

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی

ارزیابی منشأ شوری رودخانه کارون در پایین دست سد گتوند (استان خوزستان)

نگارنده: مرجان مارسولی

اساتید راهنما

دکتر غلامحسین کرمی

دکتر افشین قشلاقی

بهمن ۱۴۰۰

بار الهی، با نظر کیمیایی اثر حضرتت مرا توفیقی ازلی که از منبع فیض لم یزلی نشأت گیرد بخشا
و بر بنان و بیانم نیروی آفرینندگی بخش تا آنچه را که شایسته است به واژگان هدیه کنم و به
دوستان علم نثار نمایم.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که الفای انسانیت و چگونه زیستن را به من آموختند و در مسیر ناهموار زندگی
واژه صبر را برایم به تصویر کشیدند و برق امید چشمانشان چراغ دلم را روشن کرد.

سپاسگزاری

سپاس بیکران پروردگار یکتا که ما را به هم‌نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

تشکر قلبی خود را از اساتید عالیقدر، جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی و جناب آقای دکتر افشین قشلاقی که زحمت راهنمایی این پایان نامه را عهده‌دار گردیدند ابراز می‌دارم و مدیون همکاری‌ها و راهنمایی‌های مدبرانه ایشان هستم؛ و نمی‌دانم با چه زبانی و با کدامین واژگان محبتشان را ارج نهم. به راستی انجام این رساله بدون نظرهای صائب، پیگیری‌های دلسوزانه و تشویق‌های امیدبخش ایشان میسر نبود. لطف و مهربانی بی‌شائبه‌شان همیشه در خاطر من خواهد ماند.

در پایان از خانواده به ویژه دو گوهر ناب زندگیم (پدر و مادر مهربانم) که در جهت کمک به اینجانب از هیچ کوششی کوتاهی ننمودند و وجودشان آرامش بخش روح و روان من است، تشکر نموده و دستانشان را از صمیم قلب می‌فشارم.

مرجان مارسولی

تعمدنامه

اینجانب مرجان مارسولی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست محیطی علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه ارزیابی منشأ شوری رودخانه کارون در پایین‌دست سد گتوند (استان خوزستان) تحت راهنمایی دکتر غلامحسین کرمی، و دکتر افشین قشلاقی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، 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

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 می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

رودخانه کارون طولانی‌ترین رودخانه‌ی ایران است که به خلیج فارس ریخته می‌شود. یکی از مهم‌ترین عوامل و چالش‌های تاثیرگذار بر کیفیت منابع آب رودخانه کارون، شاخه‌ها و مسیل‌های شور طبیعی هستند. شاخه‌های شور کننده طبیعی مسیر کارون شامل: شوراندیکا، شور لالی، شور بند قیر و دشت بزرگ می‌باشند.

سد گتوند علیا بزرگترین سد سنگریزه‌ای کشور و آخرین سد بر روی رودخانه کارون در شمال استان خوزستان می‌باشد. وجود سازندهای نمکی گچساران در دریاچه این سد موجب شده که شوری آب ورودی به دریاچه افزایش یابد. گزارش‌های متعددی در خصوص نقش سد گتوند در شور شدن آب رودخانه کارون ارائه شده است. حال آن که برخی از کارشناسان معتقدند که علت شوری رودخانه کارون عمدتاً به منابع آلاینده دیگری مربوط می‌شود. به منظور تعیین کیفیت آب، تعداد ۱۷ ایستگاه شامل ۵ ایستگاه در بالادست و ۱۲ ایستگاه در پایین دست سد برای نمونه‌برداری انتخاب شد. نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها نشان داد که کیفیت آب خروجی از سد گتوند در گروه $C1S1$ قرار گرفته و برای مصارف کشاورزی بسیار مناسب است. مقایسه هیدروژئوشیمیایی آب خروجی از دریاچه سد گتوند با آبهای زیرزمینی دشت‌های مجاور رودخانه کارون بیانگر این است که کیفیت آب خروجی از دریاچه سد در مقایسه با کیفیت آب دشت - های مجاور (به ویژه دشت میان آب شوستر و دشت اهواز شمالی) به طور قابل توجهی بهتر است. مقایسه کیفیت آب خروجی از دریاچه سد با آب کارون در محدوده شمال اهواز بیانگر افزایش بیش از دو برابری شوری آب رودخانه است که دلیل آن ورودی شاخه‌های با شوری بالاتر (مانند شاخه دشت بزرگ) و آب‌های زیرزمینی با شوری نسبی بالاتر به رودخانه کارون می‌باشد.

واژگان کلیدی: رودخانه کارون، سازند گچساران، شوری، سد گتوند

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق	۱
۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه	۲
۳-۱- هواشناسی منطقه	۴
۱-۳-۱- بارش	۴
۲-۳-۱- دمای هوا	۴
۳-۳-۱- رطوبت نسبی	۵
۴-۱- زمینشناسی منطقه	۵
۱-۴-۱- چینه شناسی منطقه	۸
۲-۴-۱- زمین شناسی ساختمانی منطقه	۱۲
۵-۱- ژئومورفولوژی منطقه	۱۴
۶-۱- هیدرولوژی منطقه	۱۵
۷-۱- هیدروژئولوژی منطقه	۱۵
فصل دوم: مطالعات پیشین درباره منشاء شوری رودخانه‌ها	۱۷
۱-۲- تاثیر زمینشناسی	۱۸
۲-۲- تاثیر طرح های عمرانی	۱۹
۳-۲- تاثیر آبهای برگشتی کشاورزی	۲۱
۴-۲- تاثیر پساب صنایع	۲۲
۵-۲- تاثیر فاضلاب های خانگی	۲۲
۶-۲- سایر عوامل	۲۳
۱-۶-۲- عوامل طبیعی	۲۳
۲-۶-۲- عوامل مصنوعی	۲۴
فصل سوم: روش انجام کار	۲۵
۱-۳- گردآوری آمار و اطلاعات مربوط به دبی جریان در ایستگاه‌های مختلف رودخانه کارون	۲۷

۲۸.....	۲-۳- گردآوری آمار و اطلاعات مربوط به کیفیت آب رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی منطقه
۲۸.....	۳-۳- انجام بازدیدهای صحرایی
۲۸.....	۳-۴- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در محل نمونه برداری
۲۹.....	۳-۵- اندازه‌گیری غلظت یون‌های اصلی در آزمایشگاه
۲۹.....	۳-۶- ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌های مجاور رودخانه
۲۹.....	۳-۷- بررسی تاثیر آبخوان‌های مجاور بر رودخانه
۳۰.....	۳-۸- تعیین سهم منابع آلاینده مختلف در شوری آب رودخانه
۳۳.....	فصل چهارم: ارزیابی منشاء شوری رودخانه کارون در پایین دست سد گتوند
۳۴.....	۴-۱- انتخاب نقاط نمونه برداری
۳۸.....	۴-۲- ارزیابی مقادیر هدایت الکتریکی در مسیر رودخانه
۴۰.....	۴-۳- ارزیابی غلظت یونهای اصلی و عناصر فرعی در مسیر رودخانه
۴۳.....	۴-۴- نمایش نموداری داده‌های هیدروشیمیایی
۴۳.....	۴-۴-۱- نمودار پایپر نمونه‌های آب کارون
۴۶.....	۴-۴-۲- نمودار استیف نمونه‌های آب کارون
۵۲.....	۴-۴-۳- نمودار شولر نمونه‌های آب کارون
۵۴.....	۴-۵- نقشه همپتانسیل آب زیرزمینی در آبخوان‌های مجاور رودخانه کارون
۵۶.....	۴-۶- مقایسه کیفیت آب خروجی از سد با آب زیرزمینی در آبخوان‌های مجاور
۵۷.....	۴-۶-۱- مقادیر هدایت الکتریکی آبخوان‌های مجاور کارون
۶۰.....	۴-۶-۲- مقایسه آب خروجی از سد و آبخوان‌های مجاور کارون در نمودار پایپر
۶۳.....	۴-۶-۳- مقایسه آب خروجی از سد و آبخوان‌های مجاور کارون در نمودار ویلکاکس
۶۶.....	۴-۷- نمودارهای ترکیبی نمونه‌های آب کارون
۷۱.....	۴-۸- بررسی تاثیر دریاچه سد گتوند بر کیفیت آب رودخانه کارون
۷۲.....	۴-۹- بررسی تاثیر شاخه‌های ورودی بر کیفیت آب رودخانه کارون
۷۳.....	۴-۱۰- بررسی نقش آب زیرزمینی در کیفیت آب رودخانه کارون
۷۵.....	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۷۵	۵-۱- نتیجه گیری.....
۷۵	۵-۱-۱- ارزیابی تغییرات هدایت الکتریکی آب در مسیر رودخانه.....
۷۷	۵-۱-۲- ارزیابی تاثیر دریاچه سد گتوند بر شوری آب کارون.....
۷۷	۵-۱-۳- ارزیابی تاثیر جریان های سطحی ورودی بر کیفیت آب کارون.....
۷۹	۵-۱-۴- ارزیابی تاثیر جریان های زیرسطحی ورودی بر کیفیت آب کارون.....
۷۹	۵-۲- پیشنهادهایی برای کار بیشتر.....
۸۰	مراجع.....
۸۵	پیوست ها.....

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱): راه‌های دسترسی به سد گتوند (سایت راهنمای جامع راه‌های ایران ۱۳۸۸)..... ۳
- شکل (۲-۱): نمایی از دریاچه سد گتوند در بالادست شهر گتوند ۳
- شکل (۴-۱): نقشه زمین‌شناسی گتوند مقیاس 1:50000 (گزارشات شرکت مشاوران-کایتک ۱۳۷۹)..... ۷
- شکل ۳-۱- نقاط نمونه برداری از کارون و شاخه‌های مختلف ورودی به آن ۲۷
- شکل ۴-۱: موقعیت نقاط نمونه‌برداری نقاط نمونه‌برداری ۳۶
- شکل ۴-۲: مقایسه مقادیر هدایت الکتریکی کارون در ماه‌های مرداد و آبان ۱۳۹۹ ۴۰
- شکل ۴-۳: نمودار پایپر نمونه‌های آب سطحی در بالادست گتوند ۴۴
- شکل ۴-۴: نمودار پایپر نمونه‌های آب سطحی پایین‌دست سد گتوند قبل از اتصال با رودخانه دز ۴۵
- شکل ۴-۵: نمودار پایپر نمونه‌های آب سطحی پایین‌دست سد گتوند بعد از اتصال با رودخانه دز ۴۵
- شکل ۴-۶: نمودار استیف نمونه‌های آب رودخانه کارون ۵۱
- شکل ۴-۷: نمودار شولر نمونه‌های آب سطحی در بالادست گتوند ۵۲
- شکل ۴-۸: نمودار شولر نمونه‌های آب سطحی پایین‌دست سد گتوند قبل از اتصال با رودخانه دز ۵۳
- شکل ۴-۹: نمودار شولر نمونه‌های آب سطحی پایین‌دست سد گتوند بعد از اتصال با رودخانه دز ۵۳
- شکل ۴-۱۰: نقشه همپتانسیل دشت گتوند-عقیلی ۵۴
- شکل ۴-۱۱: نقشه همپتانسیل دشت میان‌آب شوشتر ۵۵
- شکل ۴-۱۲: نقشه همپتانسیل دشت اهواز شمالی ۵۶
- شکل ۴-۱۳: مقادیر هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در دشت گتوند-عقیلی ۵۸
- شکل ۴-۱۴: مقادیر هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در دشت میان‌آب شوشتر ۵۹
- شکل ۴-۱۵: مقادیر هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در دشت اهواز شمالی ۶۰
- شکل ۴-۱۶: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت گتوند-عقیلی با استفاده از نمودار پایپر ۶۱
- شکل ۴-۱۷: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت میان‌آب شوشتر با استفاده از نمودار پایپر ۶۲
- شکل ۴-۱۸: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت اهواز شمالی با استفاده از نمودار پایپر ۶۳
- شکل ۴-۱۹: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت گتوند-عقیلی با استفاده از نمودار ویلکاکس ۶۴

- شکل ۴-۲۰: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت میانآب شوشتر با استفاده از نمودار ویلکاکس ۶۵
- شکل ۴-۲۱: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت اهواز شمالی با استفاده از نمودار ویلکاکس ۶۶
- شکل ۴-۲۲: غلظت کل یون های محلول (TDI)، درمقابل غلظت یون سدیم ۶۷
- شکل ۴-۲۳: غلظت کل یون های محلول (TDI)، درمقابل غلظت یون کلراید ۶۷
- شکل ۴-۲۴: غلظت کل یون های محلول (TDI)، درمقابل غلظت یون کلسیم ۶۸
- شکل ۴-۲۵: غلظت کل یون های محلول (TDI)، درمقابل غلظت یون منیزیم ۶۸
- شکل ۴-۲۶: غلظت کل یون های محلول (TDI)، درمقابل غلظت یون سولفات ۶۹
- شکل ۴-۲۷: غلظت کل یون های محلول (TDI)، درمقابل غلظت بی کربنات ۶۹
- شکل ۴-۲۸: غلظت کل یون های کلسیم درمقابل غلظت یون بی کربنات ۷۰
- شکل ۴-۲۹: غلظت کل یون کلسیم درمقابل غلظت یون سولفات ۷۰
- شکل ۴-۳۰: غلظت کل یون سدیم درمقابل غلظت یون کلراید ۷۱
- شکل (۵-۱): وضعیت شوری در ترازهای مختلف مخزن سد گتوند در تاریخ نهم اسفند ۱۳۹۳ ۷۷
- شکل (۵-۲): قسمتی از منطقه مطالعاتی (محل تلاقی رودخانه دز، شاخه شطیط، شاخه گرگر و رودخانه کارون) ۷۸

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱: بخش‌های مختلف سازند گچساران (آقاباتی، ۱۳۸۶) ۹
- جدول ۱-۳: متوسط دبی و شوری پساب سالانه منابع آلاینده نقطه‌ای در محدوده ملاثانی تا فارسیات ۳۰
- جدول ۱-۴: مختصات نقاط نمونه‌برداری ۳۷
- جدول ۲-۴: مقادیر هدایت الکتریکی کارون بالادست و پائیندست سد گتوند (مرداد و آبان ۱۳۹۹) ۳۹
- جدول ۳-۴: ارزیابی غلظت یون‌های اصلی ۴۱
- جدول ۴-۴: ارزیابی غلظت یون‌های فرعی و جزئی ۴۲
- جدول ۱-۵: مقادیر پارامترهای کیفی اب رودخانه کارون، قبل و بعد از احداث سد گتوند ۷۶

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

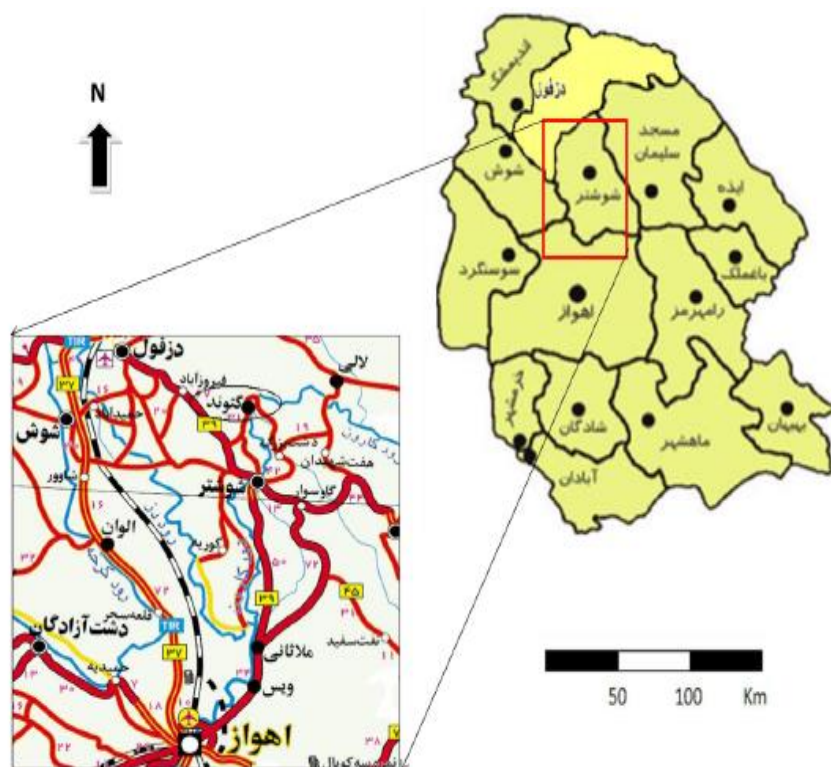
در دهه‌های اخیر، با رشد جمعیت و نیاز به تولید غذای بیشتر، علاوه بر افزایش مصرف آب، حجم آلاینده‌های ورودی به منابع آب نیز به طور قابل توجهی افزایش یافته است. رودخانه‌ها منابع آب مهم قابل دسترس هستند که بیشتر در معرض آلودگی قرار می‌گیرند. به دلیل عدم نظارت کافی، بر ورود آلاینده‌های مختلف به رودخانه‌ها و همچنین تأثیر پروژه‌های عمرانی بزرگ، کیفیت آب رودخانه‌ها به طور قابل توجهی کاهش یافته است (Shmueli, 1999). افزایش ورود آلاینده‌ها به رودخانه‌ها از طریق منابع مختلف (فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهری) کیفیت آب رودخانه‌ها را کاهش داده است. شوری یکی از پارامترهای اولیه و مهم کیفی آب رودخانه‌ها است که نماینده غلظت نمک‌های محلول در آب است (Quinn, 2011).

رودخانه کارون بزرگترین و طولانی‌ترین رودخانه ایران است و سد گتوند علیا آخرین سد مخزنی است که در مسیر این رودخانه ساخته شده است. این سد با حجم کل نزدیک به ۴/۵ میلیارد مترمکعب از تاریخ ۱۳۹۰/۵/۶ مورد بهره‌برداری قرار گرفته و از نظر حجم دومین مخزن آبی کشور بعد از سد کرخه و بزرگترین مخزن ساخته شده بر روی رودخانه کارون است. سد گتوند علیا از نظر موقعیت جغرافیایی در ۱۰ کیلومتری

شمال شرقی شهر گتوند در استان خوزستان قرار گرفته است. وجود سازندهای نمکی گچساران در این مخزن باعث گردیده بخشی از آب مخزن شور شده و در نتیجه کیفیت آب کارون را کاهش یابد. گزارش‌های متعددی در خصوص نقش سد گتوند در شور شدن آب رودخانه کارون ارائه شده است. حال آن که برخی از کارشناسان وزارت نیرو معتقدند که علت شوری رودخانه کارون عمدتاً به منابع آلاینده دیگری مربوط می‌شود. بنابراین، هدف اساسی از انجام این تحقیق، تعیین منشأ اصلی شوری و سهم منابع مختلف آلاینده در شوری آب رودخانه کارون در محدوده سد گتوند و مسیر پایین‌دست سد می‌باشد. برای این منظور، مقدار شوری و آبدهی رودخانه کارون در بالادست سد گتوند، در مخزن سد و در پایین‌دست سد در مسیری به طول حدود ۶۰ کیلومتر (از سد گتوند تا شهر اهواز) و همچنین مقدار شوری جریان‌های ورودی و آبدهی آن‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

از لحاظ جغرافیایی نیروگاه و ساختگاه سد گتوند علیا واقع در استان خوزستان، در ۱۵۰ کیلومتری شمال اهواز، ۴۵ کیلومتری شمال غربی مسجدسلیمان و ۲۵ کیلومتری شهرستان شوشتر و نزدیکی شهر گتوند، با موقعیت جغرافیایی $48^{\circ} 56' 10''$ طول شرق و $32^{\circ} 16' 8''$ عرض شمال واقع شده است. شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی سد گتوند و راه‌های دسترسی به آن را نشان می‌دهد. در شکل (۲-۱) نمایی از دریاچه سد گتوند پس از آبگیری بر روی تصویر ماهواره‌ای گوگل ارث نشان داده شده است.



شکل (۱-۱): راه‌های دسترسی به سد گتوند (سایت راهنمای جامع راه‌های ایران ۱۳۸۸)



شکل (۱-۲): نمایی از دریاچه سد گتوند در بالادست شهر گتوند

۱-۳- هواشناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه دارای پهنه گسترده ارتفاعی است، به طوری که ارتفاعات بیش از ۴۰۰۰ متر در مناطق شمالی در میان رشته کوه‌های زاگرس و زردکوه تا مناطق ساحلی خلیج فارس و فلات خوزستان در جنوب دیده می‌شود. اقلیم و پدیده‌های هواشناسی این حوضه متأثر از وضعیت توپوگرافی و جغرافیایی بسیار گسترده آن است. توده‌های موثر و باران‌زا در محدوده گتوند، جریان‌های مراکز کم فشاری است که از سمت دریای مدیترانه و بعد از آن از سمت خلیج فارس، دریای سرخ و دریای سیاه به منطقه می‌رسند. اما این توده‌های باران‌زا در منطقه اغلب جبهه هوای مدیترانه‌ای می‌باشند. محدوده مطالعاتی دارای زمستان‌های معتدل و کوتاه مدت و تابستان‌های طولانی مدت و بسیار گرم می‌باشد. اقلیم منطقه در سیستم اصلاح شده دومارتن در ناحیه نیمه‌خشک گرم قرار می‌گیرد.

۱-۳-۱- بارش

متوسط بارندگی در ایستگاه گتوند در حدود ۳۸۷/۷ میلی‌متر در سال می‌باشد. بیشترین میزان بارش‌ها مربوط به آذرماه با ۱۱۳/۳ میلی‌متر و کمترین آن مربوط به ماه‌های تیر تا شهریور با میزان بارش صفر میلی‌متر می‌باشد.

۱-۳-۲- دمای هوا

منطقه خوزستان در عرض جغرافیایی کمی بیش از ۳۰ درجه یعنی در حد فاصل بین سیستم پرفشار جنب حاره‌ای و عرض‌های متوسط که محل عبور جبهه‌های قطبی می‌باشد، واقع شده است. به همین دلیل با نوسان خورشید به عرض‌های بالاتر و پایین‌تر، این منطقه از حاکمیت یکی از شرایط جوی خارج شده و تحت تأثیر شرایط جوی دیگر قرار می‌گیرد. در فصل تابستان حرکت ظاهری خورشید از عرض‌های بالاتر صورت می‌گیرد، در نتیجه سیستم پرفشار جنب حاره‌ای که در فصل زمستان در جنوب منطقه قرار دارد به عرض‌های بالاتر آمده و روی محل مورد مطالعه مستقر می‌شود و در سطح زمین سیستم کم‌فشار حرارتی شکل می‌گیرد. با شروع فصل زمستان سیستم پرفشار جنب حاره‌ای به عرض‌های پایین‌تر منتقل شده و

جبهه‌های قطبی عبورشان را از روی منطقه آغاز می‌کنند. با نزدیک‌تر شدن جبهه گرم معمولاً جهت باد مولفه جنوبی پیدا کرده و دما و رطوبت تا حد زیادی بالا می‌رود. متوسط دمای سالانه تقریباً $25/4$ درجه سانتیگراد می‌باشد.

۱-۳-۳- رطوبت نسبی

روند تغییرات رطوبت نسبی در روزهای صاف و آفتابی دارای یک سیر کاهشی از صبح تا ظهر است و در نیمروز به حداقل خود می‌رسد و قبل از طلوع آفتاب حداکثر خود را به دست می‌آورد. در مقیاس سالانه رطوبت نسبی منطقه ۴۸ درصد، حداکثر ۵۸ درصد و حداقل ۳۹ درصد است. هم‌چنین میزان تبخیر در منطقه مورد مطالعه در تابستان بسیار افزایش یافته و در تیرماه به اوج خود یعنی مقدار $270/4$ میلی‌متر و در دی‌ماه به حداقل خود، $44/8$ میلی‌متر می‌رسد (جوادی پیربازاری و همکاران، ۱۳۸۷).

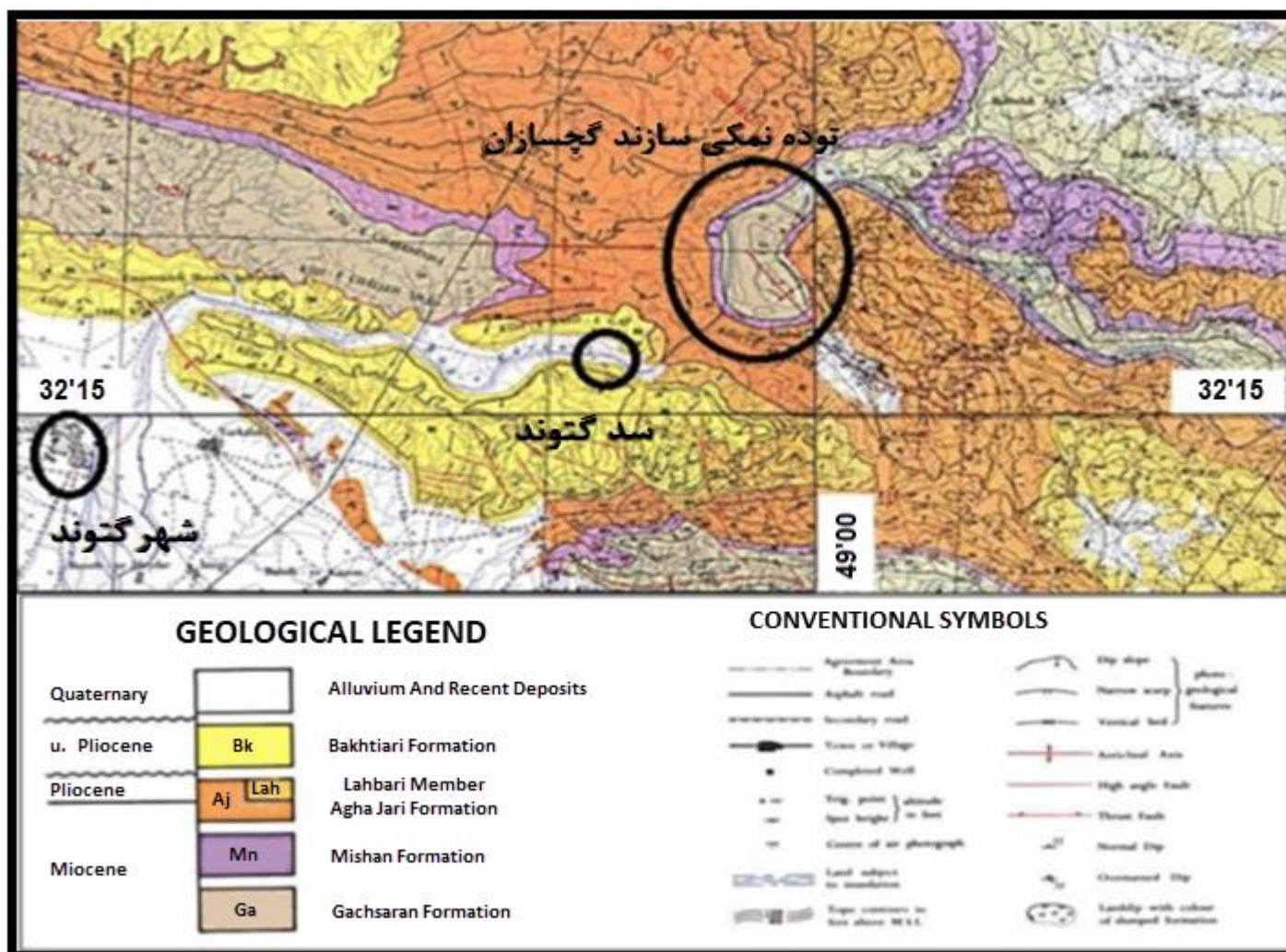
۱-۴- زمین‌شناسی منطقه

ساختگاه و نیروگاه سد گتوند علیا در محدوده زمین‌ساختی زاگرس قرار دارد. سازندهای این محدوده مربوط به گروه فارس می‌باشند که متشکل از ماسه سنگ، آهک، مارن و رسوبات تبخیری در دوره نئوژن هستند. سازندهای اصلی گروه فارس که در منطقه مورد مطالعه نیز برونزد دارند شامل سازندهای آگاجاری، بختیاری و نهشته‌های عهد حاضر می‌باشند.

شکل ۱-۴ نقشه زمین‌شناسی محدوده سد گتوند را نشان می‌دهد. قدیمی‌ترین واحد سنگی محدوده سد، آهک‌های الیگوسن (سازند آسماری) بوده که گروه فارس به طور هم‌شیب روی آن‌ها نهشته شده‌اند. این واحدهای سنگی در فروافتادگی دزفول دارای ضخامت ۷۰۰۰ متر می‌باشند (گزارشات شرکت مه‌اب قدس ۱۳۸۶).

پس از آسماری اولین سازند، سازند گچساران می‌باشد که به وسیله سازندهای میشان و رازک پوشیده شده است. سازند میشان توسط سازند آگاجاری پوشیده شده و در نهایت سازند بختیاری تمامی سازندهای قدیمی‌تر را می‌پوشاند که خود معرف فاز کوهزایی قبل از پلیوسن است. بطور کلی سازندهای بعد از آسماری

معرف یک فاز پس‌روی عمومی و یک فاز کوچک‌تر پیش‌روی هم‌زمان با تشکیل سازند می‌شاند. سازند بختیاری به عنوان سنگ مادر تمامی تراس‌های رودخانه‌ای در خوزستان و شمال عراق شناخته می‌شود و در بافت، ساخت و ترکیب رسوبات بادی و رودخانه‌ای این مناطق نقش موثری را ایفا می‌کند (گزارشات شرکت مشانیر-کایتک ۱۳۷۹).



شکل (۴-۱): نقشه زمین‌شناسی گتوند مقیاس 1:50000 (گزارشات شرکت مشاور-کاپتک ۱۳۷۹)

۱-۴-۱- چینه شناسی منطقه

چینه‌شناسی محدوده مورد مطالعه از قدیم به جدید شامل سازند گچساران، میشان، آغا‌جاری و بختیاری به عنوان سنگ بستر سد گتوند و سپس رسوبات عهد حاضر (کواترنری) می‌باشد.

الف- سازند گچساران

این سازند به‌عنوان سنگ پوش میدان‌های نفتی آسماری است که در مناطق فروافتادگی دزفول-لرستان تا حوضه خلیج فارس گسترش یافته است. سن مرز پایینی آن در منطقه جزیره قشم به الیگوسن و شاید ائوسن میرسد اما در نواحی شمالی سن میوسن پیشین دارد. از دیدگاه مهندسی، سازند گچساران یک واحد سنگی با رفتار شکل‌پذیری است که در سطح زمین برش کامل ندارد و برش تلفیقی چاه‌های میدان گچساران به‌عنوان برش الگو شناخته می‌شوند که ۷ عضو و ۱۶۰۰ متر ستبر دارند. سنگ نمک، انیدریت، مارن‌های رنگارنگ، سنگ‌آهک و مقداری شیل بیتومین‌دار بدون نظم چین‌های واحدهای اصلی سازند گچساران هستند که در (جدول ۱-۱) آورده شده‌اند (آقائباتی، ۱۳۸۶).

سنگ شناسی کلی سازند گچساران در محدوده مورد مطالعه شامل انیدریت، مارن‌های رنگارنگ و اندکی نمک، شیل و یا لنزهای کنگلومرایی است. در سطح زمین به‌جای انیدریت، بیشتر ژئوپس به چشم می‌خورد. همچنین نمک در سطح زمین تاکنون در شمال شهر رامهرمز و نیز در منطقه لالی (معدن نمک عنبل) یافت شده که بخش نمکی عنبل در مخزن سد گتوند قرار می‌گیرد. سن این سازند میوسن آغازین می‌باشد (شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

در بخشی از محدوده سد گتوند، سازند گچساران رخنمون‌های محدوده مخزن سد و حاشیه مجاور آن را تشکیل می‌دهد. در فاصله ۴ تا ۷ کیلومتری بالادست محل سد، رخنمون‌های ذکر شده دارای لایه‌های نسبتاً ضخیم نمک بوده که در حال حاضر دو معدن فعال در حال استخراج این نمک‌ها هستند. علاوه بر آن بخشی از ساحل چپ مخزن سد گتوند، از سازند گچساران پوشیده شده که دارای واحدهای رسوبی ژئوپس و نمک می‌باشند (داموغ و زارعی ۱۳۸۷). رودخانه کارون در محدوده مطالعاتی گتوند (بعد از

روستای عنبل) در بیش از ۶۰ درصد طول مسیر خود در بستری از سازند گچساران حرکت می‌کند و آب رودخانه در تماس مستقیم و دائمی با این سازند می‌باشد (مظفری‌زاده و چیت سازان ۱۳۸۵).

