورد مطالعه دارد. با توجه به گسترش و تعدد عوارض مورفولوژیکی در منطقه، کارست گچی محدوده مطالعاتی را می‌توان در گروه کارست کامل (هولوکارست) طبقه‌بندی نمود.
- فروچاله‌ها و حفرات انحلالی مهم‌ترین عوارض کارستی در محدوده مطالعاتی می‌باشند، درحالی‌که سایر عوارض کارستی مانند گودی مسدود، شفت و غار و غیره نیز به صورت پراکنده قابل مشاهده است. از طرفی دیگر کارن و دره خشک به واسطه انحلال بالا در لایه‌های گچ و نمک سازند گچساران توسعه‌یافتگی کاملی ندارد و گاهی در برخی از بخش‌های مجاور تالاب به صورت ابتدایی و توسعه نیافته قابل مشاهده می‌باشند.

۵-۱-۵- نتایج حاصل مطالعات هیدروژئولوژی

- عمق تالاب برم‌شور در بخش‌های مختلف متفاوت می‌باشد. حداقل عمق تالاب برم‌شور در فصل خشک مربوط به بخش‌های شمالی و کناره‌های تالاب و در حدود ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد، درحالی‌که در بخش‌های

مرکزی این مقدار به ۳ متر نیز می‌رسد. عمق تالاب در بخش‌های جنوبی بسیار بیشتر از بخش‌های شمالی می‌باشد.

• نرخ تبادلات سالانه بیلان آب تالاب و سفره آب زیرزمینی مثبت و در حدود ۱۰۹۵۱۲ متر مکعب می‌باشد. در برخی از ماه‌های سال تالاب در حال تغذیه سفره آب زیرزمینی و از طرفی دیگر در اکثر ماه‌های سال تالاب توسط سفره آب زیرزمینی مجاور در حال تغذیه است.

• ضمن بررسی وضعیت ارتباط هیدرولیکی تالاب با منابع آبی مجاور می‌توان دریافت که منشاء زیرزمینی تغذیه‌کننده تالاب برم‌شور احتمالاً تاقدیس آسماری می‌باشد که آب از طریق کارست‌های منطقه وارد تالاب می‌شود.

۵-۲- پیشنهادها

به دلیل قرار گرفتن تالاب برم‌شور در منطقه‌ای خشک و با توجه به کاهش منابع آبی در منطقه و خشکسالی‌های اخیر، تالاب‌ها و دریاچه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. بدین جهت به منظور حفاظت و صیانت از تالاب برم‌شور، پیشنهادهایی از دیدگاه آشناسی و زیست‌محیطی جهت حصول به این امر مهم ارائه شده است.

• مطالعه دقیق هیدروشمیایی با استفاده از روش‌های جدید مانند مطالعه ایزوتوپی، به منظور تعیین دقیق وضعیت ارتباط هیدرولیکی تالاب برم‌شور با منابع آبی محدوده مطالعاتی بخصوص تاقدیس آسماری.

• احداث چندین حلقه چاه و پیزومتر در منطقه مورد مطالعه به منظور اجرای دقیق‌تر مطالعات هیدروژئولوژی.

- احداث ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی در منطقه به منظور دستیابی به اطاعات کامل‌تر در ارتباط با مؤلفه‌های بیلان، آب و هوا و غیره.
- انجام مطالعات دقیق و گسترده در ارتباط با فلزات سنگین موجود در آب و رسوبات تالاب برم‌شور.
- بررسی جامع تأثیر شوری آب تالاب بر خاک و اراضی کشاورزی مجاور تالاب.
- مدیریت صحیح در نحوه مصرف کودهای شیمیایی به منظور جلوگیری از اثرات تخریبی ناشی از ورود پساب‌های کشاورزی به تالاب.

