دانشکده علوم زمین

گروه آبشناسی و زمین‌شناسی زیست‌محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی آبشناسی

ارزیابی تأثیرات سد قلعه‌چای و شبکه آبیاری و زهکشی آن بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت عجب‌شیر

دانشجو:

رقیه شایق عباس‌آباد

اساتید راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

دکتر اصغر اصغری‌مقدم

پایان‌نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

باسمه تعالی

شماره:
تاریخ:
ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم **رقیه شایق عباس‌آباد** رشته **زمین‌شناسی** گرایش **آبشناسی** تحت عنوان **ارزیابی تأثیرات سد قلعه‌چای و شبکه آبیاری و زهکشی آن بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت عجب‌شیر**که در تاریخ **۱۳۹۲/۱۱/۲۶** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه :بسیار خوب امتیاز ۱۸٫۷۵) ☑ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹)
۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)
۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ۱۶)
۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)
۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ اساتیدراهنما	دکتر غلامحسین کرمی	دانشیار	
۲-اساتیدراهنما	دکتر اصغر اصغری‌مقدم	استاد	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر مرحیم بهری	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	دکتر غلامعباس کاظمی	استادیار	
۵ ـ استاد ممتحن	دکتر هادی جعفری	استادیار	

رئیس دانشکده: دکتر غلامحسین کرمی امضاء

از طرف صادق لا

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: علوم زمین

گروه: آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست‌محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم رقیه شایق عباس‌آباد

ارزیابی تأثیرات سد قلعه‌چای و شبکه آبیاری و زهکشی آن بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت عجب‌شیر

در تاریخ ۹۲/۱۱/۲۶ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
دکتر غلامحسین کرمی			
دکتر اصغر اصغری مقدم			

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
دکتر غلامعباس کاظمی		دکتر	
دکتر هادی جعفری			

تشکر و قدردانی

با نام آنکه خلق کرد، هستی را از رحمت بی انتهای خویش تا انسان در قدوم خلقتش به پهنای گسترده ای به بزرگی جهان خیمه زند و به او عقل داد تا عظمت خلقت را دریابد. ستایش او را که تجلی وجودش در دو گوهر گرانمایه زندگی ام، برایم بزرگترین نعمت بود، پدر و مادری که هزاران بار چهره ای مهربان و گرمشان را می بوسم، آن ها که همواره روشنی بخش راه های پر پیچ و خم زندگی ام بودند.

با تمام وجود از مقام شامخ اساتید گرانمایه ام آقایان دکتر غلامحسین کرمی و دکتر اصغر اصغری مقدم که در نهایت صبر و بزرگواری تمامی سعی و تلاش خود را در جهت اعتلای واقعی ارزش های آموزشی در کالبد هدایت ها و رهنمود ها به اینجانب مبذول فرمودند، کمال قدردانی را می نمایم.

تعهد نامه

اینجانب رقیه شایق عباس‌آباد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی آبشناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارزیابی تأثیرات سد قلعه‌چای و شبکه آبیاری و زهکشی آن بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت عجب‌شیرتحت راهنمائی دکتر غلامحسین کرمی و دکتر اصغر اصغری مقدم متعهد می شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

هدف اساسی از این مطالعه ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر می‌باشد. دشت عجب‌شیر، با وسعت تقریبی ۱۲۰ کیلومتر مربع، در جنوب شرق تبریز واقع شده است. این دشت که جزء حوضه آبگیر دریاچه ارومیه محسوب می‌شود از جمله مناطق مهم کشاورزی استان آذربایجان شرقی است که با بحران آب زیرزمینی روبروست. به این ترتیب که به علت برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، ارتفاع سطح آب زیرزمینی در طی ۲۰ سال (از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۰) حدود ۶ متر افت داشته است. پایین افتادن سطح آب‌های زیرزمینی به ویژه در نواحی مجاور دریاچه ارومیه منجر به تقلیل شدید کیفیت آب‌های زیرزمینی شده است. سد قلعه‌چای در قسمت‌های ابتدایی دشت بر روی رودخانه قلعه‌چای احداث شده که از سال ۱۳۸۸ مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. با بررسی‌های انجام شده در این تحقیق مشاهده گردید که تقریباً سطح تراز آب زیرزمینی در بیشتر قسمت‌های دشت، بعد از بهره‌بردای سد قلعه‌چای روند افزایشی داشته است. به این ترتیب که میانگین شیب سطح آب زیرزمینی بعد از بهره‌برداری سد از ۰/۰۴- به ۰/۰۵ افزایش یافته است. در هر حال، بعد از بهره‌برداری سد در تعدادی از پیزومترها میانگین شیب سطح آب زیرزمینی یا تقریباً ثابت بوده و یا اندکی کاهش یافته است. در مورد چشمه‌ها و قنات‌ها نیز با توجه به اینکه تنها آمار تعداد معدودی از این منابع در دست بود در مورد همین منابع معدود نیز بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای آبدهی منابع مذکور کاهش معنی‌داری را نشان داده است. دلیل این مطلب از این قرار است که چشمه‌ها و قنات‌های مذکور در آبرفت‌های درشت‌دانه مجاور رودخانه قلعه‌چای واقع شده‌اند و با توجه به کاهش جریان رودخانه بعد از احداث سد، تغذیه به آبخوان آن‌ها کاهش یافته است. در مورد ارزیابی کیفی منابع آب دشت عجب‌شیر با توجه به اینکه کیفیت آب‌های زیرزمینی رابطه مستقیمی با کمیت منابع آب دارد در قسمت‌های بالایی دشت هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی تغییر محسوسی نسبت به سال‌های قبل از بهره‌برداری سد نداشته است در صورتیکه در قسمت‌های انتهایی دشت هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی نسبت به قبل از بهره‌برداری سد افزایش چشمگیری داشته است. به این ترتیب که قبل از بهره‌برداری سد هدایت الکتریکی در پایین دشت حدود ۴۲۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده و بعد از بهره‌برداری سد به حدود ۴۸۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش یافته است. همچنین هدایت الکتریکی چشمه‌ها و قنات‌ها نیز بعد از بهره‌برداری سد نسبت به قبل از بهره‌برداری افزایش داشته است.

کلمات کلیدی: دشت عجب‌شیر، سد قلعه‌چای، کمیت آب‌های زیرزمینی، کیفیت آب‌های زیرزمینی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست شکل‌ها ..... ل

فهرست جدول‌ها ..... ن

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق ۱

۱-۲- موقعیت جغرافیایی دشت عجب‌شیر ۲

۱-۳- موقعیت جغرافیایی و مشخصات فنی سد قلعه‌چای ۲

۱-۴- آب و هوای منطقه ۴

۱-۵- ژئومورفولوژی منطقه ۶

۱-۶- زمین‌شناسی منطقه ۷

۱-۶-۱- چینه‌شناسی ۹

الف- سازند زاگون ۹

ب- سازند لالون ۹

پ- سازند میلا ۹

ت- سازند درود ۹

ث- سازند روته ۱۰

ج- سازند الیکا ۱۰

چ- سازند شمشک ۱۰

ح- سازند لار ۱۰

خ- سازند تیزکوه ۱۱

د- واحدهای سنگی کرتاسه ۱۱
ذ- سازند مراغه ۱۱
ر- رسوبات سخت نشده عهد حاضر ۱۱
ز- سنگ‌های آذرین ۱۱
۱-۶-۲- زمین‌شناسی ساختاری منطقه ۱۲
۱-۷- هیدرولوژی منطقه..... ۱۲
۱-۸- هیدروژئولوژی منطقه ۱۳

فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین درباره تأثیر سدسازی بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی ... ۱۵
۲-۱- مقدمه ۱۵
۲-۲- تاثیر احداث سد بر کمیت آب‌های زیرزمینی ۱۶
۲-۳- تاثیر احداث سد بر کیفیت آب‌های زیرزمینی ۲۰
۲-۴- تاثیر احداث سد بر چشمه‌ها..... ۲۲

فصل سوم: روش انجام کار ۲۴
۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات و گزارش‌های مرتبط با موضوع..... ۲۴
۳-۲-تهیه نقشه زمین‌شناسی با مقیاس مناسب ۲۵
۳-۳- مطالعات هیدروژئولوژیکی..... ۲۵
۳-۴- ارزیابی هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر..... ۲۷

فصل چهارم: بررسی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر ۲۸
۴-۱- مقدمه ۲۸
۴-۲- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کمیت آب‌های زیرزمینی..... ۲۹

۴-۲-۱- مقدمه ۲۹
۴-۲-۲- ارزیابی تأثیرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر تراز آب زیرزمینی منطقه..... ۳۱
الف- معرفی آبخوان آبرفتی عجب‌شیر..... ۳۱
ب- هیدروگراف واحد دشت عجب‌شیر..... ۳۲
ج- نقشه‌های هم‌پتانسیل دشت عجب‌شیر..... ۳۳
د- ارزیابی تغییرات تراز آب در دشت عجب‌شیر..... ۳۵
۴-۲-۳- ارزیابی تأثیرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر آبدهی چشمه‌ها ۴۴
۴-۲-۴- ارزیابی تأثیرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر آبدهی قنات‌ها..... ۴۶
۴-۳- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کیفیت آب‌های زیرزمینی ۴۸
۴-۳-۱- معرفی خصوصیات کیفی دشت عجب‌شیر..... ۴۸
الف- هدایت الکتریکی دشت عجب‌شیر..... ۴۸
ب- تیپ آب‌های زیرزمینی دشت عجب شیر..... ۵۱
پ- ارزیابی غلظت یون کلر در دشت عجب‌شیر..... ۵۴
ت- ارزیابی غلظت یون سدیم در دشت عجب‌شیر..... ۵۴
ث- ارزیابی نسبت جذب سدیم در دشت عجب‌شیر..... ۵۵
ج-کیفیت آب رودخانه قلعه‌چای..... ۵۷
۴-۳-۲- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر تغییرات هدایت الکتریکی چاه‌ها..... ۵۸
۴-۳-۳- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر تغییرات هدایت الکتریکی چشمه‌ها..... ۵۹
۴-۳-۴- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر تغییرات هدایت الکتریکی قنات‌ها..... ۶۱

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۶۳

۵-۱- نتیجه‌گیری ۶۳
۵-۱-۱- ارزیابی تغییرات کمی ایجاد شده در اثر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای ۶۳

الف- ارزیابی هیدروگراف واحد و نقشه‌های هم‌پتانسیل ۶۳
ب- ارزیابی تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت ۶۴
ج- ارزیابی تغییر آبدهی چشمه‌ها و قنات‌ها ۶۴
۵-۱-۲- ارزیابی تغییرات کیفی ایجاد شده در اثر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای ۶۶
الف- ارزیابی نقشه هدایت الکتریکی دشت ۶۶
ب- طبقه‌بندی دشت عجب‌شیر به لحاظ تغییرات هدایت الکتریکی ۶۶
پ- بررسی تیپ آب در دشت عجب‌شیر ۶۶
ت- بررسی برخی از پارامترهای مهم کیفی در دشت عجب‌شیر ۶۷
ث- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کیفیت آب‌های زیرزمینی ۶۷
۵-۲- پیشنهادها ۶۸
منابع ۶۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- موقعیت منطقه و راه‌های دسترسی به منطقه..... ۳

شکل ۱-۲- نمایی از سد قلعه‌چای (برگرفته از Google Earth) ۳

شکل ۱-۳- نقشه ژئومورفولوژی منطقه..... ۶

شکل ۱-۴- تقسیم‌بندی ساختاری ایران (اشتوکلین ۱۹۸۶) ۷

شکل ۱-۵- نقشه زمین شناسی منطقه ۸

شکل ۱-۶- نقشه منابع آب دشت عجب‌شیر..... ۱۴

شکل ۴-۱- مناطق سه‌گانه دشت عجب‌شیر جهت تخصیص آب سد قلعه‌چای..... ۳۰

شکل ۴-۲- هیدورگراف واحد دشت عجب‌شیر از سال ۱۳۶۳ تا سال ۱۳۸۹ ..... ۳۲

شکل ۴-۳- هیدروگرف واحد دشت عجب‌شیر از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۰ ..... ۳۳

شکل ۴-۴- الف: نقشه هم‌پتانسیل اردیبهشت ۱۳۸۳ ب: نقشه هم‌پتانسیل اردیبهشت ۱۳۹۰..... ۳۴

شکل ۴-۵- شیب هیدروگراف پیزومتر گل‌تپه میدان ورزش قبل و بعد از بهره برداری سد..... ۳۷

شکل ۴-۶- شیب هیدروگراف پیزومتر دانالو گوروق‌دره قبل و بعد از بهره برداری سد ۳۸

شکل ۴-۷- شیب هیدروگراف پیزومتر دانالو ۱ قبل و بعد از بهره برداری سد..... ۳۸

شکل ۴-۸- واریانس پیزومتر گل‌تپه ورجنق قبل و بعد از بهره‌برداری سد..... ۳۹

شکل ۴-۹- موقعیت پیزومترهای دشت عجب‌شیر..... ۴۳

شکل ۴-۱۰- نوسانات متوسط سطح آب زیرزمینی کل دشت در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰..... ۴۴

شکل ۴-۱۱- موقعیت چشمه‌ها ۴۵

شکل ۴-۱۲- مقایسه آبدهی چشمه‌ها در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد..... ۴۶

شکل ۴-۱۳- موقعیت قنات‌های مورد مطالعه..... ۴۷

شکل ۴-۱۴- مقایسه آبدهی قنات‌ها در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد..... ۴۸

شکل ۴-۱۵- نقشه هدایت الکتریکی دشت عجب‌شیر ۵۰
شکل ۴-۱۶- گروه‌بندی دشت عجب‌شیر به لحاظ کیفیت ۵۱
شکل ۴-۱۷- نمودار استیف چاه‌های نماینده سه گروه ۵۲
شکل ۴-۱۸- نمودار پایپر نمونه‌های آب دشت عجب‌شیر ۵۳
شکل ۴-۱۹-مقایسه غلظت یون کلر در بخش‌های سه‌گانه دشت عجب‌شیر ۵۶
شکل ۴-۲۰- مقایسه غلظت یون سدیم در بخش‌های سه‌گانه دشت عجب‌شیر ۵۶
شکل ۴-۲۱- نسبت جذب سدیم در بخش‌های سه‌گانه دشت عجب‌شیر ۵۶
شکل ۴-۲۲- هدایت الکتریکی چاه‌ها در قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای ۵۸
شکل ۴-۲۳- موقعیت چشمه‌ها ۵۹
شکل ۴-۲۴- هدایت الکتریکی چشمه‌ها قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای ۶۰
شکل ۴-۲۵- موقعیت قنات‌ها ۶۱
شکل۴-۲۶- هدایت الکتریکی قنات‌ها قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه چای ۶۲

فهرست جدول‌ها

جدول۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت منطقه مورد مطالعه..... ۴
جدول ۱-۲- اقلیم دشت و ارتفاعات..... ۵
جدول ۳-۱- موقعیت پیزومترهای موجود در دشت عجب‌شیر..... ۲۶
جدول ۳-۲- موقعیت چاه‌ها..... ۲۷
جدول ۴-۱- شیب هیدروگراف پیزومترها در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد ..... ۳۶.
جدول ۴-۲- واریانس تراز آب زیرزمینی قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای..... ۴۰
جدول ۴-۳- اختلاف تراز آب زیرزمینی اردیبهشت ۸۸ با اردیبهشت ۹۱..... ۴۲
جدول ۴-۴-هدایت الکتریکی چاه‌های دشت عجب‌شیر در سال ۱۳۹۰ ..... ۵۰
جدول ۴-۵- تقسیم‌بندی دشت عجب‌شیر به لحاظ کیفیت..... ۵۱
جدول ۴-۶- مقدار هدایت الکتریکی آب رودخانه قلعه‌چای برای دبی‌های مختلف..... ۵۷
جدول ۴-۷- هدایت الکتریکی چاه‌ها در قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای ۵۸

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

دشت حاصلخیز عجب‌شیر، با وسعت تقریبی ۱۲۰ کیلومتر مربع، در ۹۰ کیلومتری جنوب شرق تبریز واقع شده است. این دشت که جزء حوضه آبگیر دریاچه ارومیه قلمداد می‌شود، در دامنه‌های غربی کوه سهند قرار گرفته است و از شرق به غرب از ارتفاع آن کاسته می‌شود.

دشت عجب‌شیر از جمله مناطق مهم کشاورزی استان آذربایجان شرقی است که با بحران آب زیرزمینی روبروست به طوری که به دلیل خشکسالی‌های اخیر و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، ارتفاع سطح آب زیرزمینی در طی ۲۰ سال اخیر حدود ۶ متر افت داشته است. این برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی علاوه بر اینکه بر روی کمیت آب‌های زیرزمینی تاثیر داشته منجر به کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز شده است. به این ترتیب که هدایت الکتریکی دشت از حدود ۱۴۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۷۰ به حدود ۲۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است. حوضه آبگیر دشت عجب‌شیر توسط رودخانه‌ی قلعه‌چای زهکشی می‌شود و سد قلعه‌چای در قسمت‌های ابتدایی دشت بر روی این رودخانه احداث شده که از سال ۱۳۸۸ مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. ذخیره‌سازی آب این رودخانه در بالادست حوضه و استفاده از آب رودخانه در قسمت‌های بالایی دشت باعث کمبود جریان‌های سطحی و زیرزمینی در مناطق انتهایی دشت شده است. از آنجایی‌که تا کنون تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر مورد مطالعه قرار نگرفته است، در این پایان‌نامه به بررسی تاثیر احداث سد قلعه‌چای بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی این دشت پرداخته شد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی دشت عجب‌شیر

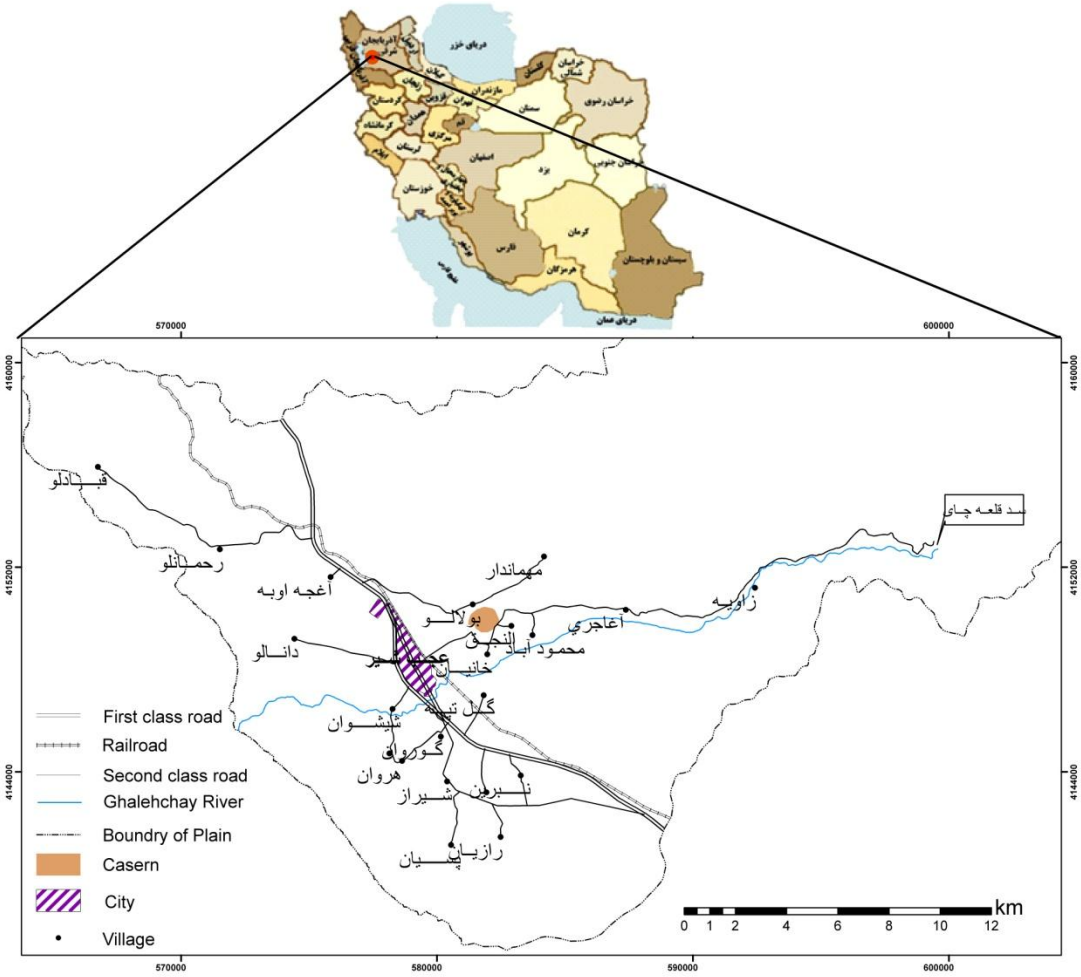
دشت عجب‌شیر یکی از ۲۵ محدوده مطالعاتی حوضهٔ آبگیر دریاچه ارومیه است که در قسمت شرق دریاچه ارومیه واقع شده است. منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیمات کشوری در استان آذربایجان‌شرقی قرار دارد. مساحت دشت عجب‌شیر حدود ۱۲۰ کیلومترمربع بوده که از شمال به دشت شیرامین و دشت آذرشهر، از غرب به دریاچه ارومیه، از جنوب و شرق به دشت مراغه محدود می‌گردد.

این دشت در حد فاصل بین طول‌های جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی تا ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی قرار می‌گیرد مساحت ارتفاعات محدوده مورد نظر حدود ۶۲۰ کیلومترمربع و مساحت دشت برابر با ۱۲۰ کیلومترمربع است. موقعیت منطقه و راه‌های دسترسی به آن در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.