جدول (۱-۱): بخش‌های مختلف سازند گچساران (آقابات، ۱۳۸۶)

بخش	ویژگی‌های سنگ‌شناسی
۱	انیدریت، مارن، آهک و کمی شیل بیتومین‌دار
۲	سنگ نمک، انیدریت، مارن خاکستری، باندهای نازک سنگ آهک
۳	انیدریت و مارن‌های ضخیم خاکستری
۴	تناوب سنگ نمک ضخیم، مارن‌های خاکستری، انیدریت و کمی لایه‌های آهکی
۵	تناوب انیدریت، مارن سرخ، سنگ نمک و لایه‌های نازک سنگ آهک
۶	انیدریت، مارن‌های سرخ و آهک (در پایین)، سنگ نمک (وسط)، انیدریت و مارن (در بالا)
۷	انیدریت، مارن خاکستری و آهک

ب- سازند میشان
این سازند بصورت همساز بر روی تشکیلات زیرین خود یعنی سازند گچساران قرار گرفته است. سنگ‌شناسی این سازند شامل مارن‌های خاکستری رنگ و آهک‌های رسی مملو از پوسته و صدف سنگواره‌ها است. در برخی موارد لایه‌های ضخیم ماسه سنگی در آن یافت می‌شود. حد بالایی این سازند با سازند آغاچاری همساز و تدریجی می‌باشد. سن این سازند میوسن میانی است (شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

پ- سازند آغاچاری
سازندهای بختیاری و آغاچاری در واقع سنگ بستر محدوده مورد مطالعه می‌باشند. ساختگاه سد گتوند علیا بر روی سازند آغاچاری قرار گرفته است. ضخامت این سازند در موقعیت ذکر شده حدود ۴۰۰۰ متر است. لیتولوژی کلی این سازند شامل تناوبی از لایه‌های ضخیم (۲ تا ۶ متری) ماسه‌سنگ خاکستری

رنگ تا قهوه‌ای، رگه‌های گچ و مارن‌های قرمز، لای سنگ و گلسنگ می‌باشد که لایه‌های ماسه‌سنگی به عنوان لایه‌های مقاوم در این سازند شناخته می‌شوند و متشکل از ذرات سیلتی - آهکی با ترکیب ۷۵ درصد آهک و ۴۰ درصد سیلیس هستند.

سازند آجاجاری در کل ناحیه جنوب شرق و شمال غرب محدوده مورد مطالعه گسترش دارد. بخش بالایی این سازند به نام عضو لهبری معروف است. این سازند به ضخامت ۱۵۸۵ متر شامل مارن، سیلت‌ستون، میان لایه‌های ژئوپس و لایه‌های گلسنگ می‌باشد و رنگ آن معمولاً زرد نخودی تا خاکی است. برخی از زمین شناسان این چین‌ها را جزئی از سازند آجاجاری و برخی دیگر به سازند بختیاری نسبت می‌دهند. سن سازند آجاجاری از میوسن پسین تا پلیوسن زیرین می‌باشد (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۶).

ت- سازند بختیاری

مقطع تیپ سازند بختیاری از دره گذارلندر در شمال مسجدسلیمان جایی که رودخانه کارون از سازند بختیاری عبور می‌کند گرفته شده است. ضخامت این سازند در موقعیت ذکر شده به ۵۶۰ متر می‌رسد که البته در سایر نقاط متغیر است. این سازند مجموعه‌ای از کنگلومرای آهکی و چرت‌دار است که به طور متناوب میان لایه‌های ماسه‌سنگی و گلسنگی داشته و به حالت دگرشیب روی سازند آجاجاری قرار گرفته است. با وجود اینکه ساختار اصلی کنگلومرای بختیاری متشکل از قطعات آهکی است اما دارای مقادیر فراوانی از چرت نیز می‌باشد.

در محدوده مطالعاتی سد و نیروگاه گتوند، این سازند شامل کنگلومرا و میان لایه‌های رس سنگ لای‌دار و ماسه‌سنگی است. سازند بختیاری در محل سد گتوند علیا، تا ۳ کیلومتر بالادست آن گسترش می‌یابد. سن سازند بختیاری به پلیوسن بالایی تعلق دارد (گزارشات شرکت مشانیر-کایتک ۱۳۷۹).

ث - نهشته‌های کواترنری

محدوده نیروگاه و سد گتوند، بر مبنای زمین‌شناسی و زمان شکل‌گیری نهشته‌های عهد حاضر به ۲ گروه نهشته‌های رودخانه‌ای (آبرفت رودخانه) و نهشته‌های واریزه‌ای تقسیم می‌شوند (گزارشات شرکت مشانیر کایتک ۱۳۷۹).

- نهشته‌های رودخانه‌ای

رودخانه‌ها در بالادست منطقه دارای قدرت هیدرولیکی زیادی بوده و دشت‌های آبرفتی وسیعی را تشکیل می‌دهند. در اثر فرسایش پیاپی بخش‌هایی از این دشت‌های آبرفتی توسط رودخانه، تراس‌هایی شکل گرفته است که رسوبات این تراس‌ها از نظر اجزا تفاوت چندانی با واحد کنگلومرایی سازند بختیاری نداشته و در جاهایی که سیمان آهکی قطعات را به هم جوش داده شباهت زیادی با سازند بختیاری دارند. این نهشته‌ها در نقشه‌ها و نمودار گمانه‌ها به نام کنگلومرای جوان (عهد حاضر) شناخته می‌شوند. در محدوده مطالعاتی محور سد در ساحل راست و در بخش کوچکی از پایاب سد، جدیدترین واحدهای تراسی قرار دارند، در حالی که در ساحل چپ و در محل خروجی تونل‌های انحراف و نیروگاه گسترش بیشتری نشان داده شده است و ضخامت بالغ بر ده‌ها متر در ترازهای مختلف گسترده شده‌اند (گزارشات شرکت مشانیر-کایتک ۱۳۷۹).

- نهشته‌های واریزه‌ای

گسترش ذرات و قطعات سنگ بستر که در اثر هوازدگی شکل گرفته‌اند، بر اثر نیروی گرانی جدا شده و نهشته‌های واریزه‌ای را تشکیل می‌دهند. این نهشته‌ها با توجه به نوع گسیختگی و سنگ منشاء ویژگی‌های بسیار متغیر دارند. گسیختگی‌های دامنه‌ای در محدوده سد گتوند براساس شکل حرکت، سرعت حرکت و سطح گسیختگی به انواع سنگ لغزش، شیب رفت، واریزه‌های بادبزی و بهمن سنگ‌ها تقسیم می‌شوند (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

۱-۴-۲- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه

سد گتوند از نظر زمین‌شناسی ساختمانی در خارجی‌ترین بخش از زون زاگرس چین‌خورده قرار دارد. در این بخش از زاگرس، به دلیل دور شدن از زون زاگرس، حرکات ترافشارش چین‌خورده به وضوح دیده می‌شوند. بنابراین چین‌خوردگی‌ها و گسل‌های منطقه به نوعی با این حرکات مرتبط می‌باشند. گسل پیراحمد یکی از نزدیک‌ترین این سیستم‌ها به ساختگاه سد گتوند می‌باشد که در نزدیکی تکیه‌گاه راست قرار گرفته است. روند کلی کوه‌های منطقه نیز مانند روند کوه‌های زاگرس، شمال غرب-جنوب شرق می‌باشند (گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

الف- چین‌ها

چین‌ها از ساختارهای مهمی محسوب می‌شوند که در مخزن سد گتوند به‌طور عمده با روند شمال غرب - جنوب شرق شکل گرفته‌اند. بسته به اینکه جنس چینه‌های زمین از چه نوعی هستند، عکس‌العمل‌های متفاوتی در زمان اعمال نیروهای تکتونیکی در لایه پدید می‌آید. به‌طور کلی سه مکانیزم اصلی برای چین‌خوردگی کلیه چینه‌ها در نظر گرفته می‌شود که این مکانیزم‌ها عبارت‌اند از:

- مکانیزم خم شدن لایه (Buckling)

- مکانیزم خمشی-لغزشی (Flexural-Slip Folding)

- مکانیزم جریان یافتن لایه‌ها (Flow Folding)

بخش عمده‌ای از مخزن به سبک مکانیزم خمشی-لغزشی چین‌خورده است. از ویژگی‌های چین‌خوردگی به این سبک تمرکز حداکثر تغییر شکل در یال چین بر خلاف چین‌خوردگی معمولی به سبک خمشی است. مکانیزم جریان یافتگی به دلیل وجود چینه‌هایی که در اثر نیروهای تکتونیکی دچار تغییر شکل می‌شوند، هندسه نامنظمی از چین‌ها و جریان مصالح، تحت فشار و درجه حرارت حاصل از نیروی تکتونیکی ایجاد می‌شوند. این مکانیزم با شرایط چینه‌های سازند گچساران سازگاری بسیار خوبی دارد.

همچنین عدم وجود لایه‌های مقاوم در ایجاد این مکانیزم نقش چشم‌گیری داشته به‌طوری‌که سازند گچساران به‌طور عمده از ژئوپس و انیدریت، مارن و نمک تشکیل شده است (جوادی پیربازاری و همکاران، ۱۳۸۷).

ب- گسل‌ها
اصلی‌ترین گسل‌هایی که در مخزن سد گتوند تاثیرات چشم‌گیری دارند عبارتند از؛ گسل پیراحمد، گسل دره شور پایین‌دست تا دره رشته، گسل زیوه رود و گسل لالی که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود (شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

- گسل پیراحمد
گسل پیراحمد در نزدیکی تکیه‌گاه راست مخزن دیده می‌شود که رفتاری تراستی دارد. به عبارت دیگر، گسل پیراحمد دارای حرکتی ترکیبی می‌باشد. در پشت تکیه‌گاه راست، تاقدیس‌هایی دیده می‌شود که می‌توان گفت در اثر شاخه‌های فرعی برگشتی گسل پیراحمد ایجاد شده‌اند.

- گسل دره شور پایین‌دست تا دره رشته
عامل اصلی ایجاد تاقدیس‌های موجود در مخزن سد این گسلش می‌باشد. طول این گسل حداکثر ۶ کیلومتر در نظر گرفته شده است. به دلیل پوشش مسیر به وسیله آب رودخانه امکان به نقشه در آوردن آن وجود ندارد.

- گسل زیوه رود
خط اثر این گسل باعث تغییراتی در ساختار سازند گچساران شده است. آن‌چه در سطح نمایان است در حدود ۴ کیلومتر طول دارد و با روند شمال شرقی - جنوب غربی سبب جابه‌جایی ظاهری حدود ۱۲

کیلومتر در سطح زمین شده است. به نظر می‌رسد تداوم این گسلش رو به جنوب غرب سبب تاثیراتی در ساختار تاقدیس عنبل و به‌ویژه چینه‌های نمکی آن شده است.

- گسل لالی

این گسلش با مکانیزم تراست سبب حرکت سازند گچساران بر روی بخش لهبری و سازند بختیاری شده است. طول گسل در نقشه‌های مخزن در حدود ۵ کیلومتر می‌باشد و به نظر می‌رسد که ابعاد آن بسیار فراتر باشد. به دلیل فرسایش و حذف کنگلومرای بختیاری پیگیری آن نیاز به اطلاعات عمقی و تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی فراتر از محدوده مخزن دارد (جوادی پیربازاری و همکاران، ۱۳۸۷).

۱-۵- ژئومورفولوژی منطقه

سد و نیروگاه برقابی گتوند که در رشته کوه‌های زاگرس واقع شده است، از نظر ژئومورفولوژی و زمین ریخت‌شناسی خصوصیات قابل توجهی دارد که در شکل‌گیری آن‌ها فرایندهای دینامیکی درونی و بیرونی نقش داشته‌اند. پدیده‌های عمده‌ی ژئومورفولوژیک محدوده مورد مطالعه، شامل دره‌های تاقدیسی، پرتگاه‌های خط گسل، پریکلین‌ها (مانند تاقدیس گورپی-پابده)، سنگ لغزش‌ها، بالا آمدگی‌ها و ساختارهای مثلثی شکل می‌باشند که تکتونیک نقش مهمی در تشکیل آن‌ها داشته است. عمده‌ترین سازند کارستی از نظر ژئومورفولوژی در محدوده مورد مطالعه، سازند گچساران می‌باشد (مهندسین مشاور آب نیرو ۱۳۱۵). محور سد در یک دره‌ی نامتقارن با شیب توپوگرافی متفاوتی قرار گرفته است. به‌طوری‌که شیب تکیه‌گاه راست از حاشیه رودخانه (تراز تقریباً ۹۰ متر تا حداکثر تراز ۴۵۰ متر) به صورت یکنواخت ۳۰ درجه می‌باشد. بعد از آن شیب به طور ناگهانی افزایش یافته و به ۸۰ تا ۹۰ درجه می‌رسد که تا تراز ۵۰۰ متر ادامه پیدا می‌کند. (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷). رودخانه کارون در محل سد دارای روند شرقی غربی است که در ۳ کیلومتری بالادست و پایین‌دست، جهت‌گیری رودخانه شمال شرقی-جنوب شرقی می‌باشد. به طور کلی محدوده سد گتوند علیا از نظر ژئومورفولوژی،

منطقه‌ای با ریخت ملایم و متشکل از هزارها دره است که در آن چین‌های مقاوم، پرتگاه‌ها و صخره‌های چشم‌گیری قابل ملاحظه می‌باشند. همچنین سیستم زهکشی این محدوده تحت تاثیر زمین‌شناسی منطقه و ساختارهای تشکیل شده آن نظیر درزه‌ها می‌باشد. حداکثر ارتفاع منطقه با تراز تقریبی ۸۰۰ متر و با روند شمال غربی-جنوب شرقی در شعاع ۱۶ کیلومتری از محور سد قرار دارد (گزارشات شرکت مشانیر-کایتک ۱۳۷۹).

۱-۶- هیدرولوژی منطقه

رودخانه‌های اصلی در منطقه مورد مطالعه که از ارتفاعات زاگرس در چهارمحال بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، کوهرنگ و بازفت سرچشمه می‌گیرند، عبارتند از خرسان، آب فرمک و بازفت. این شاخه‌ها پس از دریافت رواناب شاخه‌های کوچک و بزرگ قبل از ورود به استان خوزستان به یکدیگر پیوسته و رودخانه کارون اصلی را تشکیل می‌دهند. همچنین رودخانه دز در منطقه بندگیر واقع در ۴۵ کیلومتری شمال اهواز به رودخانه کارون می‌پیوندد که از آن پس به نام کارون بزرگ خوانده می‌شود. رودخانه کارون بزرگ در حوالی خرمشهر به اروند رود پیوسته و در نهایت به خلیج فارس می‌ریزد.

۱-۷- هیدروژئولوژی منطقه

جهت جریان در منطقه مورد مطالعه (سد گتوند علیا) از شمال به کوه رشته، از جنوب به رودخانه شور، از غرب به سازند بختیاری، و از شرق به کوه گچ (سازند گچساران) محدود شده است. مهمترین ساختارهای زمین‌شناسی در این منطقه تاقدیس کوه رشته (با روند شمال غربی- جنوب شرقی) و گسل تراستی لهری می‌باشد. سازندهای مختلفی در این محدوده رخنمون دارند که شدیداً چین‌خورده و گسلش یافته شده‌اند، که به ترتیب از قدیم به جدید شامل؛ گچساران، میشان، آغاجاری، بخش لهری، کنگلومرای بختیاری و رسوبات عهد حاضر هستند. عملکرد گسل تراستی لهری در شرق دشت، باعث قرار گرفتن سازند گچساران در مجاور رسوبات آبرفتی و در نتیجه سبب نامطلوب شدن کیفیت آب در این

منطقه شده است. سنگ کف این دشت را سازند آجاجاری تشکیل می‌دهد، اما این سنگ کف با گذر زمان از واریزه‌های حاصل از تخریب و فرسایش سازنده‌های بختیاری و گچساران و همچنین نهشته‌های به جا گذاشته از رودخانه کارون پر شده است. رودخانه کارون مهم‌ترین رودخانه در حوضه آبریز دشت گتوند عقیلی است که سبب جدا شدن این دو دشت از یکدیگر گردیده است (نجاتی جهرمی، ۱۳۸۸).

فصل دوم: مطالعات پیشین درباره منشاء

شوری رودخانه‌ها

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در ایران و جهان بر کیفیت آب رودخانه‌ها صورت گرفته است. از آن جمله می‌توان به مطالعات حسینی زارع و سعادت (۱۳۸۰) اشاره نمود که اثرات خشکسالی‌های سه ساله ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۰ بر کیفیت منابع آب رودخانه‌های کارون و دز را مورد مطالعه قرار داده‌اند. آنان در مطالعه خود اثر خشکسالی‌ها بر شوری آب کارون را بین ۱۵ تا ۲۱ درصد تعیین نموده و بقیه شوری را به فعالیت‌های کشاورزی و ورود زهکش‌ها نسبت داده‌اند.

داموغ و زارعی (۱۳۸۹)، گسترش لایه‌های ضخیم نمکی سازند گچساران را در مخزن سد گتوند گزارش داده و تأثیرات آینده آن را بر کیفیت آب کارون مشخص کردند. قمشی (۱۳۹۲)، به بررسی میزان تجمع نمک در مخزن سد گتوند و تأثیر آن بر پایین‌دست رودخانه کارون پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که اثر گتوند در شوری پایین‌دست کارون ۲۳٪ و اثر زهکش‌های ورودی مسیر کارون ۷۱٪ و اثر شوری رودخانه دز ۶٪ می‌باشد.

قدیری (Ghadiri, 2008)، شوری رودخانه کارون به دلیل بارگذاری منابع آلاینده مختلف را مورد مطالعه قرار داده است. نتایج وی نشان داد که، عامل افزایش شوری رودخانه، کاهش جریان بر اثر خشکسالی‌های اخیر، برداشت‌های بی‌رویه در بالادست، ساخت سدهای متعدد، زهاب‌های کشاورزی و پساب‌های صنعتی و خانگی بوده است.

یو و همکاران (Yu et al., 2014)، با استفاده از داده‌های ده ساله از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۱ توزیع شوری در رودخانه بریزبن (Brisbane River)، کشور استرالیا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که در شرایط جزر و مدهای ضعیف و قوی، شوری رودخانه به‌طور قابل توجه‌ای کاهش پیدا می‌کند. آن‌ها نشان دادند که، اختلاط آب شور و شیرین در وضعیت سیلابی رودخانه در پنج کیلومتر پایین‌تر از شرایط غیرسیلابی رخ می‌دهد.

تری و همکاران (Tri et al., 2014)، نفوذ شوری در مصب رودخانه مکونگ (Mekong River)، در جنوب ویتنام را با استفاده از مدل (MIKE11)، مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که در مواقع بروز سیلاب، شوری رودخانه به‌طور قابل توجهی کاهش یافته اما در هنگام کاهش جریان از بالادست، شوری به شدت در مصب تغییر می‌یابد. بیشترین اثر لایروبی در کاهش نفوذ شوری در مصب رودخانه در فصول خشک اتفاق می‌افتد.

۲-۱- تاثیر زمین‌شناسی

به علت وجود سازندهای شور و گنبد‌های نمکی در منطقه سد گتوند و جریان داشتن رودخانه کارون که تنها منبع تامین کننده آب شرب و کشاورزی پایین‌دست می‌باشد، منطقه مورد مطالعه برای ارزیابی تاثیر زمین‌شناسی بر شوری آب انتخاب شده است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی شاخص شوری با منشاء زمین‌شناسی موثر بر تخریب آب و خاک این منطقه می‌باشد. سازندهای شور و گنبد‌های نمکی در گسترش بیابان و تخریب آب و خاک یک منطقه نقش مهم و موثری دارند. همچنین در سرعت و روند تخریب منابع آب و خاک یک منطقه سازندهای شور می‌توانند نقش موثری را ایفا کنند.

تاکنون بررسی‌های گوناگونی در زمینه نقش عوامل زمین‌شناسی در بیابانزایی و تخریب اراضی صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به بررسی‌های فیض نیا، طهماسبی (Tahmasebi, 1998)، خلیل ارجمندی (Khalil Arjomandi, 1999)، رجبی علنی (Ragabi Aleni, 2001)، سرایان (Sarabian, 2002) و شاه حسینی (Shahhosseini, 2006) اشاره نمود. صالح چورجم به بررسی معیار زمین‌شناسی موثر بر تخریب اراضی در واحدهای ژئومورفولوژی در حوضه آبریز رودخانه شور پرداخته است. در این بررسی سه شاخص حساسیت پذیری سازندها نسبت به شوری، فرسایش و نفوذپذیری واحد سنگ‌شناسی در نظر گرفته شده که در نهایت به صورت نقشه‌ای طبقه‌بندی شده ارائه شده است (SalehPour, 2006). علاوه بر آن برخی از محققان از سامانه داده‌های جغرافیایی و سنجش از دور کمک گرفته‌اند که عبارت‌اند از: (Metternicht, et al., 1996)، (Douaoui, et al., 2001)، (Fernandez, et al., 2006) و ابطحی (۱۳۷۸) با بهره‌گیری از داده‌های رقومی MSS و TM ماهواره لندست و با به‌کارگیری نقشه‌های خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، داده‌های کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی و همچنین آب‌دهی و رسوب‌دهی رودخانه بالادست به تجزیه و تحلیل پدیده بیابانزایی پرداخته است (Abtahi, 1999).

۲-۲- تاثیر طرح‌های عمرانی

در رابطه با مشکلات حاصل از ساخت سازه‌های مهندسی در ساختگاه مسئله‌ساز به خصوص در سازندهای کارستی مطالعات متعددی در جاهای مختلف دنیا انجام شده است که از جمله می‌توان اشاره نمود به مطالعات انجام‌شده در رابطه با سدهای هورستوت و کارتر به‌ترتیب در غرب فورت کالینز و لاولند در ایالت کلرادو (Johnson, 1990)، سد موصل در عراق (Julie, et al., 2007)، سد خاکی لالوتا بر روی رودخانه ابرو در شمال شرقی اسپانیا (Gutiérrez & Mozafari, 2015) و مطالعات انجام شده در رابطه با مسائل فرار آب از این سدها می‌باشد.

تأثیر پروژه‌های آبی بر هیدرولوژی رودخانه، محیط‌زیست و محیط اطراف یک موضوع مهم در مدیریت حوضه رودخانه و حفاظت از محیط‌زیست است. ساخت و ساز بیش‌ازحد سد و سیل‌بند مانع جریان رودخانه و در نتیجه کاهش تنوع زیستی و تخریب محیط‌زیست می‌شود (Berkamp et al., 2000). به‌عنوان مثال احداث سد اسوان مصر تعادل زیست‌محیطی حوضه رودخانه نیل را به طور جدی تغییر داده و باعث شور شدن خاک در پایین‌دست سد شده است (Selim, et al., 2002).

نتایج داده‌های هیدروشیمیایی و آماری به‌دست آمده در ایستگاه‌های پای‌پل و عبدالخان واقع در پایین‌دست رودخانه کرخه، نشان می‌دهد که غلظت عناصر عمده در دوره آماری بعد از احداث سد، نسبتاً کاهش یافته و تیپ آب از سدیم - کلرید به کلسیم - سولفات تغییر یافته است. این بهبود نسبی در کیفیت آب رودخانه کرخه را می‌توان با افزایش دبی رودخانه کرخه در هر دو ایستگاه در دوره آماری بعد از احداث سد نسبت به قبل از احداث مرتبط دانست. علاوه بر این هرچند تغییرات جزئی در غلظت املاح مشاهده می‌شود؛ اما این تغییرات، در حدی نیست که تأثیر قابل‌توجهی در کیفیت آب از نظر شرب و کشاورزی به وجود آورده باشد (کلانتری ۱۳۸۸).

سد قیصرق سراب از نوع خاکی با هسته رسی مرکزی با ارتفاع تقریبی ۲۰ متر و طول تاج ۹۶۰ متر، در استان آذربایجان شرقی و در حوضه آبریز آجی‌چای واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی ساختگاه سد بر روی لایه‌های متناوبی از مارن سبز ژئوپس‌دار، آهک مارنی، سیلت‌استون، ماسه‌سنگ و ژئوپس مربوط به میوسن که ضخامت‌های متفاوتی دارند، قرار گرفته است. بعد از اولین آگیری، در پایین‌دست سد گودال‌هایی پر از آب مشاهده شد که آب به‌صورت چشمه‌های جوشان از آن‌ها بیرون می‌آمد. موقعیت این جوشش‌ها و مطالعات حاصل از آزمایش‌های شیمیایی آب از قبیل آزمایش اندازه‌گیری هدایت الکتریکی نشان داد که به‌دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقه و نیز نفوذ آب از دو مسیر آبراهه قدیمی موجود در مخزن به داخل طبقات مارن‌های ژئوپسی و نیز انحلال تدریجی این رگه‌ها، نفوذپذیری زیر پی سد تشدید شده و به مرور زمان باعث ایجاد پدیده جوشش شده است. در اثر بروز پدیده جوشش، پایین‌دست سد به لجن‌زار تبدیل شده بود. جهت حل مشکلات این سد از پرده آب‌بند به همراه رویه

بتنی استفاده شد که مشکل نشت از پی و پدیده جوشش در پایین دست سد برطرف گردید (مرادی و همکاران ۱۳۸۹).

پس از احداث سد الغدیر ساوه، سطح آب زیرزمینی در جنوب گسل ساوه افت زیاد کرده در حالی که در شمال گسل تغییر محسوسی نداشته است. دلیل این افت در شمال گسل ساوه، تغذیه آب توسط ارتفاعات شمال بوده و ارتباطی با تغذیه از رودخانه ندارد. درواقع احداث سد تأثیر زیادی بر سطح آب زیرزمینی در این بخش نداشته است، درحالی که سد بر بخش جنوبی گسل ساوه اثر چشمگیری داشت (حافظی مقدس و همکاران ۱۳۹۰).

۳-۲- تأثیر آب‌های برگشتی کشاورزی

افزایش جمعیت سبب بهره‌برداری فشرده از منابع آب و خاک و به تبع آن افزایش مصرف کود و سم شده است که باعث می‌شود این دو منبع حیاتی در معرض آلودگی قرار بگیرند (نیک‌نژاد، ۱۳۸۷). استفاده از پساب‌ها در کشاورزی نیز سبب آلودگی منابع آب و خاک شده و در نهایت منجر به مسمومیت گیاهی و آبریان می‌شود. آلودگی‌های کشاورزی به عنوان منابع غیرنقطه‌ای مهم در آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به شمار می‌روند (World Health Organization, 2004).

دفع آب برگشتی کشاورزی به رودخانه‌ها با افزایش بار میکروبی، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب را تغییر می‌دهد (Van Nevel et al., 2017). این آلاینده‌ها بر خواص منحصر به فرد اکوسیستم، مانند خودپالایی و تنوع گونه‌ای آبریان اثر منفی می‌گذارد (سرابی و همکاران، ۱۳۹۶).

بار بالای پاتوژن‌ها و مواد سمی شیمیایی، آب را برای مصرف یا سایر استفاده‌های خانگی نامناسب می‌سازد. استفاده مستقیم یا غیرمستقیم از آب آلوده و یا مصرف ماهی آلوده ممکن است منجر به خطرات بهداشتی مختلف از جمله بیماری‌های دستگاه گوارش، ضایعات پوستی، مشکلات تنفسی و حتی سرطان شود (Dwivedi et al., 2018).

۲-۴- تاثیر پساب صنایع

با توسعه‌ی تمدن جدید و صنعتی شدن جوامع، فاضلاب‌های صنعتی، مواد سمی، فلزات سنگین و آلودگی‌های مضر که سلامتی موجودات زنده را به خطر می‌اندازند، افزایش یافته است. مواردی از قبیل اسیدپتیه‌ی آزاد، مواد قلیایی، گازهای سمی، مواد رادیواکتیو، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، چربی و روغن و ... را وارد آب‌های شیرین قابل دسترس می‌کنند (یزدان پرست، ۱۳۹۲).

فاضلاب‌های صنعتی مقدار قابل توجهی از فلزات سنگین و همچنین شبه فلزات را وارد منابع آب می‌کنند (Dwivedi et al., 2018). پساب صنایع تاثیر بسیار زیادی بر حیات و تولیدمثل ماهی‌ها گذاشته و باعث تغییرات پاتولوژیک در ماهی‌ها می‌شوند (Karaouzas et al., 2018).

۲-۵- تاثیر فاضلاب‌های خانگی

زندگی روزمره‌ی بشری با تولید فاضلاب‌هایی همراه است که از منازل، بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، اماکن عمومی و سایر مناطق سرچشمه می‌گیرند. بنابراین، باید به نحوی از محیط زندگی خارج و دفع گردند (Dwivedi et al., 2018).

دفع کنترل نشده فاضلاب‌های خانگی و بیمارستانی به آب‌های پذیرنده که به عنوان منابع آب آشامیدنی حیوانات و یا منابع آب کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، عامل بسیار مهمی است که بر تداوم انتشار گونه‌های باکتری‌های مقاوم در برابر آنتی بیوتیک‌ها در بین جمعیت‌های انسانی و حیوانات دامن می‌زند (Karaouzas et al., 2018).

ضروری است که از دفع کنترل نشده فاضلاب‌های خانگی و همچنین فاضلاب‌های بیمارستانی به آب‌های پذیرنده جلوگیری شود (هادی و همکاران، ۱۳۹۰). افزایش شهرنشینی در امتداد رودخانه‌ها باعث آلودگی شدید آب رودخانه‌ها شده است. افزایش مستمر تخلیه فاضلاب تصفیه نشده به شدت بر خواص فیزیکوشیمیایی و بار میکروبی آب رودخانه تاثیر می‌گذارد (هادی و همکاران، ۱۳۹۰).

۲-۶- سایر عوامل

سایر عوامل مؤثر بر کیفیت آب در محدوده دریاچه سد و پایین دست آن را می توان به شرح ذیل بیان کرد؛

۲-۶-۱- عوامل طبیعی

با توجه به موقعیت زمین شناسی سد گتوند علیا و دریاچه آن، فرآیند هواز دگی به شکل انحلال سنگ ها مهم ترین عامل در کنترل کیفیت آب است و عوامل طبیعی دیگر در درجه بعدی اهمیت قرار می گیرند. در ادامه عوامل مؤثر به تفکیک بیان شده اند؛

الف- هواز دگی سنگ ها

زمین شناسی حوضه آبریز کارون از جنس سنگ های رسوبی و به خصوص تشکیلات کربناته و تبخیری می باشند که دارای مقاومت بسیار پایین در برابر فرسایش و انحلال توسط جریان آب های سطحی و زیر زمینی هستند. نتیجه این فرآیندها ورود مقادیر قابل توجهی املاح به مسیر رودخانه می باشد. البته رخنمون تشکیلات مسئله ساز در محدوده دریاچه سد و تماس مداوم آب با آن ها به دلیل رکود آب، در مقایسه با املاح موجود در آب ورودی به سد، تأثیر بسیار بارزتری دارد (هوشمند و همکاران، ۱۳۸۷).

ب- تبادل یونی

فرآیند تبادل یونی معکوس یکی از عوامل تأثیر گذار بر کیفیت آب رودخانه کارون می باشد. این فرآیند به دلیل افزایش شوری آب تحت تأثیر انحلال هالیت رخ داده و باعث جایگزینی کاتیون سدیم به جای کاتیون های کلسیم و منیزیم در رسوبات می شود (Anonymouse, 2001).

پ- سایر فرآیندها

از دیگر فرآیندهای مؤثر می توان به اثر شرایط اقلیمی (نزولات جوی و تبخیر) اشاره کرد. نزولات جوی باعث افزایش املاح ورودی به رودخانه و در نتیجه بالا رفتن سختی، هدایت الکتریکی و ... می شود. لازم به

ذکر است که جنس تشکیلات منطقه در میزان بالارفتن املاح آب تأثیر مستقیم دارد (Alam et al., 2010).