منابع فارسی

- ابراهیم پور، ص.، محمدزاده، ح.، (۱۳۹۰)، "بررسی هیدروژئوشیمی و عوامل کنترل کننده شیمی آب دریاچه زریوار (زریبار)" هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- احمدنژاد، ز.، (۱۳۹۰)، "بررسی منشاء شوری منابع آب سطحی و زیرزمینی در منطقه زیر راه دشتستان" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- بایزیدی، ا.، اولادی، ب.، عباسی، ن.، (۱۳۹۱)، "تحلیل داده‌های پرسش‌نامه‌ای به کمک نرم افزار SPSS" چاپ چهارم، انتشارات عابد.
- بهمنی، ا.، گلابی، م.، برومند نسب، س.، (۱۳۸۷)، "مروری بر وضع موجود تخلیه پساب کشاورزی و شهری به رودخانه کارون و ارائه راهکارهای مدیریتی" دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست.
- پاک‌باز، ح.، پیرمردیان، م.، (۱۳۹۱)، "بررسی پیرامون کیفیت رواناب‌های ناشی از بارندگی در حوضه‌ها" اولین کنفرانس ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، مشهد.
- حسینی، ف.، (۱۳۹۳)، "بررسی هیدروشیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت اوان" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- درویش‌زاده، ع.، (۱۳۸۸)، "زمین‌شناسی ایران" انتشارات امیرکبیر.
- درویشی خاتونی، ج.، محمدی، ع.، لک، ر.، (۱۳۹۱)، "تغییرات هیدروژئوشیمی و تیپ شورابه دریاچه ارومیه در ۶ سال اخیر" سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، تهران.
- رقیمی، م.، (۱۳۸۹)، "کاربرد هیدروژئوشیمی در شناسایی کانی‌های تبخیری دریاچه شور اینچه در بخش شمالی آق‌قلا، استان گلستان" اولین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی.

- زارعی، ح.، اژدری، ع.، (۱۳۸۵)، "کیفیت شیمیایی منابع آب حوضه آبریز سد ابولفارس و تأثیر سازند گچساران بر آن" دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- زینالی، ا.، محمودی قرائی، م.، ریماز، م.، جباری، ح.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی کیفی آب تالاب سولدوز، آذربایجان غربی" اولین همایش ملی محیط زیست، دانشگاه پیام نور اصفهان.
- شاملو، ن.، (۱۳۹۳)، "بررسی ویژگی‌های هیدروشیمیایی و آلودگی رودخانه چهل‌چای، استان گلستان" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- شیرافکن، م.، (۱۳۹۲)، "هیدروژئولوژی آبخوان بهاباد در استان یزد با تأکید بر عوامل مؤثر بر سطح ایستابی" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- علیزاده، ا.، (۱۳۸۹)، "اصول هیدرولوژی کاربردی" انتشارات آستان قدس رضوی.
- علیزاده، ا.، (۱۳۸۹)، "رابطه آب، خاک و گیاه" چاپ دهم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- قبادی، م.، ح.، (۱۳۹۲)، "معرفی پدیده‌های ژئومورفولوژیکی کارست توده آهکی بیستون - پراو" هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد.
- قدیمی، ف.، قمی، م.، (۱۳۹۳)، "بررسی اثرات فاضلاب شهری در آلودگی فلزات سنگین آب و رسوب دریاچه میقان اراک" اولین همایش ملی زیست‌بوم پایدار و توسعه، اراک، شبکه محیط زیست استان مرکزی، اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی اراک.
- کارآموز، م.، عراقی‌نژاد، ش.، (۱۳۸۴)، "هیدرولوژی پیشرفته" جلد چهاردهم، انتشارات دانشگاه امیرکبیر.
- کرمی، غ.، ح.، (۱۳۹۴)، "جزوه درس ژئومورفولوژی کارست" گروه آبشناسی، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- کریمی وردنجانی، ح.، (۱۳۸۹)، "هیدروژئولوژی کارست" انتشارات ارم شیراز.
- کلانتری، ن.، روحی، ح.، زارع صفت، م.، (۱۳۹۰)، "بررسی فرآیندهای هیدروشیمیایی آب زیرزمینی دشت الباجی با استفاده از مدل‌سازی هیدروشیمیایی" پانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.