۱-۳- موقعیت جغرافیایی و مشخصات فنی سد قلعه‌چای

سد قلعه‌چای در موقعیت جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی در ارتفاعات شمال شرقی شهرستان عجب‌شیر بر روی رودخانه قلعه‌چای واقع شده است (شکل ۱-۲). این سد از نوع خاکی با هسته ناتراوای رسی بوده، طول تاج آن ۳۳۶ متر، عرض تاج ۱۰ متر و ارتفاع از کف رودخانه برابر با ۷۷ متر است. آب تنظیمی مخزن سد قلعه‌چای حدود ۴۰ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است. هدف از اجرای سد قلعه‌چای و شبکه آبیاری و زهکشی آن تأمین آب مطمئن جهت زمین‌های کشاورزی دشت و توسعه آبیاری در اراضی مستعد می‌باشد. با توجه به وجود زمین‌های مستعد در منطقه، تأمین آب مطمئن، افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی را در پی خواهد داشت.

راه ارتباطی محل سد به فاصله مستقیم حدود ۲۰ کیلومتری شمال‌شرقی شهرستان عجب‌شیر و در ۵ کیلومتری پایین‌دست روستای ینگجه قرار دارد. دسترسی به ساختگاه سد با طی مسافتی حدود ۲۲ کیلومتر در جاده‌ی شمال‌شرقی عجب‌شیر در نزدیکی روستای خانیان، که از محور عجب‌شیر- بناب منشعب می‌شود، میسر است.



شکل ۱-۱- موقعیت منطقه و راه‌های دسترسی به منطقه

شکل ۱-۲- نمایی از سد قلعه‌چای (برگرفته از Google Earth)

۱-۴- آب و هوای منطقه

نزولات جوی یکی از مهم‌ترین خصوصیات اقلیمی می‌باشد که در بررسی آب و هوای یک منطقه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. با توجه به شرایط اقلیمی حوضه آبگیر رودخانه قلعه‌چای اکثر بارندگی‌های این منطقه به صورت برف می‌باشد. درجه حرارت این حوضه نشان می‌دهد که در بخش دشت در دوره ۵ ماهه آبان تا اسفند و در ارتفاعات از مهر تا فروردین، عموماً بارندگی به شکل برف است. به منظور بررسی آمار دمای منطقه به دلیل اینکه در داخل محدوده مورد مطالعه به غیر از ایستگاه‌های باران‌سنجی ایستگاه هواشناسی دیگری وجود ندارد از آمار ایستگاه هواشناسی مراغه استفاده شده است و همچنین جهت آمار بارندگی منطقه مورد مطالعه از داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی هرگلان، شیشوان و ینگجه استفاده گردید. میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهانه در این ایستگاه‌ها در جدول (۱-۱) ارائه شده است. بر اساس اطلاعات مندرج در این جدول ملاحظه می‌شود که گرم‌ترین ماه‌های سال در منطقه، ماه‌های تیر و مرداد و سردترین ماه‌های سال، ماه‌های دی و بهمن می‌باشد و همچنین بر اساس آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی هرگلان، شیشوان و ینگجه ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت پر باران و ماه‌های خرداد تا مهر کم باران به حساب می‌آیند.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت منطقه مورد مطالعه
(بر اساس داده‌های اخذ شده از آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی)

ماه	میانگین بارندگی سه ایستگاه (mm)	درجه حرارت (°C)
مهر	۱۰/۲۷	۸/۷
آبان	۵۵/۸۱	۴/۷
آذر	۲۷/۰۱	۱/۴
دی	۲۷/۶۷	-۰/۱
بهمن	۳۶/۸۵	۰/۷
اسفند	۳۸/۲۵	۳/۱
فروردین	۶۹/۱۷	۶/۶
اردیبهشت	۶۵/۸۱	۹/۹
خرداد	۱۶/۵۱	۱۳/۴
تیر	۲/۳۰	۱۵/۹
مرداد	۴/۱۷	۱۵/۶
شهریور	۸/۲۴	۱۲/۸
سالانه	**۳۶۲/۰۶**	**۷/۷**

برای مشخص نمودن اقلیم هر منطقه از روش‌های مختلفی از جمله روش دمارتن، آمبرژه، کوپن و ... استفاده می‌گردد. دمارتن (De Martonne) برای تعیین اقلیم معادله (۱-۱) را پیشنهاد نموده است.

معادله (۱-۱) $$I=\frac{P}{T+10}$$

که P متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر) و T متوسط دمای سالانه بر حسب سانتی‌گراد است.

آمبرژه (Emberger) نیز جهت تعیین اقلیم معادله (۱-۲) را پیشنهاد نموده است.

معادله (۱-۲) $$Q_2=\frac{2000P}{M^2-m^2}$$

در این معادله Q_2 ضریب اقلیمی آمبرژه، P بارندگی سالیانه (میلی‌متر)، M متوسط حداکثرهای دما در گرمترین ماه سال بر حسب کلوین و m متوسط حداقل‌های دما در سردترین ماه سال است.

در محدوده دشت عجب‌شیر با استفاده از داده‌های باران سنجی ایستگاه‌های ینگجه، عجب‌شیر و هرگلان و همچنین داده‌های دمای هوای روزانه ایستگاه هواشناسی مراغه و با بهره‌گیری از روش‌های دمارتن و آمبرژه نوع اقلیم دشت عجب‌شیر تعیین گردید.

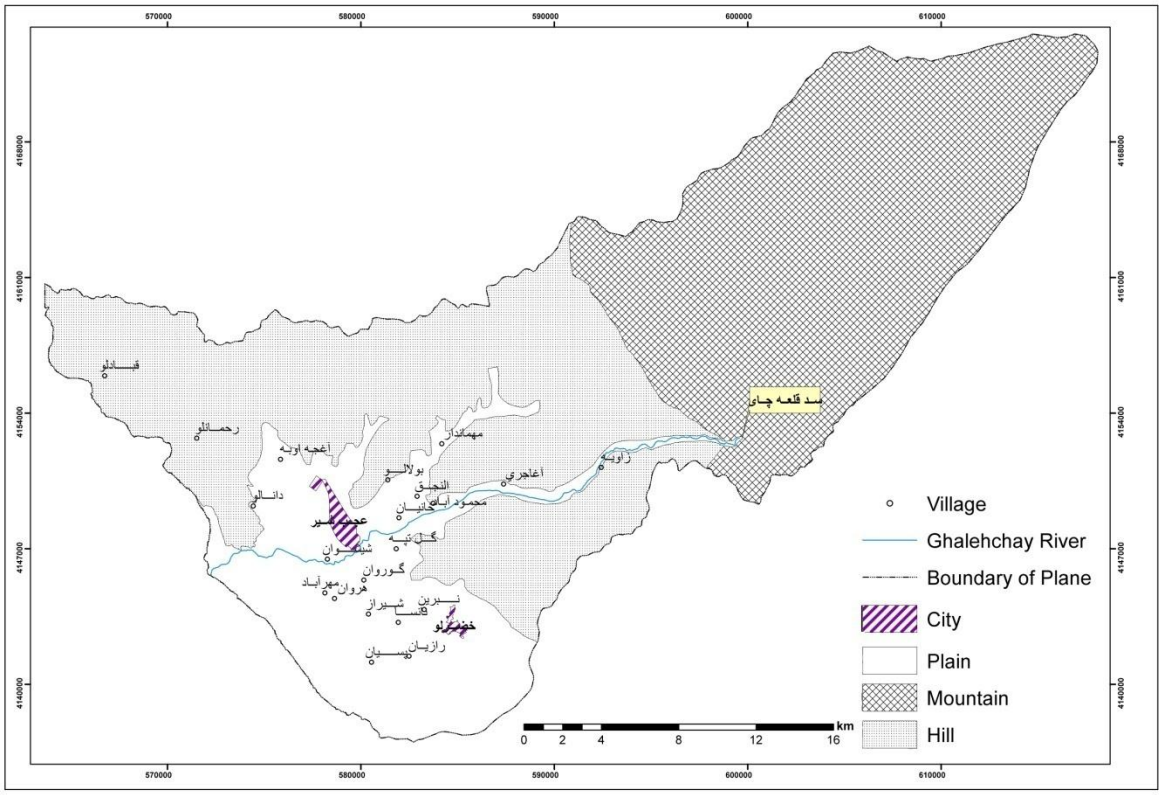
با توجه به موقعیت ایستگاه‌های باران سنجی ینگجه و هرگلان، که در ارتفاعات واقع شده‌اند داده‌های این دو ایستگاه به عنوان معرفی برای ارتفاعات در نظر گرفته شد و داده‌های ایستگاه عجب‌شیر برای دشت عجب‌شیر تعمیم داده شد. ضرایب اقلیم با استفاده از روش‌های دمارتن و آمبرژه تعیین گردید و پارامترهای مربوط به اقلیم و نوع اقلیم در جدول (۱-۲) آورده شده است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود اقلیم ارتفاعات و دشت با استفاده از روش دمارتن به ترتیب مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک و با استفاده از روش آمبرژه به ترتیب نیمه‌مرطوبِ سرد و خشک سرد تعیین گردید.

جدول ۱-۲- اقلیم دشت و ارتفاعات (بر اساس داده‌های اخذ شده از آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی)

موقعیت مکانی	بارندگی (mm)	درجه حرارت (°C)	روش آمبرژه				روش دمارتن	
			m	M	Q2	نوع اقلیم	I	نوع اقلیم
ارتفاعات	۴۱۶	۶/۹	۲۶۹	۳۰۶	۳۹/۱	نیمه مرطوب سرد	۲۴/۶	مدیترانه ای
دشت	۲۵۴	۱۲	۲۶۹	۳۰۶	۲۳/۸	خشک سرد	۱۱/۵	نیمه خشک

۱-۵- ژئومورفولوژی منطقه

ارتفاعات سهند واقع در شمال محدوده مورد مطالعه دارای مورفولوژی خشن و پرشیب بوده که به سمت جنوب و جنوب‌غرب از شیب آن کاسته شده و دارای مورفولوژی هموارتری می‌گردد. از لحاظ توپوگرافی مرتفع‌ترین نقطه منطقه با ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متر در شمال‌شرق محدوده، و پست‌ترین نقطه منطقه اراضی حواشی دریاچه ارومیه با ارتفاع حدود ۱۲۷۰ متر می‌باشد. به طور کلی از نظر زمین ریخت‌شناسی، در منطقه مورد مطالعه سه تیپ اصلی ژئومورفولوژی وجود دارد (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳- نقشه ژئومورفولوژی منطقه

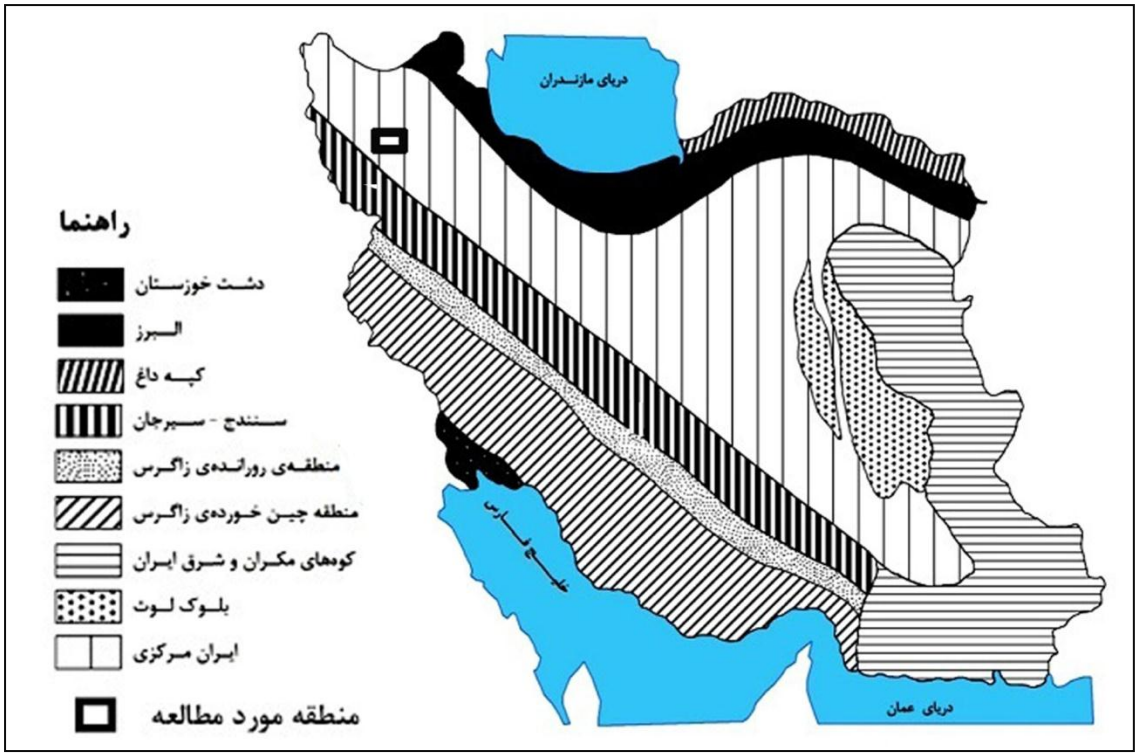
تیپ کوهستان: مناطق پرشیب و خشنی که بیش‌ترین قسمت حوضه آبگیر رودخانه قلعه‌چای را تشکیل می‌دهد و دارای دره‌های پرشیب و اغلب صخره‌ای است که شامل بخش شمال شرقی منطقه تا حوالی ساختگاه سد می‌گردد. بخش اعظم بدنه سد بر روی این نوع مورفولوژی قرار گرفته است.

تیپ تپه ماهور: این بخش از تپه‌های کوچک و بزرگ با شیب ملایم تشکیل یافته و شامل زمین‌های شمال تا شمال‌شرقی شهر عجب‌شیر می‌شود.

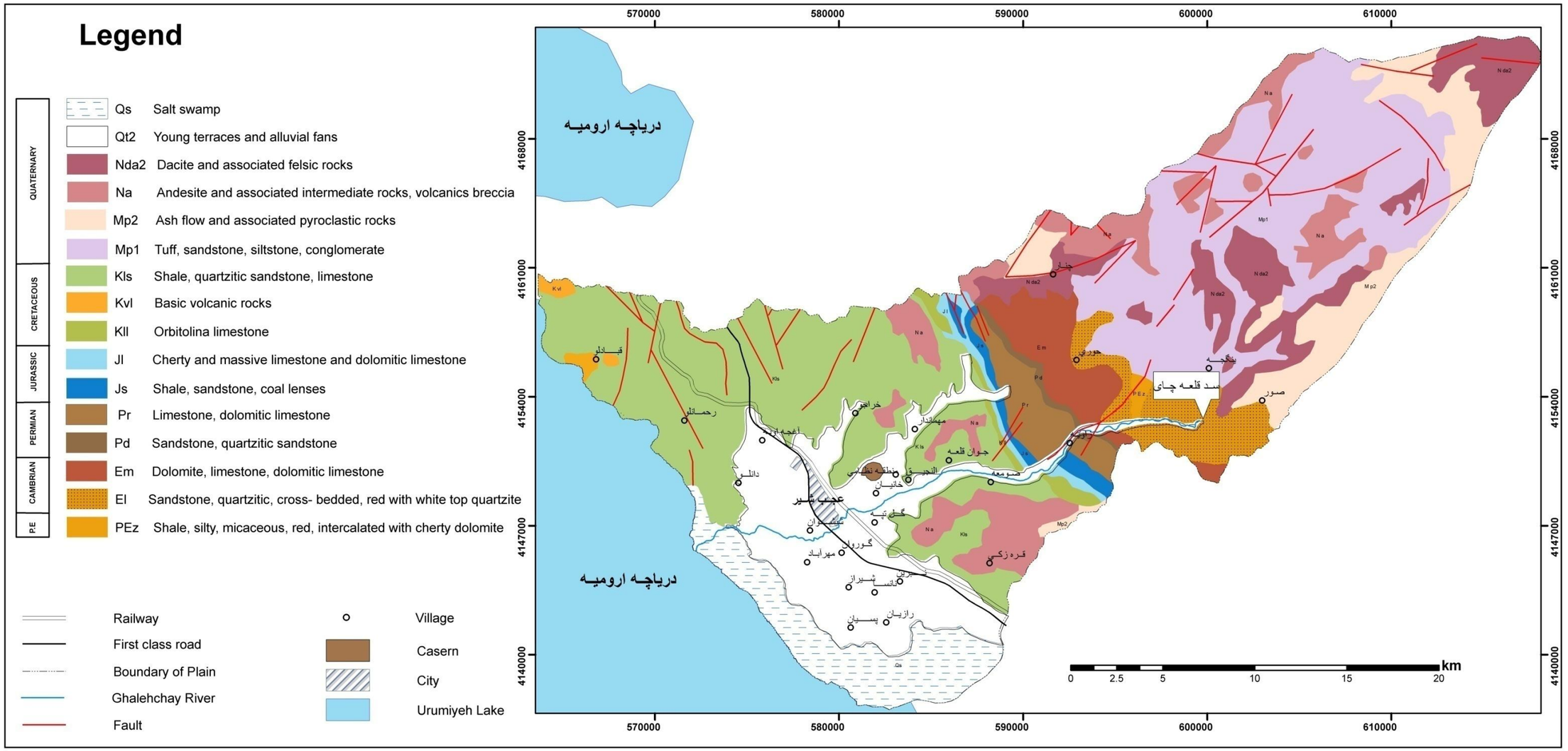
تیپ دشت: این بخش به صورت مسطح و با شیب خیلی ملایم از منطقه خانیان تا ساحل دریاچه ارومیه گسترش دارد و رودخانه قلعه‌چای بر روی آن به صورت گسترده جاری است.

۱-۶- زمین‌شناسی منطقه

مطابق تقسیم‌بندی نبوی (۱۳۵۵) منطقه مورد مطالعه بخشی از زون زمین‌شناسی البرز – آذربایجان می‌باشد. بر اساس تقسیم‌بندی اشتوکلین (۱۹۸۶) با اینکه آذربایجان از نظر جغرافیایی بخشی از مرکز ایران به شمار نمی‌آید، با وجود این از نظر ساختار زمین‌شناسی ویژگی‌های ایران مرکزی را نشان می‌دهد (شکل ۱-۴). در ادامه چینه‌شناسی و زمین‌شناسی ساختاری منطقه به طور مختصر ارائه می‌شود.



شکل ۱-۴- تقسیم‌بندی ساختاری ایران (اشتوکلین ۱۹۸۶)



شکل ۱-۵-نقشه زمین شناسی منطقه

۱-۶-۱- چینه‌شناسی

با استفاده از نقشه‌های ۱۰۰۰۰۰ اسکو، آذرشهر، مراغه و عجب‌شیر نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه تهیه شده است (شکل ۱-۵). با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه، سازندهای رخنمون یافته در منطقه از قدیم به جدید به طور مختصر معرفی می‌شوند.

الف- سازند زاگون

این سازند با قدمت کامبرین پیشین، قدیمی‌ترین واحد چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه است. این سازند شامل شیل‌های سیلتی و ماسه‌سنگ‌های قرمز رنگ دارای میان لایه‌های دولومیتی چرت‌دار در ارتفاعات شمالی منطقه در امتداد راندگی زاویه رخنمون دارد. در این مکان واحد مذکور بر روی رسوبات ماسه‌سنگی لالون رانده شده است.

ب- سازند لالون

سازند لالون عمدتاً از ماسه‌سنگ و کوارتزیت و افق‌های شیلی محدود تشکیل شده است و متعلق به کامبرین می‌باشد. این سازند در ارتفاعات محدوده مورد مطالعه در اراضی توت‌خانه واقع در شرق محدوده رخنمون دارد. واحد مذکور به واسطه فعالیت راندگی زاویه خرد شده است.

پ- سازند میلا

سازند میلا متشکل از دولومیت، سنگ آهک، آهک دولومیتی و شیل‌های میکادار به رنگ خاکستری متعلق به کامبرین است. واحد مذکور در ارتفاعات حوری و توت‌خانه رخنمون دارد.

ت- سازند درود

این سازند در ارتفاعات شمالی زاویه رخنمون دارد. در این مکان سازند مذکور به دلیل حرکات گسلی جا به جا و خرد شده می‌باشد. سازند درود متشکل از ماسه‌سنگ، ماسه‌سنگ کوارتزیتی به رنگ قرمز،

به طور محلی همراه با شیل و کنگلومرا بوده و متعلق به پرمین زیرین است. این سازند وسعت چندانی در منطقه نداشته و بر اساس گزارش‌های سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی دارای درز و شکاف کم و توان آبدهی بسیار ضعیف است.

ث- سازند روته

واحد آهکی سازند روته متشکل از سنگ آهک، آهک دولومیتی و کمی دولومیت و عدسی‌های لاتریت در ارتفاعات زاویه و بوکت رخنمون دارد. سن این سازند پرمین میانی است. این سازند به دلیل این که دارای درز و شکاف فراوانی است و همچنین حضور تعداد ۸ دهنه چشمه در این سازند از آبدهی خوبی برخوردار است (گزارش آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی ۱۳۸۵).

ج- سازند الیکا

در مسیر رودخانه قلعه‌چای در مجاورت روستاهای گنبد و زاویه می‌توان لایه‌های دولومیت متوسط تا ضخیم لایه به همراه بخش‌های کرم رنگ مارنی را تشخیص داد که جزء سازند الیکا محسوب می‌شود. سن این سازند تریاس زیرین تا میانی است.