۲-۶-۲- عوامل مصنوعی

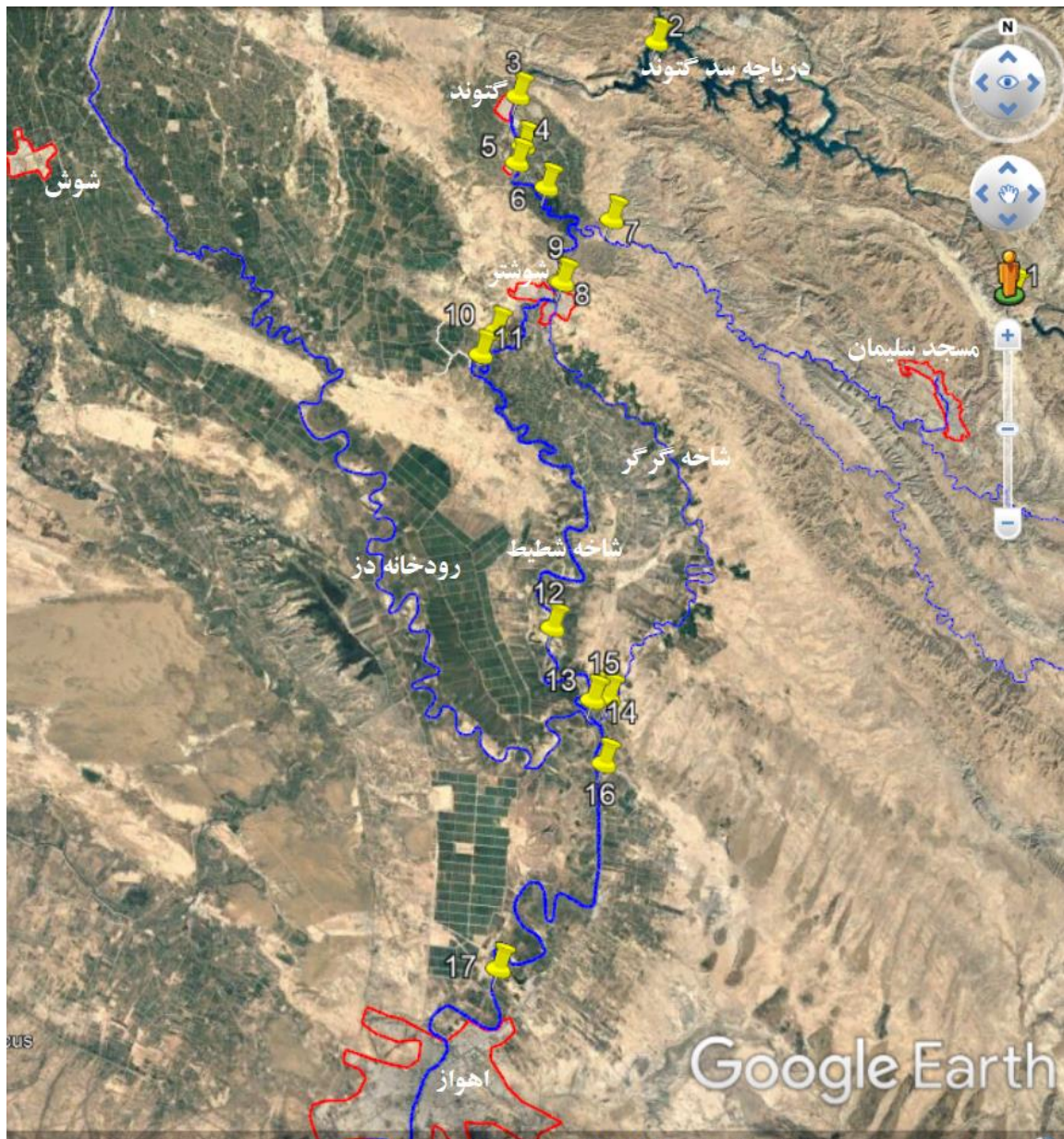
باتوجه به فعالیت‌های اقتصادی رایج در منطقه، پساب‌های کشاورزی (ازجمله کشت و صنعت نیشکر و حوضچه‌های پرورش ماهی) و شهری مهم‌ترین عوامل آلاینده رودخانه به‌خصوص در پایین‌دست سد هستند. همچنین با توجه به گستردگی وجود حوضچه‌های پرورش ماهی و کارخانه کشت و صنعت نیشکر کارون در منطقه مورد مطالعه، ورود فاضلاب آن‌ها به رودخانه یکی دیگر از عوامل تغییر کیفیت آب می‌باشد (هوشمند و همکاران، ۱۳۸۷).

فصل سوم: روش انجام کار

در این فصل فعالیت‌های انجام شده برای ارزیابی منشأ شوری رودخانه کارون در پایین‌دست سد گتوند در استان خوزستان به طور مختصر ارائه می‌گردد. به طور کلی برای انجام این تحقیق، فعالیت‌های زیر انجام شده است:

- گردآوری آمار و اطلاعات مربوط به دبی جریان در ایستگاه‌های مختلف رودخانه کارون و جریان‌های ورودی به آن در محدوده پایین‌دست سد گتوند
- گردآوری آمار و اطلاعات مربوط به کیفیت آب رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی منطقه در محدوده مورد مطالعه
- بازدید صحرایی از منطقه مورد مطالعه و نمونه‌برداری از آب رودخانه‌ها و شاخه‌های ورودی به رودخانه (شکل ۱-۳)

- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در محل نمونه‌برداری و اندازه‌گیری غلظت یون‌های اصلی و عناصر
فرعی در آزمایشگاه
- ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌های مجاور رودخانه در محدوده مورد مطالعه
- بررسی تاثیر آبخوان‌های مجاور بر رودخانه در محدوده مورد مطالعه
- تعیین سهم منابع آلاینده مختلف در شوری آب رودخانه کارون با توجه به نتایج به دست آمده
از بررسی‌های انجام شده



شکل ۳-۱- نقاط نمونه برداری از کارون و شاخه های مختلف ورودی به آن

۳-۱- گردآوری آمار و اطلاعات مربوط به دبی جریان در ایستگاه های مختلف رودخانه کارون

برای گردآوری آمار و اطلاعات مربوط به دبی جریان در ایستگاه های مختلف رودخانه کارون و همچنین جریان های ورودی به آن از آمار سازمان آب و برق خوزستان استفاده شده است. برای این منظور از داده های دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری کارون استفاده شد.

۳-۲- گردآوری آمار و اطلاعات مربوط به کیفیت آب رودخانه‌ها و

آب‌های زیرزمینی منطقه

به منظور بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی آبخوان‌های مورد نظر، آمار و اطلاعات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در تعدادی از پیزومترها و چاه‌های منطقه از سازمان آب و برق استان خوزستان تهیه و استفاده گردید. گزارش‌هایی نیز در این سازمان در رابطه با دشت‌های مورد نظر موجود می‌باشد که مورد استفاده قرار گرفته است.

۳-۳- انجام بازدیدهای صحرایی

به منظور شناخت بهتر و بررسی عوامل موثر بر شوری منطقه، بازدیدهای مکرری از منطقه مورد مطالعه انجام گرفت. همچنین جهت آشنایی کامل و دقیق با منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی (به‌خصوص بررسی مکان و وسعت رخنمون سازند گچساران در محدوده‌ی دریاچه سد گتوند)، بررسی وضعیت سواحل رودخانه و فعالیت‌های در حال انجام به‌ویژه فعالیت‌های کشاورزی در پایین‌دست سد، بررسی راه‌های دسترسی به ایستگاه‌های نمونه‌برداری انتخابی بازدیدهایی به عمل آمد.

۳-۴- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در محل نمونه‌برداری

اندازه‌گیری هدایت الکتریکی نمونه‌های آب توسط دستگاه هدایت سنج الکتریکی مدل WP-84 ساخت شرکت TPS کشور استرالیا انجام شد. دقت این دستگاه برای نمونه‌های مورد مطالعه برابر با یک میکروموس بر سانتیمتر است.

۳-۵- اندازه‌گیری غلظت یون‌های اصلی در آزمایشگاه

اندازه‌گیری یون‌های اصلی از جمله کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات و همچنین عناصر فرعی فرعی و جزئی به روش ICP-Mass در آزمایشگاه زرا‌ما اندازه‌گیری شده‌اند که به غیر از عناصر K، Si و Sr، غلظت تمام عناصر در تمام نمونه‌ها کمتر از حد تشخیص دستگاه برای عنصر مورد نظر بوده است.

۳-۶- ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌های مجاور رودخانه

به منظور بررسی خصوصیات کیفی آبخوان‌ها در منطقه گتوند-عقیلی، اطلاعات شیمی آب بهمن ماه ۱۳۹۹ مربوط به چاه‌های موجود در این منطقه جمع‌آوری و مورد آنالیز قرار گرفت. سپس جهت بررسی منشأ شوری و فرآیندهای اثرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه یاد شده، دیاگرام هیدروشیمیایی پایپر، با استفاده از نرم افزار Aqqa 2003 و سپس منحنی‌های هم میزان هدایت الکتریکی، کلر و سولفات، با استفاده از نرم افزار Arc GIS 9.2 تهیه گردید.

۳-۷- بررسی تاثیر آبخوان‌های مجاور بر رودخانه

جهت بررسی تاثیر آبخوان دشت گتوند عقیلی با بهره‌گیری از مدل تهیه شده، از (Package Budget River) استفاده شده است. برای این بررسی با استفاده از (Zone) (Budget) رودخانه کارون بصورت زون‌هایی تقسیم‌بندی شد و بیلان آبی در زون‌های کوچکتری محاسبه گردید. جهت مشخص کردن عملکرد سیستم و جریان ورودی از رودخانه کارون به آبخوان گتوند-عقیلی و جریان خروجی از آبخوان، رودخانه کارون به هفت زون تقسیم‌بندی شد. پس از تعریف پارامترهای مورد نیاز برای مدل، میزان تبادل آبی رودخانه و آبخوان در هر یک از زون‌ها محاسبه گردید که در فصل چهار بیشتر به آن پرداخته می‌شود.

۳-۸- تعیین سهم منابع آلاینده مختلف در شوری آب رودخانه

اطلاعات هیدرومتری و کیفی سه ایستگاه ملاثانی، اهواز و فارسیات از سازمان آب و برق و داده‌های دبی پساب و شوری خروجی منابع نقطه‌ای از اداره محیط زیست استان خوزستان دریافت شد. در جدول ۳-۱، مشخصات کمی و کیفی مهم‌ترین منابع آلاینده در محدوده مطالعاتی که موجب افزایش شوری آب رودخانه شده است، آورده شده‌اند.

جدول ۳-۱: متوسط دبی و شوری پساب سالانه منابع آلاینده نقطه‌ای در محدوده ملاثانی تا فارسیات

منبع آلاینده	نماد	کیلومتر (m)	دبی پساب (m^3/s)	شوری ($\mu S/cm$)	مواد محلول (Mg/L)	بارگزاری سالانه $10^6 Kg$	سهم نسبی (%)
ایستگاه ملاثانی (کیلومتر ۰)							
شهر ملاثانی	P1	۱۲۰	۱۲/۰	۲/۲۵۱۷	۸۸/۱۶۱۰	۰/۱۶	۱/۵
شبکه آبیاری شمال شرق اهواز ۱	P2	۳۸۰۰	۲/۱	۸/۲۳۶۹	۱۶/۱۵۱۶	۳۶۰۹۵/۵۷	۱۴/۱۲
شبکه آبیاری شمال شرق اهواز ۲	P3	۶۰۰۰	۷۲	۴/۱۷۲۵	۱۱۰۴	۶۰۳۷/۲۵	۶/۱۷
نیروگاه رامین	P4	۹۵۰۰	۷۵	۸/۴۲۸۷	۶۸/۲۷۴۳	۸۹۳۵۲/۶۴	۱۵/۹۷
شهر ویس	P5	۱۱۵۰۰	۲۲	۱۸۲۵	۱۱۶۸	۱۰۳۴۹/۸	۱/۹۹
شبکه آبیاری شمال شرق اهواز ۳	P6	۱۸۷۰۰	۴/۲	۶/۲۶۷۱	۴۴/۱۷۰۹	۳۲۷۴۵/۱۲۹	۳۱/۸۳
شبکه آبیاری شمال شرق اهواز ۴	P7	۳۴۶۰۰	۴۸	۸/۳۲۸۶	۴۰/۲۱۰۳	۸۲۱۰۴/۳۱	۷/۸۴
شهر شیبان	P8	۳۷۹۰۰	۱	۴/۱۷۳۴	۷۶/۱۱۰۹	۳۵۹۷۵/۳	۸۳/۰
کشت و صنعت نیشکر دهخدا	P9	۴۲۱۰۰	۱	۱۹۲۱۰	۴/۱۲۲۹۴	۸۷۷۱۶/۳	۰/۹۵

کارخانه شکر اهواز	P10	۴۷۲۰۰	۳۱	۴/۱۵۶۰	۸۸/۱۰۰۲	۷۰۹۴۳/۹	۲/۳۹
نیروگاه زرگان	P11	۴۸۶۰۰	۱	۲/۳۶۰۶	۸۴/۲۳۰۷	۴۲۳۵۶/۷	۱/۸۳
پساب شهر اهواز ۱	P12	۵۸۱۰۰	۱۳/۱	۲/۲۶۱۰	۶۸/۱۶۷۱	۳۰۷۸۶/۵۹	۱۴/۶۰
ایستگاه اهواز (کیلومتر ۶۰)							
پساب شهر اهواز ۲	P13	۶۴۷۰۰	۸۰/۱	۴۲۳۶	۴/۲۷۱۱	۸۹۱۶۴/۱۵۳	۸۲/۱۶
پساب شهر اهواز ۳	P14	۶۸۶۰۰	۹۰	۲/۶۱۷۲	۸/۳۹۵۰	۱۱۲۷۵/۱۱۲	۲۵/۱۲
پساب شهر اهواز ۴	P15	۷۲۰۰۰	۶۸	۲/۳۲۷۰	۹۲/۲۰۹۷	۶۵۸۰۰/۴۴	۸۸/۴
تصویه خانه شهر اهواز	P16	۸۱۰۰۰	۶۹	۲/۴۶۸۱	۹۲/۲۹۹۳	۱۴۷۲۲/۶۵	۱۲/۷
مجتمع صنعتی	P17	۸۳۱۰۰	۶۹	۸/۳۸۷۷	۹۷/۲۴۷۷	۲۰۹۳۹/۵۴	۹۲/۵
زهکش مزارع کشاورزی ۱	P18	۹۲۰۰۰	۴/۵	۲۷۴۱	۲۴/۱۷۵۲	۶۰۰۱۴/۲۷۸	۴۵/۳۰
زهکش مزارع کشاورزی ۲	P19	۹۷۵۰۰	۷۳/۳	۲۷۳۹	۲۴/۱۷۵۴	۳۴۹/۲۰۶	۵۵/۲۲
ایستگاه فارسیات (کیلومتر ۱۰۵)							
						۹۷/۹۱۴	۱۰۰

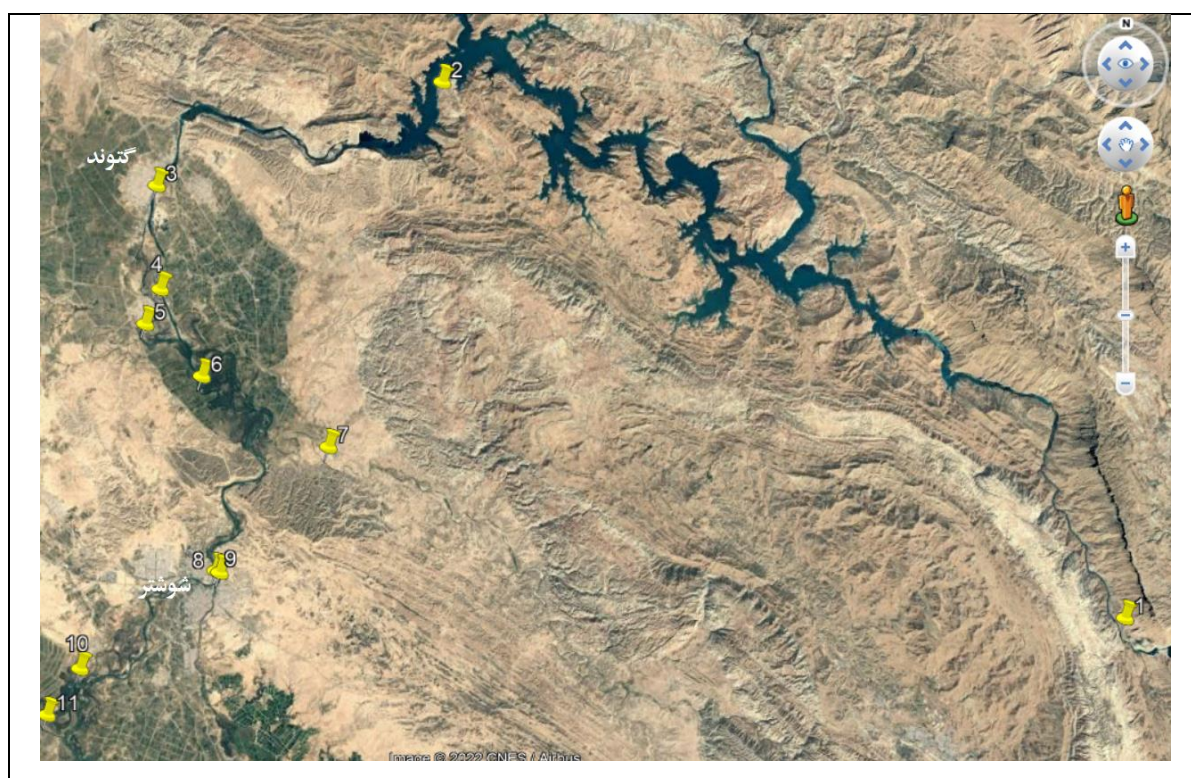
فصل چهارم: ارزیابی منشاء شوری رودخانه

کارون در پایین دست سد گتوند

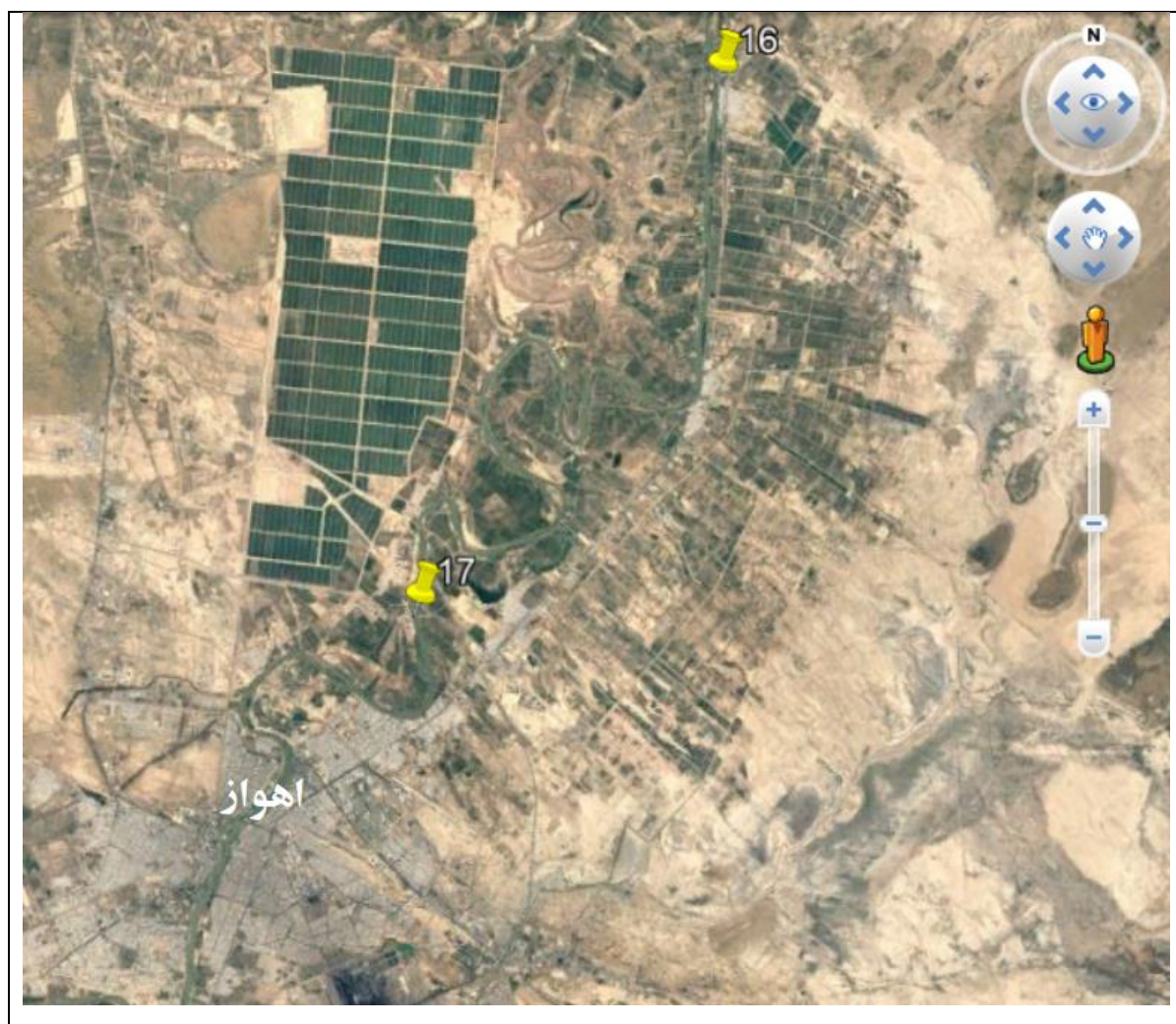
به منظور ارزیابی منشاء شوری رودخانه کارون در پائین دست سد گتوند و نقش احداث دریاچه سد گتوند بر شوری رودخانه کارون، پارامتر هدایت الکتریکی به عنوان نماینده کل املاح محلول در آب برای نقاط مختلف رودخانه کارون از بالادست دریاچه سد گتوند تا ورودی رودخانه به شهر اهواز و همچنین جریان-های ورودی به رودخانه مورد ارزیابی قرار گرفته است. علاوه بر این، غلظت یون‌های اصلی و همچنین عناصر فرعی در تمامی نمونه‌های آب مورد مقایسه قرار گرفته است.

۴-۱- انتخاب نقاط نمونه برداری

همانطور که در بالا اشاره شده است، به منظور ارزیابی منشأ شوری رودخانه کارون در پایین دست سد گتوند و نقش احداث دریاچه سد گتوند، از بالادست و پایین دست سد گتوند و شاخه های ورودی به رودخانه کارون نمونه برداری شد. نمونه برداری در دو مرحله مرداد و آبان ۱۳۹۹ انجام شد و با توجه به ناچیز بودن تغییرات مقادیر هدایت الکتریکی نمونه های آبان ۱۳۹۹ جهت اندازه گیری غلظت یون های اصلی و عناصر فرعی به آزمایشگاه زراآزما منتقل شدند. به منظور تعیین کیفیت آب، تعداد ۱۷ ایستگاه، شامل ۵ ایستگاه در بالادست و ۱۲ ایستگاه در پایین دست سد برای نمونه برداری انتخاب شد (شکل ۴-۱). مختصات محل نمونه برداری در جدول ۴-۱ ارائه شده است.







شکل ۴-۱: موقعیت نقاط نمونه برداری نقاط نمونه برداری

جدول ۴-۱: مختصات نقاط نمونه برداری

ردیف	ایستگاه	مختصات جغرافیایی	
		طول	عرض
۱	سد مسجد سلیمان	۳۴۶۸۵۶	۳۵۴۵۱۱۲
۲	رودخانه کارون، بالادست سد گتوند	۳۰۹۹۳۴	۳۵۷۴۱۹۵
۳	رودخانه کارون، پائین دست سد (شهر گتوند)	۲۹۴۵۳۴	۳۵۶۸۷۴۰
۴	رودخانه کارون، روستای جنت مکان	۲۹۴۷۲۳	۳۵۶۳۱۸۸
۵	رودخانه کارون، پائین دست روستای جنت مکان	۲۹۳۹۱۹	۳۵۶۱۳۲۳
۶	رودخانه کارون، روستای کوشک	۲۹۶۹۷۲	۳۵۵۸۵۲۲
۷	شاخه ورودی به کارون از شرق، دشت بزرگ	۳۰۳۷۹۶	۳۵۵۴۷۴۰
۸	رودخانه کارون، شوشتر (شاخه گرگر)	۲۹۷۹۳۸	۳۵۴۸۰۲۲
۹	رودخانه کارون، شوشتر (شاخه شطیط)	۲۹۷۷۲۸	۳۵۴۸۱۱۴
۱۰	شاخه ورودی به کارون از غرب، سرداران	۲۹۰۳۹۴	۳۵۴۲۸۶۸
۱۱	رودخانه کارون، پائین دست سرداران	۲۸۸۶۱۵	۳۵۴۰۳۹۵
۱۲	شاخه ورودی به کارون از غرب، چم الحمید	۲۹۴۳۴۵	۳۵۱۱۲۰۴
۱۳	رودخانه کارون، انتهای شاخه شطیط	۲۹۸۶۳۶	۳۵۰۳۹۰۹
۱۴	رودخانه دز قبل از پیوستن به کارون	۲۹۸۰۵۴	۳۵۰۳۵۹۸
۱۵	شاخه گرگر قبل از پیوستن به کارون، بند قیر	۲۹۹۶۹۶	۳۵۰۳۷۴۶
۱۶	رودخانه کارون، روستای ملاثانی	۲۹۸۷۸۰	۳۴۹۷۰۲۶
۱۷	رودخانه کارون، روستای شیبان (بالادست اهواز)	۲۸۶۳۸۷	۳۴۷۶۵۴۸

۴-۲- ارزیابی مقادیر هدایت الکتریکی در مسیر رودخانه

عوامل تاثیرگذار بر روی قابلیت هدایت الکتریکی آب بسیار زیاد می‌باشند که از آن جمله می‌توان به لیتولوژی و زمین‌شناسی منطقه، مدت زمان انتقال آب از ورودی تا محل ذخیره و برداشت، سرعت حرکت آب در زمین، بارش‌های جوی، تبخیر، زهاب‌های کشاورزی، ورود فاضلاب‌ها و رواناب‌های مختلف از جمله پساب‌های صنعتی و شهری اشاره کرد. میزان هدایت الکتریکی به میزان املاح محلول در آب بستگی دارد. با توجه به این که خودپالایی رودخانه تاثیر چندانی بر میزان هدایت الکتریکی رودخانه ندارد، با وارد شدن انواع جریان‌های ورودی در طول رودخانه مقدار هدایت الکتریکی تغییراتی را شامل می‌شود.

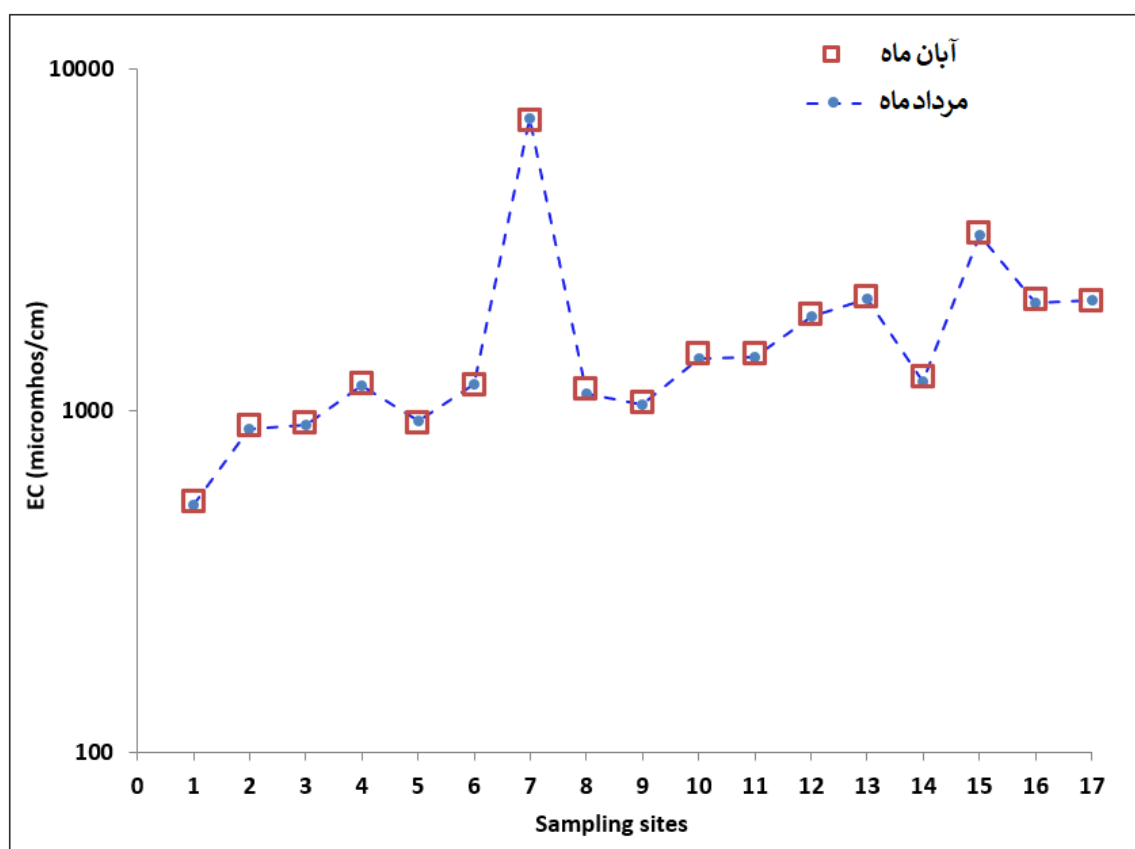
در جدول (۴-۲) مقادیر هدایت الکتریکی در مسیر رودخانه کارون برای ماه‌های مرداد و آبان ۱۳۹۹ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود مقادیر هدایت الکتریکی در ماه‌های مرداد و آبان تغییرات چندانی را شامل نمی‌شوند و به استثنای دو سه مورد در سایر نمونه‌ها مقدار هدایت الکتریکی در آبان ماه نسبت به مرداد ماه اندکی افزایش نشان داده است که به احتمال زیاد به دلیل کاهش نسبی جریان در آبان ماه مربوط می‌شود. شکل ۴-۲، مقایسه مقادیر هدایت الکتریکی کارون را در ماه‌های مرداد و آبان ۱۳۹۹ نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود مقادیر هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های مختلف در دو ماه مذکور کم و بیش یکسان بوده‌اند.

بیشترین مقدار هدایت الکتریکی مربوط به ایستگاه شطیط قبل از بندقیر می‌باشد. هدایت الکتریکی (EC) در شرایط ثابت زمین‌شناسی و خاک‌شناسی حوضه‌های آبریز معمولاً با کاهش دبی، افزایش می‌یابد. کیفیت آب رودخانه کارون متأثر و متناسب با کمیت آن بوده و با آن تناسب مستقیم دارد. بر اساس داده‌های موجود میزان هدایت الکتریکی در بالادست و پایین‌دست سد گتوند و تمامی شاخه‌های ورودی به رودخانه کارون بین ۵۴۵ تا ۷۰۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر متغیر است. نمونه شماره ۸، (گرگر قبل از پیوستن به رودخانه کارون) بعد از نمونه شور دشت‌بزرگ دارای بیشترین مقدار هدایت الکتریکی می‌باشد. همچنین از پایین‌دست سد مسجدسلیمان تا پایین‌دست سد گتوند به تدریج افزایش هدایت

الکتریکی در نمونه‌های سطحی مشاهده می‌شود. علت این امر را می‌توان به قرار گرفتن مخزن سد در سازندهای تبخیری گچساران، ورود رواناب‌ها با کیفیت نامناسب (از جمله شور لالی، گاله شور و ...) به دریاچه سد نسبت داد.

جدول ۴-۲: مقادیر هدایت الکتریکی کارون بالادست و پائین‌دست سد گتوند (مرداد و آبان ۱۳۹۹)

ردیف	ایستگاه	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتیمتر)	
		مرداد ۱۳۹۹	آبان ۱۳۹۹
۱	سد مسجد سلیمان	۵۳۰	۵۴۵
۲	رودخانه کارون، بالادست سد گتوند	۸۸۵	۹۰۱
۳	رودخانه کارون، پائین‌دست سد (شهر گتوند)	۹۱۰	۹۲۵
۴	رودخانه کارون، روستای جنت مکان	۱۱۸۰	۱۲۰۳
۵	رودخانه کارون، پائین دست روستای جنت مکان	۹۳۰	۹۲۵
۶	رودخانه کارون، روستای کوشک	۱۱۹۵	۱۱۸۸
۷	شاخه ورودی به کارون از شرق، دشت بزرگ	۷۱۲۵	۷۰۵۰
۸	رودخانه کارون، شوشتر (شاخه گرگر)	۱۱۲۵	۱۱۵۴
۹	رودخانه کارون، شوشتر (شاخه شطیط)	۱۰۳۸	۱۰۶۰
۱۰	شاخه ورودی به کارون از غرب، سرداران	۱۴۲۵	۱۴۶۶
۱۱	رودخانه کارون، پائین‌دست سرداران	۱۴۳۰	۱۴۶۳
۱۲	شاخه ورودی به کارون از غرب، چم الحمید	۱۸۸۵	۱۹۱۰
۱۳	رودخانه کارون، انتهای شاخه شطیط	۲۱۱۵	۲۱۵۲
۱۴	رودخانه دز قبل از پیوستن به کارون	۱۲۱۸	۱۲۵۵
۱۵	شاخه گرگر قبل از پیوستن به کارون، بند قیر	۳۲۷۳	۳۳۱۰
۱۶	رودخانه کارون، روستای ملاثانی	۲۰۷۰	۲۱۰۵
۱۷	رودخانه کارون، روستای شیبان (بالادست اهواز)	۲۰۹۵	۲۱۰۰



شکل ۴-۲- مقایسه مقادیر هدایت الکتریکی کارون در ماه‌های مرداد و آبان ۱۳۹۹

۴-۳- ارزیابی غلظت یون‌های اصلی و عناصر فرعی در مسیر رودخانه

همانطور که اشاره شد در ۱۷ ایستگاه در مسیر رودخانه کارون از بالادست سد گتوند تا ورودی شهر اهواز، نمونه‌برداری شده است و برای تمام نمونه‌ها غلظت یون‌های اصلی و عناصر فرعی در آزمایشگاه زراژما اندازه‌گیری شده است. نمونه برداری از سرشاخه‌های اصلی و فرعی ورودی و خروجی از رودخانه کارون و محدوده سد گتوند انجام شد. جهت بررسی انحلال نمک و ژئوپس در رودخانه کارون و سد گتوند، اندازه‌گیری‌های هیدروشیمیایی به عمل آمد. با توجه به اهداف تعیین شده برای این پژوهش، آنالیز نمونه‌های آزمایشگاهی در دو بخش مختلف به شرح ذیل انجام گرفت.