- مطیعی، ه.، (۱۳۷۲)، "چینه‌شناسی زاگرس" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نکویی، ا.، (۱۳۹۲)، "مکانسیم سازوکار گنبد‌های نمکی" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز.

References

- Aghdam, J. A., Zare, M., Capaccioni, B., Raeisi, E., Forti, P., (2012), "The Karun River waters in the Ambal ridge region (Zagros mountain Range southwestern Iran)" mixing calculation and hydrogeological implications. *Carbonates Evaporites* (2012) 27, pp, 251–267.
- Alley, w. m., (1993), "Regional Ground- Water quality" Van nostrand reinhold, New York.
- Anshumali, A.L., (2007), "Seasonal variation in the major ion chemistry of Pandoh Lack , Mandi District, Himacal Pradesh, India" *Applied Geochemistry* 22(8):1736-1747 · July Impact Factor: 2.27 · DOI: 10.1016/j.apgeochem.2007.03.045
- Ashjari, J., Raeisi, E., (2006), "Litological Control on Water chemistry in Karst Aquifers of The Zagros Range, Iran" *Cave and karst Science*, v.33, no.3, pp, 111-118.
- Bengraine, K., Marhaba, T.F., (2003), "Using principal component analysis to monitor spatial and temporal changes in water quality" *Journal of Hazardous Materials B100*, pp, 179–195.
- Bogli, A., (1980), "Karst Hydrology and Physical Speleology" Springer-Verlag, Berlin. pp, 284.
- Bordenave, M. L., (2002), " The Middle Cretaceous to Early Miocene petroleum system in the Zagros Domain of Iran, and its prospect evaluation", AAPG Annual Meeting, Houston, Texas.
- Calaforra, J.M., Pulido-Bosch, A., and Lopez- Chicano, M., (2002), "Gypsum Karst in The Betic Cordillera (South Spain)" *Carbonates and Evaporites*, V. 17, no. 2, 2002, p, 134-141.
- Chandra, R., Nishadh K.A., Azeez P.A., (2010), "Monitoring water quality of Coimbatore wetlands, Tamil Nadu, India" *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 169, pp, 671–676.
- Chuai, X., Chen X., Yang L., Zeng J., Miao A., Zhao H., (2012), "Effects of climatic changes and anthropogenic activities on Lake Eutrophication in different Ecoregions" *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 9, pp, 503–514.