چ- سازند شمشک

واحد شیل و ماسه‌سنگی سازند شمشک همراه با عدسی‌های زغال‌سنگ در ارتفاعات زاویه تا بوکت رخنمون دارد. سن این سازند ژوراسیک است. وسعت این سازند در منطقه مورد مطالعه حدود ۷ کیلومترمربع است. به دلیل وسعت کم این سازند، حضور ناخالصی‌های شیلی و رسی و همچنین درز و شکاف کم توان آبدهی این سازند بسیار ضعیف است (گزارش آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی ۱۳۸۵).

ح- سازند لار

واحدهای آهکی سازند لار از لحاظ لیتولوژی شامل سنگ آهک، آهک دولومیت‌دار و چرت‌دار می‌باشد که در ارتفاعات غربی بوکت رخنمون دارد و سن این آهک‌ها ژوراسیک بالایی است.

خ- سازند تیزکوه

واحدهای آهکی حاوی اوربیتولین سازند تیزکوه به رنگ خاکستری تیره در بوکت و جنوب روستای گنبد رخنمون دارد. واحد مذکور به واسطه حرکات تکتونیکی خرد شده می‌باشد. میزان درز و شکاف این سازند متوسط بوده ولی به دلیل این که وسعت این سازند ناچیز است توان آبدهی ضعیفی دارد.

د- واحدهای سنگی کرتاسه

واحد شیل، ماسه‌سنگ کوارتزیتی و سنگ آهک متعلق به دوره کرتاسه دارای بیشترین گسترش در سطح منطقه مورد مطالعه می‌باشد. واحد مذکور در ارتفاعات شمالی و غربی مشرف بر دشت عجب‌شیر رخنمون دارد. میزان درز و شکاف در این سازند متوسط بوده و وضعیت آبدهی نیز متوسط است.

ذ- سازند مراغه

سازند مراغه از افق‌های رس، سیلتی، ماسه‌ای، توفی و کنگلومرایی تشکیل شده است که از تخریب و فرسایش ارتفاعات سهند در اطراف آن رسوب‌گذاری شده است این سازند در ارتفاعات و بخش شمال‌شرقی محدوده رخنمون دارد. سن این سازند پیلوسن است.

ر- رسوبات سخت نشده عهد حاضر

دشت عجب‌شیر متشکل از رسوبات پادگانه‌ای آبرفتی جوان و مخروط‌افکنه‌های آبرفتی می‌باشد. این رسوبات بدنه اصلی آبخوان آبرفتی دشت عجب‌شیر را تشکیل می‌دهند. همچنین در اراضی جنوبی دشت عجب‌شیر رخنمون رسوبات رسی و نمکی حواشی بستر دریاچه ارومیه به چشم می‌خورد.

ز- سنگ‌های آذرین

در منطقه مورد مطالعه انواع مختلفی از سنگ‌های آذرین نفوذی و خروجی مشاهد می‌شوند. در دسترس نبودن سن مطلق این توده‌های آذرین موجب می‌شود، که تنها بتوان با در نظر گرفتن ارتباط آن‌ها با سازندهای رسوبی همراه، سن نسبی آن‌ها را به دست آورد.

واحد سنگ‌های آذرین بازیک متعلق به اواخر کرتاسه منطقه مورد مطالعه در ارتفاعات قبادلو واقع در جنوب‌غربی محدوده رخنمون دارد. واحد آندزیتی و سنگ‌های حدواسط همراه آن و برش‌های ولکانیکی متعلق به میوسن در ارتفاعات شمالی محدوده در امتداد گسل‌های واقع در ارتفاعات شمالی رخنمون دارد.

۱-۶-۲- زمین‌شناسی ساختاری منطقه

از مهمترین عوارض ساختاری موجود در منطقه می‌توان به آتشفشان سهند واقع در شرق محدوده و دریاچه ارومیه واقع در غرب منطقه اشاره نمود. ارتفاعات شمالی و غربی منطقه مورد مطالعه به‌وسیله یک سری گسل قطع و خرد شده می‌باشد.

در ارتفاعات غرب آبادی آغجه‌اوبه و شمال بندر رحمانلو یک شاخه گسلی مشاهده می‌گردد. شاخه گسلی مذکور دارای راستای تقریبا شمال‌غرب–جنوب‌شرق بوده و به واسطه حرکات تکتونیکی گسل‌ها خمیده شده‌اند. حرکات شاخه گسلی مذکور باعث ظهور درز و شکاف‌های فراوانی در واحد شیلی، ماسه‌سنگی و آهکی کرتاسه شده است.

ارتفاعات شمالی منطقه به واسطه یک سری گسل با ساختار حلقوی قطع شده‌اند و گسل‌های مذکور باعث ایجاد درز و شکاف‌های فراوانی در واحدهای استخوان‌دار مراغه شده است.

راندگی زاویه در ارتفاعات غربی زاویه رخنمون دارد. راندگی مذکور باعث رانده شدن سازند زاگون بر روی ماسه‌سنگ لالون و ظهور درز و شکاف در واحدهای توفی لایه‌های استخوان‌دار مراغه و واحدهای ماسه‌سنگی سازند لالون شده است.

۱-۷- هیدرولوژی منطقه

رودخانه اصلی و دائمی منطقه مورد نظر رودخانه قلعه‌چای می‌باشد که از ارتفاعات حدود ۳۰۰۰ متری شرق منطقه سرچشمه گرفته و به سمت غرب جریان می‌یابد. این رودخانه با جهت تقریبی شمال‌شرقی به جنوب‌غربی جاری بوده و در نهایت به دریاچه ارومیه ختم می‌گردد. حوضه آبگیر رودخانه قلعه‌چای از ارتفاعات آذرین کوه سهند سرچشمه می‌گیرد و بیش از ۵۵ درصد مساحت آن

بالای رقوم ارتفاعی ۲۰۰۰ متری واقع شده است. تقریباً تمام جریان پایه رودخانه در فصل خشک برای آبیاری زمین‌های روستاهای بالادست به ویژه روستاهای واقع در تنگه رودخانه و بالاتر از عجب‌شیر استفاده می‌شود.

۱-۸- هیدروژئولوژی منطقه

در آبرفت دشت عجب‌شیر یک منبع آب زیرزمینی که عمدتاً از طریق جریان سطحی رودخانه قلعه‌چای تغذیه می‌گردد به وجود آمده است. سفره آب زیرزمینی در ابتدای مخروط‌افکنه قلعه‌چای از نوع آزاد است ولی در قسمت مرکزی دشت آبرفت در عمق یکنواخت نبوده و به نظر می‌رسد از چندین لایه با نفوذپذیری مختلف تشکیل شده باشد، به همین دلیل سفره آب زیرزمینی در این نقاط از چند لایه آبدار مختلف به وجود آمده که احتمال دارد لایه‌های زیری از نوع تحت فشار باشد (بیگدلو ۱۳۸۴).

جهت جریان آب زیرزمینی از جریان آب‌های سطحی پیروی می‌نماید بدین معنی که در دره قلعه‌چای جریان آب زیرزمینی کاملاً مشابه جریان سطحی بوده و در سایر نقاط نیز از سمت ارتفاعات به طرف دریاچه ارومیه جریان دارد.

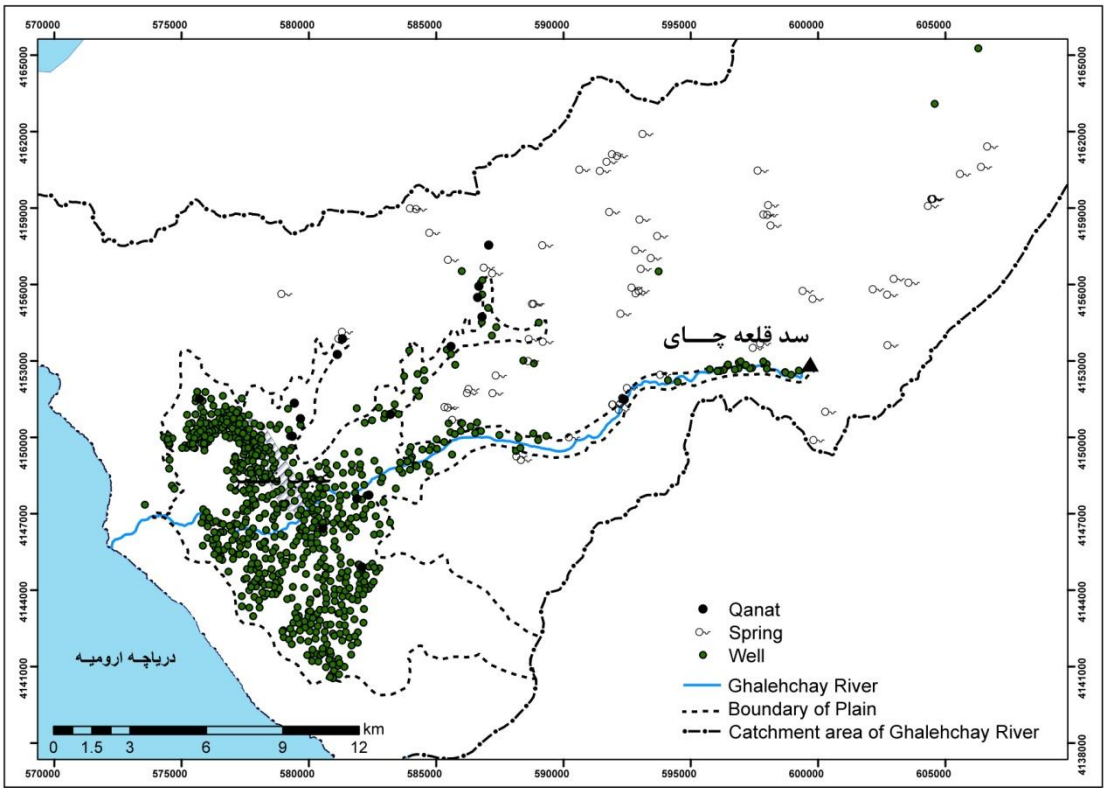
عمق آب زیرزمینی در دشت عجب‌شیر در حال حاضر بیشتر تحت تاثیر مقدار برداشت از نقاط مختلف آن است. در نقاطی که بهره‌برداری از آب زیرزمینی توسعه چندانی نداشته باشد عمق آب زیرزمینی بالا بوده و عمق آن در دامنه ارتفاعات بیشتر از سایر نقاط بوده که به تدریج به سمت محل‌های تخلیه سفره کاهش می‌یابد (گزارش آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی ۱۳۸۵).

جهت بهره‌برداری از سفره آب زیرزمینی در قدیم از قنات و چشمه استفاده می‌گردید، لیکن از سال ۱۳۳۰ حفر چاه و بهره‌برداری از این طریق متداول و به تدریج افزایش یافته است. طبق آماربرداری سال ۱۳۸۷ تعداد چاه‌های دشت عجب‌شیر به ۷۵۰ حلقه می‌رسد که در حدود ۲۰۰ حلقه از آن‌ها با عمق متوسط ۴۵ متر، عمیق و بقیه با عمق متوسط ۲۰ متر، نیمه‌عمیق می‌باشد. متوسط آبدهی چاه‌های عمیق منطقه ۱۰ لیتر در ثانیه و متوسط آبدهی چاه‌های نیمه‌عمیق ۵/۵ لیتر در ثانیه گزارش شده است. در زمان آماربرداری حدود ۲۰۰ حلقه از چاه‌های آماربرداری شده فاقد آبدهی بوده‌اند.

بر اساس آمار و اطلاعات موجود، برداشت از سفره آب زیرزمینی در حدود ۴۰ میلیون مترمکعب در سال بر آورد شده است. برداشت از منابع آب زیرزمینی در دشت عجب‌شیر عمدتاً از طریق چاه‌ها می‌باشد و برداشت از طریق چشمه‌ها و قنوات زیاد متداول نبوده است. بر اساس آماربرداری سال ۱۳۸۷ تعداد ۱۶ رشته قنات در منطقه حفر شده که ۵ رشته در هنگام آماربرداری خشک گزارش شده است. متوسط آبدهی قنوات محفوره در منطقه ۱/۳ لیتر در ثانیه گزارش شده که بیشترین مقدار آن ۴ لیتر در ثانیه مربوط به قنات بوکت می‌باشد.

مطابق آماربرداری سال ۱۳۸۷ تعداد ۶۹ دهنه چشمه در منطقه موردنظر گزارش شده است که تعداد ۶۴ دهنه از چشمه‌ها در هنگام آماربرداری جاری بوده و ۵ دهنه خشک گزارش شده است (شکل ۱-۶).

متوسط آبدهی چشمه‌های محدوده مورد نظر ۲/۷۱ لیتر در ثانیه بوده که بیشترین آبدهی با رقم ۲۹ لیتر در ثانیه مربوط به چشمه ساری‌سو واقع در روستای گنبد با تخلیه سالیانه حدود ۹۱۴۰۰۰۰ مترمکعب در سال است. خاطر نشان می‌سازد که کلیه چشمه‌ها در ارتفاعات شمالی مشرف بر دشت عجب‌شیر واقع شده‌اند.



شکل ۱-۶- نقشه منابع آب دشت عجب‌شیر

فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین درباره تأثیر سدسازی بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی

۲-۱- مقدمه

از حدود ۵۰۰۰ سال قبل در نقاط مختلف جهان بشر جهت تامین آب برای مصارف کشاورزی و شرب خود از سازه‌های آبی مختلف بهره می‌برده است. در طی دو سده اخیر میلیون‌ها نفر در مجاورت رودخانه‌ها سکنی گزیده‌اند، که برای تامین آب مورد نیاز کشاورزی، شرب و صنعت خود به کنترل و مهار آب رودخانه‌ها و یا به محافظت از سیلاب‌ها و کاهش زیان‌های احتمالی خشکسالی نیاز داشته‌اند. بنابراین، ساخت و ساز سد در این قبیل مناطق ضروری می‌نمود (Tortajada *et al*. 2012).

احداث سدهای مخزنی، دارای پیشینه تاریخی طولانی بوده و به زمانی برمی‌گردد که بشر از شیوه‌ی زندگی کوچ‌نشینی به یکجانشینی و کشاورزی روی آورده است. در این دوره بود که داشتن آب بیشتر، زمینه را برای توسعه کشاورزی آماده می‌کرد. البته ضرورت احداث سدهای مخزنی، بیشتر در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان که رودها غالباً فصلی بوده و تنها در چند ماه سال دارای آب زیاد هستند، مطرح بوده است. مهار این آب‌ها می‌توانست در فصل تابستان که آب رودخانه‌ها کاهش می‌یافت و یا به طور کلی خشک می‌شد، به صورت تنظیم‌شده مورد استفاده قرار گیرد. نقش سد تنها برای تامین آب بیشتر نیست، بلکه گاهی برای جلوگیری از تخریب طغیان‌های بزرگ و فرسایش خاک، انحراف آب و یا کسب انرژی از آب نیز می‌باشد (ولایتی و کامکار یزدنژاد ۱۳۸۷).

طرح‌های وسیع سازه‌های آبی نظیر ایجاد سد، به طور قطع با تأثیراتی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه همراه خواهند بود. دامنه اثر، مدت زمان ماندگاری، محدوده پیش‌روی و تأثیر آن‌ها به انواع مصارف آب وابستگی مستقیمی دارد (حیدریان و همکاران ۱۳۹۰).

اجرای طرح‌های توسعه منابع آب به ویژه به شکل احداث سدهای مخزنی و شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اثرات چشمگیری بر روی آبخوان‌های آبرفتی پایین‌دست ایجاد می‌نماید. این اثرات معمولاً به گونه‌ای است که رفتار گذشته آبخوان را در چارچوب روندهای حاکم در منطقه، به کلی تغییر می‌دهد (نودهی ۱۳۸۶).

با توجه به مطالب فوق الذکر ملاحظه می‌شود که بشر از چند هزار سال قبل برای اهداف مختلف اقدام به ساخت سد در مسیر رودخانه‌ها و دره‌ها نموده است. این مطلب به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت بیشتری برخوردار بوده است و سدها علاوه بر ذخیره‌سازی حجم قابل توجهی از آب در بالادست خود، تأثیر زیادی بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی پایین‌دست می‌گذارند.

۲-۲- تاثیر احداث سد بر کمیت آب‌های زیرزمینی

وجود مخازن آب اعم از دریاچه‌های طبیعی، دریاچه‌های مصنوعی، مخازن سدها و ... باعث تغییر در رژیم آب‌های زیرزمینی منطقه می‌گردد (Attewell *et al*. 1976). در مناطقی که با بحران آب جهت کشاورزی، صنعت و یا مصارف شهری مواجه هستند ساخت سد بر روی رودخانه‌ها و یا پمپاژ از سفرهای آب زیرزمینی، تبادل بین رودخانه و آب‌های زیرزمینی را شدیداً تحت تاثیر قرار می‌دهد (Delleur 2007).

بررسی تغییرات در چاه‌های مشاهده‌ای در دو دوره زمانی قبل و بعد از احداث سد خاکی لاور در دشت فین (بندر عباس) مشخص می‌سازد علی‌رغم برداشت آب در طی سال‌های بعد از احداث سد و بروز خشک‌سالی‌های متناوب در منطقه، سطح آب‌های زیرزمینی در تمامی چاه‌های مشاهده‌ای روند افزایشی داشته‌اند (کردوانی و همکاران ۱۳۹۱).

سد الخدا (Alkhoda) به سال ۱۹۸۵ در کشور عمان به فاصله ۷ کیلومتری از ساحل جهت مقابله با هجوم آب شور دریا احداث گردیده است. بعد از احداث سد، سطح آب در پیزومترهای پایین دست سد بالا آمده و جبهه آب شور نیز پسروی داشته است (Abdalla And Al-Rawahi 2012).

میانگین تراز آب در سطح دشت ساوه قبل از ساخت سد الغدیر تقریباً ثابت بوده و این روند تا دو سال بعد از احداث سد نیز ادامه یافته است. بعد از دو سال افت تراز آب زیرزمینی در دشت ساوه مشاهده

گردید که دلیل اصلی این مسئله به ممانعت از تغذیه سفره آب زیرزمینی با احداث سد مربوط می‌شود. اگر چه در طی سال‌های اخیر مقدار بارندگی نیز کمی کاهش نشان می‌دهد ولی اثر اصلی را احداث سد بر عهده داشته است. با توجه به تغییرات تراز آب زیرزمینی در طی زمان ملاحظه می‌گردد که افت آب در سمت جنوب گسل ساوه خیلی بیشتر از سمت شمال گسل بوده، در واقع اثر سد در بخش جنوبی گسل خیلی محسوس‌تر می‌باشد، دلیل این امر این است که سطح آب در شمال گسل ساوه از ارتفاعات شمالی تغذیه می‌گردد و ارتباطی با تغذیه از رودخانه ندارد و احداث سد تاثیر چندانی بر سطح آب زیرزمینی در این بخش نداشته است این در حالی است که اثر احداث سد بر جنوب گسل چشمگیر است (حیدریان و همکاران ۱۳۹۰).

بررسی تاثیرات هیدرولوژیک سدها و بندهای ایجاد شده بر روی رودخانه‌های قم‌رود و قره‌چای در منطقه قم منتج به مشهود شدن شوک هیدرولوژی به منطقه قم گردیده و این تغییرات به صورت زنجیروار بوده است. افت آب زیرزمینی و ممنوعه و بحرانی شدن دشت‌های استان قم، کاهش تخلخل سفره‌ها و مرگ تدریجی آنها، تغییرات کیفیت آب زیرزمینی و پیش‌روی آب شور، این تاثیرات با برداشت بی‌رویه و غیرمجاز از سفره‌های آب زیرزمینی توام بوده به طوری‌که اثرات هیدرولوژیک ایجاد سدها و بهره‌برداری غیرمجاز و بیش از پتانسیل سفره‌های آب زیرزمینی اثر واحدی را ایجاد نموده است (مقدم فردویی و همکاران ۱۳۹۰).

نتایج حاصل از مدل تهیه شده برای دشت گرگان- گنبد نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی در اثر احداث سد نرماب به طور متوسط ۲/۶۲ متر افزایش می‌یابد (قاسم پور و نخعی ۱۳۸۹).

با احداث و بهره‌برداری از سد خاکی علویان در دشت مراغه و مهار آب‌های سطحی بیشتر آب مورد نیاز کشاورزی، شرب و صنعت از آب این سد تأمین گردید و استفاده از منابع آب زیرزمینی کاهش پیدا کرد به طوری که با تهیه هیدروگراف واحد منطقه مشخص گردید که آب‌های زیرزمینی بعد از احداث سد روندی تقریباً افزایشی به خود گرفته‌اند (پژوه فام و همکاران ۱۳۸۹).

قوباچی (Ghoubachi 2012) در مطالعات خود بر روی منطقه توسکا (Tuska) در کشور مصر به این نتیجه رسید که همگام با افزایش سطح آب در دریاچه ناصر، سطح آب در پیزومترها بالا آمده و کیفیت آب در مناطق مجاور این دریاچه به طور واضحی بهبود یافته است.

نداو و والرونس (Nedaw and Walraevens 2009) در شمال اتیوپی اثر مخزن سدهای سنکانت و رابافلگ(Rubafeleg and Tsenkanet) را بر روی کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بررسی نموده و نتایج حاصل از این بررسی اثر مثبت ساخت این سدها را بر روی کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی تأیید می‌کند.

جهت نمایش میزان بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت اوان (استان خوزستان) در نتیجه احداث سد کرخه نقشه تغییرات سطح ایستابی بررسی گردید. با بررسی هیدروگراف واحد در سال‌های آبی ۷۳ تا ۸۶ سه قسمت قابل تفکیک می‌باشد، قسمت اول، شامل دوره زمانی قبل از احداث سد که به دلیل افزایش چاه‌های پمپاژ به میزان ۲/۶ متر افت سطح آب داشته است. قسمت دوم، از فرودین ۷۸ تا اسفند ۸۳ که در نتیجه بهره‌برداری از شبکه آبیاری سد در سال ۷۸ و شروع تغذیه آبخوان از مخزن سد کرخه، سطح آب با روند نسبتاً ثابتی در حال افزایش می‌باشد. قسمت سوم، شامل فرودین ۸۴ تا اسفند ۸۶ است که تراز آبخوان روند ثابتی را طی کرده است (کلانتری ۱۳۹۱).