الف- ارزیابی غلظت یون‌های اصلی

یون‌های اصلی از جمله کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات جهت تعیین نسبت Na/Cl به منظور تشخیص شورابه‌های هالیت آنالیز شد که در جدول (۳-۴) با جزئیات بیشتر نشان داده شده است. با توجه به آنالیز یون‌های اصلی متوجه شدیم که بعد از شاخه شور دشت بزرگ، شاخه گرگر قبل از پیوستن به کارون، در محل بند قیر بیشترین میزان املاح را دارا می‌باشد.

جدول ۳-۴: ارزیابی غلظت یون‌های اصلی

غلظت یون‌های اصلی (epm)						شماره نمونه
HCO_3	SO_4	Cl	Na	Mg	Ca	
2.5	0.9	1.35	1.45	0.95	2.8	۱
2.6	1.7	2.95	3.15	1.34	3.5	۲
2.45	1.85	3.1	3.2	1.3	3.6	۳
2.3	2.6	4.5	4.8	1.4	4.1	۴
2.1	2.4	3.08	3.35	1.56	3.4	۵
2.2	3	4.1	4.3	1.3	4.2	۶
1.5	12.5	25.2	28.5	3.3	11.2	۷
2.2	2.3	4.11	4.3	1.25	3.9	۸
2.1	2.2	3.95	4.25	1.2	3.65	۹
1.8	3	4.45	4.6	1.42	4.15	۱۰
1.7	3.05	4.8	5.2	1.38	4.05	۱۱
1.5	5.9	6.58	7.25	1.75	5.6	۱۲
1.4	6.12	7.25	7.8	1.8	5.8	۱۳
1.9	2.65	4.85	5.08	1.35	4	۱۴
1.1	6.6	10.68	11.5	2.3	6.15	۱۵
1.4	5.9	7.45	8.2	1.75	5.7	۱۶
1.4	5.8	7.3	8.1	1.7	5.65	۱۷

ب- ارزیابی غلظت یون‌های فرعی و جزئی

لازم به ذکر است که علاوه بر عناصر اصلی، غلظت عناصر فرعی و جزئی به روش ICP-Mass در آزمایشگاه زرا‌ما اندازه‌گیری شده‌اند که به غیر از عناصر K، Si و Sr، غلظت تمام عناصر در تمام نمونه-ها کمتر از حد تشخیص دستگاه برای عنصر مورد نظر بوده است. غلظت عناصر K، Si و Sr در جدول (۴-۴) ارائه شده است.

جدول ۴-۴: ارزیابی غلظت یون‌های فرعی و جزئی

شماره	K	Si	Sr
۱	1.7	2.2	0.8
۲	2.1	3.4	1.1
۳	2.1	3.2	1.1
۴	2.4	3.3	1.1
۵	2.1	3.1	1
۶	2.4	3.4	1.2
۷	12.5	5.1	8.2
۸	2.3	3.2	1.2
۹	2.1	2.9	1.2
۱۰	2.7	3.6	1.5
۱۱	2.6	3.4	1.4
۱۲	3.5	3.6	1.9
۱۳	3.7	3.8	2.2
۱۴	2.3	3.1	1.2
۱۵	5.3	4.1	3.6
۱۶	3.5	3.4	2.3
۱۷	3.5	3.3	2.2

۴-۴- نمایش نموداری داده‌های هیدروشیمیایی

جهت نمایش نموداری داده‌های کیفی نمونه‌های آب‌زیرزمینی منطقه دشت گتوند عقلی از نمودار شیمیایی پایپر و استیف در این تحقیق استفاده شده‌است.

۴-۴-۱- نمودار پایپر نمونه‌های آب کارون

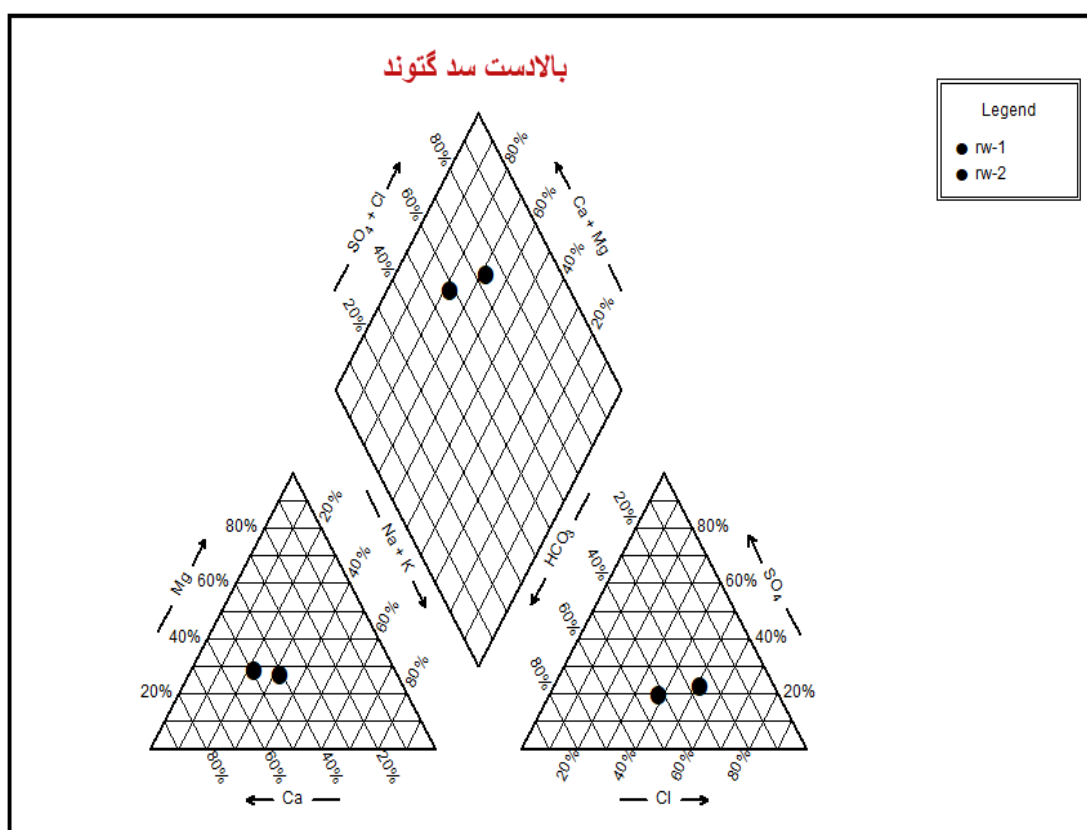
نمودارهای پایپر جهت تعیین نوع آب‌ها، مسیرهای تکامل ژئوشیمیایی و رخساره‌های هیدروشیمیایی تهیه می‌شوند. نمونه‌هایی که دارای خواص مشابه هستند، در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. در نتیجه شباهت‌ها و تفاوت‌های نمونه‌ها از طریق نمودار پایپر به‌خوبی مشخص می‌شوند. با کمک نمودار پایپر علاوه بر تعیین تیپ و رخساره نمونه‌های آب، می‌توان وقوع فرآیندهایی چون ته‌نشینی یا انحلال، اختلاط آب‌ها و تبادل یونی را نیز پیشبینی کرد.

نمودار پایپر برای تمام نمونه‌های آبی منطقه مورد مطالعه، به کمک نرم افزار AqQA رسم شده‌اند. نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه به سه دسته تقسیم شده‌اند؛ بالادست سد گتوند، رودخانه کارون قبل از اتصال با دز و رودخانه کارون بعد از اتصال با رودخانه دز (شکل‌های ۴-۳ الی ۴-۵).

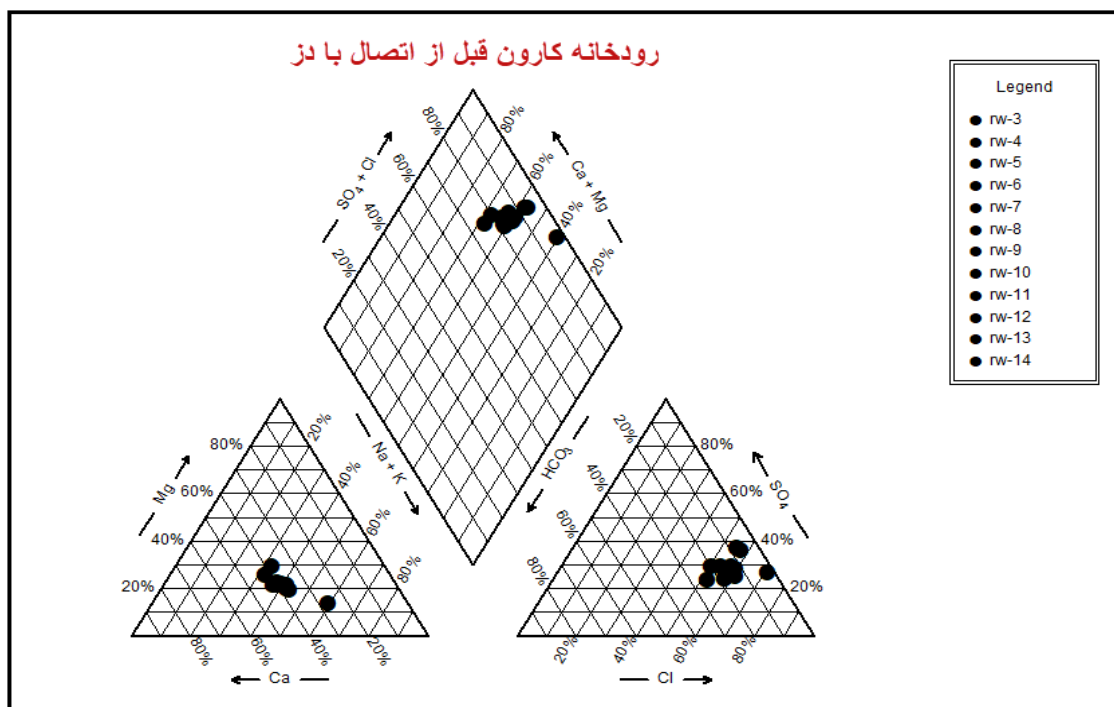
با توجه به شکل‌های (۴-۳)، (۴-۴) و (۴-۵) تمام نمونه‌های آب، ترکیب شیمیایی یکسانی دارند و درصد عناصر قلیایی خاکی نسبت به عناصر قلیایی و اسیدهای قوی نسبت به اسیدهای ضعیف غلبه دارند. همانطور که از شکل‌های ۴-۳ الی ۴-۵ ملاحظه می‌شود غلبه عناصر قلیایی خاکی نسبت به عناصر قلیایی از محدوده بالادست سد گتوند به سمت پائین‌دست به طور قابل توجهی کاهش یافته است به طوری که در محدوده بالادست اهواز (بعد از پیوستن رودخانه دز به کارون) غلظت عناصر قلیایی به غلظت عناصر قلیایی خاکی نزدیک می‌شود. علاوه بر این، غلبه اسیدهای قوی نسبت به اسیدهای ضعیف از محدوده بالادست سد گتوند به سمت پائین‌دست به طور قابل توجهی افزایش یافته است به طوری که

در محدوده بالادست اهواز (بعد از پیوستن رودخانه دز به کارون) سهم اسیدهای قوی به بیش از ۸۰ درصد می‌رسد.

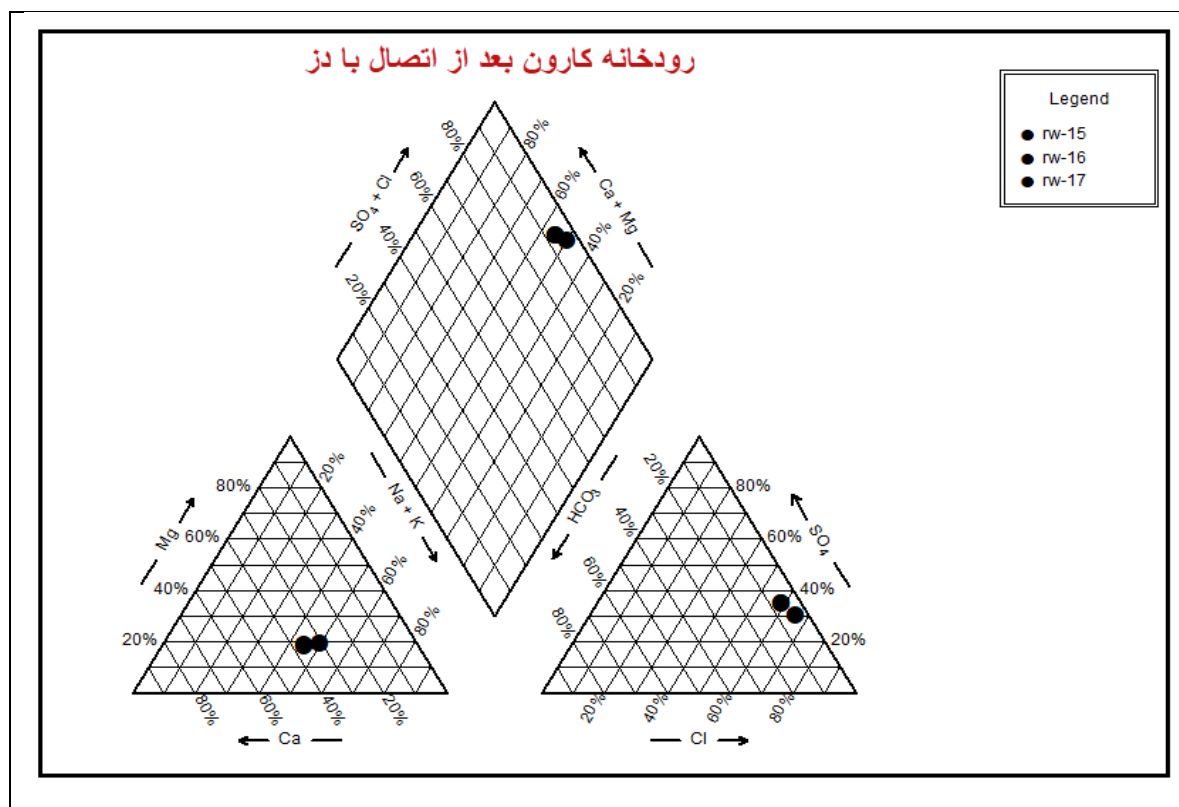
با توجه به مطالب فوق‌الذکر ملاحظه می‌شود یک تکامل هیدروژئوشیمیایی از محل سد گتوند به سمت شهر اهواز مشاهده می‌شود که دلیل آن افزایش زمان تماس آب با محیط بستر و به ویژه پیوست جریان-های آب سطحی و زیرسطحی با املاح محلول بیشتر به رودخانه کارون است.



شکل ۳-۴: نمودار پایپر نمونه‌های آب سطحی در بالادست گتوند



شکل ۴-۴: نمودار پایپر نمونه‌های آب سطحی پایین‌دست سد گتوند قبل از اتصال با رودخانه دز

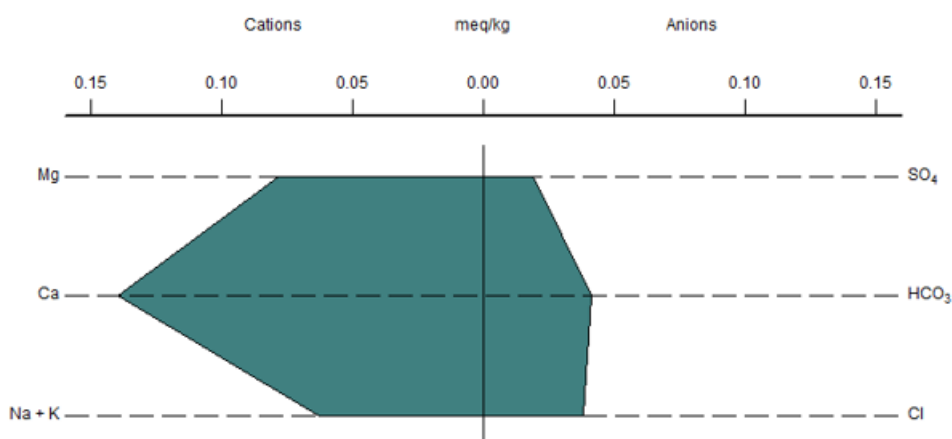


شکل ۴-۵: نمودار پایپر نمونه‌های آب سطحی پایین‌دست سد گتوند بعد از اتصال با رودخانه دز

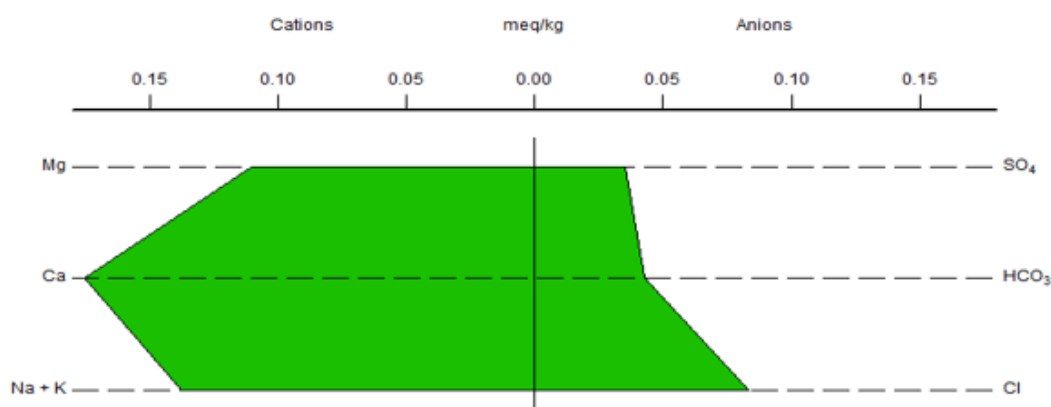
۴-۲-۴- نمودار استیف نمونه‌های آب کارون

نمودارهای مختلفی برای نشان دادن نتایج تجزیه شیمیایی آب پیشنهاد شده است. با استفاده از این نمودارها می‌توان تغییرات یون‌ها را بررسی کرد. استفاده از نمودار استیف یکی از بهترین روش‌ها جهت تعیین تیپ نمونه‌های آب می‌باشد. همچنین از این نمودار جهت مقایسه و طبقه‌بندی نمونه‌های آب استفاده می‌شود. شکل ... نمودار استیف برای نمونه‌های آب سطحی در بالادست سد گتوند را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است در نمونه شماره ۱ و نمونه شماره ۲ آنیون غالب به ترتیب بیکربنات و کلر می‌باشد و کاتیون غالب در هر دو نمونه کلسیم است. به عبارت دیگر تیپ نمونه ۱ بیکربناته کلسیم و تیپ نمونه ۲ کلریده کلسیم می‌باشد. تیپ غالب در اکثر نمونه‌های آبی همان‌طور که مشاهده می‌کنید از نوع کلرید سدیم و پتاسیم می‌باشند.

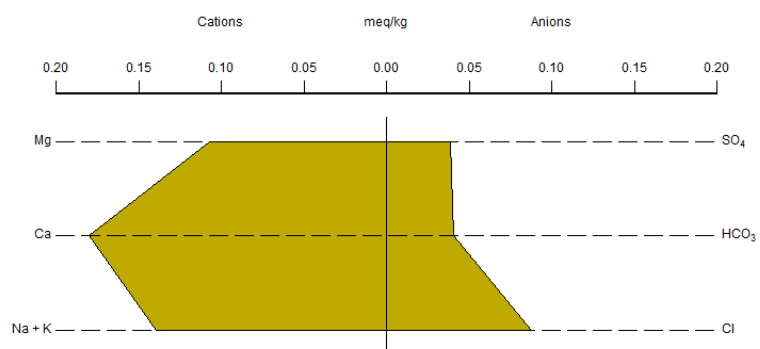
نمونه شماره ۱



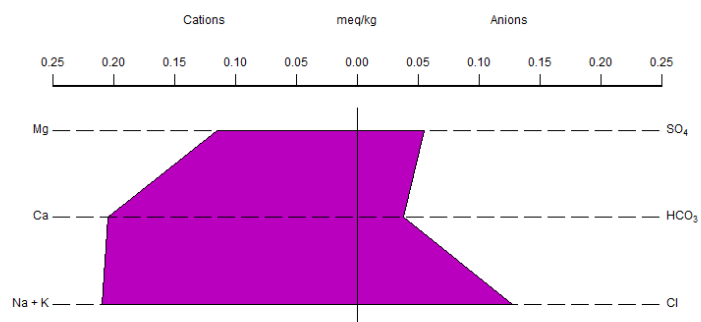
نمونه شماره ۲



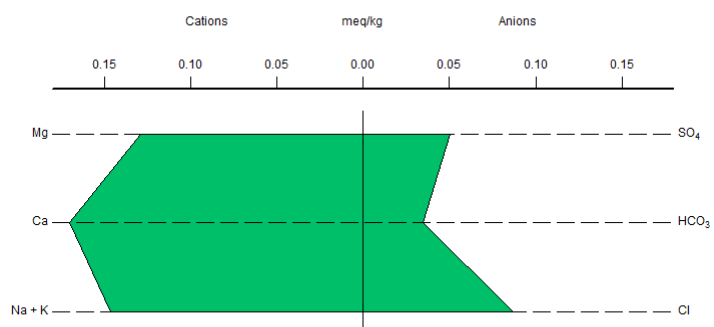
نمونه شماره 3



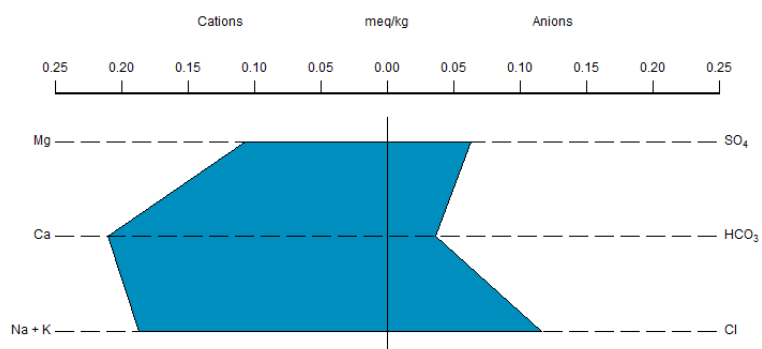
نمونه شماره 4



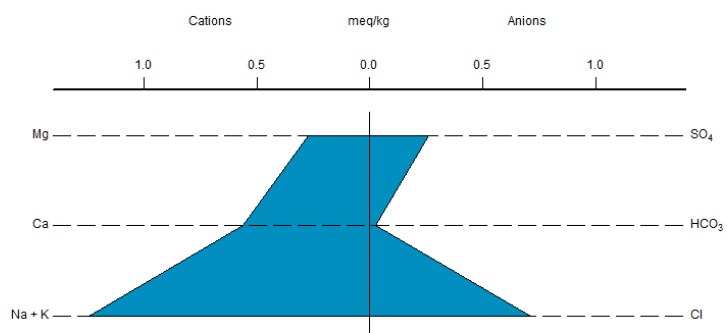
نمونه شماره 5



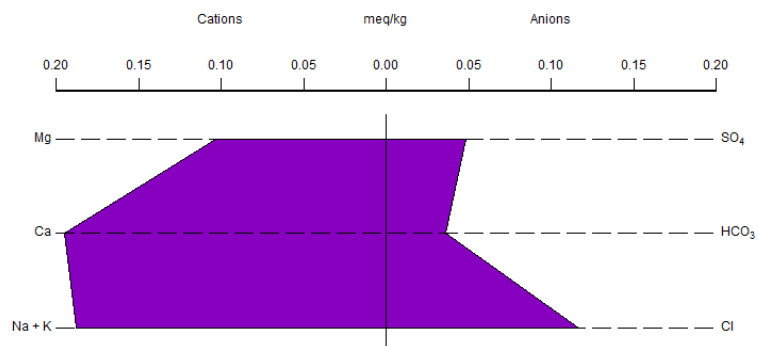
نمونه شماره 6



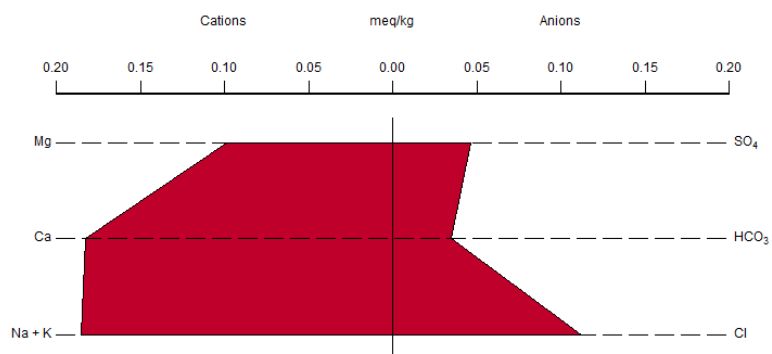
نمونه شماره 7



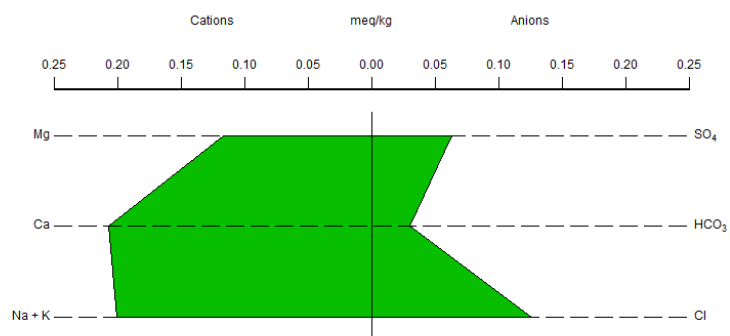
نمونه شماره 8



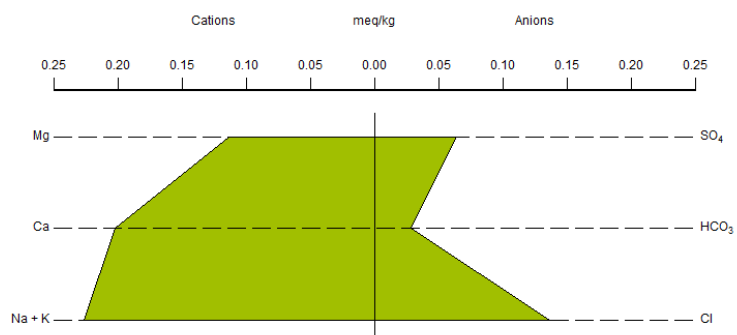
نمونه شماره 9



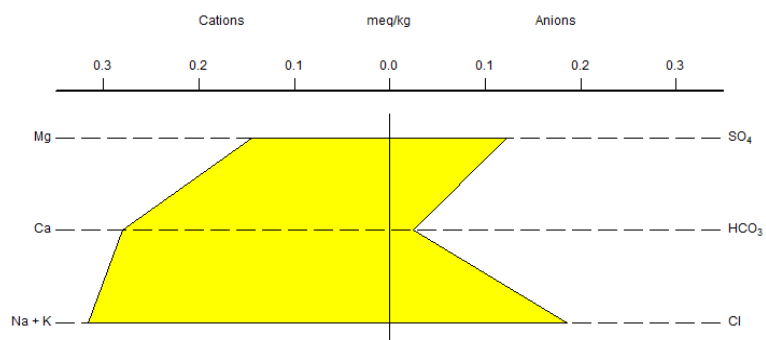
نمونه شماره 10



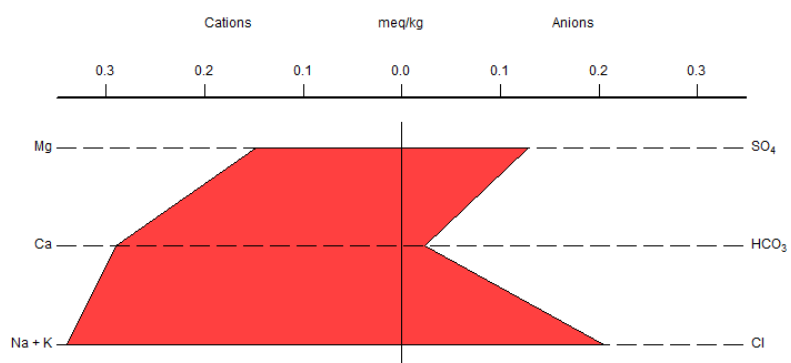
نمونه شماره 11



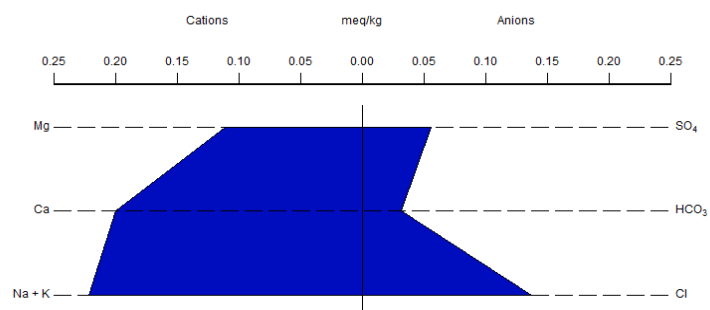
نمونه شماره 12



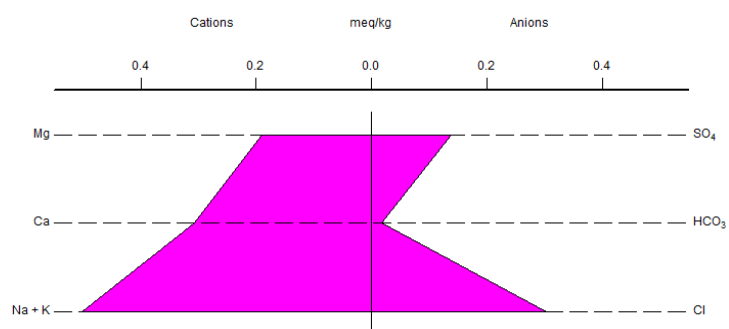
نمونه شماره 13



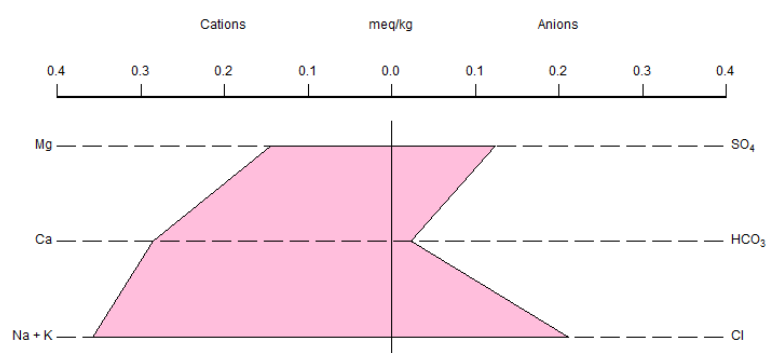
نمونه شماره 14



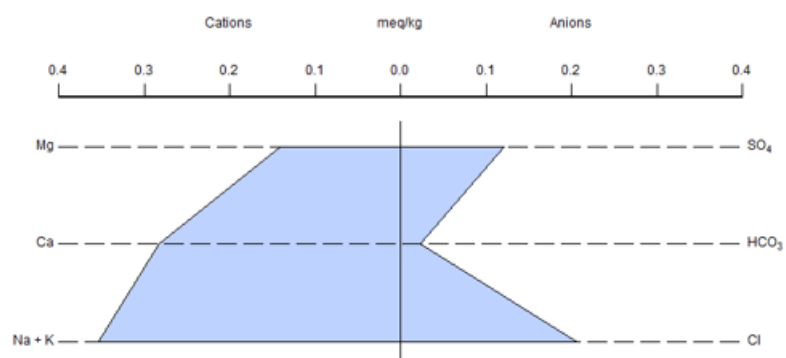
نمونه شماره 15



نمونه شماره 16



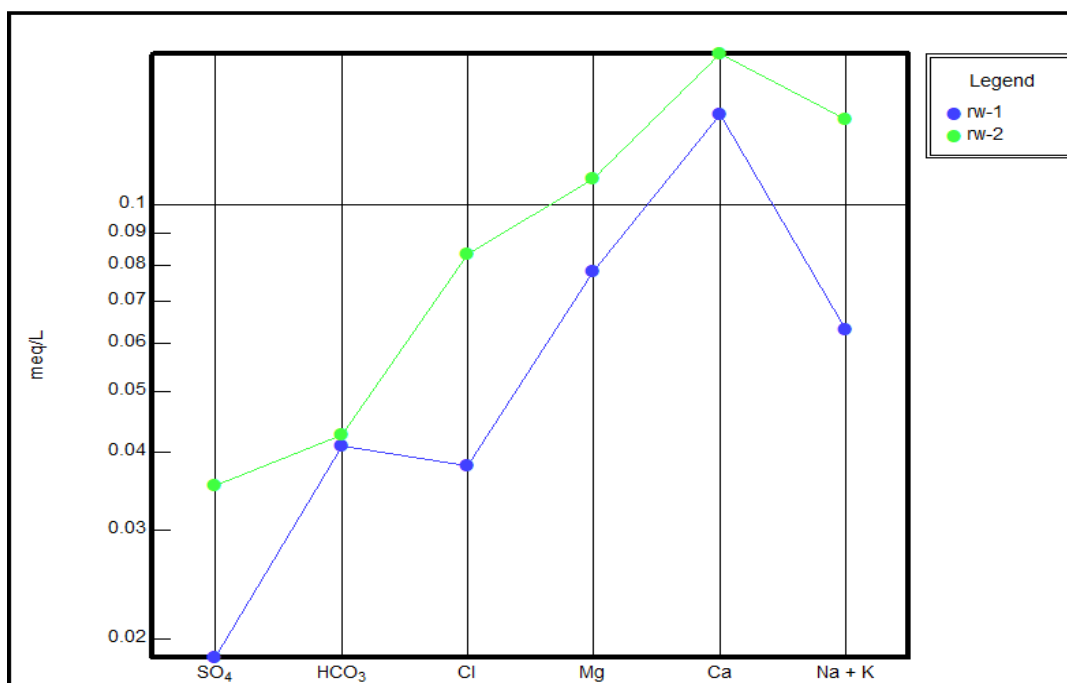
نمونه شماره 17



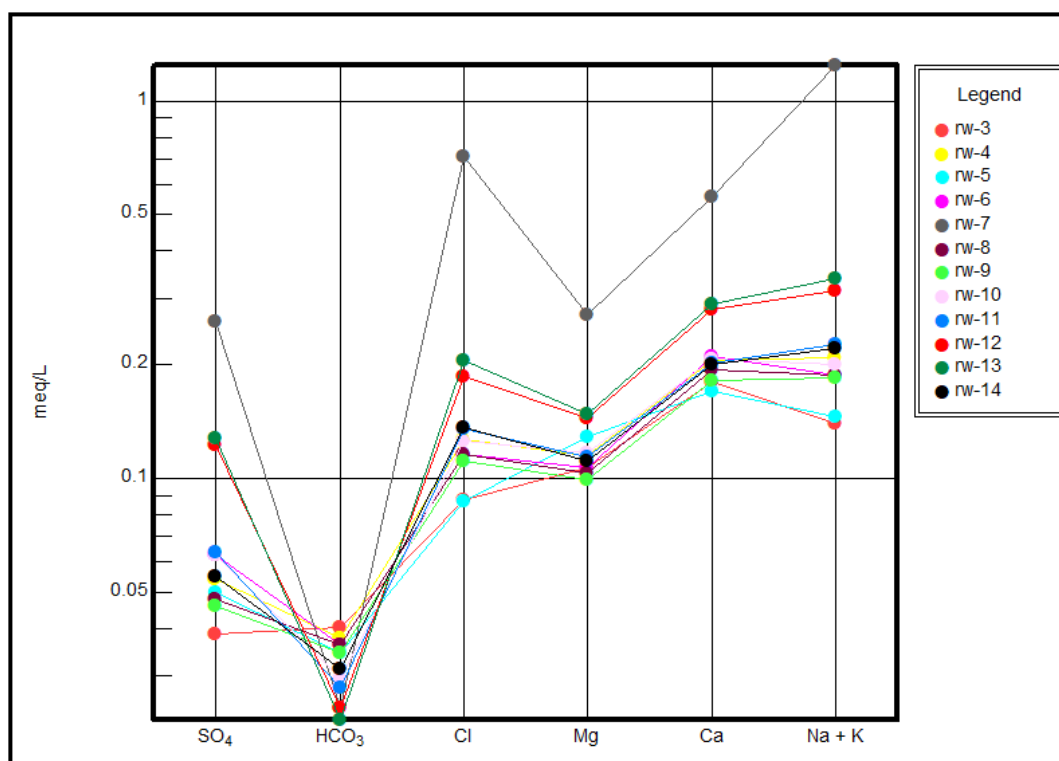
شکل ۴-۶: نمودار استیف نمونه‌های آب رودخانه کارون