- Cooper, A.H., Farrant, A.R., Price, S.j., (2010), “The Use OF karst Geomorphology for Planning, Hazard avoidance and Development in Great Britain” *Geomorphology*, v134. (1-2), PP, 118-131.
- Cucchi, F., Zini, L., (2003), “Gypsum Karst of Zargros Mountains (I.R.Iran)” *Acta Carsologica*, 32.1, UDC: 552.53:551.44(55)
- Damogh, N., Zarei, H., (2012), “Influence of gachsaran formation salt layers on reservoir quality of upper gotvand dam” *International symposium on Dams for a Changing world*, Kyoto, Japan.
- Das, J., Acharya, B.C., (2003), “Hydrochemistry and Assessment of lotic water quality in Cuttack city India” *Water, Air, and Soil Pollution*, Vol.150, pp, 163–175.
- Diagonanolin, V., Farhang, M., Ghazi-Khansari, M., Jafarzadeh, N., (2004), “Heavy metals (Ni, Cr, Cu) in the Karoon waterway river, Iran” *Toxicology Letters*, 151, pp, 63– 68.
- Dinelli, E., Lima, A., Albanese, S., Birke, M., Cicchella, D., Giaccio, L., Valera, P., De Vivo, B., (2012), “A Major and trace elements in tap water from Italy” *Journal of Geochemical Exploration* 112, pp, 54–75.
- Dogan. U., Ozel, S., (2005), “Gypsum Karst and its evolution east of Hafik (Sivas, Turkey)” *Journal of geomorphology* 71, pp, 373-388.
- El-Sheekh, M., (2009), “River Nile Pollutants and Their Effect on Life Forms and Water Quality” *Environ Monit Assess*, pp, 395 – 405.
- Feng Peng, j., Song, y., Yuan, p., Cui, x., Qiu, G., (2009), “The remediation of heavy metals contaminated sediment” *Journal of Hazardous Materials*, 161, PP, 633 -640.
- Ford, D., Williams, P., (2007), “Karst hydrogeology and geomorphology” *John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex Po19 8 SQ, England*.
- Forghani, G., Moore, F., Lee, S. Qishlaqi, A., (2009), “Geochemistry and speciation of metals in sedimentsof the Maharlu Saline Lake, Shiraz, SW Iran” *Environ Earth Sci* (2009) 59:173–184
- Freeze, R.A., cherry, j. A., (1979), *Groundwater*, Prentice hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Garg, V. K., Suthar, S., Singh, S., Sheoran, A., Meenakshi, G., Jain, S., (2009), “Drinking water quality in villages of southwestern Haryana, India: assessing human health risks associated with hydrochemistry” *Environmental Geology*, Vol. 58, pp, 1329-1340.
- Gian, G., El-Hamid, Z., (2003), “Water Quality of Lacke Qarun, Egypt” *Intern .J. Environ. Studies*, vol.60 (6), pp, 651-657.
- Grellier, S., Janeau, J. L., Thothong, W., Boonsaner, A., Bonnet, M. P., Lagane, C., Seyler, P., (2013), “Seasonal effect on trace metal elements behaviour in a reservoir of northern Thailand” *Environmental Monitoring and Assessment*, 185 (7), pp, 5523-5536.
- Gunay, G., (2001), “Gypsum karst, sivas, Turkey” *Enviromental Geology*, 42, pp, 387-398.

- Hayash M., (2004), "Temperature–electrical conductivity relation of water for environmental monitoring and geophysical data inversion" *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 96, pp, 119–128.
- Heidari, M., Khanlari, G.R., Taleb Beydokhti , A.R., Momeni, A.A., (2011), "The Formation of cover collapse sinkholes in North of Hamadan, Iran" *Geomorphology*, Vol. 132 (3-4), PP, 76-86.
- Hounslow, A. W., (1995), "Water Quality Data: Analysis and Interpretation" CRC-Press, 1st edition, pp, 416.
- Hur, J.A., Schlautman, M., Karanfil, T., Smink, J., Song, H. J., Klaine, S.C., Hayes, J., (2007), "Influence of Drought and Municipal Sewage Effluents on the Baseflow Water Chemistry of an Upper Piedmont River" *Environ Monit Assess*, Vol. 132, pp, 171 – 18.
- Iqbal, J., Munir, H.S., Gulraiz, A., (2013), "Characterization, Source apportionment and health risk assessment of trace metal in freshwater Raval Lake, Pakistan" *Journal of geochemical Exploration* (125), pp, 94-101.
- Islam, M. S., Ahmed, M. D., Raknuzzaman, M., AL-Mamun, M. D., Islam, M. K. (2015), "Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country." *Ecological Indicators*, Vol. 48, pp. 282-291
- Jafari, H., Bagheri, R., Forghani, G., Esmaeili, M., (2015), "The Consequences of Disposing Wastewater in an endorheic Wetland in Southwest Iran" *Environ Monit Assess* (2015) 187:357.
- Joshi, D.M., Kumar, A., Agrawal, N., (2009), "Assessment of the irrigation water quality of river Ganga in Haridwar district india" *j. chem*, 2(2), pp, 285-292
- Karami, G.H., Mahmoodi, k., (2008), "Evaluation the Water Quality in Rivers Enterin to Golestan Lake, Iran" *Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lack Conference* , PP, 279-282.
- Koli, K. B., Muley, D.V., (2013), "Water Quality Assessment Of Tulashi Tank of Kolhapur District (M.S), India" *Global Journal of Science Frontier Research*, Verrision 1.
- Krishna, A.K., Satyanarayanan, M., Govil, P.K., (2009), "Assessment of heavy metal pollution in water using multivariate statistical techniques in an industrial area: a case study from Patancheru, Medak District, Andhra Pradesh, India" *Journal of Hazardous Materials* 167, pp, 366–373.
- Langmuir, D., (1997), "Aqueous environmental geochemistry" Prentic hall, New Jersey.
- Mastoi, G.M., Shah S.G.S., Khuhawar M.Y., (2008), "Assessment of water quality of Manchar Lake in Sindh (Pakistan)" *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 141, pp, 287–296.