سد طرق در محل خروجی حوضه‌ی رودخانه طرق و در ۲۵ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر مشهد در گلوگاه گرانیتی در سال ۱۳۶۲ احداث شده است. قبل از احداث سد، رودخانه طرق و شاخه فرعی آن (عارضی) تنها منابع آب سطحی و تغذیه کننده مخروط افکنه طرق بوده است که بعد از احداث سد این مخروط‌افکنه تنها توسط آب سرریز شده تغذیه می‌گردد.

پس از احداث سد طرق در بالادست مخروط‌افکنه افت سطح آب زیرزمینی شدت یافته است و با توجه به اینکه محدوده مخروط‌افکنه طرق جزء منطقه ممنوعه دشت بوده و از سال ۱۳۵۰ میزان بهره‌برداری از آن افزایش چندانی نداشته است، لذا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که افت شدید سطح آب زیرزمینی پس از احداث سد ناشی از کاهش تغذیه آبخوان در اثر احداث سد بوده است (ولایتی و کامکار یزدنژاد ۱۳۸۷).

بررسی تراز آب زیرزمینی در دشت تجن حاکی از توقف افت آب در سال‌های ابتدایی بهره‌برداری از سد و بالا آمدن تدریجی آن در سال‌های بعد می‌باشد. تنظیم آب ذخیره شده سد شهید رجایی و هماهنگی با ماه‌های زراعی موجب افزایش بهره‌برداری از آب‌های سطحی و کاهش بهره‌برداری آب زیرزمینی در فصول خشک و افزایش بهره‌برداری از آب زیرزمینی در سایر ماه‌ها شده است.

مقارن با بهره‌برداری از سد شهید رجایی در سال‌های خشک ۷۷ الی ۸۰ میزان بارندگی در محدوده ساری نکا حدود ۱۶۰ میلی‌متر کاهش داشت که در اثر کاهش بارش و افزایش بهره‌برداری از آب زیرزمینی انتظار افت قابل ملاحظه‌ای در سطح آب زیرزمینی می‌رفت در حالیکه تنها در قسمت شرقی دشت افت قابل ملاحظه‌ای در سطح آب مشاهده گردید و در محدوده گسترش شبکه آبیاری سد شهید رجایی هیچگونه افتی در سطح آب زیرزمینی اتفاق نیافتاده است. با توسعه بهره‌برداری از منابع آب سطحی از طریق شبکه آبیاری تجن و به موازات آن کاهش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، سطح آب زیرزمینی افزایش یافته است (نودهی ۱۳۸۶).

سد آسیوت (Assiut) در سال ۱۹۲۸ بر روی رودخانه نیل برای مصارف کشاورزی احداث گردید به دلیل نیاز شدید این سد به بازسازی طبق طرح پیشنهادی در طی بازسازی این سد حدود ۰/۶ متر به ارتفاع سد افزوده خواهد شد. (Dawoud et al. 2006) براساس مدل سه بعدی این منطقه بیان می‌کند که بر اثر این بازسازی سطح آب زیرزمینی در بالادست سد بالا خواهد رفت.

سد یاسیرتا (Yacyreta) در سال ۱۹۷۰ بر روی رودخانه پارانا (Parana) در آرژانتین به منظور تولید انرژی احداث گردید. کانزیان (Canziani 2006) به بررسی تاثیر این سد بر مرداب ایبرا (Ibera) پرداخت و بیان داشت که یکی از دلایل افزایش سطح آب در این مرداب احداث سد یاسیرتا بوده است. نوسانات سطح آب در چاه‌هایی که در نزدیکی دریاچه ناصر (Nasser) (دریاچه سد Aswan) واقع شده‌اند همگام با تغییرات سطح آب در دریاچه است. این تغییرات در چاه‌هایی که در مجاورت دریاچه واقع شده‌اند مشهود بوده و در چاه‌هایی که با فاصله بیشتری از دریاچه هستند سطح آب تقریباً روند ثابت و مستقلی از سطح آب در دریاچه داشته‌اند (Aly *et al*. 1993; Kim And Sultan 2002).

گودال کاترا (Qattara) در شمال‌غرب مصر به عنوان یک خروجی (Sinke) برای جریان آب زیرزمینی عمل می‌کند به دلیل گرادیان هیدرولیکی بالا جریان آب زیرزمینی از دلتای نیل به سمت این گودال است. ریزک و داویس (Rizk And Davis 1990) با استفاده از مدل دو بعدی و داده‌های هیدرولوژیکی پیش‌بینی نموده است که در صورت اجرای طرح پیشنهادی مخزن ذخیره‌ای آب کاترا سطح آب زیرزمینی حدود ۳۰ متر در قسمت مرکزی این فروافتادگی بالا خواهد آمد.

همواره احداث سد با تغییراتی در منطقه همراه بوده از جمله این تغییرات، تغییرات کمّی و کیفی

آب‌های زیرزمینی است. دریاچه سد به عنوان یک منبع تغذیه باعث تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌گردد و همچنین نوع استفاده از آب مخزن سد نقش تعیین کننده‌ای در تغییرات کمّی و کیفی منابع آب دشت دارد به طوری که اگر آب سد در طول سال در دشت توزیع گردد، این امر باعث بهبود کیفیت و کمیت منابع آب می‌گردد مانند سد شهید رجایی در دشت تجن، ولی اگر این آب از محدوده دشت خارج شده (سد طرق) به منطقه دیگری منتقل گردد، کاهش کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی را به دنبال خواهد داشت.

۲-۳- تاثیر احداث سد بر کیفیت آب‌های زیرزمینی

تغییرات کمی و کیفی آبخوان را می‌توان بر اساس هیدروگراف چاه‌های حفر شده در آن تحلیل و بررسی کرد (Schwartz and Zhang 2003 به نقل از ولایتی و کامکار یزدنژاد ۱۳۸۷).

حیدریان و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعات خود بر روی تأثیرات سد الغدیر در دشت ساوه، با مقایسه مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌ها در چاه‌ها نسبت به قبل و بعد از احداث سد، بیان داشتند که کیفیت آب‌های زیرزمینی نسبت به قبل از احداث سد کاهش یافته است.

احداث سد ۱۵ خرداد بر روی رودخانه قم‌رود باعث پایین آمدن کیفیت منابع آبی پایین‌دست و کاهش وسعت زمین‌های کشاورزی و شور شدن آب‌های زیرزمینی شده است به طوری که بعد از بهره‌برداری از سد در پایین‌دست سد، غلظت املاح آب زیرزمینی به ویژه در دشت مسیله بالا رفته است (هدیه‌لو ۱۳۸۹)

در بررسی تأثیرات دریاچه ناصر (کشور مصر) مشخص گردید که کیفیت آب‌های زیرزمینی در چاه‌های اطراف این دریاچه بهبود یافته است (Ghoubachi 2012).

کلانتری (۱۳۹۱) در بررسی خود به این نتیجه رسید که کیفیت آب در بخش شمالی دشت اوان بسیار مطلوب است اما در بخش‌های مرکزی و جنوبی مجموع املاح آب زیرزمینی افزایش می‌یابد و کیفیت آب نامطلوب می‌گردد. به طور کلی مجموع املاح در دوره آماری بعد از احداث سد کرخه نسبت به دوره قبل از احداث سد افزایش یافته است.

تشدید افت سطح آب زیرزمینی در مخروط‌افکنه طرق علاوه بر تغییرات کمّی، سبب تغییرات کیفی

نیز شده است به طوری که روند تغییرات هدایت الکتریکی آب چاه‌ها در ارتباط با افت سطح آب زیرزمینی، آشکارا نشان می‌دهد که بین این دو پارامتر، هم‌بستگی نسبتا خوبی وجود دارد (ولایتی و کامکار یزدنژاد ۱۳۸۷).

احداث سد تنگوئیه در سیرجان کرمان به سال ۱۳۸۰ باعث کاهش میزان تغذیه دشت و در نتیجه افزایش سرعت هجوم آب شور کفه نمک سیرجان به سمت دشت سیرجان نسبت به گذشته شده است. میرعباسی نجف آبادی و رهنما (۱۳۸۶) با استفاده ار مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی به این نتیجه رسیدند که احداث این سد موجب کاهش تغذیه آبخوان دشت سیرجان شده است و در صورتی که روند برداشت آب‌های زیرزمینی مثل گذشته باشد در آینده نه چندان دور ذخیره آب‌شیرین این آبخوان کم شده و آب زیرزمینی منطقه با خطر شوری روبرو خواهد گشت.

در محدوده شبکه آبیاری تجن، به دلیل افزایش تغذیه آبخوان هدایت الکتریکی کاهش یافته است. به طور متوسط در فاصله زمانی ۸ ساله بعد از احداث سد شهید رجایی هدایت الکتریکی آب در دشت تجن از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر کاهش نشان می‌دهد (نودهی ۱۳۸۶).

بررسی تأثیر سدهای الکبیر، صور، تانوف و ماویل (Al Kabir, Sur, Tanuf and Maawil) بر ساحل کشور عمان نشان می‌دهد درجه شوری آب‌های زیرزمینی در مسیر جریان آب زیرزمینی از سمت ساحل به سوی دریا کاهش یافته و همچین جبهه آب شور دریا به سمت دریا پسروی داشته است (Bajjali 2002).

به طور قطع رابطه تنگاتنگی بین تغییرات کمی و کیفی منابع آب وجود دارد به طوری که اگر سطح آب در پیزومترهای دشت افزایش یا کاهش نشان دهد به تبع آن هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی نیز دستخوش تغییر خواهد شد. به دنبال تغییرات کمی بر اثر احداث سد در دشت، باید انتظار تغییراتی در کیفیت منابع آب دشت را نیز داشت. به عنوان مثال بعد از احداث سد شهید رجایی، با توسعه بهره‌برداری از منابع آب سطحی از طریق شبکه آبیاری تجن و به موازات آن کاهش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی هم سو با بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در محدوده ساری- نکا هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در دشت کاهش داشته است.

۲-۴- تاثیر احداث سد بر چشمه‌ها

ماجدی و همکاران (۱۳۸۷) به منظور بررسی علت آلودگی چشمه سبزآب در تکیه‌گاه سمت راست شهید عباسپور، تغییرات تراز آب، توربیدیته، هدایت الکتریکی و دما در محل‌های مظهر چشمه، مخزن سد و رودخانه را ترسیم و تفسیر نمودند و آن‌ها اظهار داشتند که این چشمه کارستی با مخرن سد ارتباط هیدورلیکی نداشته و چشمه در ماه‌های خاصی از سال رس‌های میان لایه سازند آهکی تکیه‌گاه را فرسایش داده و پایداری سد را در آینده به مخاطره می‌اندازد.

سد لار از نوع خاکی همگن با ارتفاع ۱۰۷ متر از پی دارای حجم مخزن ۹۶۰ میلیون مترمکعب می-باشد. علیرغم گذشت نزدیک به سی سال از آبگیری سد لار اهداف اصلی طرح به دلیل فرار آب به طور کامل محقق نگردیده است. محل فرار آب تکیه‌گاه راست سد می‌باشد که از سازندهای آهکی با پتانسیل بالای کارست‌شدگی تشکیل گردیده است. بررسی آمار ۲۵ ساله دبی چشمه‌های پایین دست سد ارتباط مستقیم دبی چشمه‌ها و تراز آب مخزن سد را نشان می‌دهد. پراکندگی مشاهده شده در دبی چشمه‌ها از ترازهای یکسان آب دریاچه سد حاکی از وابستگی دبی چشمه‌ها به تراز دریاچه سد می‌باشد (سهرابی بیدار و همکاران ۱۳۸۹).

بعد از آبگیری سد کارون ۳، علاوه بر افزایش دبی چشمه‌های موجود پایین دست، چشمه‌های جدیدی نیز ظاهر شده است. چشمه ابوالقاسم به عنوان مهمترین چشمه قبل از آبگیری سد وجود داشته و بعد از آبگیری دبی آن افزایش یافته و همچنین چشمه فصلی مجاور به این چشمه نیز به چشمه دائمی تبدیل شده است. قبل از آبگیری سد، ارتباط هیدرولیکی بین رودخانه کارون و چشمه‌های مذکور وجود نداشته است اما با آبگیری سد امکان تماس مستقیم آب با رخنمون‌های آهکی واحد زیرین سازند آسماری فراهم گردید و در نتیجه نفوذ مستقیم آب مخزن به درون این آبخوان کارستی موجب افزایش میزان دبی چشمه‌های پایین‌دست گردید (داموغ و زارعی ۱۳۸۸).

سد تنظیمی پدراُتنی (Pedra e othoni) در ایتالیا جهت کنترل سیل در مواقع سیلابی و ذخیره آب در این منطقه در سال ۱۹۶۴ احداث گردید در طراحی سد ارتفاع آب در مخزن سد حدود ۱۱۰ تا ۱۲۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد در نظر گرفته شده بود اما بعد از احداث سد مشاهده گردید که زمانیکه ارتفاع آب در مخزن سد از ۱۰۳/۷ متر بالاتر می‌رفت چشمه کارستی سوگلگن

(Su Gologone) که در پایین دست سد واقع شده بود حالت مستغرق به خود می‌گرفت و دبی آن افزایش می‌یافت این حالت به خصوص در مواقع سیلابی که ارتفاع آب در پشت سد افزایش می‌یافت تشدید می‌شد. بررسی‌ها نشان داد که به دلیل ارتباط هیدرولیکی مخزن سد با چشمه سوگلگن جهت جلوگیری از هدر رفت آب باید ارتفاع آب در مخزن سد پایین‌تر از ارتفاع تراز چشمه سوگلگن که ۱۰۳/۷ متر است نگه‌داشته شود (Waele 2008).

احداث سد در بسیاری از موارد باعث تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌گردد و در برخی موارد به دلیل وضعیت خاص زمین‌شناسی منطقه، مانند وجود کانال‌های انحلالی در آهک‌ها این تغذیه به وضوح با افزایش آبدهی چشمه‌ها همراه است. در بعضی موارد به دلیل اینکه آب‌های سطحی دشت از محدوده دشت خارج می‌گردند و در نتیجه عدم تغذیه دشت توسط منابع آب سطحی، باید کاهش آبدهی چشمه‌ها را انتظار داشت.

فصل سوم: روش انجام کار

به منظور ارزیابی تأثیرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کمیت و کیفیت منابع آب دشت عجب‌شیر از روش‌های زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و نیز سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد. اقداماتی که برای دست یافتن به هدف این پایان‌نامه انجام شده است به شرح زیر می‌باشد:

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات و گزارش‌های مرتبط با موضوع

بررسی مطالعات پیشین و تحقیقات انجام شده در هر منطقه اولین و ضروری‌ترین مرحله از مطالعه و پژوهش می‌باشد. بر این اساس در این تحقیق نیز به بررسی مطالعات مرتبط با منطقه پرداخته شده است.

مهندسین مشاور بندآب (۱۳۷۴) طی مطالعه‌ای به بررسی هواشناسی و هیدروژئولوژی محدوده عجب‌شیر جهت تعیین عوامل پایه‌ای موردنیاز در طراحی سد قلعه‌چای و تاسیسات وابسته آن پرداخته است. با استناد به این گزارش شناخت نسبی از وضعیت هواشناسی و هیدروژئولوژی منطقه به دست آمد.

بیگدلو (۱۳۸۴) در طی پایان‌نامه کارشناسی ارشد به بررسی هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی دشت عجب‌شیر پرداخته است. با استناد به این پژوهش دید کلی از منطقه حاصل شد.

به منظور مقایسه وضعیت منابع آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر جمع‌آوری آمار و اطلاعاتی از قبیل آمار هواشناسی (دما و میزان بارندگی)، آمار دبی ماهانه چشمه‌ها، قنات‌ها، آمار و اطلاعات مربوط به تراز آب چاه‌های پیزومتری، داده‌های کیفی مربوط به چشمه‌ها، قنات‌ها و چندین چاه بهره‌برداری

اطلاعات مربوط به دبی و کیفیت رودخانه قلعه‌چای در طی دوره آماری ۱۰ ساله از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۰ و همچنین مشخصات عمومی سد قلعه‌چای لازم و ضروری بود که با مراجعه به شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی این آمار و اطلاعات تهیه گردید.

۳-۲-تهیه نقشه زمین‌شناسی با مقیاس مناسب

نقشه‌های زمین‌شناسی دارای دقت کافی، یکی از مهم‌ترین و مؤثرترین عوامل در دقت نتایج حاصله بررسی‌های زمین‌شناسی می‌باشد. به همین منظور برای تعیین واحدهای لیتولوژی منطقه از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مراغه، اسکو، آذرشهر و عجب‌شیر که توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه شده، استفاده گردید. در نهایت، اطلاعات چینه‌شناسی و ساختاری موجود در این نقشه‌ها که در محدوده حوضه آبگیر قرار می‌گیرند شناسایی شده و نقشه زمین-شناسی پایه در محیط Arc GIS ترسیم شد.

۳-۳- مطالعات هیدروژئولوژیکی

حوضه آبگیر رودخانه قلعه‌چای در محیط Global Mapper 12 و بر اساس نقشه رقومی ارتفاعی (Dem) منطقه، تعیین گردید. برای بررسی دقیق‌تر، تصویر تهیه شده از حوضه آبگیر در محیط Global Mapper 12 به محیط Google Earth منتقل شد تا صحت کار انجام شده تایید گردد.

در ادامه به منظور اطلاع از جهت عمومی جریان آب زیرزمینی در دشت عجب‌شیر تهیه نقشه هم‌پتانسیل ضروری می‌نمود. بنابراین اقدام به تهیه نقشه‌های هم‌پتانسیل با توجه به اطلاعات پیزومتری موجود در منطقه (جدول ۳-۱) که به صورت ماهانه توسط شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی در دو بازه زمانی قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای اندازه‌گیری شده بود، گردید. همچنین با ترسیم هیدروگراف هر پیزومتر و بررسی آماری داده‌های پیزومترها تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت عجب‌شیر مشخص شد.

به منظور مشخص نمودن روند کلی تغییرات تراز آب زیرزمینی در کل دشت اقدام به تهیه هیدروگراف

واحد دشت عجب‌شیر گردید. جهت تهیه هیدروگراف واحد دشت عجب‌شیر بر اساس موقعیت پیزومترها در دشت، محدوده دشت را تیسن‌بندی نموده و متوسط سطح آب در کل دشت محاسبه شد.

جدول ۳-۱- موقعیت پیزومترهای موجود در دشت عجب‌شیر

شماره پیزومترها	محل پیزومترها	UTM	
		X	Y
P1	آغجه اوبه	۵۷۵۶۳۰	۴۱۵۱۹۵۰
P2	شیشوان میدان ورزش	۵۷۷۳۵۰	۴۱۴۷۴۵۰
P3	شیشوان باغ عظیمی	۵۷۹۲۰۰	۴۱۴۷۲۵۰
P4	خانیان باغ اکبرزاده	۵۸۰۵۶۸	۴۱۴۹۲۹۷
P5	خانیان روبروی پادگان	۵۸۱۳۰۰	۴۱۴۹۶۰۰
P6	گل تپه ورجنق	۵۸۳۰۲۵	۴۱۴۸۵۰۰
P7	گل تپه میدان ورزش	۵۸۱۹۵۰	۴۱۴۶۶۵۰
P8	خضرلو - راه آهن	۵۸۵۰۰۰	۴۱۴۴۸۵۰
P9	خضرلو روبروی ایستگاه	۵۸۶۶۰۰	۴۱۴۲۷۵۰
P10	نبرین - جنب سردخانه	۵۸۳۶۴۷	۴۱۴۲۸۳۸
P11	نبرین جاده ده قبرستان(قدیم)	۵۸۳۴۱۵	۴۱۴۳۳۲۵
P12	نانسا	۵۸۲۸۰۰	۴۱۴۳۲۵۰
P13	نانسا بغل چاه آب و فاضلاب	۵۸۱۷۵۰	۴۱۴۳۷۱۶
P14	شیراز	۵۷۹۳۰۰	۴۱۴۲۶۰۰۱
P15	شیشوان	۵۷۶۰۰	۴۱۴۵۷۰۰
P16	شیشوان سفره آزاد	۵۷۶۹۲۴	۴۱۴۶۰۰۷
P17	جاده قدیم آغجهاوبه	۵۷۶۸۲۱	۴۱۵۰۳۵۹
P18	دانالو گوروق دره	۵۷۴۷۴۰	۴۱۴۹۰۹۵
P19	دانالو جنب تصفیه خانه	۵۷۶۶۴۹	۴۱۴۸۷۸۳
P20	دانالو ۱	۵۷۵۳۰۰	۴۱۴۸۰۰۰
P21	رازیان	۵۸۲۱۰۰	۴۱۴۱۲۵۰
P22	پسیان	۵۸۰۴۵۰	۴۱۴۰۷۰۰

۳-۴- ارزیابی هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر

جهت معرفی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر با استفاده از داده‌های کیفی چاه‌های موجود در دشت (جدول ۳-۲) اقدام به تهیه نقشه هدایت الکتریکی دشت عجب‌شیر در محیط Arc GIS گردید. بر اساس داده‌های موجود، دشت عجب‌شیر را از لحاظ کیفیت آب‌های زیرزمینی زون‌بندی نموده و تیپ آب‌های زیرزمینی هر منطقه با استفاده از نرم‌افزار AQQA مشخص گردید.