۴-۳-۳- نمودار شولر نمونه‌های آب کارون

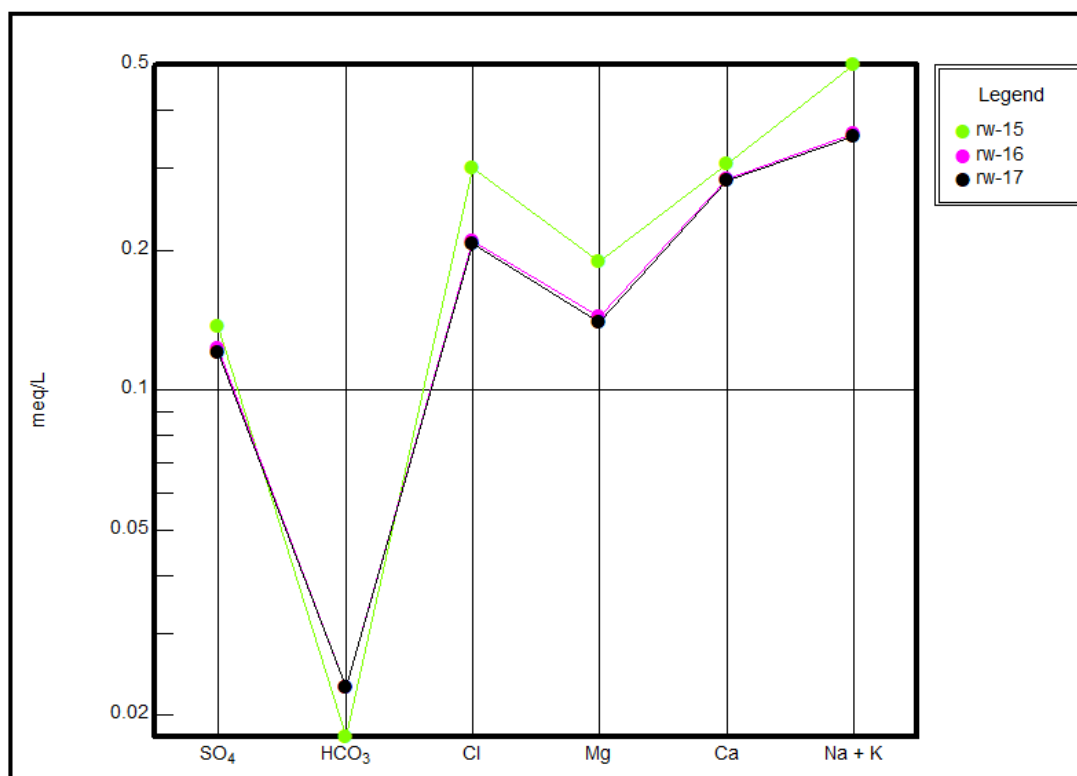
نمودار شولر یک نمودار نیمه لگاریتمی است که به منظور بررسی روند مقادیر یون‌های اصلی آب و مقایسه تعداد زیادی نمونه آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در محور افقی یون‌های سدیم/پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر، بیکربنات و سولفات بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر قرار دارند. با توجه به لگاریتمی بودن محور عمودی نمودار شولر، اگر خطی که غلظت دو یون را در یک نمونه به هم وصل می‌کند با خطی که این دو یون را در نمونه دیگر متصل کرده موازی باشد، نشان‌دهنده مساوی بودن نسبت دو یون در هر دو نمونه است (Todd and Mays 2005). با توجه به (شکل ۴-۷) روند منحنی برای تمامی نمونه‌ها یکسان می‌باشد که بیانگر این است که منشأ این نمونه‌ها یکسان هستند. اما نمونه‌های rW_1 و rW_{17} در قسمت آنیون‌ها با سایر نمونه‌ها تفاوت دارند. در نمونه W_7 غلظت یون سولفات نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر می‌باشد و نمونه W_9 دارای کلر کمتری نسبت به سایر نمونه‌ها می‌باشد. احتمالاً منشأ سولفات و کلر در این دو نمونه با بقیه نمونه‌ها متفاوت است.



شکل ۴-۷: نمودار شولر نمونه‌های آب سطحی در بالادست گتوند



شکل ۴-۸: نمودار شولر نمونه‌های آب سطحی پایین‌دست سد گتوند قبل از اتصال با رودخانه دز



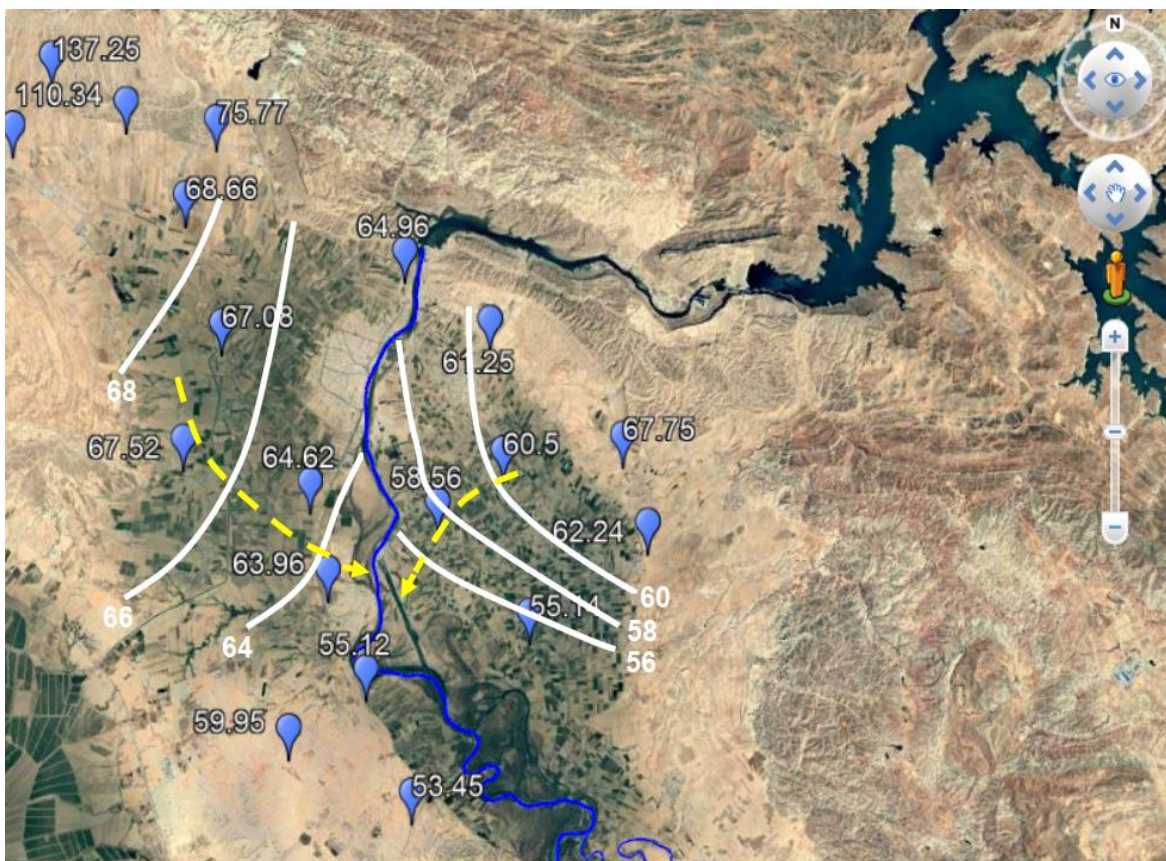
شکل ۴-۹: نمودار شولر نمونه‌های آب سطحی پایین‌دست سد گتوند بعد از اتصال با رودخانه دز

۴-۵- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در آبخوان های مجاور رودخانه

کارون

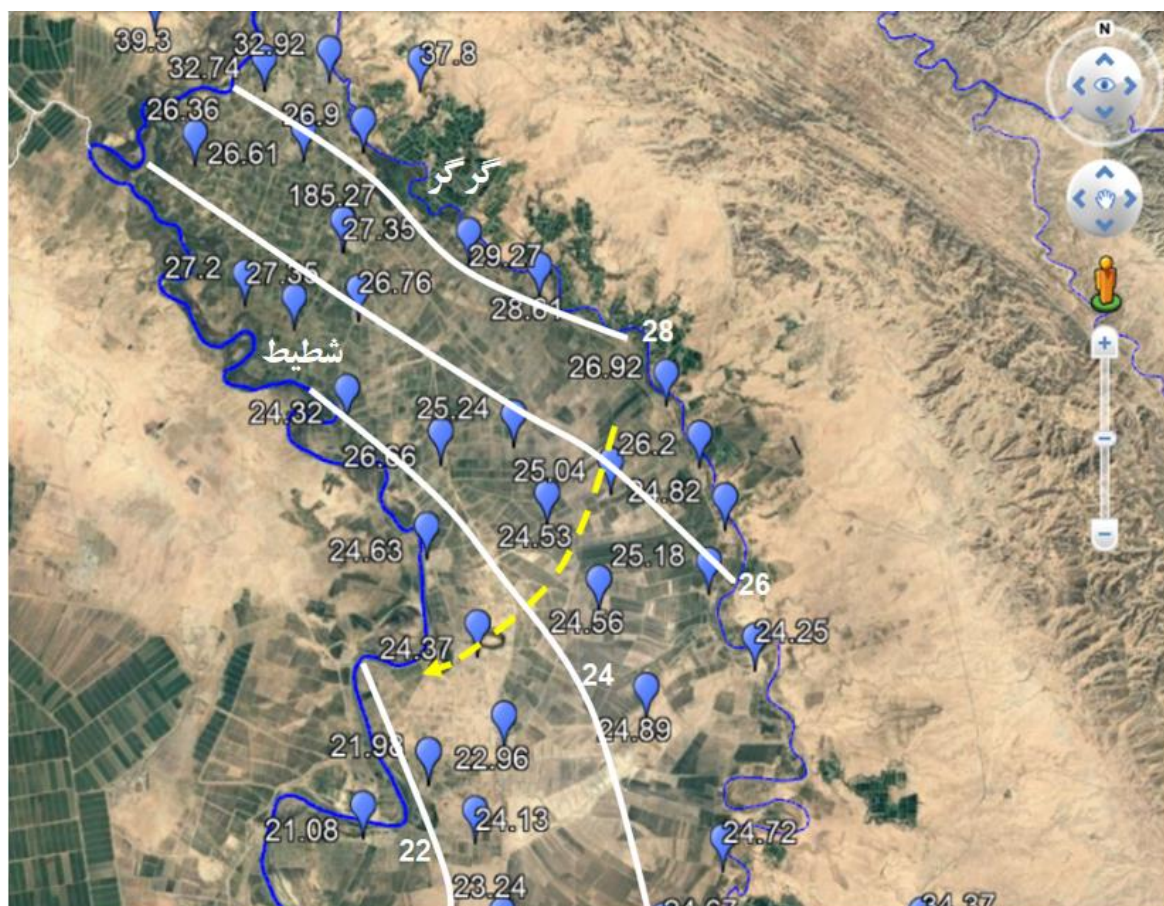
جهت بررسی رابطه آب زیرزمینی در آبخوان های مجاور رودخانه کارون با این رودخانه از داده‌های سطح آب در آبان ماه ۱۳۹۹ مربوط به پیزومترهای موجود در دشت‌های گتوند-عقیلی، میان آب شوشر و اهواز شمالی استفاده شده است.

شکل ۴-۱۰ نقشه هم‌پتانسیل سطح آبهای زیرزمینی در دشت گتوند عقیلی را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در این دشت در هر دو سوی کارون، جهت جریان آب زیرزمینی به سمت رودخانه است. به عبارت دیگر آبخوان آبرفتی رودخانه را تغذیه می‌کند.



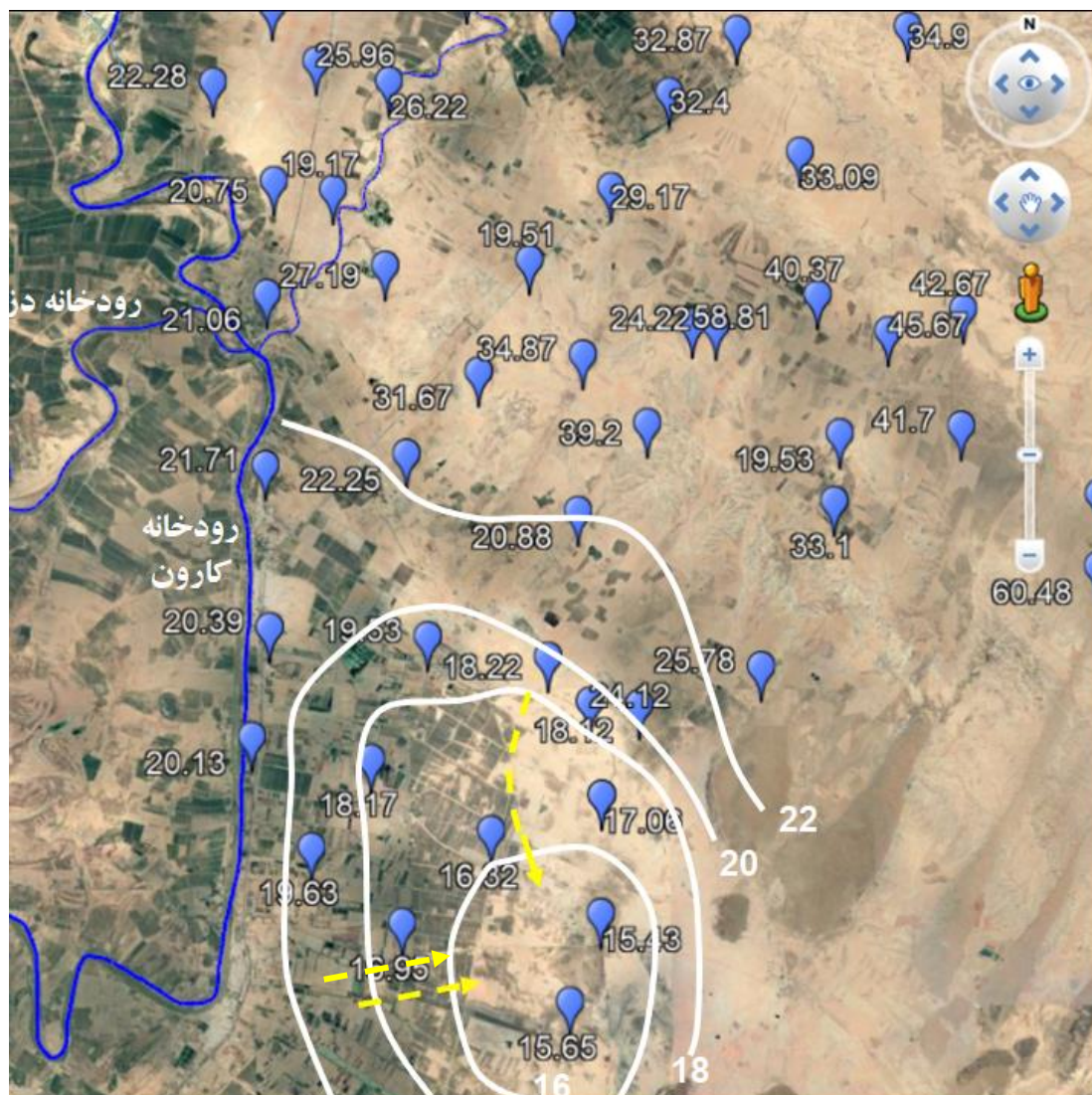
شکل ۴-۱۰: نقشه هم‌پتانسیل دشت گتوند-عقیلی

شکل ۴-۱۱ نقشه هم‌پتانسیل سطح آبهای زیرزمینی در دشت میان آب شوشتر را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در این دشت جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان میان آب به سمت شاخه شطیط (شاخه اصلی کارون) در جریان است. به عبارت دیگر آبخوان آبرفتی دشت میان آب رودخانه کارون را تغذیه می‌کند.



شکل ۴-۱۱: نقشه هم‌پتانسیل دشت میان آب شوشتر

شکل ۴-۱۲ نقشه هم‌پتانسیل سطح آبهای زیرزمینی در دشت اهواز شمالی را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در این دشت جهت جریان آب زیرزمینی در بخش‌های شمالی به سمت جنوب غرب است اما در بخش جنوبی دشت جریان آب از رودخانه کارون به سمت آبخوان در شرق رودخانه است. دلیل این مطلب وجود یک زون تخلیه در شرق رودخانه به علت برداشت بیش از حد از آبخوان آبرفتی اهواز شمالی است.



شکل ۴-۱۲: نقشه هم‌پتانسیل دشت اهواز شمالی

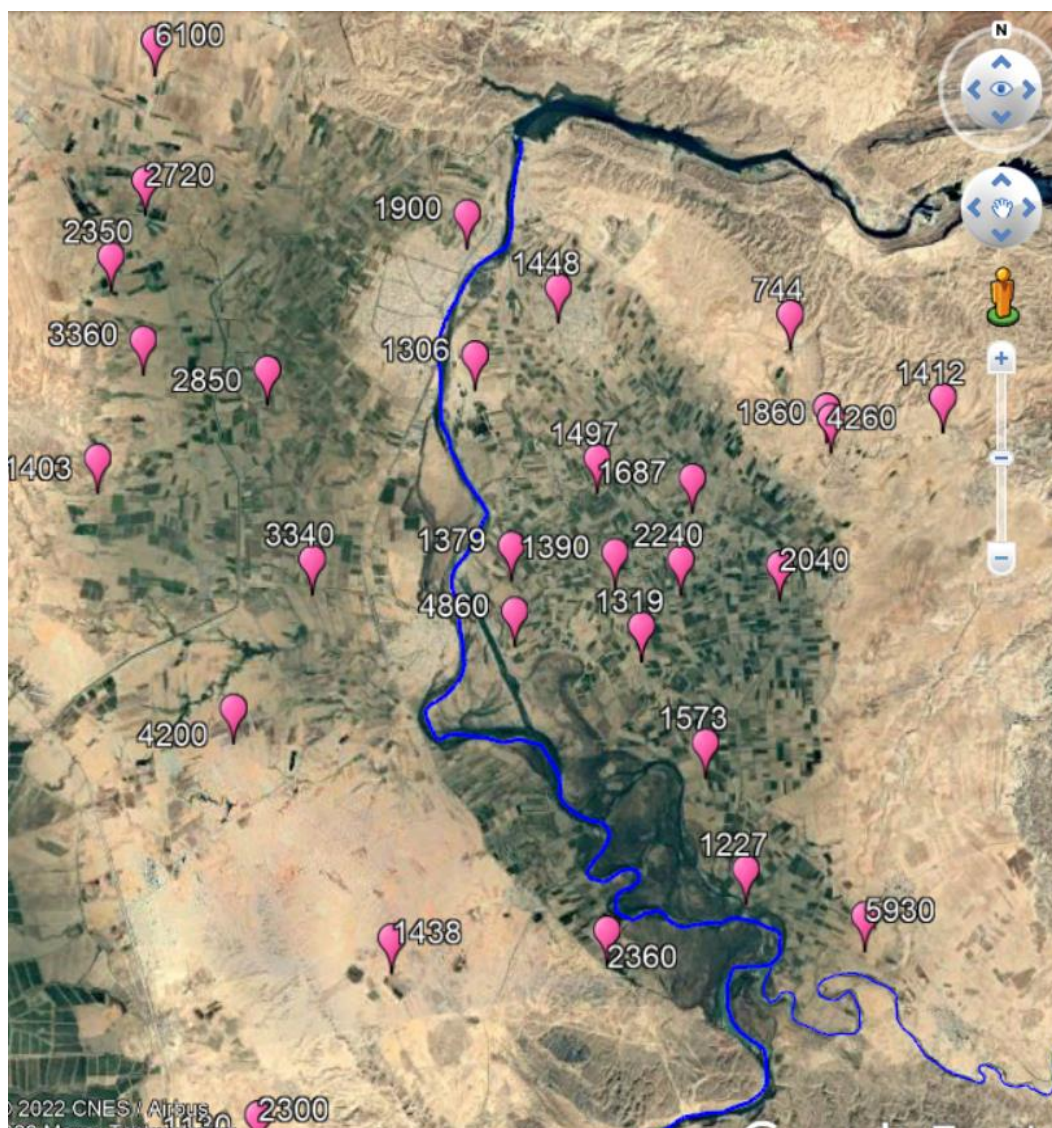
۴-۶- مقایسه کیفیت آب خروجی از سد با آب زیرزمینی در آبخوان های مجاور

به منظور مقایسه کیفیت آب خروجی از دریاچه سد گتوند با کیفیت آبخوان های مجاور رودخانه کارون از مقادیر هدایت الکتریکی و نمودارهای پایپر و ویلکاکس استفاده شده است.

۴-۶-۱- مقادیر هدایت الکتریکی آبخوان های مجاور کارون

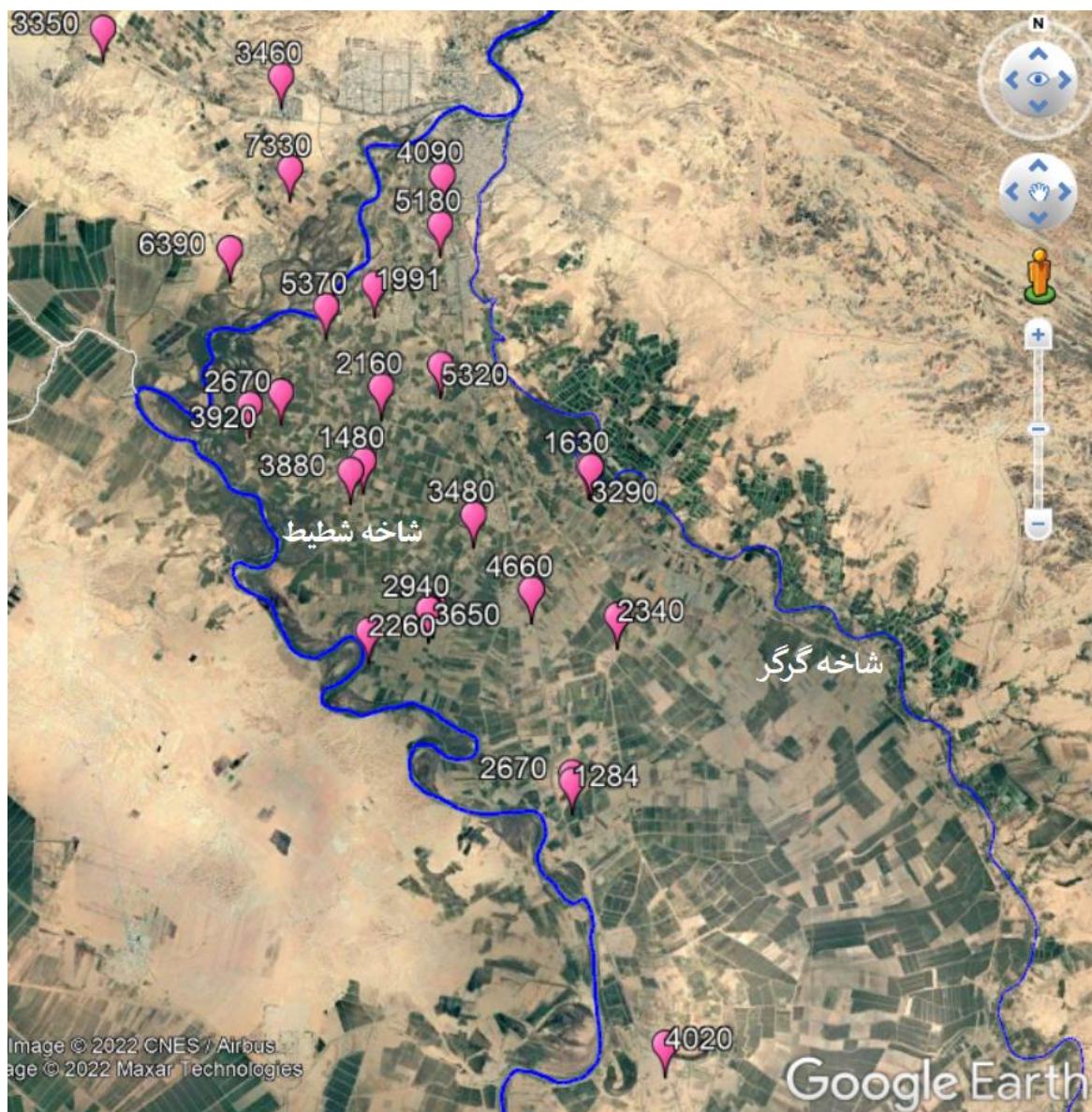
هدایت الکتریکی به عنوان نماینده کل املاح محلول در آب مهمترین پارامتر کیفی برای ارزیابی شوری آب می باشد. با توجه به این که مقادیر هدایت الکتریکی، به دلیل عمق متفاوت چاه ها و مقدار متفاوت افت ناشی از برداشت، از روند یکنواختی تبعیت نمی کنند ترسیم نقشه هدایت الکتریکی دقت مناسبی نخواهد داشت. بنابراین، مقایسه شوری نمونه های آب زیرزمینی با آب رودخانه به صورت نقطه ای انجام می شود.

شکل ۴-۱۳ مقادیر هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی در دشت گتوند عقیلی را نشان می دهد. همانطور که ملاحظه می شود در این دشت در هر دو سوی کارون، مقادیر هدایت الکتریکی در مقایسه با هدایت الکتریکی رودخانه (که در این محدوده حدود ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر است) بیشتر است. در برخی از نقاط مقدار هدایت الکتریکی آب زیرزمینی به مراتب بالاتر از مقدار آن در آب رودخانه است.



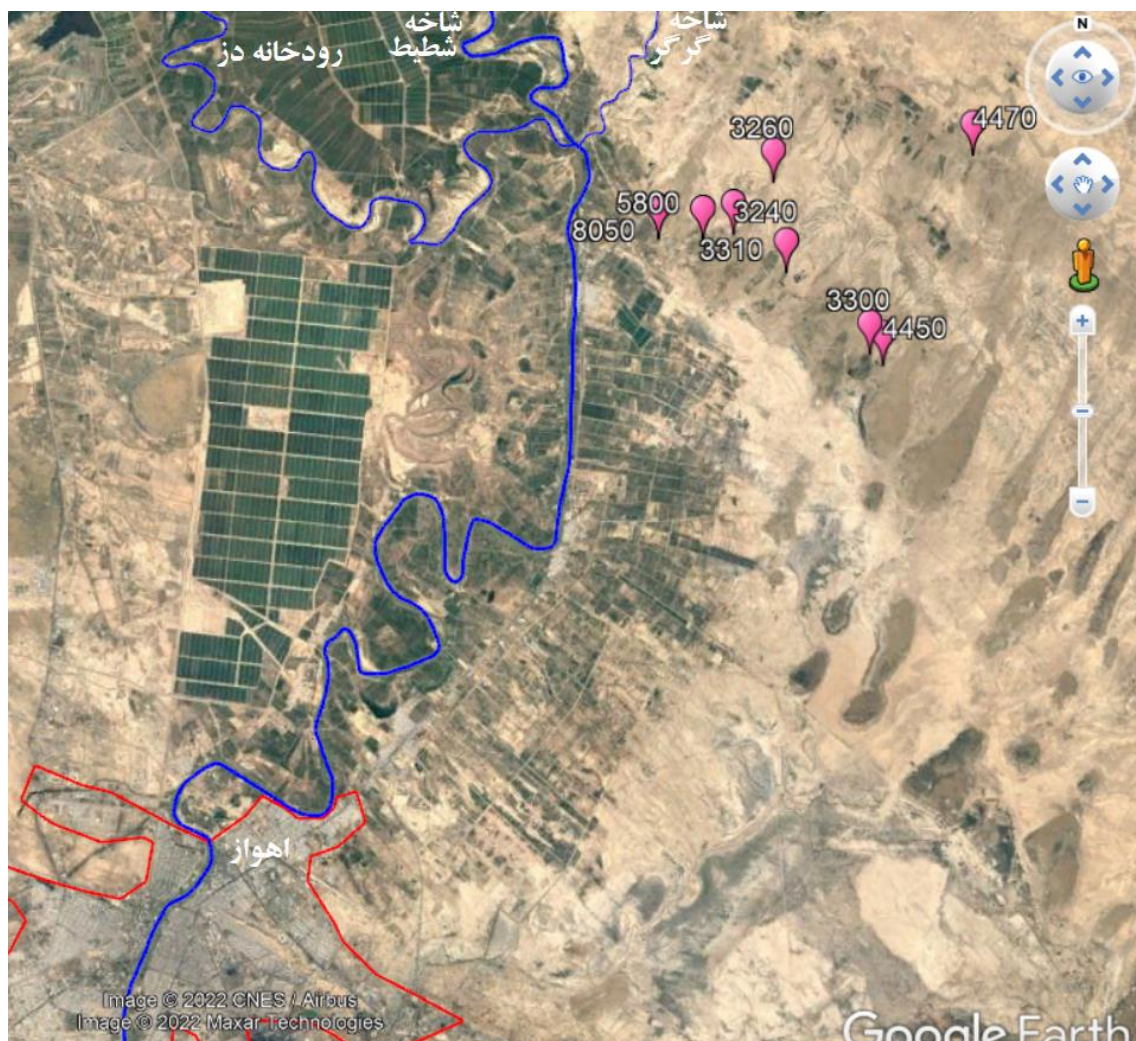
شکل ۴-۱۳: مقادیر هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در دشت گتوند-عقیلی

شکل ۴-۱۴: مقادیر هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی در دشت میان آب شوشتر را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در این دشت مقادیر هدایت الکتریکی در مقایسه با هدایت الکتریکی رودخانه (که در این محدوده حدود ۱۱۰۰ الی ۱۴۰۰ میکروموس بر سانتیمتر است) بیشتر است. به ویژه در بخش‌های شمال غربی شاخه شطیط مقدار هدایت الکتریکی آب زیرزمینی به مراتب بالاتر از مقدار آن در آب رودخانه است.