- Mating, R., Olaleye, A. O., Johanne, M., (2010), “Assessment of Water quality in Mohale dam and associated rivers in Lesotho” Second Ruforum Biennial Meeting, Uganda.
- Mazor, E., (2004), “Applied chemical and Isotopic Ground water hydrology” Third Edition John Wiley, New York.
- Mishra, B.P., and Chenkual, L., (2014), “Physico - Chemical Characteristics of Tamdil in Mizoram, Northeast India” Science Vision 14(4), pp, 200-206.
- Mustapha, A., Zaharin Aris, A., Juahir, H., Firuz Ramli, M., (2013), “Surface water quality contamination source apportionment and physicochemical characterization at the upper section of the Jakara Basin, Nigeria” Arab J Geosci, Vol. 6, pp, 4903 – 4915.
- Millanovich, P., (1988). “Karst hydrology” WRP, Colorado, U.S.A.
- Najar I.A., Khan A.B., (2012), “Assessment of water quality and identification of pollution sources of three lakes in Kashmir, India, using multivariate analysis” Environmental Earth Sciences, Vol. 66, pp, 2367–2378.
- Obiefuna, G., D.M., Orazulike, (2010), “Assessment of Groundwater quality of Yola area for irrigation purposes” j. Nigerian Asocial, Hydrogeology, 2- (1), pp, 32-52.
- Ochieng, E. Z., Lalah, J.O., Wandiga, S.O., (2008), “Water Quality and Trace Metal Distribution in Pristine Lack in the Lack Basin in Kenya” Bull Environ Contam Toxicol, 80, pp, 362- 368.
- Oyebog, S.A., Ako, A.A., Nkeng, G.E., Suh, E.C., (2012), “Hydrogeochemical characteristics of some Cameroon bottled waters, investigated by multivariate statistical analyses” Journal of Geochemical Exploration 112, pp, 118–130.
- Pertsemli, E., Voutsas, D., (2007), “Distribution of heavy metals in Lakes Doirani and Kerkini, Northern Greece” Journal of Hazardous Materials 148, pp, 529–537.
- Pu, j., Yuan, D., Zhang, C., Zhao, H., (2013), “Hydrogeochemistery and possible sulfat sources in karst groundwater in chongqing, china. Environmental Earth Sciences, 68 (1), pp, 159-168.
- Raeisi, E., Zare, M., Aghdam, J. A., (2013), “Hydrogeology of gypsum formations in Iran. Journal of Cave and Karst Studies” v. 75, no. 1, pp, 68–80.
- Ravikumar, P., Aneesul Mehmood, M., Somashekar R.K., (2013), “Water quality index to determine the surface water quality of Sankey Tank and Mallathahalli lake, Bangalore urban district, Karnataka, India” Applied Water Science, Vol. 3, pp, 247–261.