جدول ۳-۲- موقعیت چاه‌ها

شماره چاه ها	محل چاه ها	UTM	
		X	Y
W1	النجیق	۴۱۵۱۱۶۳	۵۸۳۳۳۶
W2	گل تپه ۱	۴۱۴۶۰۹۴	۵۸۱۰۳۰
W3	گل تپه ۲	۵۸۱۰۳۰	۴۱۴۶۰۹۴
W4	دانالو ۱	۵۷۶۶۲۸	۴۱۵۰۵۰۰
W5	دانالو ۲	۵۷۷۷۵۰	۴۱۴۹۲۰۲
W6	شیشوان	۵۷۶۳۰۸	۴۱۴۶۱۴۷
W7	شیراز	۵۸۰۰۷۰	۴۱۴۳۸۰۰
W8	نبرین	۵۸۳۱۳۰	۴۱۴۳۲۸۰
W9	خضرلو ۱	۵۸۶۷۰۲	۴۱۴۲۵۹۶
W10	خضرلو ۲	۵۸۷۲۰۰	۴۱۴۱۱۰۰

همچنین نمودارهای کیفی از قبیل نمودار پایپر و استیف جهت تعیین تیپ و رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی و مقایسه سریع ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب در زمان‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای استفاده گردید.

فصل چهارم: بررسی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر

۴-۱- مقدمه

در این فصل به منظور تعیین اثرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر روی کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر داده‌های مربوط به سطح آب زیرزمینی و کیفیت آنها در دو بخش جداگانه مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند.

در بخش ارزیابی اثرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کمیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر مواردی از قبیل هیدروگراف دشت، نقشه‌های هم‌پتانسیل آب‌های زیرزمینی، تراز سطح آب زیرزمینی، آبدهی چشمه‌ها و قنات‌ها در قبل و بعد از بهره‌برداری سد مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است که درباره تراز سطح آب زیرزمینی علاوه بر مقایسه تراز آب قبل و بعد از بهره‌برداری سد تغییرات شیب سطح آب زیرزمینی و واریانس تغییرات سطح آب زیرزمینی برای قبل و بعد از بهره‌برداری سد مورد مقایسه قرار گرفته است.

در بخش ارزیابی اثرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر نقشه هم‌هدایت الکتریکی دشت ارائه گردید و تیپ آب زیرزمینی در قسمت‌های مختلف دشت مشخص گردید. در نهایت با مقایسه تغییرات هدایت الکتریکی چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌ها در قبل و بعد از بهره‌برداری سد میزان تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر سنجیده شد.

۴-۲- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کمیت آب‌های زیرزمینی

۴-۲-۱- مقدمه

مجاورت آبخوان آبرفتی دشت عجب‌شیر با دریاچه ارومیه، هجوم و پیشروی آب شور دریاچه به سمت آبخوان آبرفتی را باعث شده است. بهره‌برداری بیش از حد مجاز از آبخوان آبرفتی دشت و به دنبال آن افت سطح آب زیرزمینی موجب کاهش گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی و کاهش جریان زیرزمینی خروجی به سمت دریاچه ارومیه می‌گردد. استفاده بیش از حد از منابع آب و بروز خشک‌سالی در این دشت باعث گردیده که در سال‌های اخیر دشت عجب‌شیر به عنوان منطقه ممنوعه اعلام شود. به منظور کاهش فشار برداشت از سفره آب زیرزمینی و هم‌چنین جلوگیری از پیشروی آب شور دریاچه ارومیه، افزایش راندمان بهره‌برداری از منابع آب رودخانه قلعه‌چای و تامین آب تنظیم شده برای بخشی از زمین‌های دشت عجب‌شیر، عملیات اجرایی سد قلعه‌چای در سال ۱۳۷۹ آغاز گردید و در نهایت این سد در سال ۱۳۸۸ به بهره‌برداری رسید.

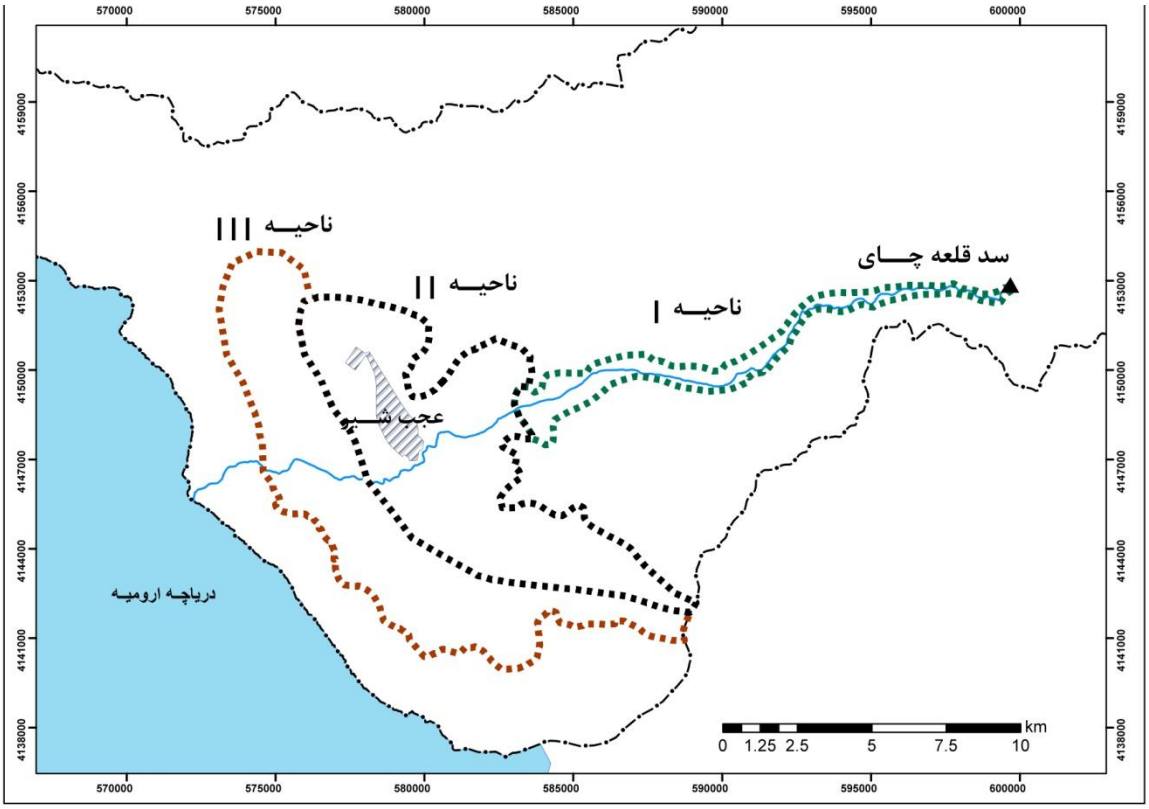
جهت آبرسانی دشت عجب‌شیر زمین‌های این دشت به سه ناحیه (I, II, III) تقسیم گردیده است (شکل ۴-۱).

ناحیه I: شامل زمین‌های کشاورزی روستاهای تجرق، تپیک دره، زاویه، گنبد، صومعه، آغاجری و جوان قلعه می‌باشد. بهره‌برداران از زمین‌های مستقر در این ناحیه در همه سال‌ها (سال‌های ترسالی و سال‌های خشک‌سالی) به آب دسترسی دارند. این مناطق وسعتی در حدود ۸۹۵ هکتار را در برمی‌گیرند و وابستگی به آب زیرزمینی در این ناحیه بسیار کم بوده به طوری که تأمین آب کشاورزی مورد نیاز در این ناحیه صد در صد از منابع آب‌های سطحی است.

ناحیه II: شامل زمین‌های کشاورزی روستاهای النجیق، محمودآباد، خانیان، شهر عجب‌شیر، مهماندار، گل‌تپه، گوروان، بولالو و قسمتی از زمین‌های کشاورزی روستاهای خضرلو، نانسا، شیشوان و شیراز می‌شود. میزان دسترسی بهره‌برداران از زمین‌های کشاورزی مستقر در این ناحیه به آب سطحی خوب تا متوسط است. وسعت این مناطق درحدود ۳۶۶۰ هکتار است. وابستگی به آب زیرزمینی در این ناحیه متوسط بوده و دسترسی به منابع آب زیرزمینی به لحاظ استقرار در مخروط افکنه‌ی دشت بسیار زیاد است. در این ناحیه حدود ۶۰ تا ۶۵ درصد آب مورد نیاز کشاورزی از آب‌های سطحی

تأمین می‌گردد.

ناحیه III: این ناحیه قسمتی از زمین‌های کشاورزی روستاهای خضرلو، هروان، شیراز، شیشوان، نانسا و همچنین زمین‌های کشاورزی رازیان، پسیان، مهرآباد و دانالو را شامل می‌شود. وسعت این مناطق در حدود ۲۳۷۰ هکتار است. میزان دسترسی بهره‌برداران از زمین‌های کشاورزی مستقر در این ناحیه به آب سطحی در سال‌های ترسالی کم و در خشک‌سالی صفر است و میزان وابستگی کشاورزها در این ناحیه به آب زیرزمینی زیاد است، به طوری که ۳۰ تا ۴۰ درصد آب مورد نیاز کشاورزان از طریق آب‌های سطحی و بقیه از منابع آب‌های زیرزمینی تأمین می‌گردد.



شکل ۴-۱- مناطق سه‌گانه دشت عجب‌شیر جهت تخصیص آب سد قلعه‌چای (بر اساس اطلاعات اخذ شده از آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی)

۴-۲-۲- ارزیابی تأثیرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر تراز آب زیرزمینی منطقه

قبل از ارزیابی تأثیرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر تراز آب زیرزمینی در آبخوان عجب‌شیر لازم است که آبخوان به صورت مختصر معرفی گردد.

الف- معرفی آبخوان آبرفتی عجب‌شیر

آبخوان آبرفتی عجب‌شیر با وسعت حدود ۱۲۰ کیلومتر مربع در بخش جنوبی حوضه آبگیر رودخانه قلعه‌چای واقع شده است. در اکثر نقاط دشت، آبخوان آبرفتی از نوع آزاد بوده و رسوبات آبرفتی آبخوان متشکل از ماسه و رس بر روی رسوبات دریاچه‌ای رس و مارنی که خود بر روی واحد ماسه‌سنگی و آهکی کرتاسه قرار گرفته‌اند، واقع شده است.

مطابق بررسی‌های اکتشافی آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی در مناطق شمالی آبخوان آبرفتی به ویژه در زمین‌های خانیان، رسوبات آبرفتی دانه درشت بوده که به سمت مناطق جنوبی رسوبات دانه ریزتر می‌شوند. زمین‌های مخروط‌افکنه‌ای خانیان و مناطق شمالی عجب‌شیر به واسطه دانه درشت بودن رسوبات آبرفتی و قرارگیری در منطقه تغذیه آبخوان از پتانسیل قابل توجهی برخوردار است. مناطق جنوبی دشت به واسطه حضور رسوبات دانه‌ریز حاوی آب شور، چندان قابل توجه نمی‌باشد.

قابلیت انتقال لایه آبدار دشت عجب‌شیر بین ۵۰۰ تا ۷۵۰ متر مربع در روز در زمین‌های مرکزی دشت متغیر بوده که به سمت قسمت‌های مرکزی افزایش می‌یابد. قابلیت انتقال لایه آبدار در مناطق اطراف آغجه‌اوبه کمتر از ۲۵۰ متر مربع در روز محاسبه شده است. در زمین‌های واقع در حاشیه دریاچه ارومیه به دلیل ریز دانه بودن رسوبات آبرفتی لایه آبدار و ضخامت کم آن، قابلیت انتقال لایه آبدار کمتر از ۱۰۰ متر مربع در روز برآورد شده است (گزارش آب منطقه‌ای استان آذربایجان‌شرقی ۱۳۸۵).

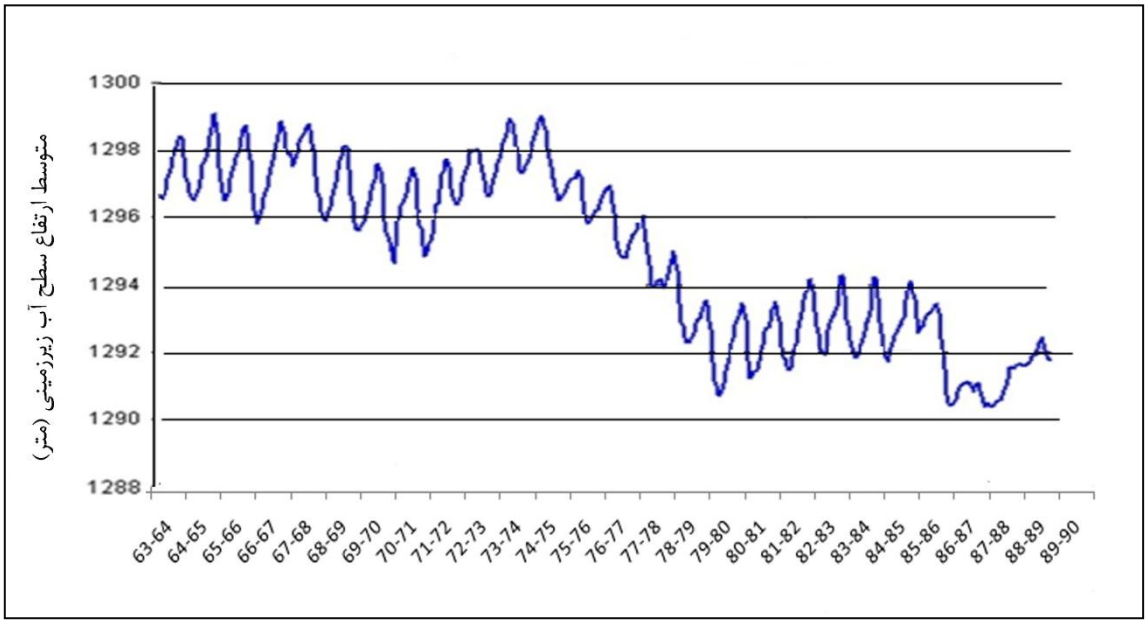
پتانسیل قابل توجه لایه آبدار در قسمت‌های مرکزی دشت، باعث حفر بی‌رویه چاه‌ها در مناطق مذکور شده و برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی در این منطقه باعث شده است که سطح آب زیرزمینی در طی ۲۰ سال یعنی از سال ۱۳۶۰ تا سال ۱۳۸۰، حدود ۶ متر افت داشته باشد (شکل ۴-۲).

ب- هیدروگراف واحد دشت عجب‌شیر

بر اساس داده‌های اخذ شده از آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی مشخص گردید که در دشت عجب‌شیر تعداد ۳۹ حلقه چاه پیزومتری حفر گردیده است. از ۳۹ حلقه چاه پیزومتری حفر شده در دشت عجب‌شیر ۱۵ حلقه چاه پیزومتری دارای سنوات آماری مشابه بوده، بنابراین با استفاده از آمار ماهانه سطح آب این ۱۵ حلقه چاه در فاصله زمانی بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ هیدروگراف واحد

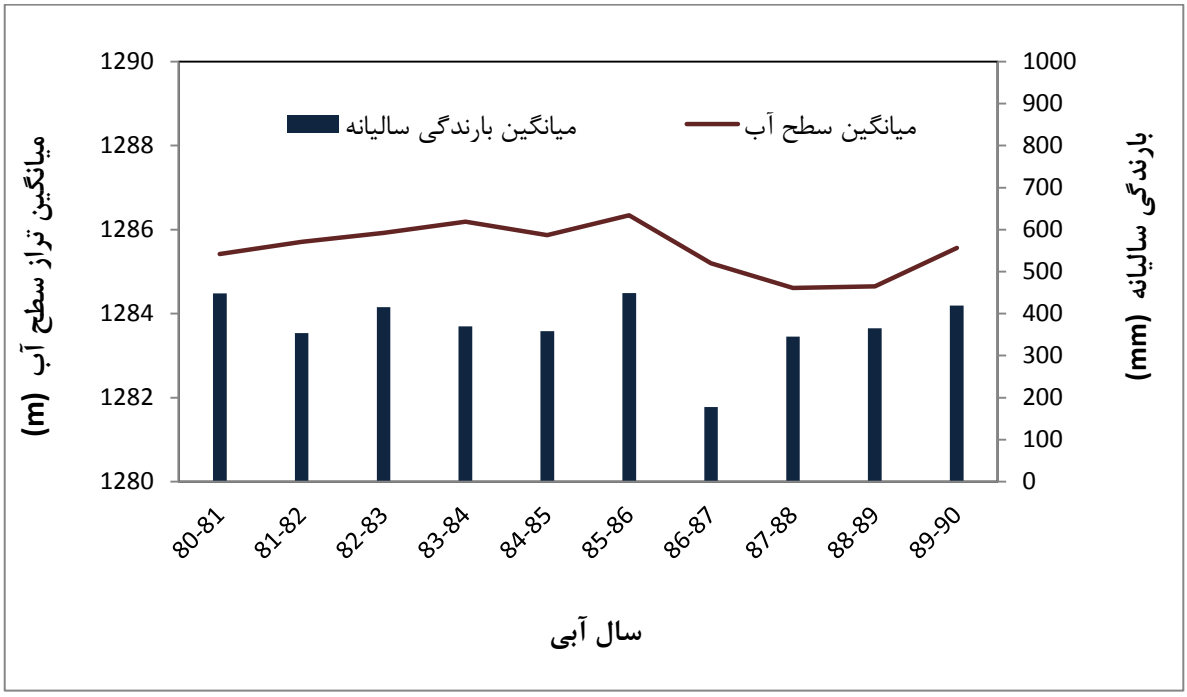
آبخوان آبرفتی دشت عجب‌شیر ترسیم شد (شکل ۴-۳).

در هیدروگراف ترسیم شده تغییرات سطح ایستابی با بارندگی دشت هم سو است. تراز آب زیرزمینی دشت در سال ۱۳۸۰ برابر با ۱۲۸۵/۴۲ متر بود که در سال ۱۳۹۰ به مقدار ۱۲۸۵/۵۶ رسیده است. شیب نمودار سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی دشت در بازه زمانی ۸۱-۸۰ تا ۸۸-۸۷ برابر با ۰/۰۸۶- است که نشان‌دهنده روند کاهشی بسیار ناچیز سطح ایستابی در بازه زمانی مزبور است. شیب این نمودار در بازه زمانی بعد از سال آبی ۸۸-۸۷ به عدد ۰/۴۷۴ رسیده است که نشان‌دهنده روند تقریباً افزایشی سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در دشت عجب‌شیر در این بازه زمانی است.



شکل ۴-۲- هیدورگراف واحد دشت عجب‌شیر از سال ۱۳۶۳ تا سال ۱۳۸۹ (آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی)

میانگین بارندگی در بازه زمانی قبل از سال آبی ۸۸-۸۷ برابر با ۳۶۴ میلی‌متر و در بازه زمانی بعد از سال آبی ۸۸-۸۷ برابر با ۳۷۶ میلی‌متر است. ملاحظه می‌شود که میانگین بارندگی قبل و بعد از سال آبی ۸۸-۸۷ کم و بیش یکسان است. بنابراین، می‌توان این چنین اظهار نظر نمود که علت اصلی تغییر روند کاهش سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی قبل از سال آبی ۸۸-۸۷ به یک روند افزایشی بعد از سال آبی ۸۸-۸۷ به استفاده از آب سد و پمپاژ کمتر آب‌های زیرزمینی منطقه مربوط می‌شود.