شکل ۴-۱۴: مقادیر هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در دشت میان آب شوستر

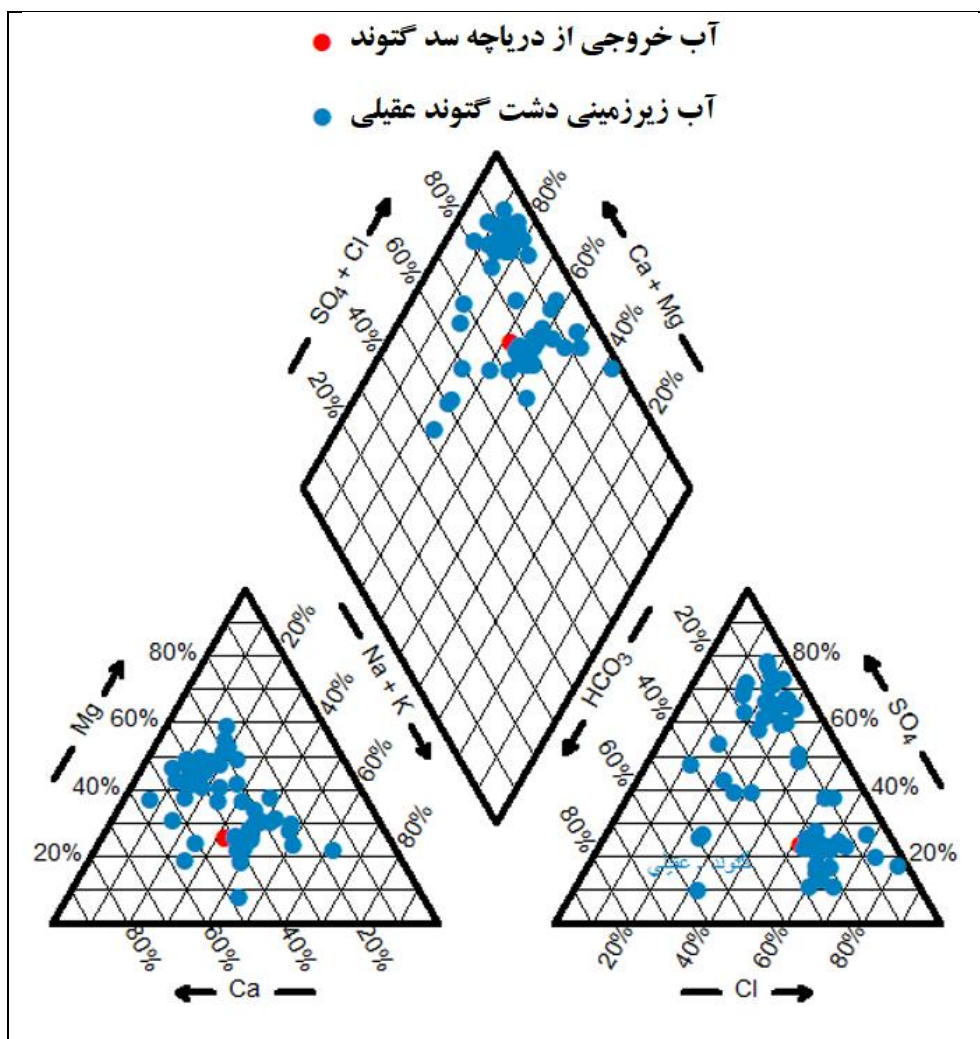
شکل ۴-۱۵: مقادیر هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی در دشت اهواز شمالی را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در این دشت اطلاعات مقادیر هدایت الکتریکی فقط به بخش شمال شرقی دشت محدود می‌شود. با توجه به اطلاعات موجود مقادیر هدایت الکتریکی در مقایسه با هدایت الکتریکی رودخانه (که در این محدوده حدود ۲۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر است) به طور قابل توجهی بیشتر است.



شکل ۴-۱۵: مقادیر هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در دشت اهواز شمالی

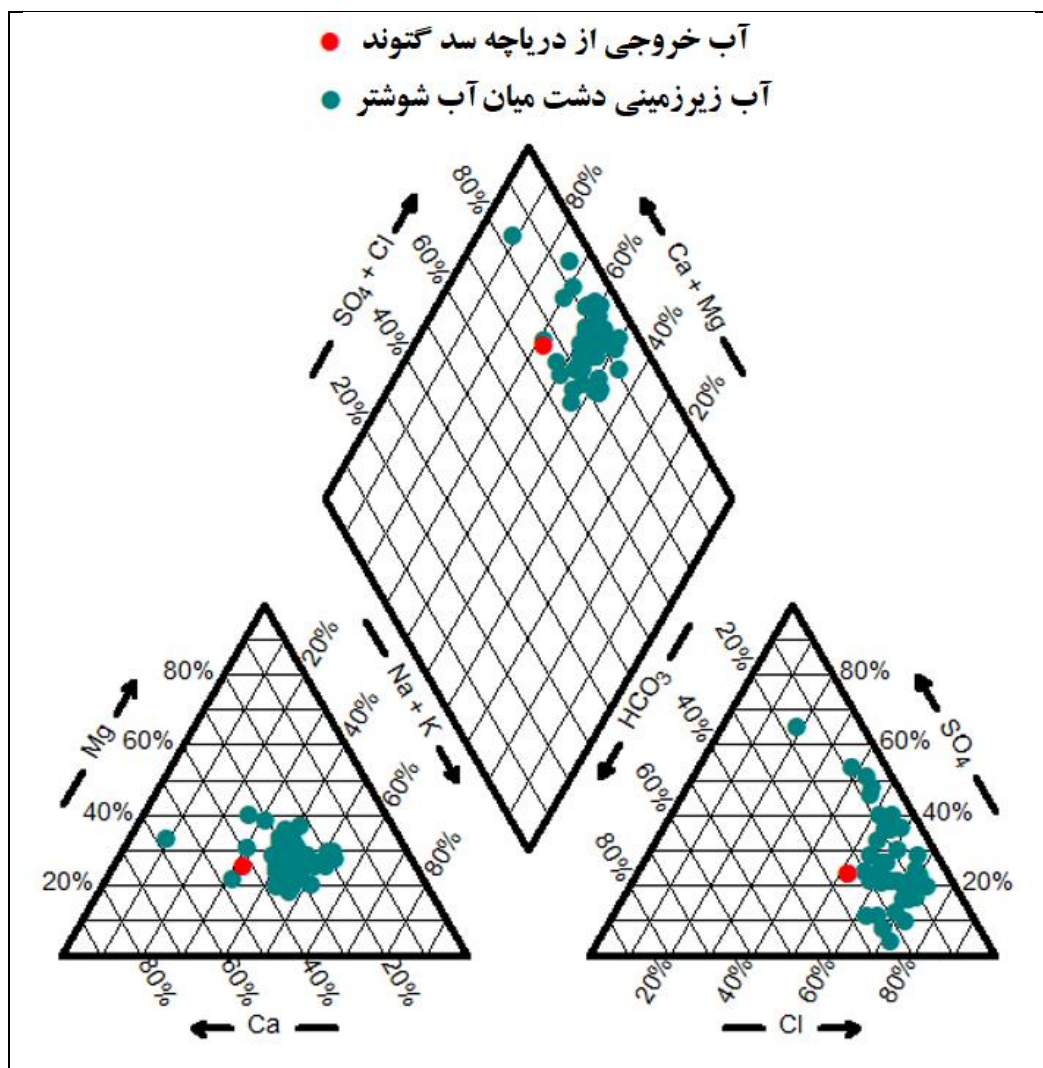
۴-۶-۲- مقایسه آب خروجی از سد و آبخوان های مجاور کارون در نمودار پایپر

یکی از نمودارهای مهم هیدروژئوشیمیایی برای ارزیابی هیدروژئوشیمیایی نمونه های آب و همچنین مقایسه نمونه ها با یکدیگر نمودار پایپر است. به منظور مقایسه هیدروژئوشیمیای آب خروجی از سد با آبخوان های مجاور کارون از نمودار پایپر استفاده شده است. شکل ۴-۱۶ نمودار پایپر را برای آب خروجی از سد با آب زیرزمینی در آبخوان گتوند عقیلی را نشان می دهد. همانطور که ملاحظه می شود در بسیاری از نمونه های آب زیرزمینی در دشت گتوند عقیلی سهم اسیدهای قوی در مقایسه با آب خروجی از سد بیشتر شده است که بیانگر تکامل بیشتر آب زیرزمینی در مقایسه با آب خروجی از سد است.



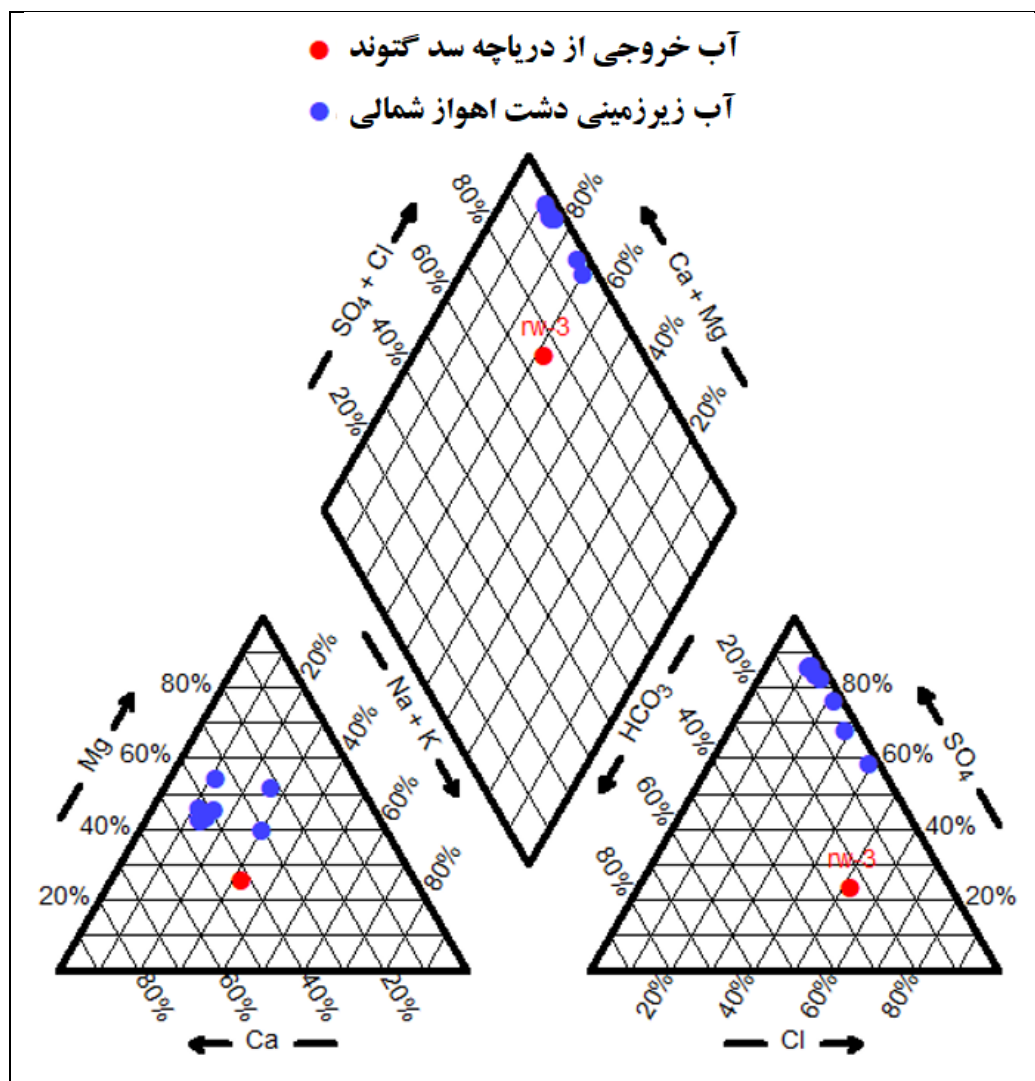
شکل ۴-۱۶: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت گتوند-عقیلی با استفاده از نمودار پایپر

شکل ۴-۱۷ نمودار پایپر را برای آب خروجی از سد با آب زیرزمینی در آبخوان میان آب شوستر را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در اکثریت قاطع نمونه‌های آب زیرزمینی در دشت میان آب شوستر سهم اسیدهای قوی در مقایسه با آب خروجی از سد بیشتر شده است که بیانگر تکامل بیشتر آب زیرزمینی در مقایسه با آب خروجی از سد است.



شکل ۴-۱۷: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت میان آب شوشتر با استفاده از نمودار پایپر

شکل ۴-۱۸ نمودار پایپر را برای آب خروجی از سد با آب زیرزمینی در آبخوان اهواز شمالی را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در اکثریت قاطع نمونه‌های آب زیرزمینی در دشت اهواز شمالی سهم اسیدهای قوی در مقایسه با آب خروجی از سد بیشتر شده است که بیانگر تکامل بیشتر آب زیرزمینی در مقایسه با آب خروجی از سد است.



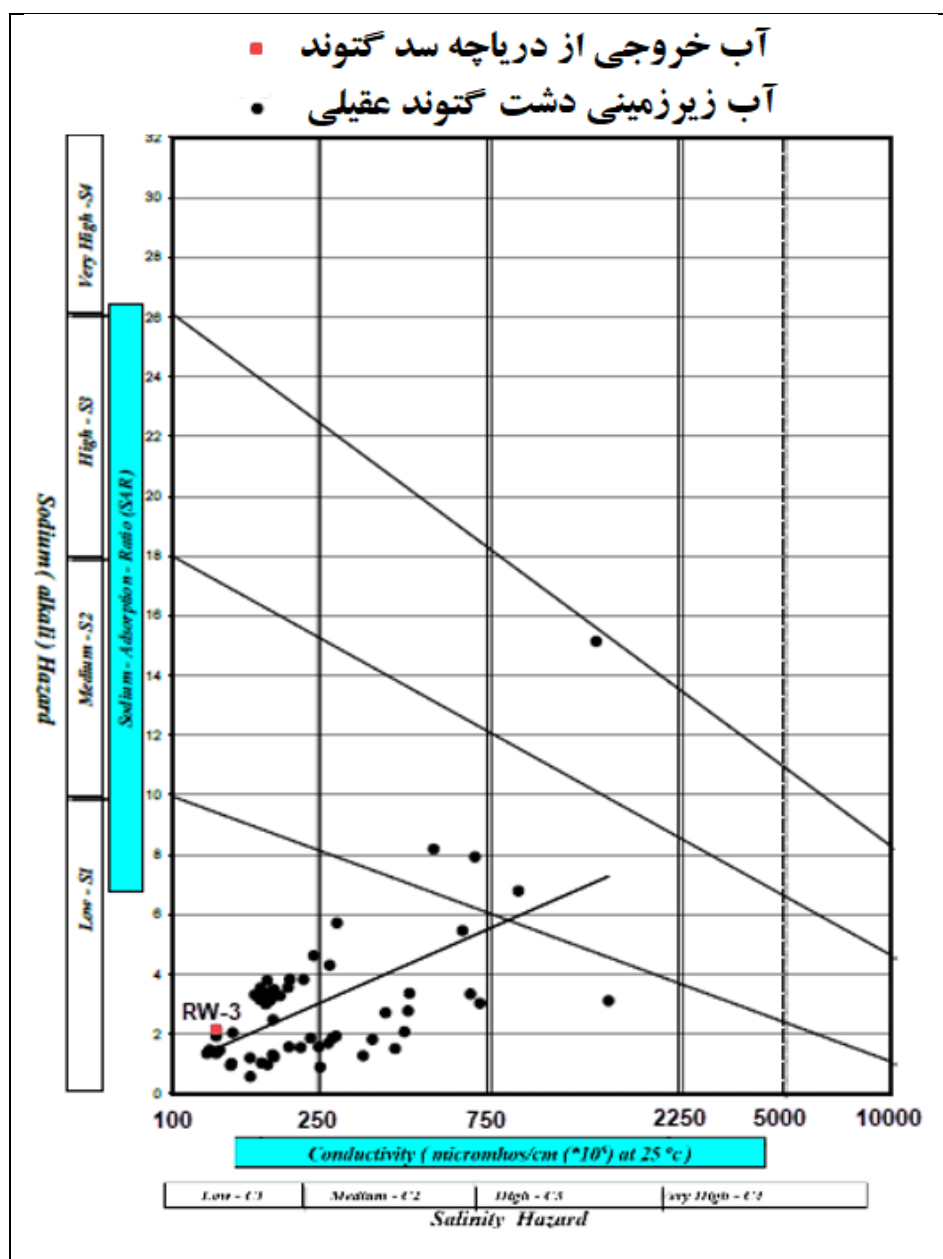
شکل ۴-۱۸: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت اهواز شمالی با استفاده از نمودار پایپر

۴-۶-۳- مقایسه آب خروجی از سد و آبخوان های مجاور کارون در نمودار

ویلکاکس

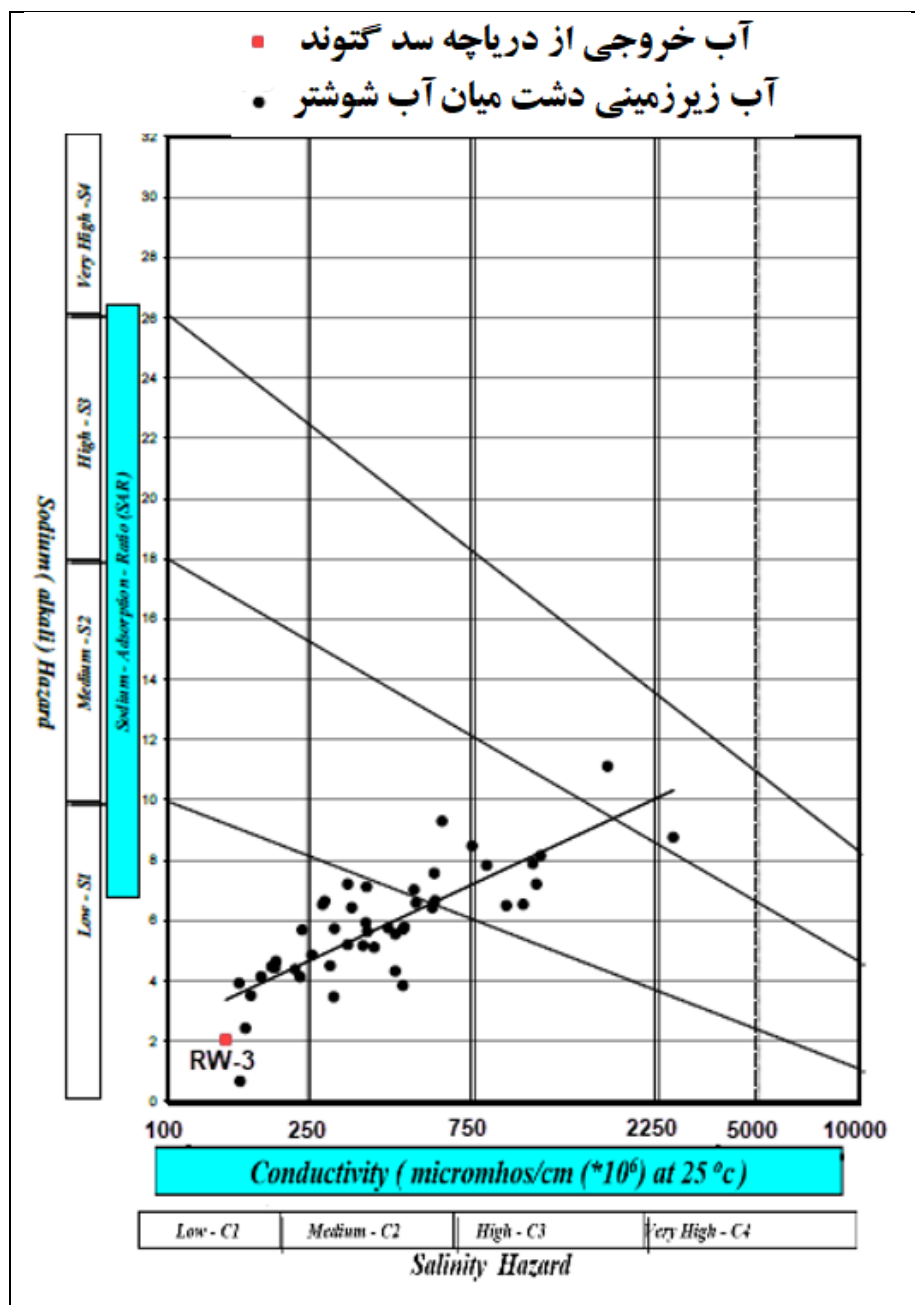
یکی از نمودارهای متداول برای ارزیابی کیفیت آب در مصارف کشاورزی، نمودار ویلکاکس است. به منظور مقایسه آب خروجی از دریاچه سد گتوند با منابع آب زیرزمینی در آبخوان های مجاور به لحاظ مصارف کشاورزی از نمودار ویلکاکس استفاده شده است.

شکل ۴-۱۹ نمودار ویلکاکس را برای آب خروجی از سد با آب زیرزمینی در آبخوان گتوند عقیلی را نشان می دهد. همانطور که ملاحظه می شود کیفیت آب خروجی از دریاچه سد در مقایسه با اکثریت نمونه های آب های زیرزمینی آبخوان مذکور به لحاظ کشاورزی مناسبتر است.



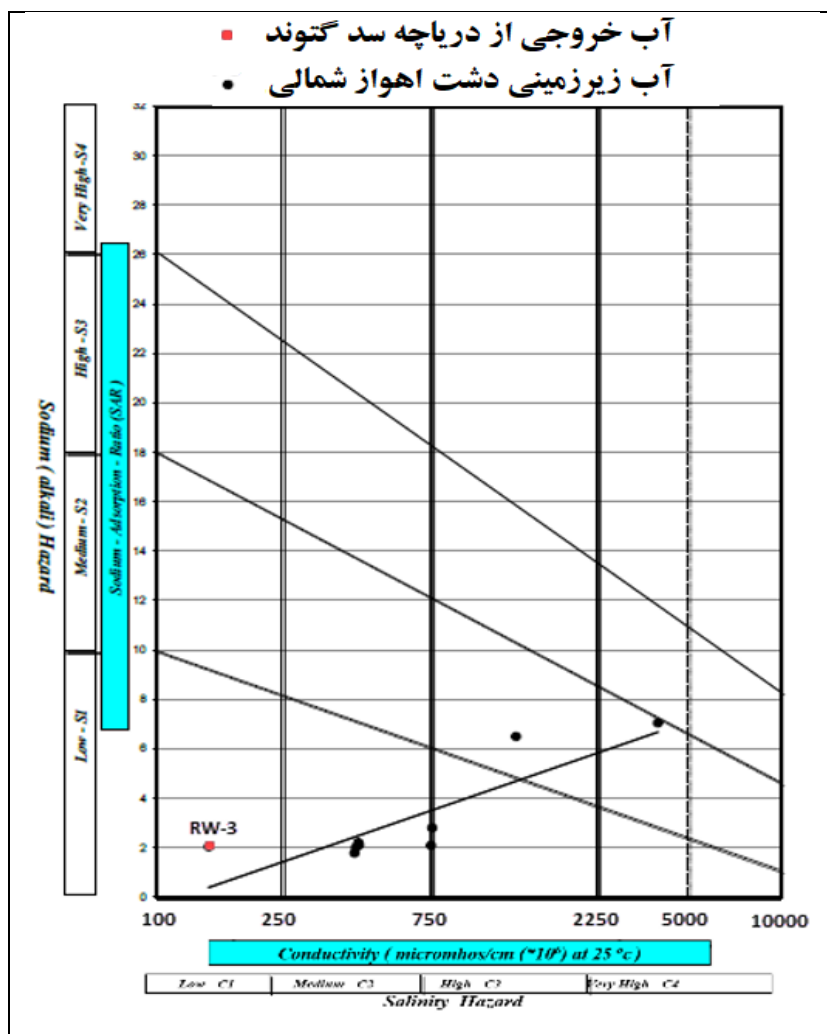
شکل ۴-۱۹: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت گتوند-عقلی با استفاده از نمودار ویلکاکس

شکل ۴-۲۰ نمودار ویلکاکس را برای آب خروجی از سد با آب زیرزمینی در آبخوان میان آب شوشتر را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود کیفیت آب خروجی از دریاچه سد در مقایسه با تقریباً تمام نمونه‌های آب‌های زیرزمینی آبخوان مذکور به لحاظ کشاورزی مناسب‌تر است.



شکل ۴-۲۰: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت میان آب شوستر با استفاده از نمودار ویلکاکس

شکل ۴-۲۱ نمودار ویلکاکس را برای آب خروجی از سد با آب زیرزمینی در آبخوان اهواز شمالی را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود کیفیت آب خروجی از دریاچه سد در مقایسه با تمام نمونه‌های آب‌های زیرزمینی آبخوان مذکور به لحاظ مصارف کشاورزی مناسبتر است.



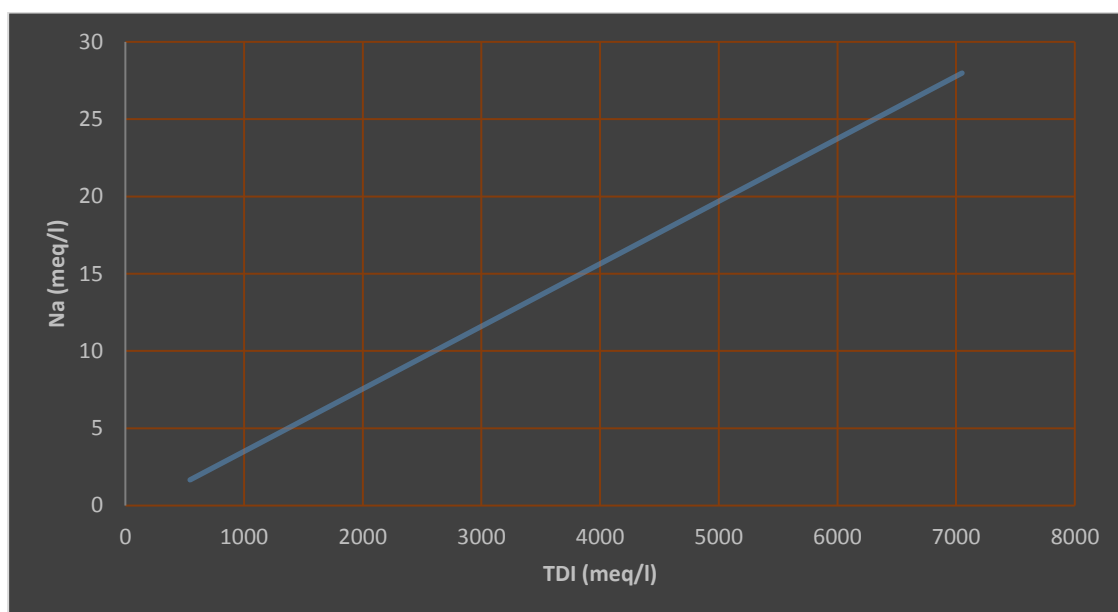
شکل ۴-۲۱: مقایسه آب خروجی از سد با آبخوان دشت اهواز شمالی با استفاده از نمودار ویلکاکس

۴-۷- نمودارهای ترکیبی نمونه‌های آب کارون

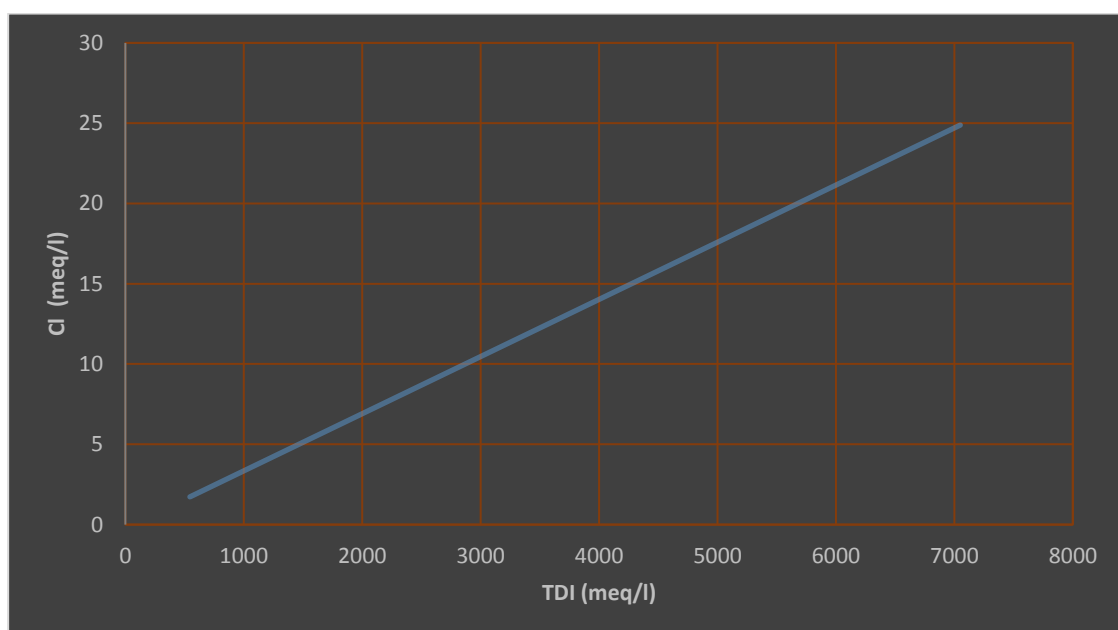
جهت شناخت فرآیندهای ژئوشیمیایی مؤثر در شوری آب رودخانه کارون از بالادست سد گتوند تا شهر اهواز نمودارهای ترکیبی مختلفی تهیه گردیده است. نمودارهای ترکیبی ابزارهای مهمی جهت شناخت منشأ شوری می باشند. از نمودارهای ترکیبی جهت تعیین اختلاط و منشأ آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌توان استفاده کرد.

با توجه به شکل های (۴-۲۱) تا (۴-۲۹) نمودارهای دو متغیره غلظت کل یون های محلول (TDI)، درمقابل غلظت یون های کلسیم، سدیم، کلراید و سولفات و بی‌کربنات نشان داده شده است. همان طور که در این نمودارها مشاهده می‌شود غلظت کلسیم و سولفات نسبت به TDI رابطه خطی نشان می‌دهد

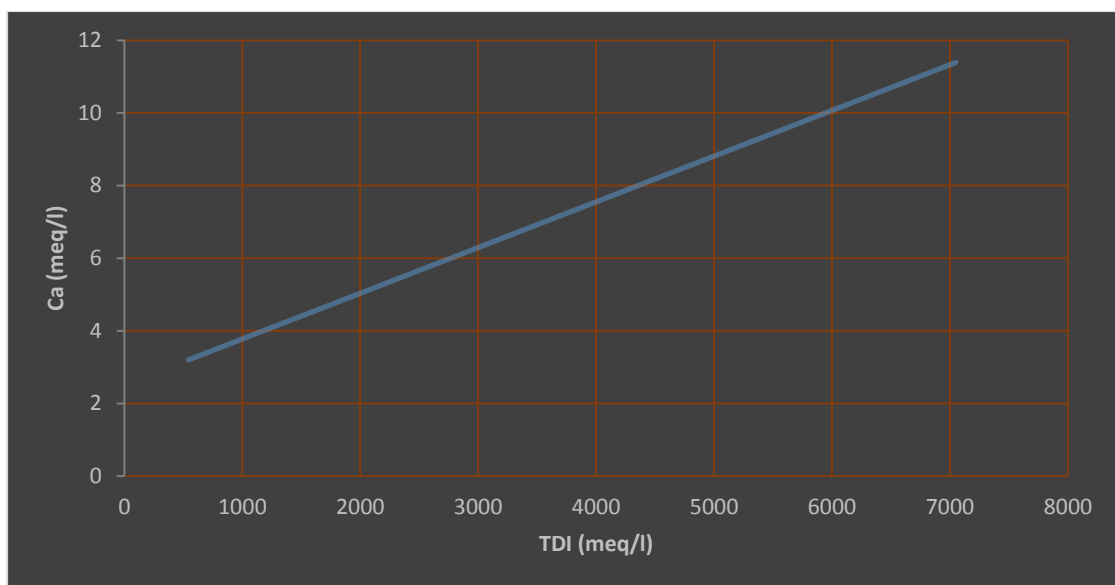
که بیان‌گر انحلال نمک در نمونه‌های برداشت شده از سطح رودخانه کارون می‌باشد. از سوی دیگر عدم رابطه خطی بی‌کربنات با کلسیم و TDI بازتاب‌کننده یک منشأ غیرکربناته در تأمین کلسیم می‌باشد. همچنین هم‌بستگی بین نمودارهای ترکیبی سدیم و کلر و همچنین هر کدام از این یون‌ها با مجموع یون‌های محلول، نشان‌دهنده انحلال هالیت در دشت می‌باشد.