- Schmidt, S.G., (2013), “Quantification of long – term Wastewater impacts on karst groundwater resources in a semi-arid environment by chlorid mass balance methods” *Journal of Hydrology*, pp,177 -190.
- Sener, S., Davraz, A., Karaguzel, R., (2012), “Evaluating The anthropogenic and geologic impacts on water quality of the Egirdir Lack , Turkey” *Environ Earth Sci*.
- Shoaiei, S.M., Mirbagheri, S.A., Zamani, A., and Bazargan, J., (2014), “Dissolved Heavy Metals in Reservoir of Shahid Rajaei Dam, Sari, Iran” *Int. J. Environ. Res*, 8 (4), pp, 997-1004.
- Solanki, V.R., Hussain M.M., Raja S.S., (2010), “Water quality assessment of Lake Pandu Bodhan, Andhra Pradesh state, India” *Environmental Earth Sciences*, Vol. 163, pp, 411–419.
- Suther, S., Nema, A. K., Chabukdhara, M., Gupta, S. K., (2009), “Assessment of metals in water and sediments of Hindon River, India: Impact of industrial and urban discharges” *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 171, pp, 1088-1095.
- Tijani, M. N., (2009), “Contamination of shallow groundwater system and soil–plant transfer of trace metals under amended irrigated fields.” *Agricultural water management*, Vol. 96(3), pp. 437-444.
- Yang, Y., Wang, L., (2010), “A Review of Modelling Tools for Implementation of the EU Water Framework Directive in Handling Diffuse Water Pollution” *Water Resour Manage* Vol. 24, pp, 1819- 1843.
- White, W.B., (1988), “Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains” Oxford University Press, Oxford. Pp, 464.
- Wu, B., Zhang, Y., Zhang, X., Cheng, S., (2010), “Health risk from exposure of organic pollutants through drinking water consumption in Nanjing, China” *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 84, pp, 46–50.

Abstaract

BarmeShour pond is one of the most important wetlands, located in the Khuzestan province. The main aim of this study was to evaluate hydrogeology and hydrogeochemistry of Barme Shour Pond. The greatest depth of the pond during the dry season (September) is sited in the central portion, which is about 3m. Given the wide exposure of traditional evaporation formation and high solubility in the region, karstic features, including Sinkhole, cavity dissolution, dry valleys, shafts and caves and etc, are visible, indicating development of gypsum karst in the study area. The annual water budget between the Pond and adjacent ground water is 109512 m^3 which is transferred through the karst limestone and gypsum into the Pond area, rendering a possible hydraulic connection between the adjacent Asmari anticline and the pond. EC values of the pond water changes from $1498 \mu\text{s}/\text{cm}$ in July to 4290 in April. The pH values do not show any particular trend ranging from 6.4 to 8.8. Water type in all water samples was Ca-SO_4 , indicating gypsum dissolution due to the extensive outcrops of Gachsaran formations in the study area. Direct trend between calcium and sulfate ions also suggested the dissolution of gypsum in the region. Based on the Gibbs diagram, weathering and dissolution carbonate formation (interaction of water and rocks) were determined as the main effective processes in the chemical composition of the pond's water. Based on the different WHO and FAO water standards, the pond water does not have the necessary quality for drinking and irrigation. Barme shour pond water samples are contaminated with AS, Zn, Pb according to the WHO standard, while it is suitable for irrigation based on the FAO standard limit.

Key words: Barme Shour pond, Hydrogeology, Hydrogeochemistry. Gachsaran Formation, Khuzestan



دانشگاه صنعتی شاهرود

Shahrood University of Technology
Faculty of Earth Sciences
Hydrogeology and Environmental Geology Group
M. Sc. Thesis

**Study of Hydrogeology and Hydrogeochemistry of Barme- Shour Wetland, Near the
Gachsaran Karstic Formation, Khuzestan Province**

By:

Farzad Akbari

Supervisor:

Dr. Rahim Bagheri

Advisor:

Dr. Arash Nadri

June 2016