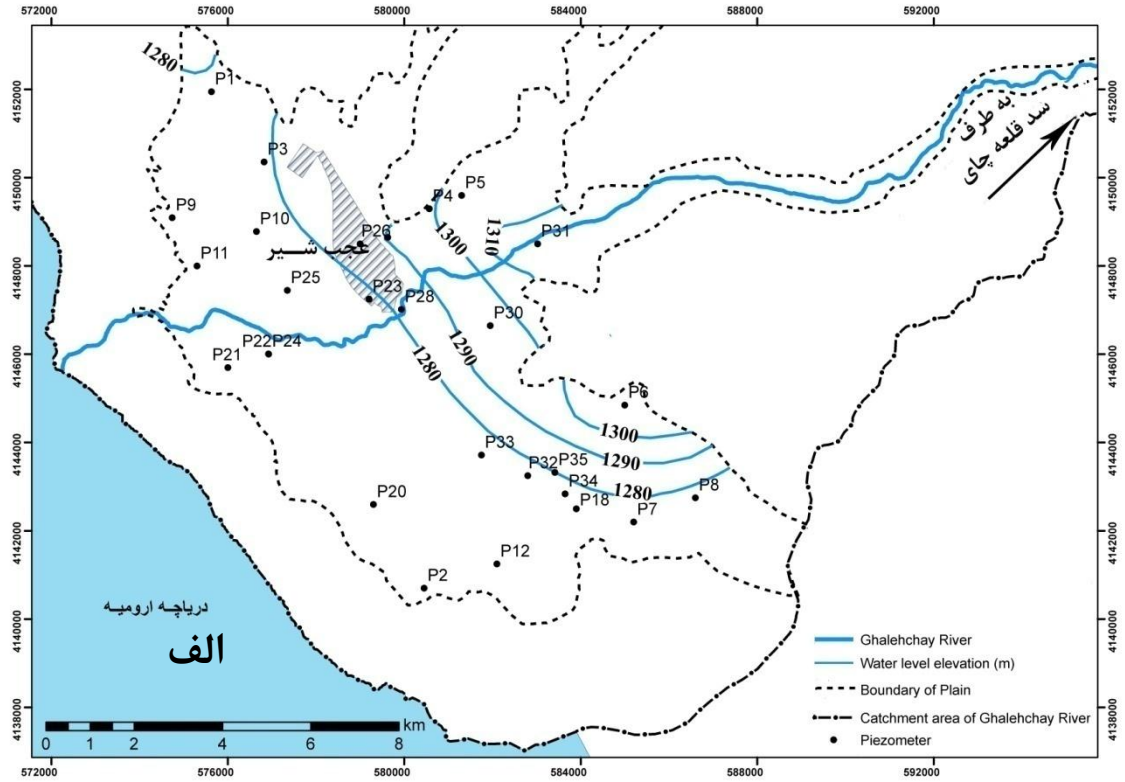


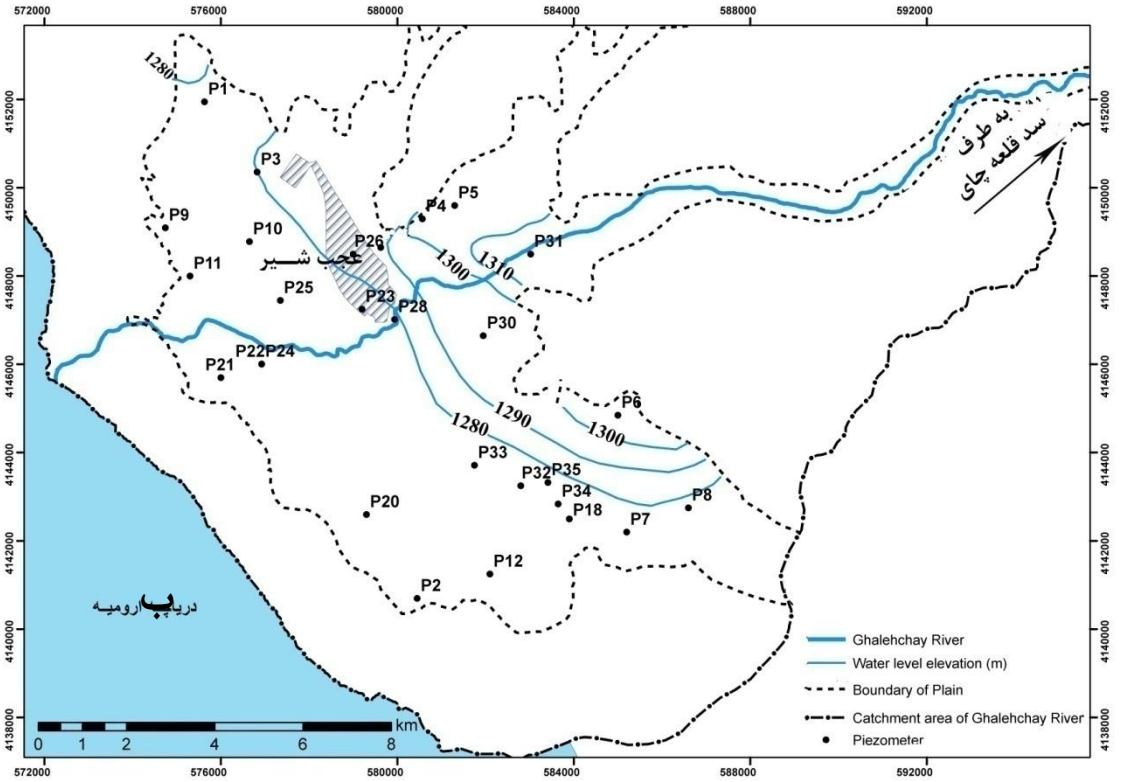
شکل ۴-۳- هیدروگرف واحد دشت عجب‌شیر از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۰

ج- نقشه‌های هم‌پتانسیل دشت عجب‌شیر

با استفاده از داده‌های تراز آب پیزومترها در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ اقدام به تهیه نقشه‌های هم‌پتانسیل دشت عجب‌شیر در دو مقطع زمانی اردیبهشت سال ۱۳۸۳ و اردیبهشت سال ۱۳۹۰ گردید (شکل ۴-۴). بعد از ترسیم نقشه خطوط هم‌پتانسیل دشت عجب‌شیر مشاهده گردید که در هر دو مقطع زمانی خطوط منحنی‌های هم‌تراز در این دشت دارای روند تقریبی شرقی- غربی بوده و جهت جریان آب زیرزمینی تابع شیب توپوگرافی سطح زمین، از ارتفاعات شمالی به سمت نواحی پست دریاچه ارومیه می‌باشد.

رقوم منحنی‌های تراز از ۱۲۷۴ متر در حاشیه دریاچه ارومیه تا ۱۳۱۰ متر در زمین‌های شمالی مخروط‌افکنه خانیان متغیر می‌باشد. مطابق نقشه‌های هم‌پتانسیل ترسیم شده در آبخوان آبرفتی دشت عجب‌شیر، ارتفاعات شمالی تغذیه‌کننده اصلی آبخوان بوده و خروجی آبخوان دریاچه ارومیه می‌باشد و با مقایسه نقشه‌های هم‌پتانسیل ماه اردیبهشت مربوط به سال‌های ۱۳۸۳و ۱۳۹۰، ملاحظه می‌شود که روند عمومی جریان آب زیرزمینی و همچنین بار هیدرولیکی آبخوان در این بازه زمانی تغییر محسوسی نکرده است. در هر حال در ناحیه I تا حدودی شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی افزایش پیدا





شکل ۴-۴- الف: نقشه هم‌پتانسیل اردیبهشت ۱۳۸۳ ب: نقشه هم‌پتانسیل اردیبهشت ۱۳۹۰

کرده است که دلیل آن بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی در این ناحیه به دلیل استفاده از آب سد قلعه‌چای است.

د- ارزیابی تغییرات تراز آب در دشت عجب‌شیر

به منظور ارزیابی تاثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر روی کمیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر، از داده‌های پیزومترهای ذکر شده در جدول (۳-۱) در دوره آماری ده ساله از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۰ استفاده شد.

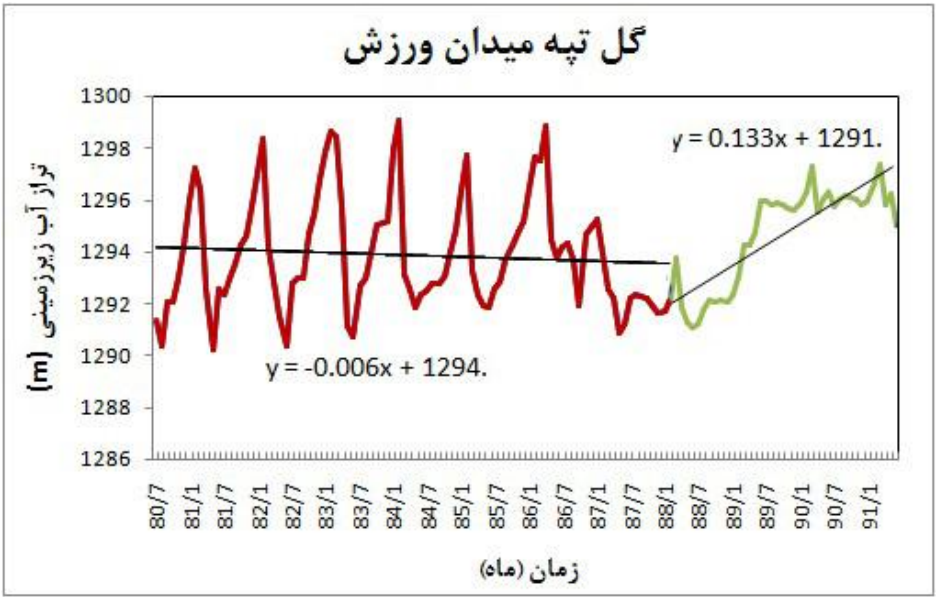
در مرحله اول هیدروگراف ماهانه پیزومترها ترسیم شده و شیب خط در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد (زمان بهره‌برداری از سد اردیبهشت ۱۳۸۸) تعیین گردید. نتایج حاصله در جدول (۴-۱) آورده شده است. همان طور که در جدول نشان داده شده است تقریباً شیب اکثر پیزومترها، در قبل از بهره‌برداری سد منفی بوده که نشان‌دهنده روند کاهشی تراز آب در پیزومترها است. بعد از بهره‌برداری سد پیزومترهای منطقه بر اساس روند تغییرات سطح آب زیرزمینی به سه گروه قابل تقسیم هستند (جدول ۴-۱).

گروه اول، پیزومترهایی هستند که روند تغییرات سطح آب آن‌ها از حالت کاهشی به حالت افزایشی تغییر سو داده‌اند (شیب مثبت شده است) و یا اینکه به طور کلی روند افزایشی داشته‌اند. برای مثال مانند پیزومتر گل‌تپه میدان ورزش که شیب آن در سال‌های قبل از بهره‌برداری سد برابر با ۰/۰۰۶- بوده که نشان‌دهنده روند کاهشی تراز آب در این پیزومتر است ولی بعد از بهره‌برداری سد شیب آن به ۰/۱۳۳ رسیده است که نشان‌دهنده تغییر روند تراز آب پیزومتر از حالت کاهشی به حالت افزایشی است (شکل ۴-۵). از میان پیزومترهای این گروه، پیزومترهای خانیان باغ اکبرزاده و خانیان روبروی پادگان تقریباً در مجاورت نهرهای انتقال آب سد قلعه‌چای به زمین های آغجه‌اوبه و پیش‌رباط واقع شده‌اند و برداشت از این دو نهر انتقال آب باعث افزایش سطح آب در پیزومترها شده است در مورد پیزومترهای گل‌تپه ورجنق و گل‌تپه میدان ورزش نیز این پیزومترها در مجاورت نهر انتقال آب به رازیان واقع شده‌اند که تأثیرات مثبت این انتقال آب بر روی تراز آب زیرزمینی در این دو پیزومتر مشهود است. به طور کلی پیزومترهای این گروه به دلیل بهره‌مندی از آب سد و کاهش پمپاژ چاه‌های

جدول ۴-۱- شیب هیدروگراف پیزومترها در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد

نام گروه	شماره پیزومتر ها	نام پیزومتر ها	شیب هیدروگراف	
			قبل از بهره برداری سد	بعد از بهره برداری سد
گروه اول	P1	آغجه اوبه	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
	P2	شیشوان میدان ورزش	-۰/۰۱۴	۰/۰۶۰
	P3	شیشوان باغ عظیمی	-۰/۰۵۷	۰/۰۸۳
	P4	خانیان باغ اکبرزاده	-۰/۱۵۴	۰/۰۹۳
	P5	خانیان روبروی پادگان	-۰/۰۱۱	۰/۰۲۱
	P6	گل تپه ورجنق	-۰/۰۳۳	۰/۰۱۴
	P7	گل تپه میدان ورزش	-۰/۰۰۶	۰/۱۳۳
	P8	خضرلو - راه آهن	-۰/۰۰۵	۰/۱۳۰
	P9	خضرلو روبروی ایستگاه	۰/۰۰۲	۰/۰۲۲
	P10	نبرین - جنب سردخانه	-۰/۰۹۷	۰/۰۳۴
	P11	نبرین جاده ده قبرستان (قدیم)	-۰/۰۴۵	۰/۱۱۲
	P12	نانسا	۰/۰۲۷	۰/۰۷۴
	P13	نانسا جنب چاه آب و فاضلاب	-۰/۰۹۶	۰/۱۰۹
	P14	شیراز	۰/۰۰۰	۰/۰۵۱
	P15	شیشوان	-۰/۰۰۷	۰/۰۵۷
	P16	شیشوان سفره آزاد	-۰/۱۴۰	۰/۱۰۶
گروه دوم	P17	جاده قدیم آغجه اوبه	-۰/۱۱۵	-۰/۰۱۴
	P18	دانالو گوروق دره	-۰/۰۳۴	-۰/۰۰۶
	P19	دانالو جنب تصفیه خانه	-۰/۱۱۳	۰/۰۰۰
گروه سوم	P20	دانالو ۱	۰/۰۰۰	-۰/۰۱۸
	P21	رازیان	۰/۰۱۷	-۰/۰۱۴
	P22	پسیان	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۲
میانگین			**-۰/۰۴**	**۰/۰۵**

زمین های مجاور نرخ افزایشی داشته‌اند.

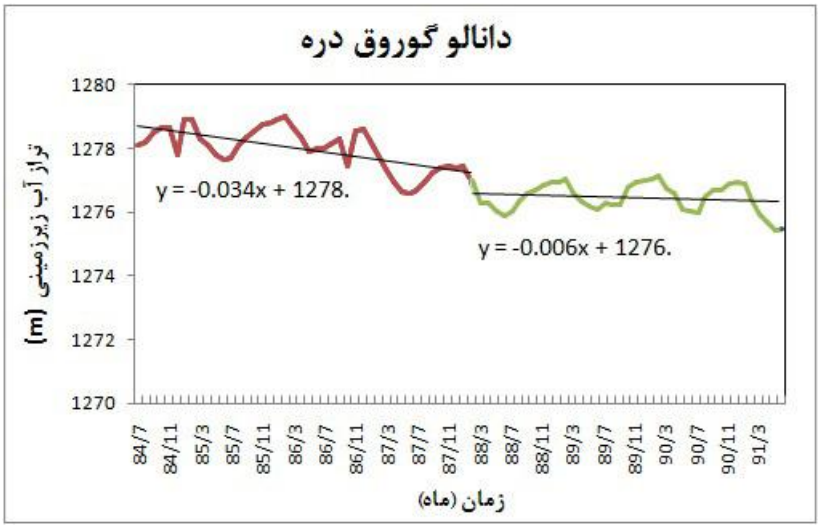


شکل ۴-۵- شیب هیدروگراف پیزومتر گل‌تپه میدان ورزش قبل و بعد از بهره برداری سد

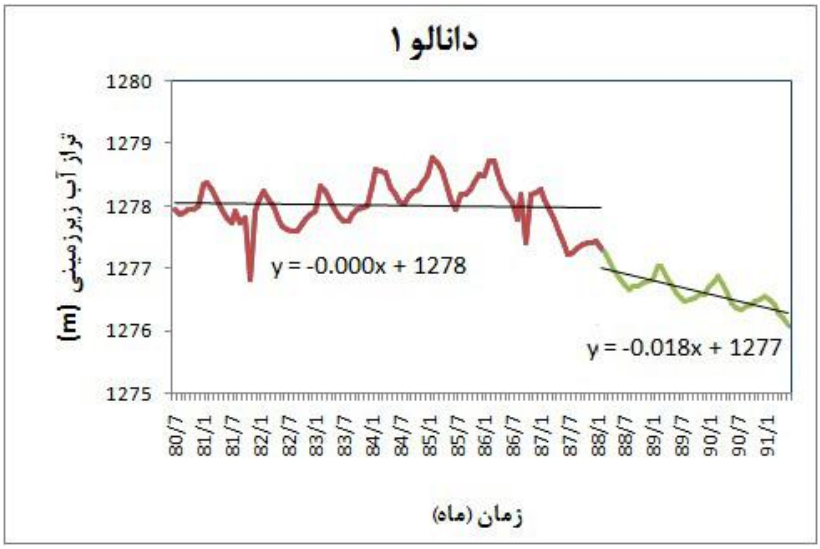
پیزومترهای گروه دوم، پیزومترهایی هستندکه نرخ کاهش تراز آب در آن‌ها در سال‌های بعد از بهره‌برداری سد تقلیل یافته است و شامل پیزومترهای دانالو گوروق دره، دانالو جنب تصفیه‌خانه و جاده قدیم آغجه‌اوبه می‌باشد. برای مثال پیزومتر دانالو گوروق‌دره که شیب آن در سال‌های قبل از بهره‌برداری سد برابر با ۰/۰۳۴- بوده و بعد از بهره‌برداری سد به ۰/۰۰۶- کاهش یافته است (شکل ۴-۶)، این موضوع بیانگر این است که با وجود این‌که بعد از بهره‌برداری سد روند پیزومتر هنوز هم کاهشی است ولی شدت این روند کاهشی نسبت به سال‌های قبل از بهره‌برداری سد کم‌تر شده است. این سه پیزومتر از لحاظ موقعیت تقریباً در قسمت غربی شهر عجب‌شیر واقع شده‌اند.

گروه سوم، پیزومترهایی را شامل می‌شود که نرخ کاهش سطح آب در آن‌ها بعد از بهره‌برداری سد بیشتر شده است. این گروه شامل پیزومترهای دانالو ۱، رازیان، و پسیان است برای مثال پیزومتر دانالو ۱، که شیب آن در سال‌های قبل از بهره‌برداری سد برابر با ۰/۰۰۰ بوده و بعد از بهره‌برداری سد، شیب آن به ۰/۰۱۸- کاهش یافته است (شکل ۴-۷). در مورد پیزومتر رازیان شیب این پیزومتر در قبل از بهره‌برداری سد مثبت بوده است که نشان‌دهنده روند افزایشی این پیزومتر بوده است ولی بعد از بهره‌برداری سد این شیب روند نزولی به خود گرفته است. دلیل بیشتر شدن نرخ کاهشی سطح آب در

پیزومترهای گروه سوم را می‌توان بر اساس موقعیت این پیزومترها در دشت عجب‌شیر توضیح داد. این پیزومترها تقریباً در قسمت انتهایی دشت واقع شده‌اند و همان طور که قبلاً اشاره گردید در این قسمت از دشت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی بالا بوده که بر اثر پمپاژ چاه‌ها سطح آب زیرزمینی در این منطقه پایین آمده است و از آنجا که این محدوده از لحاظ اختصاص آب سد قلعه‌چای در ناحیه III واقع شده است لذا افت سطح آب زیرزمینی حتی بعد از بهره‌برداری سد نیز ادامه داشته است.



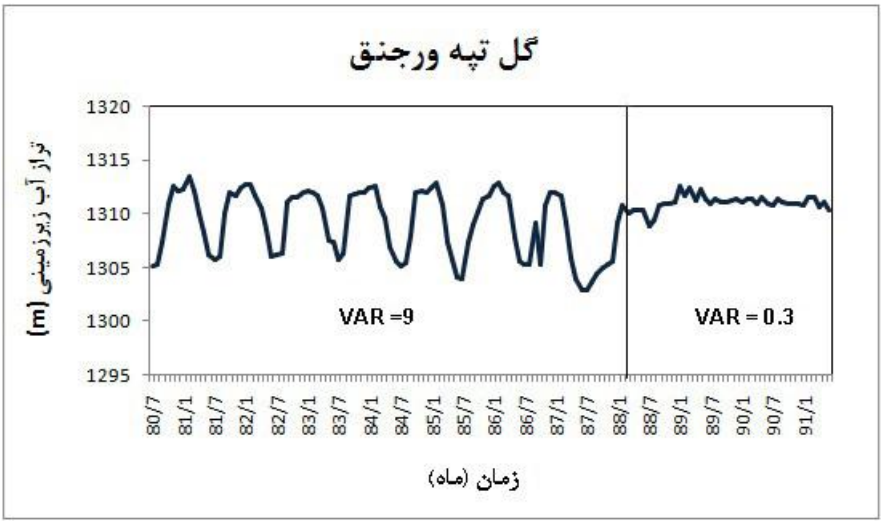
شکل ۴-۶- شیب هیدروگراف پیزومتر دانالو گوروق‌دره قبل و بعد از بهره برداری سد



شکل ۴-۷- شیب هیدروگراف پیزومتر دانالو ۱ قبل و بعد از بهره برداری سد

در ادامه به منظور تعیین تغییرات تراز آب زیرزمینی، پارامتر آماری واریانس و اختلاف تراز آب پیزومترها در اردیبهشت ۸۸ با اردیبهشت ۹۱ برای تمامی پیزومترهای دشت در قبل و بعد از بهره‌برداری سد محاسبه گردید.

از آنجا که با استفاده از پارامتر آماری واریانس می‌توان پراکندگی داده‌ها را از میانگین داده‌ها به دست آورد، واریانس تراز آب زیرزمینی پیزومترها در دو بازه زمانی قبل و بعد از بهره‌برداری سد محاسبه گردید (جدول ۴-۲). همان طور که در جدول اشاره شده است، تقریباً مقدار واریانس همه پیزومترها بعد از بهره‌برداری سد کاهش یافته است. به عنوان مثال واریانس تراز آب زیرزمینی پیزومتر گل‌تپه ورجنق در قبل از بهره‌برداری سد برابر با ۹ بوده که بعد از بهره‌برداری سد به ۰/۳ رسیده است (شکل ۴-۸). به دلیل اینکه بعد از بهره‌برداری سد در فصول زراعی آب سد قلعه‌چای در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد، در نتیجه تغییرات سالیانه تراز آب پیزومترها کاهش یافته و به موجب آن پارامتر آماری واریانس تراز آب پیزومترها نیز کاهش می‌یابد. به منظور مقایسه میزان تغییرات تراز آب زیرزمینی در کل دشت عجب‌شیر، میانگین واریانس تمامی پیزومترهای موجود در دشت، در بازه زمانی قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای محاسبه گردید. میانگین واریانس تراز آب در قبل از بهره‌برداری سد برابر با ۲/۸ و بعد از بهره‌برداری سد برابر با ۱/۱ به دست آمد. با مقایسه این دو مقدار مشخص گردید که بعد از بهره‌برداری سد واریانس کاهش داشته است و این کاهش نشان‌دهنده تأثیر غیرمستقیم بهره‌برداری از سد قلعه‌چای به واسطه کاهش پمپاژ از چاه‌ها و بهره‌برداری اصولی از آب‌های سطحی در دشت عجب شیر است.