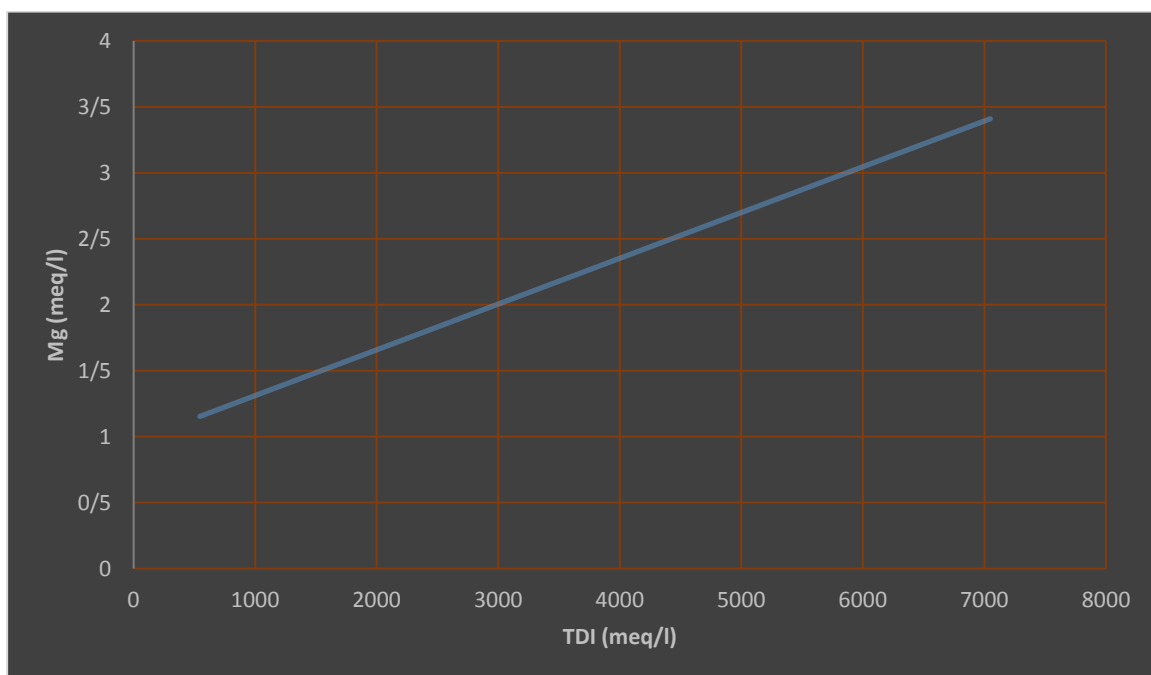
شکل ۴-۲۲: غلظت کل یون‌های محلول (TDI)، درمقابل غلظت یون سدیم



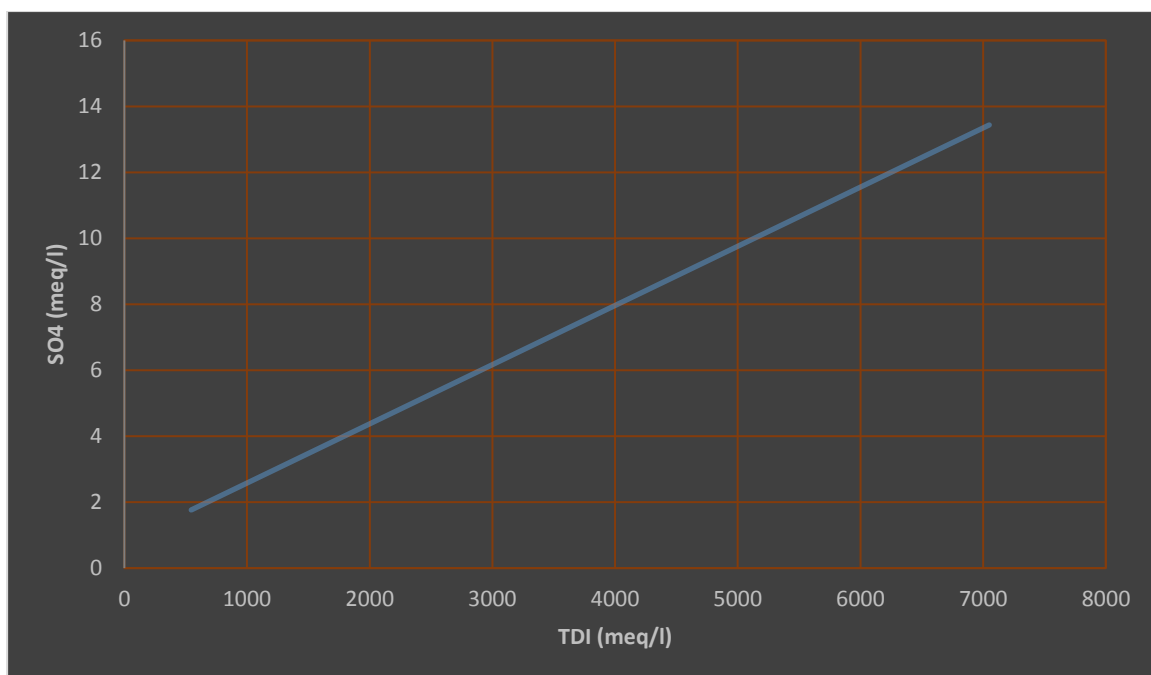
شکل ۴-۲۳: غلظت کل یون‌های محلول (TDI)، درمقابل غلظت یون کلراید



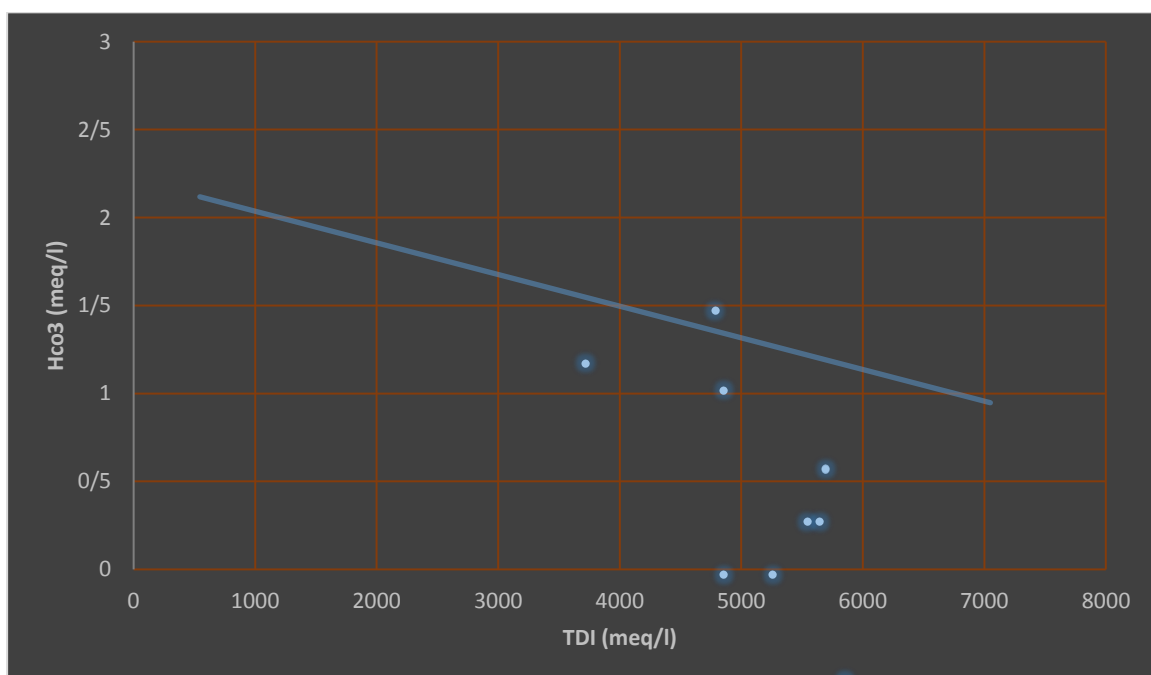
شکل ۴-۲۴: غلظت کل یون های محلول (TDI)، درمقابل غلظت یون کلسیم



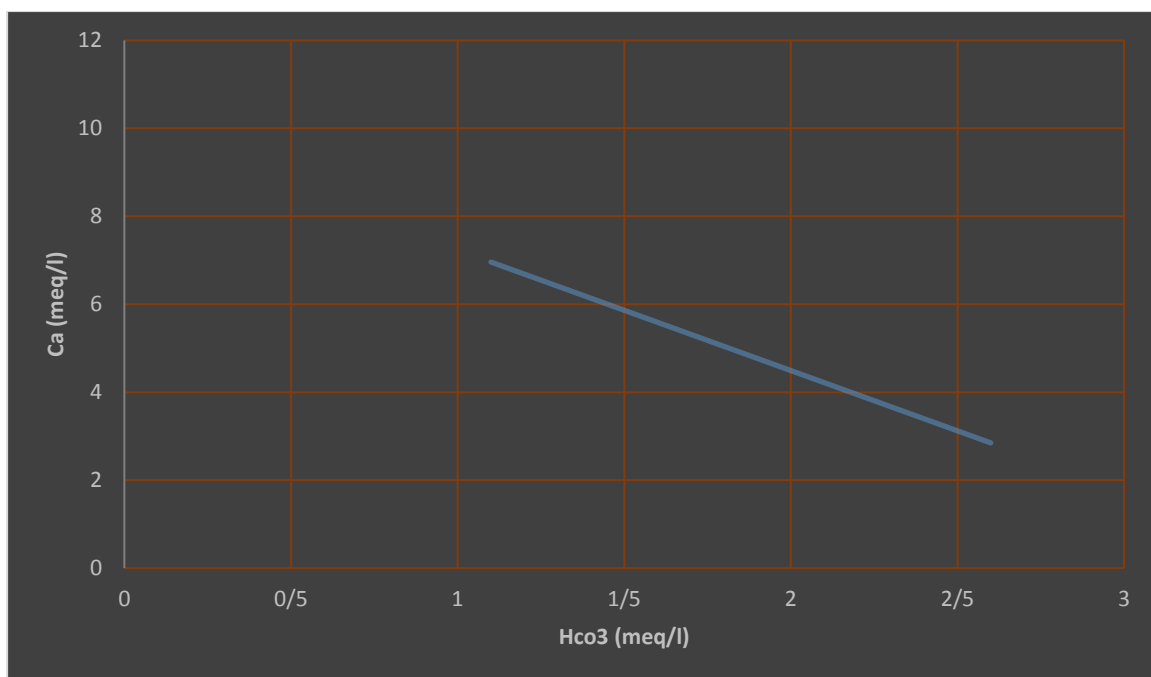
شکل ۴-۲۵: غلظت کل یون های محلول (TDI)، درمقابل غلظت یون منیزیم



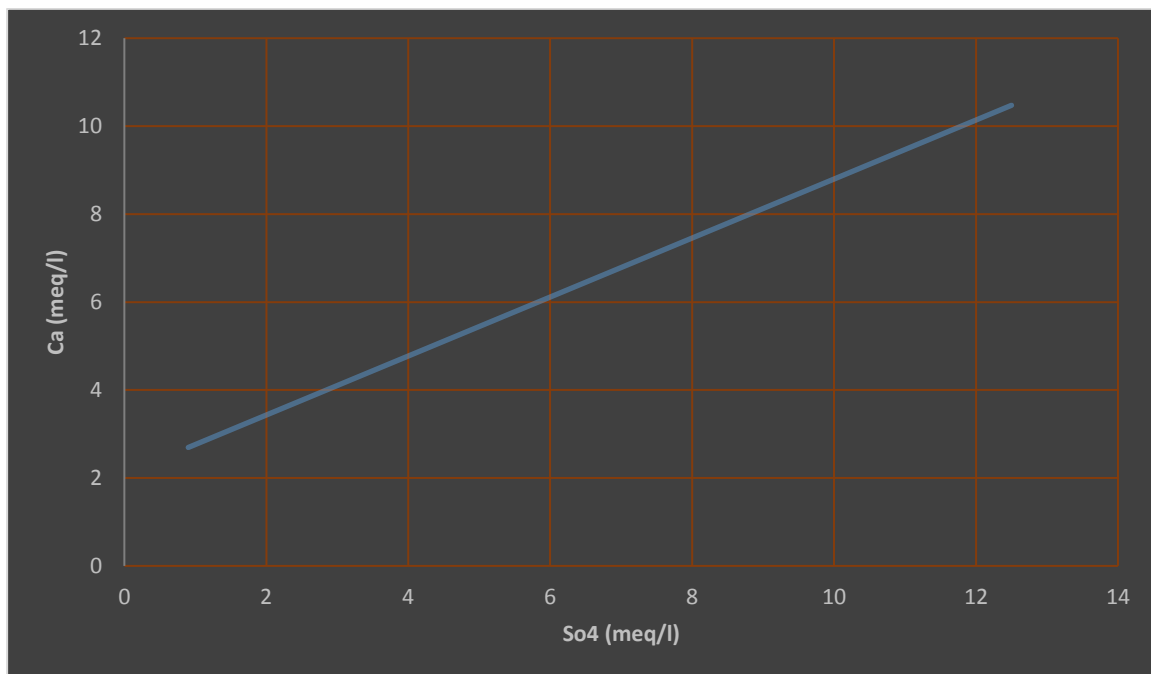
شکل ۴-۲۶: غلظت کل یون های محلول (TDI)، درمقابل غلظت یون سولفات



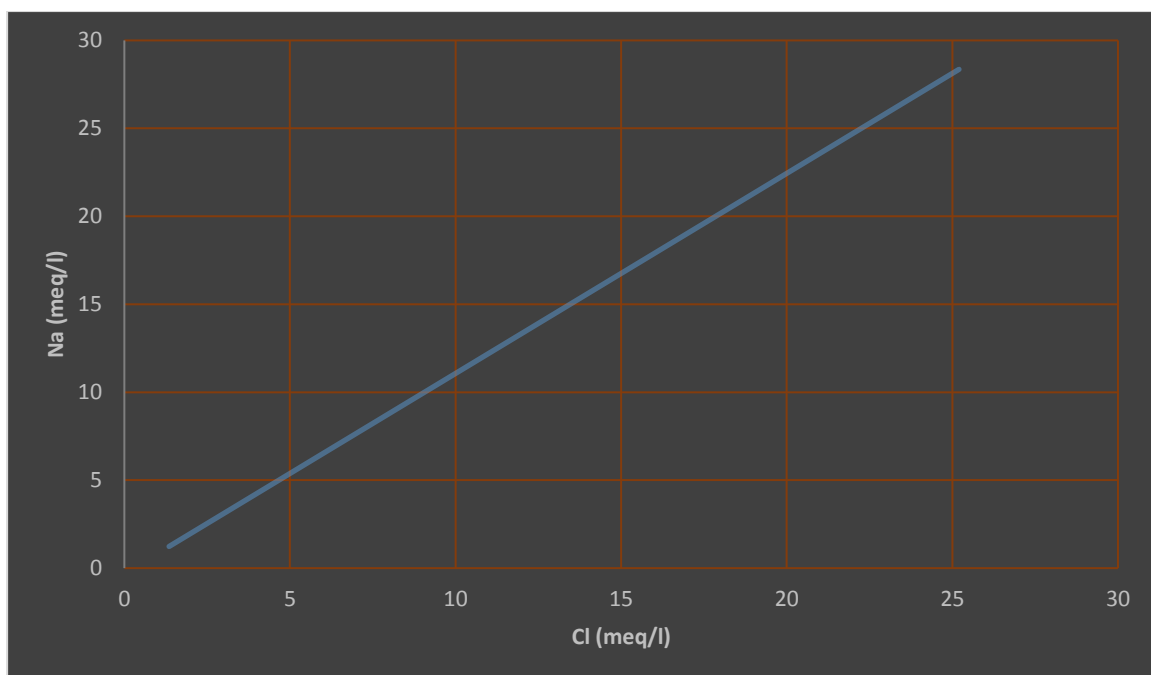
شکل ۴-۲۷: غلظت کل یون های محلول (TDI)، درمقابل غلظت بی کربنات



شکل ۴-۲۸: غلظت کل یون های کلسیم درمقابل غلظت یون بی کربنات



شکل ۴-۲۹: غلظت کل یون کلسیم درمقابل غلظت یون سولفات



شکل ۴-۳۰: غلظت کل یون سدیم درمقابل غلظت یون کلراید

۴-۸- بررسی تاثیر دریاچه سد گتوند بر کیفیت آب رودخانه کارون

سد گتوند علیا بلندترین سد خاکی ایران بوده و عملیات اجرایی آن با هدف تولید انرژی و تأمین آب شرب و کشاورزی از سال ۱۳۷۶ آغاز و در مرداد سال ۱۳۹۰ به بهره‌برداری رسید. این سد آخرین سد ساخته شده بر رودخانه کارون قبل از ورود به دشت خوزستان در منطقه گتوند است. در بالادست سد گتوند علیا به ترتیب سدهای مسجدسلیمان، شهید عباس‌پور (کارون ۱)، کارون ۳ و کارون ۴ ساخته شده است. یکی از سازندهایی که رودخانه کارون در محدوده حفاصل سد مسجدسلیمان تا بند تنظیمی گتوند از آن عبور کرده، سازند گچساران است. رودخانه شور دشت بزرگ که در پایین‌دست سد تنظیمی گتوند با شوری بیش از ۷ هزار میکروزیمنس بر سانتیمتر به کارون می‌پیوندد نیز از همین سازند عبور می‌کند. به طور کلی در دو نقطه از زاگرس شامل شمال رامهرمز و منطقه عنبل در تکیه‌گاه چپ مخزن و در ۴/۵ کیلومتری بالادست سد گتوند علیا، رخنمون سطحی نمک وجود دارد. نگرانی اصلی کارشناسان قبل از آبیگری سد گتوند علیا، تماس مستقیم آب با بخش‌های جدید توده عنبل و انحلال نمک در

مخزن سد و همچنین کاهش کیفیت آب رودخانه کارون در پایین دست سد خصوصاً در ماه‌های اولیه آبیگری بوده است. از این رو برای کنترل تماس مستقیم آب با سطح نمک، از خاک رس به عنوان پوششی مناسب برای کاهش سطح تماس و کنترل نرخ انحلال استفاده شد. وجود این پوشش مانع از ترک سریع نمک‌های حل شده از سطح نمک شده است. همچنین این پوشش به غلیظ و سنگین شدن آب شور و هدایت آن به عمق مخزن و عدم اختلاط آن با آب لایه‌های بالای مخزن کمک کرده است. از سویی دیگر، بالا آمدن تراز آب، تأثیر بسزایی در سیر طبیعی رودخانه ایجاد کرده است. این تأثیر ناشی از کاهش شدید سرعت جریان آب در طول مخزن بوده که موجب می‌شود جریان رودهای شور که قبلاً به دلیل سرعت بالای آب به محض ورود به رودخانه با آب عبوری ترکیب شده و موجب کاهش کیفیت آب در آن مقطع می‌شد، فرصت کافی برای حرکت به ترازهای پایین مخزن را داشته باشند و با آب لایه‌های بالا که همواره دارای کیفیت بالایی است، ترکیب نگردد.

۴-۹- بررسی تأثیر شاخه‌های ورودی بر کیفیت آب رودخانه کارون

از جمله منابع تأثیرگذار طبیعی بر کیفیت آب رودخانه کارون در محدوده سد مسجدسلیمان تا ملاثانی می‌توان به شاخه‌های دشت بزرگ، شطیط و بندقیر اشاره کرد. مقایسه نتایج برداشت کیفی از ایستگاه‌های هیدرومتری مسجدسلیمان، دشت بزرگ و گتوند در بازه زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۹ بیانگر آن است که متوسط هدایت الکتریکی این ۸ سال در ایستگاه‌های مسجدسلیمان، دشت بزرگ و گتوند به ترتیب ۵۰۶، ۶۰۶ و ۹۰۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده است. بعد از سد مسجدسلیمان، در ایستگاه ملاثانی میزان هدایت الکتریکی به بیش از ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش می‌یابد. یکی از دلایل مهم آن اثر شاخه‌های ورودی دشت بزرگ، شطیط و بندقیر بر رودخانه است. این افزایش به دلیل وجود گسترده سازند انحلال‌پذیر گچساران در دامنه وسیعی از حوضه آبریز رودخانه کارون در این منطقه و ورود رودخانه‌های شور لالی و شور دشت بزرگ به کارون است.

۴-۱۰- بررسی نقش آب زیرزمینی در کیفیت آب رودخانه کارون

امروزه به دلیل برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، سطح آب زیرزمینی در کشور به شدت افت داشته است. همچنین پس از احداث سد مخزنی گتوند علیا در محدوده‌ای از لایه‌های نمکی و گچی باعث شده تا آب‌های زیرزمینی با افت شدید کیفیت مواجه شوند و در نتیجه تاثیر بسزایی در پایین آمدن کیفیت آب رودخانه کارون داشته باشند. با توجه به استفاده از آب رودخانه کارون برای مصارف کشاورزی و حتی شرب شهرها و روستاهای پایین دست، این تغییرات در کیفیت آب باعث ایجاد مشکلات زیادی در پایین دست نیز شده است. بنابراین شوری آب مخزن سد گتوند بر روی کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه اثرات چشم‌گیری داشته که همین امر تا حدودی باعث پایین آمدن کیفیت آب رودخانه کارون شده است.

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این فصل، ابتدا مهمترین نتایج به دست آمده از این تحقیق ارائه می‌شود و سپس پیشنهادهایی جهت کار بیشتر در ارتباط با منشاء شوری آب کارون ارائه شده است.

۵-۱- نتیجه‌گیری

با توجه به تحقیق انجام شده، نتایج به دست آمده از این تحقیق در چهار بخش شامل تغییرات هدایت الکتریکی در مسیر رودخانه، تاثیر سد گتوند بر شوری آب کارون، تاثیر جریان‌های سطحی و زیرسطحی ورودی بر شوری کارون مورد ارزیابی قرار گرفته است.

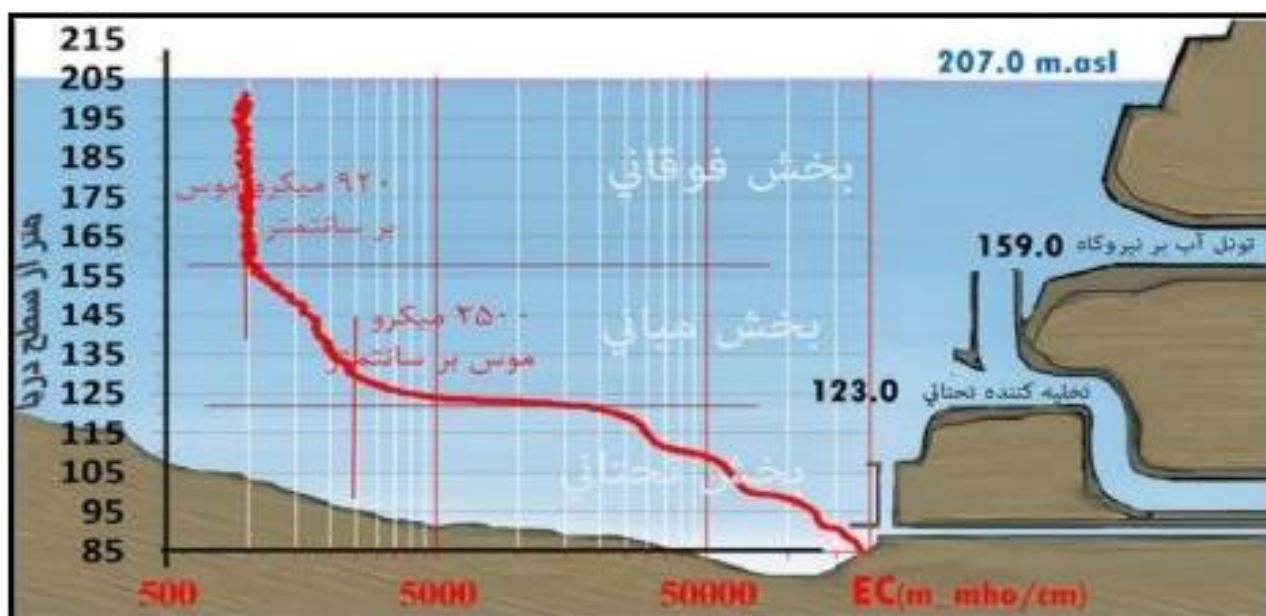
۵-۱-۱- ارزیابی تغییرات هدایت الکتریکی آب در مسیر رودخانه

انتقادات زیادی بر ساخت سد گتوند جهت تأثیر آن بر شوری آب رودخانه کارون شده است، ابتدا داده های کیفیت آب رودخانه در ایستگاه پایین دست سد گتوند در دو دوره قبل و بعد از آبگیری سد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است تا میزان اثر آن مشخص گردد (جدول ۵-۱). با توجه به جدول مذکور

اختلاف پارامترهای کیفیت آب در قبل از ساخت سد و بعد از آن روند مشخصی را نشان نمی دهد و میزان افزایش آن چندان چشم گیر نیست. پس از آبیگری سد و افزایش سطح تماس آب با طبقات و لایه های انحلال پذیر نمک خصوصاً در توده گچساران، حجم زیادی نمک از این توده حل شده و آب مخزن سد را شور نموده است. با توجه به افزایش چگالی آب ناشی از انحلال نمک، آبهای با شوری بیشتر در ترازهای پایین مخزن و آب های با کیفیت بهتر در لایه های بالا قرار گرفته و بدین ترتیب باعث شکل گیری لایه بندی نمک در مخزن سد شده است، به نحوی که در ترازهای پایین میزان شوری آب ۳ تا ۴ برابر شوری آب دریا و در ترازهای بالا کیفیت آب مناسب و میزان شوری برای شرب مناسب می باشد. شکل ۳ نمونه ای از توزیع شوری در عمق مخزن سد گتوند علیا را نشان می دهد. لازم به ذکر است که برای سنجش میزان شوری آب از دو شاخص هدایت الکتریکی (EC) و کل مواد جامد محلول (TDS) یا غلظت استفاده می شود. (جدول ۵-۱). به جز پارامترهای CA و CI که نشان دهنده سختی آب هستند دیگر پارامترها و عناصر مورد بررسی در بازه زمانی پس از آبیگری سد، یا روند افزایشی داشته اند و یا بدون تغییر قابل توجه بوده اند. از آنجایی دو پارامتر مذکور با افزایش دبی جریان رود در ارتباط هستند و از طرفی با توجه به داده های مربوط به بارش در سال های قبل از آبیگری سد که دبی رود بیشتر بوده است، این روند می تواند با این موضوع در ارتباط باشد.

جدول (۵-۱): مقادیر پارامترهای کیفی اب رودخانه کارون، قبل و بعد از احداث سد گتوند

دوره	سال آبی	EC($\mu\text{m/cm}$)	MG (mg/lit)	CA (mg/lit)	CI (mg/lit)	Hco3(mg/lit)	So4 (mg/lit)	TDS (mg/lit)
قبل از احداث سد گتوند	۸۵-۸۶	۱۱۰۵	۲/۸۲	۱۰/۸۵	۴/۶۲	۲/۷۱	۱۰/۸۱	۱۲/۰۱
	۸۶-۸۷	۱۱۱۴	۳/۹۱	۱۱/۲۴	۶/۲۷	۱/۶۷	۱۱/۰۸	۷/۹۲
	۸۷-۸۸	۱۵۶۸	۱۶/۲۷	۰/۰۷	۱/۷۴	۴/۰۵	۱۰/۳۵	۱۱/۳۱
	۸۸-۸۹	۱۴۹۸	۱۵/۶۱	۰/۰۹۵	۱/۶۸	۴/۲۷	۹/۶۵	۷/۶۵
	۸۹-۹۰	۱۳۵۲	۱۱/۷۵	۲/۸۴	۲/۹۵	۳/۵۲	۸/۸۱	۷/۷۸
پس از احداث سد گتوند	۹۰-۹۱	۱۱۵۴	۱۲/۷۶	۰/۰۵	۲/۰۶	۶/۰۵	۶/۹۷	۷/۷۲
	۹۱-۹۲	۱۱۰۲	۱۶/۹۱	۰/۰۵	۱/۵۵	۶/۰۴	۴/۴۱	۷/۷
	۹۲-۹۳	۱۳۲۷	۱۶/۵۸	۰/۰۴	۱/۹۷	۵/۵۵	۸/۸۸	۷/۶۷
	۹۳-۹۴	۱۲۵۸	۱۶/۴۷	۰/۰۵	۱/۴۲	۶/۱۵	۸/۴۲	۷/۷۵
	۹۴-۹۵	۱۱۵۶	۱۳/۲۵	۰/۰۶	۸/۲	۶/۱۸	۹/۲	۷/۸۶



شکل (۵-۱): وضعیت شوری در ترازهای مختلف مخزن سد گتوند در تاریخ نهم اسفند ۱۳۹۳

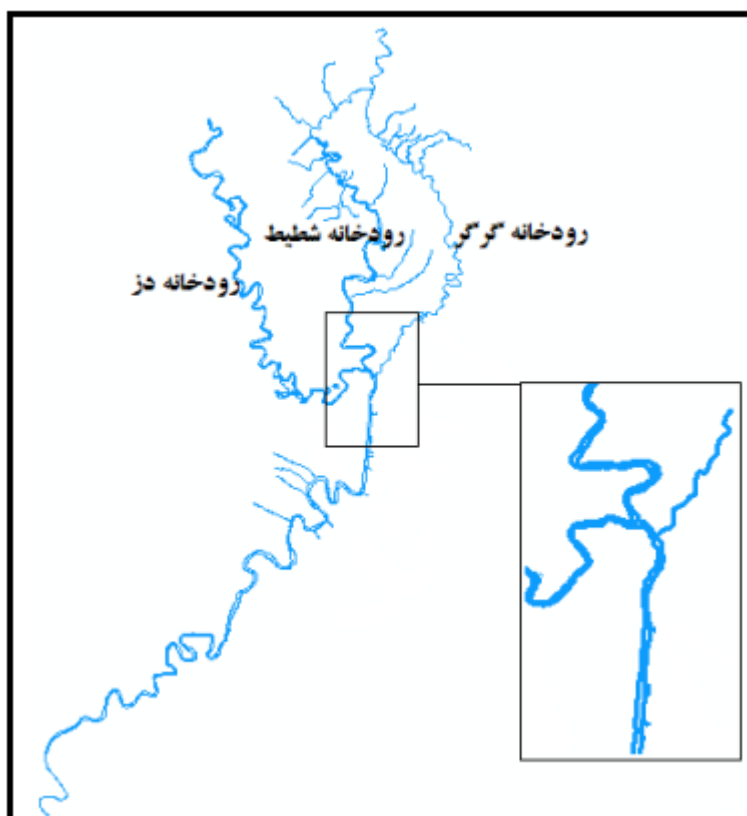
۵-۱-۲- ارزیابی تاثیر دریاچه سد گتوند بر شوری آب کارون

تاثیر واضح ساختگاه و دریاچه سد گتوند بر کیفیت آب کارون در پایین دست آن را به خوبی نشاد داده است که مهم ترین و بزرگترین دستاوردش امروزه شور کردن رودخانه کارون و دشت خوزستان می باشد. وجود سازندهای نمکی گچساران در این مخزن سبب شور شدن بخشی از آب مخزن شده و به تبع آن آب کارون در پایین دست سد نیز تحت تاثیر قرار گرفته است. نتایج نشان داد که میزان اثر سد گتوند بر افزایش شوری تا کنون حداکثر ۲۵٪ بوده است و ۶۹٪ افزایش شوری ناشی از ورود زهکش ها مختلف در مسیر کارون بوده و ۶٪ نیز مربوط به تغییرات شوری در رودخانه دز است که آن هم می تواند به ورود زهکش ها در مسیر این رودخانه مرتبط باشد.

۵-۱-۳- ارزیابی تاثیر جریان های سطحی ورودی بر کیفیت آب کارون

حوضه آبریز رودخانه کارون بزرگترین حوضه آبریز رودخانه ای در ایران است که در جنوب غرب کشور واقع شده است. در امتداد رودخانه کارون چند شهر واقع شده که مهم ترین آن ها شهر اهواز مرکز استان

خوزستان است. آلودگی آب رودخانه کارون به دلیل افزایش برداشت آب از رودخانه و تخلیه‌ی فاضلاب به این رودخانه زندگی آبزیان را به خطر انداخته است. علاوه بر این استانداردهای کیفیت آب آشامیدنی و کیفیت زیست محیطی آب‌های جاری در بسیاری از موارد نقص شده است. وضعیت فعلی کیفیت آب سیستم رودخانه کارون در مقایسه با استانداردهای کیفیت آب نگران کننده است. شکل (۵-۲) بخشی از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در شاخه اصلی رودخانه کارون از رودخانه شطیط تا اهواز پس از وارد شدن دو شاخه فرعی به رودخانه در محدوده کیلومتر ۴۱ رودخانه، بارهای آلودگی نقطه‌ای موجود باعث افزایش آلودگی در این منطقه و کاهش میزان اکسیژن محلول می‌شود. همچنین ورود شاخه گرگر به کارون باعث شده تا آب این منطقه در پایین دست شور شود.