شکل ۴-۸- واریانس تراز آب پیزومتر گل‌تپه ورجنق قبل و بعد از بهره‌برداری سد

جدول ۴-۲- واریانس تراز آب زیرزمینی قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای

شماره پیزومترها	نام پیزومترها	واریانس تغییرات تراز آبهای زیرزمینی	
		قبل از بهرهبرداری سد	بعد از بهرهبرداری سد
P1	آغجه اوبه	۱/۱	۰/۵
P2	شیشوان میدان ورزش	۴/۱	۰/۷
P3	شیشوان باغ عظیمی	۵/۹	۱/۶
P4	خانیان باغ اکبرزاده	۱/۹	۲/۶
P5	خانیان روبروی پادگان	۱/۶	۰/۷
P6	گل تپه ورجنق	۹	۰/۳
P7	گل تپه میدان ورزش	۴/۷	۲/۶
P8	خضرلو - راه آهن	۲/۵	۳/۷
P9	خضرلو روبروی ایستگاه	۱/۳	۰/۲
P10	نبرین - جنب سردخانه	۹/۱	۰/۲
P11	نبرین جاده ده قبرستان (قدیم)	۱/۵	۴/۳
P12	نانسا	۱/۵	۱/۱
P13	نانسا جنب چاه آب و فاضلاب	۲/۵	۱/۸
P14	شیراز	۲/۵	۰/۶
P15	شیشوان	۱/۱	۱/۱
P16	شیشوان سفره آزاد	۵/۵	۱/۵
P17	جاده قدیم آغجه اوبه	۱/۹	۰/۳
P18	دانالو گوروق دره	۰/۷	۰/۲
P19	دانالو جنب تصفیه خانه	۱/۸	۰/۴
P20	دانالو ۱	۰/۲	۰/۰
P21	رازیان	۱/۱	۰/۸
P22	پسیان	۰/۱	۰/۰
میانگین واریانس		**۲/۸**	**۱/۱**

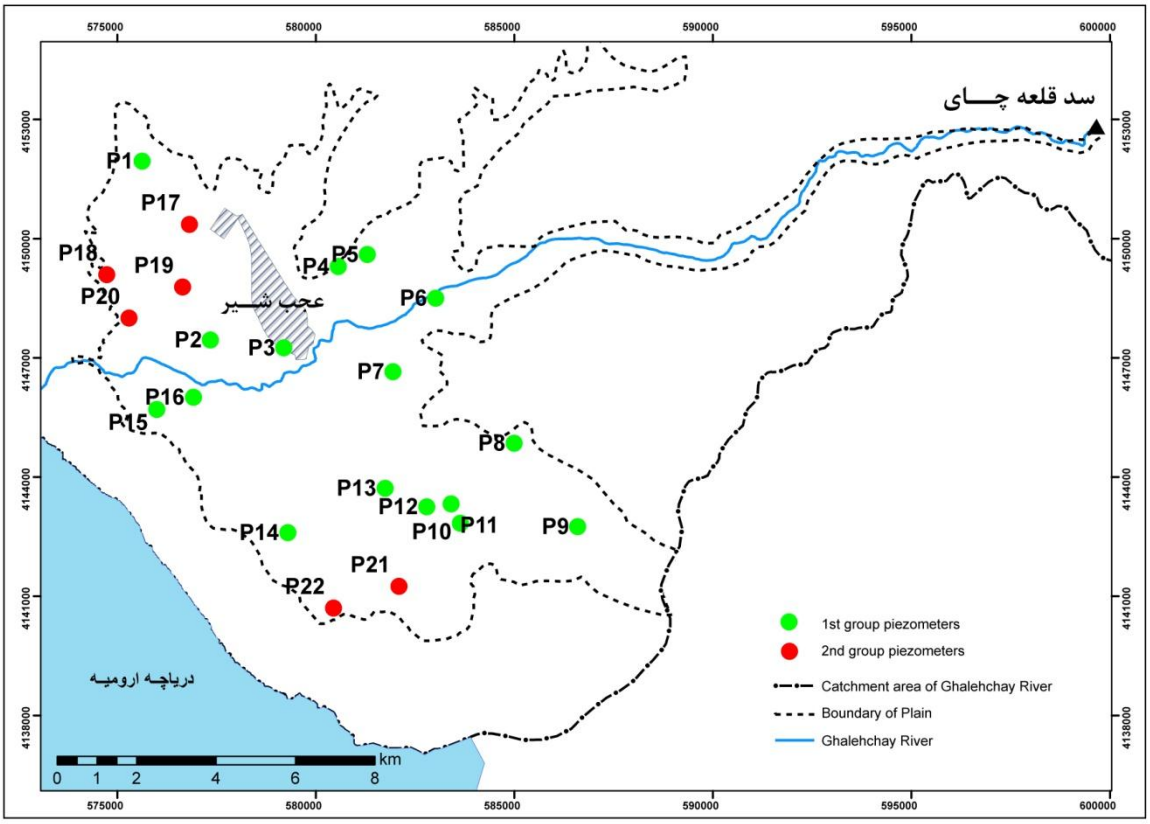
جهت مقایسه تراز آب زیرزمینی بعد از بهره‌برداری سد، تراز آب هر پیزومتر در اردیبهشت ماه ۱۳۸۸ (زمان بهره‌برداری از سد قلعه‌چای) با تراز آب اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ (سه سال بعد از بهره‌برداری سد) مقایسه گردید و اختلاف این دو مقدار به دست آمد، مقادیر محاسبه شده در جدول (۴-۳) ذکر گردید. براساس این مقادیر، پیزومترها به دو گروه تقسیم شدند. با توجه به نتایج مندرج در جدول (۴-۳) ملاحظه می‌شود که در محدوده ۱۶ پیزومتر گروه اول سطح آب زیرزمینی بعد از بهره‌برداری سد بالا رفته است. مقدار افزایش سطح آب زیرزمینی برای این پیزومترها از ۰/۳تا ۴/۶ متر متغیر می‌باشد. لازم به ذکر است که این گروه از پیزومترها عمدتاً در بخش‌های بالایی و مرکزی دشت واقع شده‌اند و سهم نسبتاً بیشتری از آب سد به آن‌ها اختصاص داده شده است. گروه دوم شامل پیزومترهایی می‌شود که اختلاف تراز آب اردیبهشت ماه سال۱۳۸۸ با اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۱ مقدار منفی به دست آمده است که این مقدار منفی نشان دهنده افت سطح آب زیرزمینی در محدوده این پیزومترها می‌باشد. لازم به یادآوری است که اگر چه سطح آب بعد از بهره‌برداری سد قلعه چای در پیزومترهای گروه دوم کاهش پیدا کرده است، ولی همان طور که در جدول (۴-۲) اشاره شد برای تمام این پیزومترها تغییرات سطح آب بعد از بهره‌برداری سد در مقایسه با قبل از بهره‌برداری به طور مشخصی کاهش یافته است. پیزومترهای گروه دوم در قسمت‌های انتهایی دشت (نزدیک به دریاچه ارومیه) واقع شده‌اند و با توجه به این که، این قسمت از دشت به لحاظ اختصاص آب سد قلعه‌چای در درجه سوم اولویت است بنابراین این کاهش تراز آب زیرزمینی را می‌توان به دلیل ادامه بهره‌برداری بیش از حد آب‌های زیرزمینی در این ناحیه دانست. موقعیت پیزومترهای این دو گروه در شکل (۴-۹) نشان داده شده است.

به منظور بررسی تغییرات تراز آب زیرزمینی در کل دشت، متوسط سطح آب زیرزمینی در کل دشت در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ بدست آمد و نمودار مربوطه ترسیم گردید. با توجه به نمودار، نوسانات سطح آب زیرزمینی در سال‌های قبل از بهره‌برداری سد قلعه‌چای بسیار منظم بوده به طوری که در قبل از بهره‌برداری سد، در هر سال آبی از ماه‌های آبان تا اردیبهشت سطح آب در پیزومترها روند

جدول ۴-۳- اختلاف تراز آب زیرزمینی اردیبهشت ۸۸ با اردیبهشت ۹۱

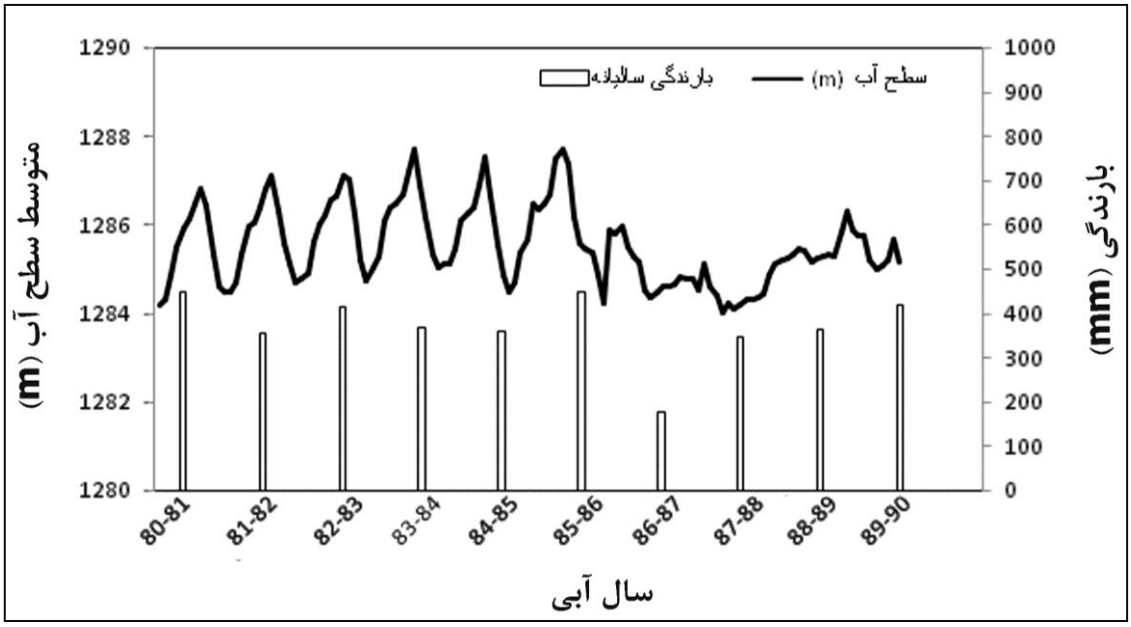
نام گروه	شماره پیزومتر ها	نام پیزومتر ها	تراز سطح آب زیرزمینی (متر)		اختلاف تراز آب اردیبهشت ۸۸ و اردیبهشت ۹۱ (متر)
			اردیبهشت ۸۸	اردیبهشت ۹۱	
گروه اول	P1	آغجه اوبه	۱۲۸۷/۷۵	۱۲۸۹/۰۲	۱/۳
	P2	شیشوان میدان ورزش	۱۲۷۳/۶۰	۱۲۷۵/۳۲	۱/۷
	P3	شیشوان باغ عظیمی	۱۲۷۵/۱۹	۱۲۷۷/۶۴	۲/۵
	P4	خانیان باغ اکبرزاده	۱۳۰۷/۱۳	۱۳۱۰/۹۱	۳/۸
	P5	خانیان روبروی پادگان	۱۳۰۵/۶۰	۱۳۰۵/۸۹	۰/۳
	P6	گل تپه ورجنق	۱۳۱۰/۸۳	۱۳۱۱/۵۶	۰/۷
	P7	گل تپه میدان ورزش	۱۲۹۲/۲۱	۱۲۹۶/۷۵	۴/۵
	P8	خضرلو - راه آهن	۱۳۰۳/۶۳	۱۳۰۷/۱۵	۳/۵
	P9	خضرلو روبروی ایستگاه	۱۲۷۷/۶۸	۱۲۷۸/۳۳	۰/۶
	P10	نبرین - جنب سردخانه	۱۲۷۳/۸۳	۱۲۷۴/۵۷	۰/۷
	P11	نبرین جاده ده قبرستان (قدیم)	۱۲۷۰/۴۴	۱۲۷۲/۹۴	۲/۵
	P12	نانسا	۱۲۷۳/۳۷	۱۲۷۵/۶۰	۲/۲
	P13	نانسا جنب چاه آب و فاضلاب	۱۲۶۷/۸۰	۱۲۷۰/۷۰	۲/۹
	P14	شیراز	۱۲۶۹/۳۷	۱۲۷۱/۵۷	۲/۲
	P15	شیشوان	۱۲۷۲/۴۹	۱۲۷۴/۸۶	۲/۴
	P16	شیشوان سفره آزاد	۱۲۶۸/۹۵	۱۲۷۳/۵۹	۴/۶
گروه دوم	P17	جاده قدیم آغجه اوبه	۱۲۸۱/۹۲	۱۲۸۰/۶۹	-۱/۲
	P18	دانالو گوروق دره	۱۲۷۷/۰۱	۱۲۷۶/۴۰	-۰/۶
	P19	دانالو جنب تصفیه خانه	۱۲۷۳/۷	۱۲۷۳/۵۶	-۰/۱
	P20	دانالو ۱	۱۲۷۷/۳۳	۱۲۷۶/۴۸	-۰/۸
	P21	رازیان	۱۲۷۲/۶۷	۱۲۷۲/۵	-۰/۲
	P22	پسیان	۱۲۷۴/۸۴	۱۲۷۴/۶۱	-۰/۲

صعودی داشته و در ماه‌های بعد روند نزولی داشته است، اما بعد از بهره‌برداری سد این نوسانات تقریباً از بین رفته است و میزان این تغییرات کاهش یافته است (شکل ۴-۱۰). همان طور که شکل مذکور نشان می‌دهد تغییرات سطح آب زیرزمینی بعد از بهره‌برداری سد در مقایسه با قبل از بهره‌برداری سد به طور محسوسی کم شده است. این کاهش نوسانات را می‌توان به بهره‌برداری از سد قلعه‌چای و کاهش استفاده از آب‌های زیرزمینی در دشت نسبت داد.



شکل ۴-۹- موقعیت پیزومترهای دشت عجب‌شیر

همچنین به منظور مقایسه روند کلی تراز آب زیرزمینی در دشت عجب‌شیر، شیب این نمودار در هر دو بازه زمانی قبل و بعد از بهره‌برداری سد محاسبه گردید. شیب این نمودار در قبل از بهره‌برداری سد برابر با ۰/۰۰۸ و در بازه زمانی بعد از بهره‌برداری سد برابر با ۰/۰۱۲ به دست آمد، با مقایسه این دو مقدار مشخص گردید که روند عمومی سطح متوسط آب زیرزمینی در دشت بعد از بهره‌برداری از سد حالت افزایشی دارد.



شکل ۴-۱۰- نوسانات متوسط سطح آب زیرزمینی کل دشت در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰

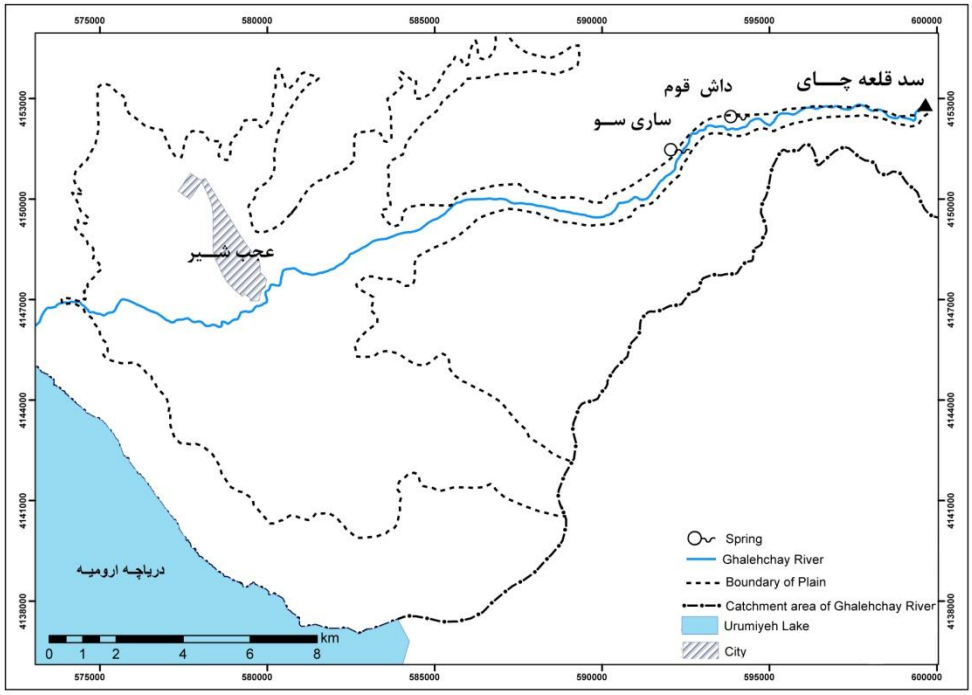
۴-۲-۳- ارزیابی تأثیرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر آبدهی چشمه‌ها

بر اساس داده‌های آماربرداری سال ۱۳۸۷، در زمان آماربرداری تعداد ۶۹ دهنه چشمه در منطقه گزارش شده است که تعداد ۶۴ دهنه از این چشمه‌ها در هنگام آماربرداری جاری بوده‌اند و ۵ دهنه چشمه نیز خشک گزارش شده است. طبق این آماربرداری ۳۱ دهنه از چشمه‌ها از نوع همبری[۱]، ۲۴ دهنه چشمه از نوع زهکش طبیعی[۲]، ۷ دهنه از نوع درز و گسلی[۳] و ۷ دهنه چشمه کارستی[۴] هستند. به دلیل اینکه آبدهی دو چشمه ساری‌سو و داش‌قوم از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ موجود است، میانگین آبدهی این دو چشمه در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای مورد بررسی قرار گرفت. در مورد چشمه ساری‌سو میانگین دبی حداقل آن از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۰ برابر با ۲۵ لیتر در ثانیه و دبی حداکثر آن نیز ۴۷ لیتر در ثانیه است. چشمه داش‌قوم نیز که در کف رودخانه قلعه‌چای واقع شده است، دبی حداقل این چشمه ۱/۵ لیتر در ثانیه و دبی حداکثر آن نیز ۱۶/۶ لیتر در ثانیه است. این چشمه‌ها در روستای گنبد واقع شده‌اند، موقعیت این چشمه‌ها در شکل (۴-۱۱) نشان داده شده است.

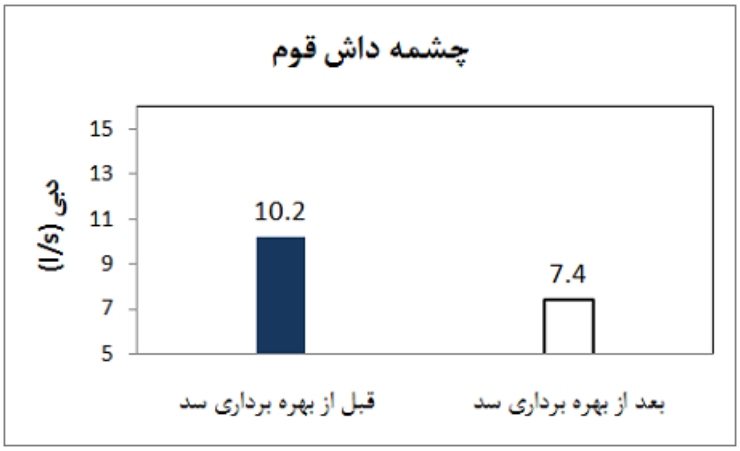
[1] Contact Spring
[2] Seepage Spring
[3] Fault Spring
[4] Karst Spring

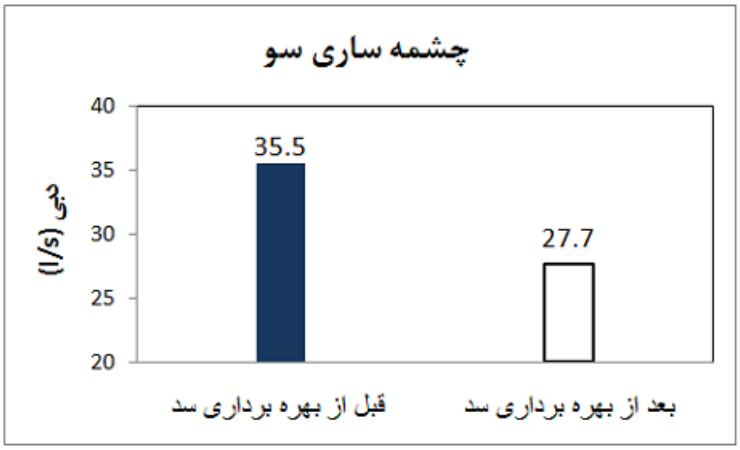
با مقایسه میانگین آبدهی سالیانه این چشمه‌ها در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای مشخص می‌گردد که آبدهی چشمه‌ها در سال‌های بعد از بهره‌برداری سد (از اردیبهشت سال ۸۸ به بعد)، کاهش یافته است. به طوری که میانگین آبدهی چشمه ساری‌سو در سال‌های قبل از بهره‌برداری سد حدود ۳۵/۵ لیتر در ثانیه و در سال‌های بعد از بهره‌برداری سد به ۲۷/۷ لیتر در ثانیه رسیده است. در مورد چشمه داش‌قوم نیز آبدهی چشمه در قبل از سال ۸۸ برابر با ۱۰/۲ لیتر در ثانیه بوده که بعد از بهره‌برداری سد به ۷/۴ لیتر در ثانیه کاهش یافته است (شکل ۴-۱۲).

با توجه به اینکه این چشمه‌ها در ناحیه I دشت واقع شده‌اند و چون در این ناحیه صد در صد آب مورد نیاز کشاورزان از آب‌های سطحی تأمین می‌گردد، پس نمی‌توان این کاهش آبدهی چشمه‌ها را به تخلیه چاه‌ها نسبت داد، بلکه می‌توان نتیجه گرفت که بر اثر احداث سد جریان رودخانه به سمت پایین‌دست کاهش یافته و این امر باعث کاهش آبدهی این دو چشمه گردیده است و چون مقایسه میانگین بارندگی در بازه زمانی قبل و بعد از بهره‌برداری سد بیانگر این موضوع است که مقدار بارندگی در این بازه زمانی تغییر قابل توجهی نداشته است می‌توان این تغییر در آبدهی چشمه‌ها را به بهره‌برداری از سد نسبت داد.