شکل (۵-۲): قسمتی از منطقه مطالعاتی (محل تلاقی رودخانه دز، شاخه شطیط، شاخه گرگر و رودخانه کارون)

۵-۱-۴- ارزیابی تاثیر جریان‌های زیرسطحی ورودی بر کیفیت آب کارون

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، جریان‌های زیرسطحی که وارد رودخانه کارون می‌شوند بدلیل وجود سازندهای گچی در مسیرشان (سازند گچساران) مقدار خیلی بیشتری از املاح، حاوی ژئیس و هالیت را نسبت به جریان‌های سطحی، در خود حل کرده و به رودخانه کارون منتقل می‌کنند.

۵-۲- پیشنهادهایی برای کار بیشتر

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، پیشنهادهای زیر جهت انجام کار بیشتر در زمینه تاثیر سد گتوند بر شوری آب کارون ارائه می‌شود:

- نمونه‌برداری از کل پهنه دریاچه سد گتوند
- نمونه‌برداری از اعماق مختلف دریاچه سد گتوند در محدوده‌های مختلف
- بررسی مقدار شوری آب دریاچه سد گتوند در فصل‌های مختلف سال

مراجع

- ۱- زارعی، ح، آخوندعلی، ع، (۱۳۸۵)، " بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب رودخانه کارون در بازه گتوند-شوشتر و تاثیر رود شور بر کیفیت آن " اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زینده رود دانشگاه شهرکرد.
- ۲- شرکت مشاوران-کایتک (۱۳۷۹)، مطالعات توجیهی پروژه سد و نیروگاه آبی گتوند.
- ۳- آب و نیروی ایران (۱۳۸۷)، خلاصه برداشت از گزارشات
- ۴- جوادی پیربازاری، س، محمدی، ک، خدادادی، ا، (۱۳۸۷)، " ارزیابی زیست‌محیطی سد گتوند علیا با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی " چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران.
- ۵- گزارش شرکت مشاور مهندسی مهتاب قدس پیرامون هفدهمین مرحله بررسی تغییرات کیفی (EC) رودها و چشمه‌های تغذیه‌کننده آب مخزن سد گتوند علیا، اسفند ۱۳۹۳.
- ۶- شرکت مهندسی قدس (۱۳۸۶)، خلاصه برداشت از گزارشات.
- ۷- آقاباتی، ع، ۱۳۸۶. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صفحه ۵۸۶.
- ۸- محمدی بهزاد، حمیدرضا و رحمانی، رضا و کلانتری، نصراله و چیت سازان، منوچهر، ۱۳۸۹، بررسی فرآیندهای اثرگذار بر کیفیت آبریززمینی دشت گتوند عقیلی، نخستین کنفرانس پژوهشهای کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه.
- ۹- حسینی زارع، ن و سعادت، ن (۱۳۸۰)، اثرات خشکسالی بر کیفیت منابع آب رودخانه‌های کارون و دز در استان خوزستان " اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ص ۱۷۱-۱۸۹.
- ۱۰- داموغ، ن و زارعی، ح (۱۳۸۹)، "گسترش لایه های ضخیم نمکی سازند گچساران در مخزن سد گتوند علیا و تاثیر آن بر کیفیت آب " نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران.
- ۱۱- قمشی، م. (۱۳۹۲). "آنالیز شوری در سد گتوند علیا و اثر آن بر رودخانه کارون ". چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران.

۱۲- کلانتری، ن. و رحیمی، م. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کیفیت آب رودخانه کرخه در اثر احداث سد کرخه با استفاده از تحلیل‌های آماری و هیدروشیمیایی. مجموعه مقالات ششمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس، مهر.

۱۳- مرادی، غ. و عباس‌نژاد، غ. ۱۳۸۹. بسترهای ژئوپسی و مطالعه موردی سد قیصرق سراب. مجموعه مقالات

پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۶ - ۱۴ اردیبهشت. دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۴- حافظی مقدس، ن.، حیدریان، ز.، ندایی گیلارلو، س. و ابراهیمی، ف. ۱۳۹۰. اثر سد الغدیر ساوه بر روی کمیت منابع آب زیرزمینی دشت ساوه. هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران. دانشگاه صنعتی شاهرود.

۱۵- هوشمند، ع.، دل‌قندی، م. و سیدکابلی، ح. ۱۳۸۷. پهنه‌بندی وضعیت کیفی آب رودخانه کارون بر اساس شاخص WQI با بهره‌گیری از GIS. مجموعه مقالات دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست، ۲۷ اردیبهشت لغایت ۱ خرداد، دانشگاه تهران، صفحات ۷ - ۳

۱۶- مظفری‌زاده، ج. و چیت‌سازان، م. ۱۳۸۵. تأثیر سازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت آب رود کارون در بازه محدوده گتوند - شوشتر. مجموعه مقالات چهاردهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران. دانشگاه بیرجند.

۱۷- مهندسین مشاور آب نیرو. ۱۳۱۵. مطالعات ژئوتکتونیک محل سد و نیروگاه و تأسیسات وابسته، طرح سد و نیروگاه تالوگ ۱ و ۲.

۱۸- نجاتی جهرمی، ز.، ۱۳۸۸، شبیه سازی منابع آب زیرزمینی دشت عقیلی با استفاده از مدل ریاضی تفاضلات محدود، پایان نامه کارشناسی ارشد آبشناسی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید چمران اهواز.

- 19- Adabi, M., Zohdi, A., Ghabeishavi, A. & Amiri-Bakhtiyar, H., 2008- Applications of nummulitids and other larger benthic foraminifera in depositional environment and sequence stratigraphy: an example from the Eocene deposits in Zagros Basin, SW Iran. *Facies*, V. 54:499–512.
- 20- Heyvaert, V. M. A., Verkinderen, P., Walstra, J., Baeteman, C. & Tanret, M., 2012- Geoarchaeological research in Lower Khuzestan: state of The art. In: De Grief K. and Tavernier J. (eds.), *Susa and Elam. Archaeological, Philological, Historical and Geographical Perspectives*, Brill publishers, MDP/ 58, Boston-Leiden. ISBN – 9789004207400. *Quaternary International* 251:52.63.
- 21- Potts, D. T., 1999- *The Archeology of Elam: Formation and Transformation of an Ancient Iranian State*, Cambridge University Press.
- 22- Reed, Jr. J. C., 1981- Disequilibrium profile of the Potomac River near Washington, D.C.—a result of lowered base level or Quaternary Tectonics along the Fall Line? *Geology* 9, 445–450.
- 23- Stocklin, J., 1968- Structural history and tectonics of Iran: a review: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 52, p. 1229–1258.
- 24- Falcon, N.L., 1967: The geology of northeast margin of Arabian basement shield: *Adv. Sci.London*. 31-42.
- 25- Barjesteh, A., 2004, The role of basement structural trend on the morphology of Karun, Karkheh and Dez rivers in Khuzestan province, south west of Iran. *Khuzestan Water and Power Authority*, internal report.
- 26- Berberian, M., 1995, Master blind thrust faults hidden under Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics, *Tectonophysics*, v. 241, p. 193- 224. - I.O.O.C, 1969, Geological map of Ahwaz, Sheet No.20829 E, Scale 1:100,000
- 27- Schumm.S. A., 1981, Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications; *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, 31, p. 19-29.
- 28- Shunji, O., 1985, Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement; *Geological Society of America Bulletin*, v.96, p. 504-515.
- 29- Talebian, M. and Jackson, J., 2004, A reappraisal of earthquake focal mechanisms and active shortening in the Zagros mountains of Iran, *Geophys. J. Int.*, v. 156, p. 506-526.

- 30- Lfredo Ollero (2009) Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River, Spain, vol 117 pp 247-260
- 31- H. Ghadiri (2008), Salinization of Karun River in Iran by Shallow Groundwater and Seawater Encroachment, systems using a new approach to the source term in the ADE, *Hydroinformatics*, 10(3) 245- 255.
- 32- Q.T. Doan, C.D. Nguyen, Y.C. Chen, K.M. Pawan (2014), Modeling the influence of river flow and salinity intrusion in the Mekong river estuary, Vietnam, *Lowland Technology International*, 16(1) 14-25.
- 33- Y. Yu, H. Zhang, C. Lemckert (2014), Salinity and turbidity distributions in the Brisbane River estuary, Australia, *Journal of Hydrology*, 519 3338-3352.
- 34- D.F. Shmueli (1999), Water quality in international river basins, *Political Geography*, 18(4) 437-476.
- 35- N.W. Quinn (2011), Adaptive implementation of information technology for real-time, basin-scale salinity management in the San Joaquin Basin, USA and Hunter River Basin, Australia, *Agricultural water management*, 98(6) 930-940.
- 36- Johnson, R. 1990. Salinity and germination in *Agropyron desertorum* accessions. *Can. J. Plant Sci.* 70: 707-716.
- 37- Julie R. Kelley, et al .2007. Geologic Setting of Musol Dam and Its Engineering implications, US Army Engineer Research and Development Center.
- 38- Gutierrez, F., Mozafari, M., Carbonel, D., Gómez, R. and Raeisi, E. 2015. Leakage problems in dams built on evaporites. The case of La Loteta Dam (NE Spain), a reservoir in a large karstic depression generated by interstratal salt dissolution, Spain, *Engineering Geology* 185, 139–154
- 39- Berkamp, G., McCartneyM, Dugan, P., McNeely, J. and Acreman, M. 2000. Dams, ecosystem functions and environmental restoration. Thematic Review II.1 prepared as an input to theWorld Commission on Dams, Cape Town.
- 40- Selim, M. M., Imoto, M., Hurukawa, N .2002. Statistical investigation of reservoir-induced seismicity in Aswan area, Egypt. *Earth Planets Space* 54:349–356
- 41- Anonymouse, 2001. Water Quality Analysis Simulation Program (WASP), User's Manual, US Environmental Protection Agency.

42- Alam, M. J. B., Ahmed, A. A. M., Ali, E. and Ahmed, A. A. M. 2010. Evaluation of Surface Water Quality of Surma River Using Factor Analysis., Proc. of International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh (ICEAB10), pp.178-188.

43- Todd D.K. and Mays L.W., (2005) “Groundwater Hydrology” Third Edition, John Wiley and sons, New York.

پیوست‌ها

پیوست ۱- تراز آب در پیزومترهای موجود در آبخوان های مجاور رودخانه کارون

تراز آب (متر)	مختصات جغرافیایی		محدوده
	UTMy	UTMx	
15.19	3471406	267450	اهواز شمالی
22.83	3494267	299327	اهواز شمالی
21.71	3487968	300375	اهواز شمالی
19.88	3485775	302915	اهواز شمالی
18.11	3483450	307654	اهواز شمالی
22.24	3493922	303885	اهواز شمالی
20.1	3489286	308760	اهواز شمالی
18.3	3485930	308619	اهواز شمالی
18.47	3488339	305548	اهواز شمالی
20.81	3490440	302156	اهواز شمالی
23.21	3491152	298739	اهواز شمالی
38.01	3497443	308332	اهواز شمالی
64.84	3499938	310413	اهواز شمالی
58.7	3491956	308507	اهواز شمالی
43.89	3492866	313462	اهواز شمالی
22.01	3489533	312170	اهواز شمالی
22.44	3493261	307340	اهواز شمالی
21.3	3491850	309923	اهواز شمالی
55.75	3501530	305576	اهواز شمالی
24.43	3495775	305281	اهواز شمالی
32.01	3499194	303418	اهواز شمالی
41.69	3495827	311312	اهواز شمالی
23.98	3498943	299322	اهواز شمالی
30.31	3509371	304455	میان آب - شوشتر
69.29	3501286	326532	میان آب - شوشتر
85.99	3500072	332135	میان آب - شوشتر
69.98	3497294	321680	میان آب - شوشتر
89.42	3502831	311835	میان آب - شوشتر

71.54	3499450	314200	میان آب - شوستر
31.72	3537617	299483	میان آب - شوستر
48.56	3542987	299910	میان آب - شوستر
67.73	3501960	308608	میان آب - شوستر
56.67	3502758	312513	میان آب - شوستر
88.06	3496937	332636	میان آب - شوستر
38.95	3506949	301496	میان آب - شوستر
63.52	3549005	293135	میان آب - شوستر
49.21	3546988	290267	میان آب - شوستر
65.06	3545234	300065	میان آب - شوستر
52.77	3502480	317527	میان آب - شوستر
25.08	3503937	299489	میان آب - شوستر
42.99	3548192	295423	میان آب - شوستر
30.71	3532034	308211	میان آب - شوستر
39.45	3543132	294412	میان آب - شوستر
64.29	3497630	323427	میان آب - شوستر
36.45	3511434	313473	میان آب - شوستر
66.2	3549219	289376	میان آب - شوستر
49.64	3504765	307156	میان آب - شوستر
27.2	3514137	302008	میان آب - شوستر
29.55	3531760	297056	میان آب - شوستر
68.14	3499528	315980	میان آب - شوستر
69.24	3497576	315740	میان آب - شوستر
71.54	3498889	314276	میان آب - شوستر
69.24	3497200	316200	میان آب - شوستر
55.65	3499678	319517	میان آب - شوستر
74.55	3495546	323282	میان آب - شوستر
32.47	3534581	306385	میان آب - شوستر
32.68	3535750	303887	میان آب - شوستر
42.05	3505554	312668	میان آب - شوستر
35.5	3512412	299861	میان آب - شوستر
26.99	3519476	299600	میان آب - شوستر

27.01	3517501	301159	میان آب - شوستر
26.86	3517740	297289	میان آب - شوستر
25.85	3511830	295864	میان آب - شوستر
27.89	3513835	307560	میان آب - شوستر
26.73	3519322	305822	میان آب - شوستر
27.76	3510187	298067	میان آب - شوستر
28.62	3523715	301405	میان آب - شوستر
24.86	3507235	299777	میان آب - شوستر
47.45	3547665	292818	میان آب - شوستر
27.3	3512800	305589	میان آب - شوستر
30.34	3510115	303222	میان آب - شوستر
27.78	3520637	302247	میان آب - شوستر
72.64	3551536	283224	میان آب - شوستر
49.29	3545294	290580	میان آب - شوستر
38.94	3513830	316466	میان آب - شوستر
45.06	3511432	318490	میان آب - شوستر
37.56	3506852	309609	میان آب - شوستر
31.54	3534229	300067	میان آب - شوستر
37.28	3510747	301106	میان آب - شوستر
32.84	3538603	292312	میان آب - شوستر
28.28	3525649	309500	میان آب - شوستر
30.59	3527795	310133	میان آب - شوستر
31.26	3511784	308373	میان آب - شوستر
69.46	3494618	325887	میان آب - شوستر
30.76	3534893	295283	میان آب - شوستر
27.02	3516403	309693	میان آب - شوستر
34.2	3538856	298897	میان آب - شوستر
38.44	3540920	297855	میان آب - شوستر
54.17	3503086	319736	میان آب - شوستر
48.86	3544384	298876	میان آب - شوستر
58.14	3548579	290622	میان آب - شوستر
77.7	3550251	295008	میان آب - شوستر

43.03	3548140	295956	میان آب - شوستر
41.33	3545565	294806	میان آب - شوستر
31.57	3535742	293576	میان آب - شوستر
30.42	3529922	309307	میان آب - شوستر
34.93	3536993	301449	میان آب - شوستر
29.52	3530205	300293	میان آب - شوستر
34.73	3540663	295748	میان آب - شوستر
46.34	3543388	296712	میان آب - شوستر
31.58	3535157	297546	میان آب - شوستر
109.31	3551849	295346	میان آب - شوستر
26.65	3519454	309794	میان آب - شوستر
43.8	3504675	302949	میان آب - شوستر
27.82	3530752	302854	میان آب - شوستر
26.68	3525127	305664	میان آب - شوستر
26.79	3521490	307203	میان آب - شوستر
26.83	3528045	303943	میان آب - شوستر
28.05	3523067	311020	میان آب - شوستر
190.58	3537528	297076	میان آب - شوستر
33.31	3537509	297045	میان آب - شوستر
80.73	3551432	290216	میان آب - شوستر
49.43	3503584	315510	میان آب - شوستر
27.1	3529080	306189	میان آب - شوستر
43.97	3507792	315174	میان آب - شوستر
36.73	3509629	311416	میان آب - شوستر
31.6	3540595	291911	میان آب - شوستر
63.95	3566369	298455	گتوند - عقیلی
86	3566704	301976	گتوند - عقیلی
104.4	3568202	297574	گتوند - عقیلی
84.35	3566874	289057	گتوند - عقیلی
71.01	3568777	293634	گتوند - عقیلی
65.98	3563132	293234	گتوند - عقیلی
88.42	3561105	290132	گتوند - عقیلی

58.31	3560348	294298	گتوند - عقیلی
110.13	3575749	290208	گتوند - عقیلی
88.03	3573665	289255	گتوند - عقیلی
148.79	3577593	285418	گتوند - عقیلی
75.09	3571981	295676	گتوند - عقیلی
75.96	3570076	290249	گتوند - عقیلی
66.85	3565603	292759	گتوند - عقیلی
330.74	3578980	317508	گتوند - عقیلی
346.86	3576006	320633	گتوند - عقیلی
66.59	3556877	295571	گتوند - عقیلی
118.59	3576296	287569	گتوند - عقیلی
95.48	3572626	294196	گتوند - عقیلی
71.73	3570009	298137	گتوند - عقیلی
65.16	3564961	296499	گتوند - عقیلی
131.06	3575846	280425	گتوند - عقیلی
60.7	3561828	299140	گتوند - عقیلی
161.98	3578786	282829	گتوند - عقیلی
86.67	3558743	291990	گتوند - عقیلی
67.92	3564261	302667	گتوند - عقیلی
116.6	3575684	284225	گتوند - عقیلی

پیوست ۲- غلظت یونهای اصلی (برحسب epm) در آبخوان های مجاور رودخانه کارون

Cl	SO4	HCO3	K	Na	Mg	Ca	EC	مختصات جغرافیایی		محدوده
								UTMy	UTMx	
15.65	6.33	5	0.01	13.4	4.53	8.92	2890	3540050	291100	میان آب - شوشتر
17.37	5.84	5.16	0.12	14.28	4.65	10.44	2670	3540050	291100	میان آب - شوشتر
20.39	8.58	6.57	0.04	18.25	5.97	9.41	3650	3534820	295670	میان آب - شوشتر
16.86	7.25	5.88	0.15	17	4.82	9.14	2730	3534820	295670	میان آب - شوشتر
17.32	7.6	2.94	0.03	16.24	4.98	5.43	2940	3534700	295550	میان آب - شوشتر
6.85	1.02	3.99	0.03	4.84	1.77	6.19	1206	3534700	295550	میان آب - شوشتر
10.32	4.62	4.22	0.02	10.87	2.97	4.34	2020	3535150	298300	میان آب - شوشتر
14.42	3.45	6.44	0.04	13.8	4.64	6.95	2480	3535150	298300	میان آب - شوشتر
27.83	12.27	5.53	0.03	24.31	7.87	11.4	4660	3535150	298200	میان آب - شوشتر
30.51	13.24	5.81	0.11	28.3	8.65	13.62	4450	3535150	298200	میان آب - شوشتر
26.05	22.31	5.88	0.06	24.17	10.84	16.51	5180	3544600	296100	میان آب - شوشتر
23.56	9.14	6.11	0.22	21.3	5.71	12.7	3620	3544600	296100	میان آب - شوشتر
26.48	24.27	5.54	0.01	26.69	10.05	17.32	5370	3542538	293120	میان آب - شوشتر
31.87	15.21	5.7	0.04	27.03	8.47	15	5320	3540980	296029	میان آب - شوشتر
22.48	9.14	5.88	0.03	19.24	5.6	11.11	3920	3540356	291911	میان آب - شوشتر
11.45	9.12	4.47	0.1	9.88	5.24	10.94	2470	3542538	293120	میان آب - شوشتر
26.15	10.55	5.74	0.1	23.75	5.65	14.06	3910	3540980	296029	میان آب - شوشتر
17.89	5.5	6.48	0.19	16.08	4.42	10.3	2930	3540356	291911	میان آب - شوشتر
21.75	7.73	3.37	0.01	16.04	6.12	9.3	3480	3537104	296767	میان آب - شوشتر
22.24	6.86	5.8	0.05	17.48	6.07	12.42	3250	3537104	296767	میان آب - شوشتر
22.65	9.45	5.6	0.01	18.85	7.19	10.02	3880	3538300	293650	میان آب - شوشتر
15.1	9.05	5.77	0.11	15.6	4.21	11.12	2950	3538300	293650	میان آب - شوشتر
5.14	3.11	4.11	0.07	5.92	2.82	2.87	1284	3530250	299100	میان آب - شوشتر
5.88	1.42	4.09	0.35	6.5	1.45	4.06	1117	3530250	299100	میان آب - شوشتر
18.03	15.76	5.12	0.05	24.37	6.53	7.19	4020	3523558	301262	میان آب - شوشتر
13.31	3.02	8.12	0.15	11.76	4.68	8.98	2420	3523558	301262	میان آب - شوشتر
10.98	20.6	4.11	0.01	13.74	8.76	11.49	3350	3548556	292108	میان آب - شوشتر
13.71	21.86	3.09	0.13	13.8	10.81	15.04	3460	3548556	292108	میان آب - شوشتر
1.76	8.17	2.55	0.02	1.63	3.07	8.73	1130	3552492	289446	میان آب - شوشتر

6.83	3.87	4.22	0.02	7.92	2.16	4.12	1579	3538300	299750	میان آب - شوستر
8.89	0.68	4.93	0.02	8.4	2.26	4.94	1630	3538300	299750	میان آب - شوستر
10.27	7.11	5.16	0.02	13.1	3.33	4.72	2310	3534436	300375	میان آب - شوستر
11.92	6.22	6.15	0.15	15.02	3.14	7.1	2340	3534436	300375	میان آب - شوستر
20.11	26.77	5.56	0.15	23.78	12.06	14.73	4940	3544080	290685	میان آب - شوستر
42.09	24.46	4.86	0.11	42.8	11.32	18.3	6390	3544080	290685	میان آب - شوستر
39.75	33.35	5.45	0.07	38.03	16.24	21.49	7330	3546136	292279	میان آب - شوستر
31.9	21.33	7.91	0.3	31.7	10.6	19.66	5430	3546136	292279	میان آب - شوستر
18.1	17.85	2.92	0.69	18.44	7.59	13.27	3460	3518047	297640	میان آب - شوستر
13.45	6.04	6.57	0.02	15.37	4.57	4.53	2670	3530450	299100	میان آب - شوستر
11.19	1.99	4.42	0.15	9.38	2.61	6.58	1920	3530450	299100	میان آب - شوستر
9.38	5.64	4	0.02	8.81	2.65	6.46	1991	3543087	294376	میان آب - شوستر
10.28	5.72	4.52	0.1	10.36	3	6.07	2160	3540450	294492	میان آب - شوستر
7.47	3.65	4.4	0.02	8.4	1.98	6.24	1433	3543087	294376	میان آب - شوستر
9.74	3	2.99	0.04	9.12	1.85	5.84	1645	3540450	294492	میان آب - شوستر
12.68	17.87	2.98	0.03	15.84	7.43	8.88	3350	3549892	287533	میان آب - شوستر
13.6	14.03	3.66	0.09	15.02	7.12	10.18	3050	3549892	287533	میان آب - شوستر
6.32	3.47	4.81	0.01	6.09	2.35	5.9	1379	3564197	295780	گتوند - عقیلی
1.6	2.63	2.47	0.01	2.86	1.41	2.13	699	3574580	283420	گتوند - عقیلی
8.95	4.82	3.46	0.03	8.13	3.42	5.63	1900	3570819	295076	گتوند - عقیلی
11.76	50.16	3.65	0.03	15.64	29.69	20.9	6100	3574417	288862	گتوند - عقیلی
7.01	1.65	5.6	0.31	7.41	0.67	6.99	1399	3570819	295076	گتوند - عقیلی
13.32	37.01	3.92	0.1	13.8	22.52	18.95	4330	3574417	288862	گتوند - عقیلی
1.38	2.68	2.93	0.01	2.78	1.7	2.5	697	3561104	290130	گتوند - عقیلی
11.45	36.97	4.23	0.11	14.72	20.87	18.07	4200	3561104	290130	گتوند - عقیلی
3.89	14.41	2.93	0.02	5.13	5.75	9.41	1997	3534770	295561	گتوند - عقیلی
5.51	33.73	3.38	0.15	6.5	13.21	23.88	3160	3534770	295561	گتوند - عقیلی
3.03	12.23	2.82	0.02	3.94	5.38	7.32	1699	3551337	289708	گتوند - عقیلی
2.95	10.13	3.09	0.07	3.42	4.97	8.83	1475	3551337	289708	گتوند - عقیلی
11.05	5.26	3.81	0.02	9.83	3.77	5.29	2040	3563702	301148	گتوند - عقیلی
8.78	2.87	6.11	0.05	8.64	2.62	7.57	1714	3563702	301148	گتوند - عقیلی
3.2	10.45	2.34	0.03	3.1	4.87	7.75	1496	3570523	266136	گتوند - عقیلی

6.85	3.76	4.79	0.01	6.62	2.51	6.54	1430	3562901	295809	گتوند - عقیلی
1.29	1.77	4.38	0.02	2.2	1.68	2.93	744	3568660	301495	گتوند - عقیلی
12.35	41.95	4.81	2.97	26.6	14.71	15.95	4860	3562901	295809	گتوند - عقیلی
1.4	0.57	4.22	0.07	2.13	0.83	4.13	571	3568660	301495	گتوند - عقیلی
6.38	3.58	3.66	0.02	6.28	2.52	4.33	1438	3557735	300274	گتوند - عقیلی
6.24	2.36	4.16	0.04	6.35	1.52	5.82	1227	3557735	300274	گتوند - عقیلی
7.36	1.59	4.13	0.02	6.5	1.59	5.94	1319	3562556	298341	گتوند - عقیلی
5.97	3.58	4.15	0.01	6.01	2.07	4.68	1390	3564016	297852	گتوند - عقیلی
0.52	2.8	3.08	0.01	2.03	1.83	2.72	696	3576827	281262	گتوند - عقیلی
5.07	16.74	2.54	0.02	5.74	8.05	10.81	2300	3553173	290429	گتوند - عقیلی
7.38	3.67	4.67	0.01	6.45	2.54	5.21	1573	3560231	299547	گتوند - عقیلی
7.46	3.62	3.64	0.01	6.77	2.23	5.33	1497	3565893	297549	گتوند - عقیلی
1.03	4.65	3.37	0.01	1.85	2.9	4.74	895	3577800	280195	گتوند - عقیلی
9.8	9.55	3.5	0.02	12.25	4.04	5.14	2360	3556606	297460	گتوند - عقیلی
1.49	3.73	3.82	0.01	1.82	2.46	4.09	907	3587914	294121	گتوند - عقیلی
5.44	3.47	3.75	0.02	6.07	2.29	3.59	1306	3567989	295159	گتوند - عقیلی
48.9	13.91	2	0.06	46.32	8.4	10.32	5930	3556778	302605	گتوند - عقیلی
24.05	8.67	3.86	0.1	22.5	5.34	9.76	3690	3556778	302605	گتوند - عقیلی
7.9	25.08	3.17	0.02	11.76	12.71	11.77	3360	3568426	288491	گتوند - عقیلی
8.18	25.57	3.24	0.07	10.14	14.24	13.66	3030	3568426	288491	گتوند - عقیلی
3.86	17.44	2.85	0.02	5.15	8.17	10.5	2240	3563849	299171	گتوند - عقیلی
2.29	7.42	2.94	0.03	2.79	2.8	8	1165	3563849	299171	گتوند - عقیلی
4.88	30.8	2.84	0.01	10.27	12.85	14.58	3340	3564006	291781	گتوند - عقیلی
1.87	8.66	3.26	0.03	1.47	3.77	9.49	1167	3564006	291781	گتوند - عقیلی
5.66	29.52	3.31	0.02	7.92	11.34	17.87	3290	3538267	299813	گتوند - عقیلی
6.02	27.01	3.5	0.02	7.1	11.34	19.15	2850	3567785	290974	گتوند - عقیلی
1.61	10.56	2.98	0.01	2.42	5.14	7.37	1403	3566095	287524	گتوند - عقیلی
7	3.56	3.49	0.01	6.06	2.17	5.18	1448	3569302	296871	گتوند - عقیلی
1.47	9.83	2.45	0.02	2.43	4.46	6.67	1319	3566593	302262	گتوند - عقیلی
25.96	13.49	3.56	0.03	23.51	7.09	10.51	4260	3566797	302180	گتوند - عقیلی
4.77	12.64	2.64	0.06	4.46	5.41	11.24	1860	3566593	302262	گتوند - عقیلی
5.97	3.43	4.28	0.02	6.17	2.22	4.81	1412	3566944	304499	گتوند - عقیلی

1.21	1.66	3.89	0.03	2.4	1.18	4.12	606	3566944	304499	گتوند - عقیلی
6.39	2.28	3.48	0.01	5.55	2.3	3.87	1296	3534189	294002	گتوند - عقیلی
10.18	6.9	5.76	0.03	10.96	3.55	9.42	2260	3534189	294002	گتوند - عقیلی
6.38	3.58	3.66	0.02	6.28	2.52	4.33	1438	3556555	293160	گتوند - عقیلی
5.75	15.7	3.67	0.02	5.97	8.77	10.31	2350	3570107	287881	گتوند - عقیلی
5.79	15.51	3.75	0.04	5.1	9.48	11.55	2110	3570107	287881	گتوند - عقیلی
1.73	10.45	3.24	0.03	5.42	4.29	5.26	1480	3538548	293985	گتوند - عقیلی
7.65	3.71	4.53	0.02	7.21	2.87	5.33	1687	3565465	299451	گتوند - عقیلی
7.22	1.99	4.78	0.07	6.65	2.02	6.37	1399	3565465	299451	گتوند - عقیلی
8.92	15.74	4.34	0.02	4.52	10.7	14.49	2720	3571616	288602	گتوند - عقیلی
7.72	12.69	4.14	0.06	2.99	8.66	13.96	2130	3571616	288602	گتوند - عقیلی
17.64	16.55	4.99	0.18	17.31	7.16	12.95	4090	3545858	296189	گتوند - عقیلی
37.24	73.91	4.22	0.29	42.75	43.01	30.44	8050	3498860	302752	اهواز شمالی
19.09	60.21	3.79	0.33	32.84	22.69	28.35	5800	3498752	304814	اهواز شمالی
4.34	43.62	1.76	0.16	8.22	16.7	25.76	3240	3498985	306240	اهواز شمالی
4.25	42.8	1.89	0.19	9.07	15	25.8	3260	3501391	308169	اهواز شمالی
4.27	43.62	2.28	0.26	9.59	15.31	26.13	3310	3497172	308640	اهواز شمالی
11.59	53.15	1.79	0.27	14.4	21.87	31.11	4470	3502480	317527	اهواز شمالی
8.14	57.73	2.02	0.63	11.2	27.93	29.25	4450	3492769	312993	اهواز شمالی
5.12	41.2	1.96	0.19	9.77	15.2	24.24	3300	3493282	312400	اهواز شمالی

Abstract

Karun River is the longest river in Iran that flows into the Persian Gulf. One of the most important factors and challenges affecting the quality of the water resources of the Karun River are the branches and channels of natural salt. The natural tidal branches of the Karun route include: Shurandika, Shur Lali, Shurband Qir and Dasht-e-Bozarg.

Upper Gotvand Dam is the largest gravel dam in the country and the last dam on the Karun River in the north of Khuzestan province. The presence of salt gypsum formations in the lake of this dam causes the water entering the lake to increase. Several reports have been presented regarding the role of Gotvand Dam in the salinization of Karun River. Those who know some studies that the cause of the Karun River are related to other sources of pollution. In order to determine water quality, 17 stations including 5 stations upstream and 12 stations downstream of the dam were selected for sampling. The results of the analysis of the samples showed that the quality of the water coming out of the Gotvand Dam is in the C1S1 group and is very suitable for agricultural purposes. The output from the dam lake is significantly better compared to the water quality of the nearby plains (especially the Mianab Shushtar plain and the northern Ahvaz plain). Comparing the quality of the water coming out of the dam lake with the water of Karun in the north of Ahvaz shows an increase of more than two times the salinity of the river water, which is due to the input of the branches with higher salinity (such as Dasht-e-Bozarg branch) and underground waters with higher relative salinity. It is the Karun River.

Key words: Karun River, Gachsaran formation, salinity, Gotvand dam



**Shahrood University of
Technology**

**Faculty of Earth Sciences
Master's thesis in environmental geology**

**Evaluation of the source of salinity of the Karun River in the downstream of
Gotvand Dam (Khuzestan Province)**

Student: Marjan Marasouli

Supervisors:

Dr. Gholamhossein Karmi

Dr. Afshin Gheshlaghi

February 1400