شکل ۴-۱۱- موقعیت چشمه‌ها



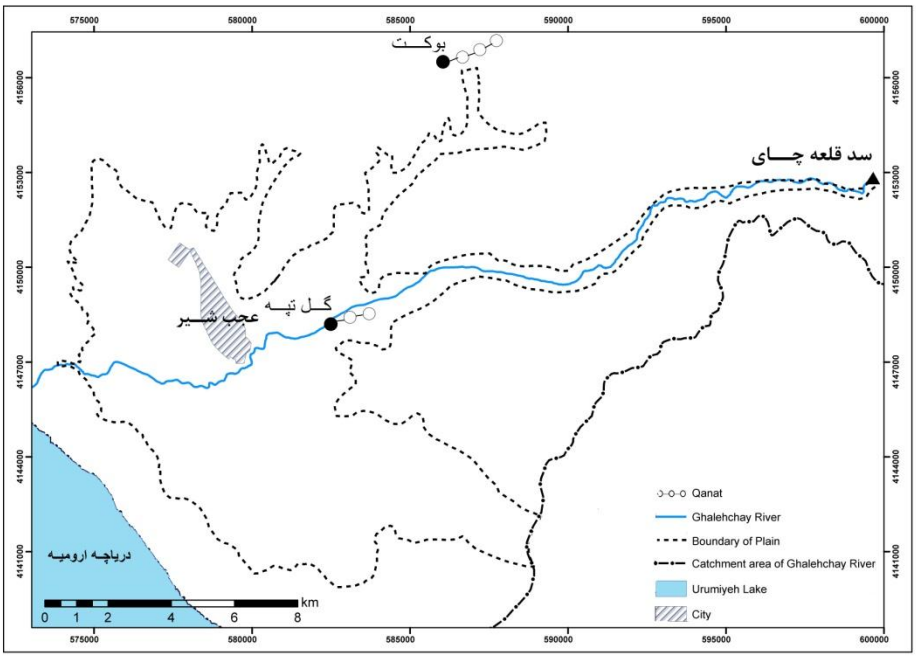


شکل ۴-۱۲- مقایسه آبدهی چشمه‌ها در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد

۴-۲-۴- ارزیابی تأثیرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر آبدهی قنات‌ها

بر اساس آماربرداری سال ۱۳۸۷ تعداد ۱۶ رشته قنات در منطقه موجود است که ۵ رشته از آن‌ها در هنگام آماربرداری خشک گزارش شده‌اند، از بین ۱۱ قنات دایر در منطقه فقط داده‌های آماری قنات-های بوکت و گل‌تپه از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۰ موجود است به همین دلیل به مقایسه داده‌های این دو قنات در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد پرداخته می‌شود.

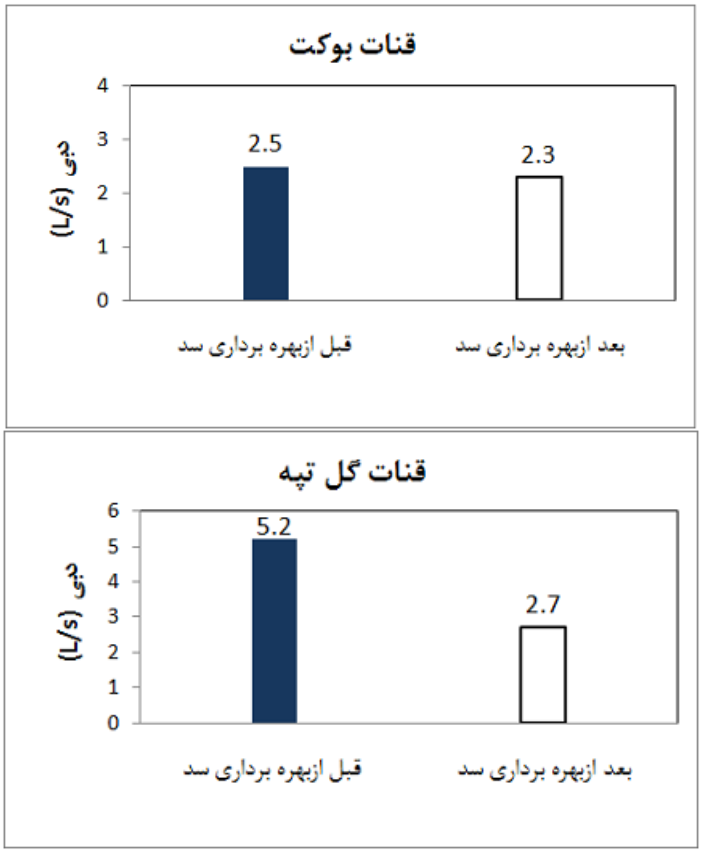
قنات بوکت در شمال‌شرق شهر عجب‌شیر در روستای بوکت واقع شده است. طول رشته اصلی این قنات حدود ۸۵۰ متر و عمق مادر چاه این قنات ۱۸ متر است. قنات گل‌تپه در روستای گل‌تپه در جنوب‌شرق شهر عجب‌شیر قرار گرفته است. طول رشته اصلی قنات گل‌تپه حدود ۱۵۰۰ متر و عمق مادر چاه آن برابر با ۱۲ متر است. موقعیت قنات‌های فوق‌الذکر در شکل (۴-۱۳) نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۳- موقعیت قنات‌های مورد مطالعه

با مقایسه آبدهی قنات بوکت در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد مشخص گردید که میانگین آبدهی قنات بوکت در سال‌های قبل از بهره‌برداری سد برابر با ۲/۵ لیتر در ثانیه و در سال‌های بعد از بهره‌برداری سد برابر با ۲/۳ لیتر در ثانیه است. همان طور که در شکل (۴-۱۴) مشاهده می‌گردد آبدهی قنات بوکت نسبت به زمان بهره‌برداری سد تغییر چندانی نداشته است. به دلیل اینکه قنات بوکت در ارتفاعات واقع شده است و هیچ ارتباطی بین سد و رودخانه قلعه‌چای و قنات مذکور وجود ندارد این عدم تغییر آبدهی قنات قابل توجیه است.

میانگین آبدهی قنات گل‌تپه در سال‌های قبل از بهره‌برداری سد برابر با ۵/۲ لیتر در ثانیه و میانگین آبدهی این قنات از سال ۱۳۸۸ به بعد برابر با ۲/۷ لیتر در ثانیه است. ملاحظه می‌گردد که آبدهی قنات گل‌تپه بعد از بهره‌برداری سد حدود ۴۸ درصد کاهش داشته است. با توجه به موقعیت قنات که تقریباً در مجاورت بستر رودخانه قلعه‌چای واقع شده است، بهره‌برداری از سد باعث کاهش جریان آب سطحی به سمت پایین‌دست رودخانه گردیده در نتیجه این امر، باعث کاهش آبدهی این قنات گردیده است. لازم به ذکر است که میانگین بارندگی سالیانه دشت در قبل و بعد از بهره‌برداری سد تغییر قابل توجهی نداشته است.



شکل ۴-۱۴- مقایسه آبدهی قنات‌ها در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد

۴-۳- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کیفیت آب‌های زیرزمینی

به منظور بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت عجب‌شیر به بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی مربوط به چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های موجود در دشت در بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۰ پرداخته و مقایسه‌ای از کیفیت منابع آب در قبل و بعد از بهره‌برداری سد به عمل آمد.

۴-۳-۱- معرفی خصوصیات کیفی دشت عجب‌شیر

الف- هدایت الکتریکی دشت عجب‌شیر

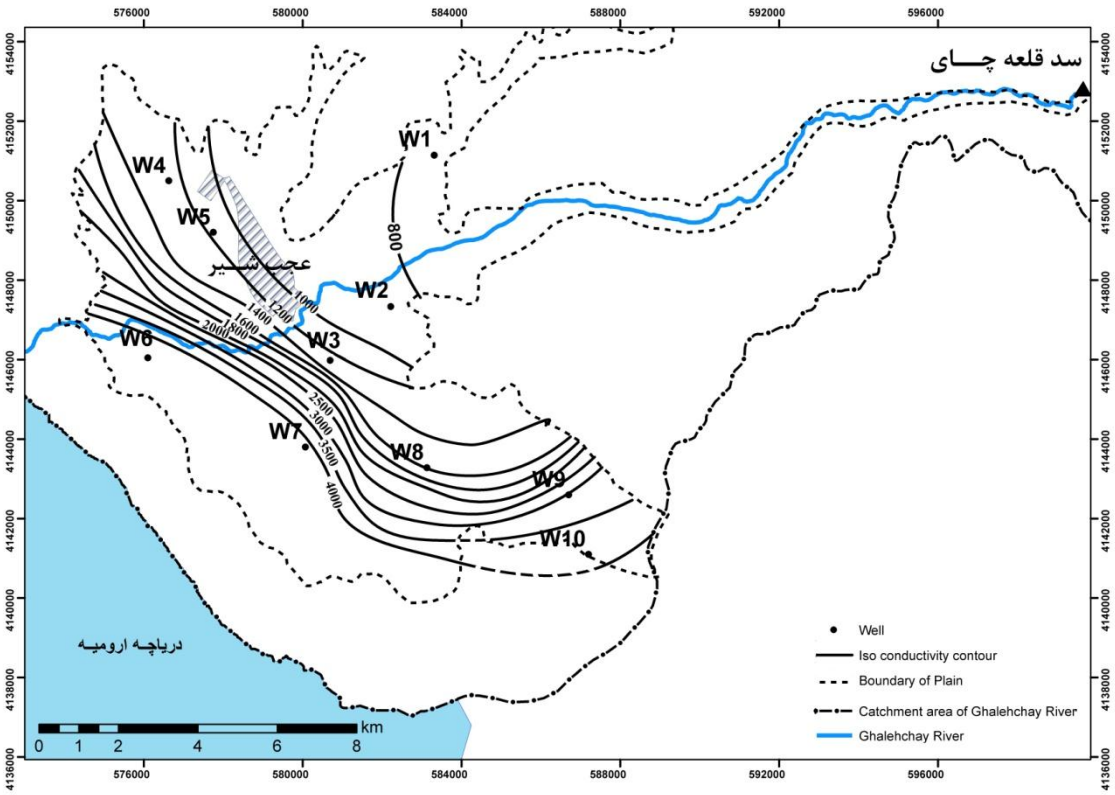
به منظور تهیه نقشه هدایت الکتریکی دشت عجب‌شیر از مقادیر هدایت الکتریکی ده حلقه چاه در سال ۱۳۹۰ استفاده شده است (جدول ۴-۴ و شکل ۴-۱۵). مطابق نقشه هدایت الکتریکی ترسیم شده، شوری آب زیرزمینی در قسمت‌های بالایی دشت که مناطق تغذیه هستند کمتر از ۸۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد (این امر به دلیل مجاورت با ارتفاعات و تغذیه ناشی از ارتفاعات

می‌باشد). هدایت الکتریکی به سمت جنوب و حاشیه‌های دشت (مجاور دریاچه ارومیه) افزایش یافته به طوری که در اطراف شیشوان و شیراز هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی به بیش از ۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر رسیده است. به طور کلی روند افزایش هدایت الکتریکی در دشت عجب‌شیر تقریباً دارای روند شمال‌شرقی- جنوب‌غربی بوده و مقادیر آن همانگونه که ذکر شد از حدود۸۰۰ تا بیش از ۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغیر است. لازم به ذکر است که به دلیل افزایش شدید هدایت الکتریکی در قسمت‌های انتهایی دشت، فاصله کنتوری خطوط هدایت الکتریکی یکسان نبوده و از ۲۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در قسمت‌های بالایی دشت به ۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در قسمت‌های انتهایی دشت افزایش یافته است. با این وجود باز هم تراکم خطوط هدایت الکتریکی در قسمت‌های انتهایی دشت مشهود بوده که این امر بیانگر افزایش شدید هدایت الکتریکی در قسمت‌های انتهایی دشت است. با توجه به این افزایش، به نظر می‌رسد که در قسمت‌های انتهایی دشت (برای مثال اطراف روستاهای شیراز و شیشوان) به واسطه حضور رسوبات دریاچه‌ای ، میزان شوری آب زیرزمینی به طور چشمگیری افزایش یافته است.

با توجه به مقادیر هدایت الکتریکی در بخش‌های مختلف سفره دشت عجب‌شیر، این چنین به نظر می رسد که این دشت به لحاظ شوری آب می‌تواند به طور کلی به سه بخش طبقه‌بندی شود (جدول ۴-۵). بخش اول منطقه‌ای است که هدایت الکتریکی در آن کمتر از۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است. این بخش عمدتاً شامل قسمت‌های بالایی دشت عجب‌شیر می‌شود. بخش دوم، مناطقی از دشت عجب‌شیر را شامل می‌شود که مقادیر هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی بین ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است. این منطقه عمدتاً شامل مناطق میانی دشت می‌شود، و به دلیل تغییرات شدید شوری آب از عرض نسبتاً کمی برخوردار است. در نهایت بخش سوم، شامل مناطقی از دشت می‌شود که هدایت الکتریکی آن بیشتر از ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است و شامل قسمت‌های انتهایی دشت (مجاور دریاچه ارومیه) می‌شود. شکل (۴-۱۶) تقسیم‌بندی دشت عجب‌شیر را به لحاظ هدایت الکتریکی ارائه می‌دهد. برای مقایسه آسان‌تر تغییرات کیفی از هر محدوده یک چاه انتخاب شده است و ارزیابی کیفی برای این سه چاه انتخابی انجام شده است.

جدول ۴-۴-هدایت الکتریکی چاه‌های دشت عجب‌شیر در سال ۱۳۹۰

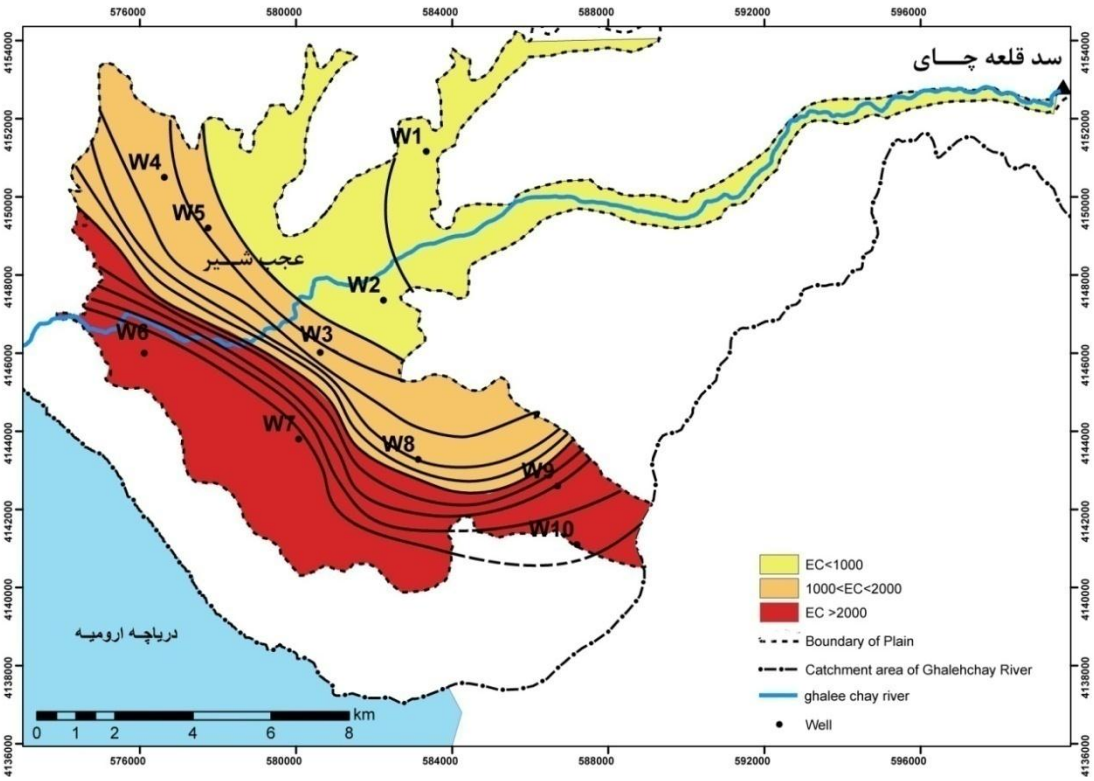
شماره چاه	محل چاه	هدایت الکتریکی (µS/cm)
W1	النجیق	۷۸۸
W2	گل تپه ۱	۸۵۹
W3	گل تپه ۲	۱۲۷۲
W4	دانالو ۱	۱۲۲۰
W5	دانالو ۲	۱۱۹۴
W6	شیشوان	۴۸۰۰
W7	شیراز	۴۱۰۰
W8	نبرین	۱۵۹۰
W9	خضرلو ۱	۲۹۲۰
W10	خضرلو ۲	۳۷۳۰



شکل ۴-۱۵- نقشه هدایت الکتریکی دشت عجب‌شیر

جدول ۴-۵- تقسیم‌بندی دشت عجب‌شیر به لحاظ کیفیت

نام محدود	مقدار هدایت الکتریکی	چاه نماینده
بخش اول	کمتر از ۱۰۰۰	W1
بخش دوم	۱۰۰۰-۲۰۰۰	W3
بخش سوم	بیشتر از ۲۰۰۰	W6



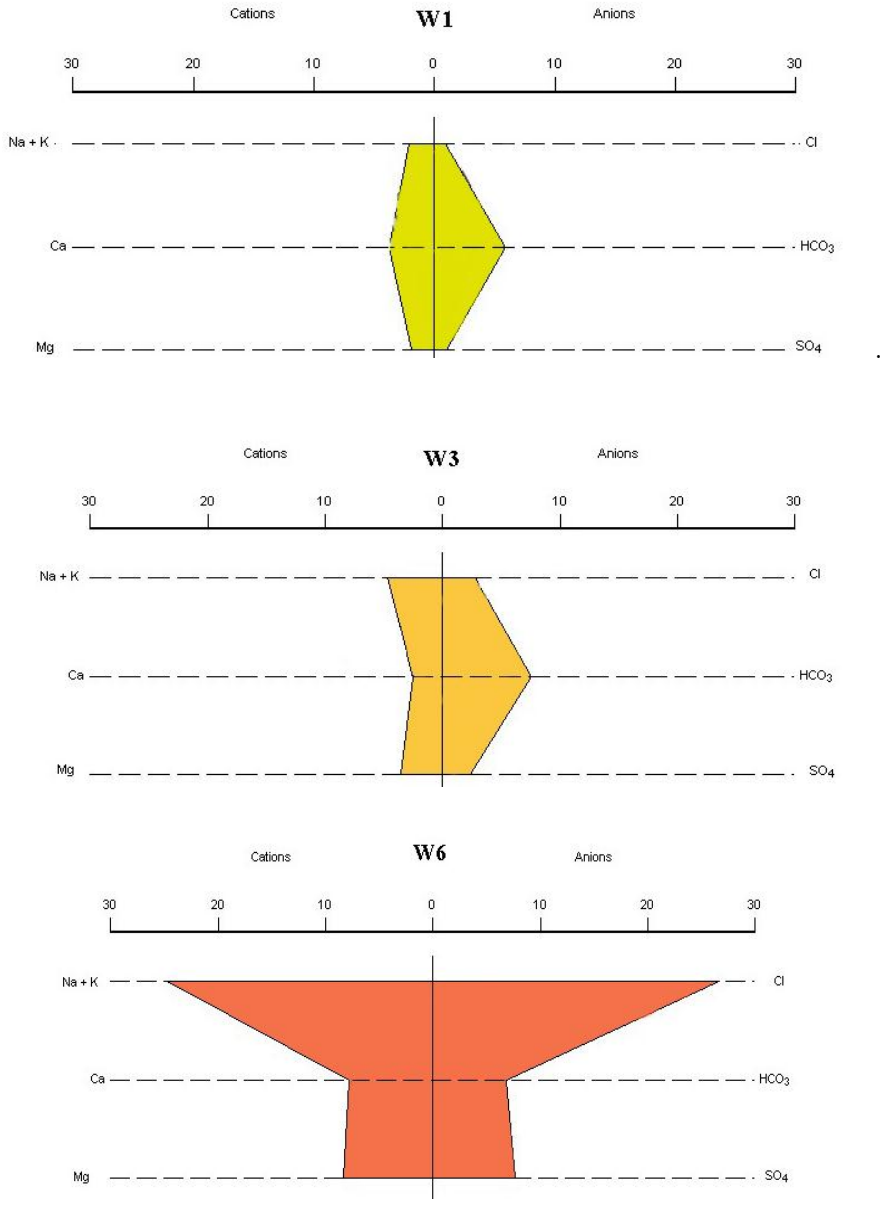
شکل ۴-۱۶- تقسیم‌بندی دشت عجب‌شیر به لحاظ کیفیت

ب- تیپ آب‌های زیرزمینی دشت عجب شیر

آب زیرزمینی در حین عبور از لایه‌ها و مواد متشکله آن، مقداری از املاح موجود در مسیر را با خود حل کرده و در عین حال تبادلات یونی نیز با مواد تشکیل‌دهنده لایه‌ها انجام می‌دهد. بنابراین مقادیر مواد محلول در آن نسبت به املاح سریعاً تغییر می‌نماید. عموماً این تغییرات در طی حرکت آب از مناطق تغذیه به مناطق تخلیه اتفاق می‌افتد. به طور کلی، اگر لایه‌های مخرب کیفیت (مانند لایه‌های

نمکی و گچی) وجود نداشته باشد، تیپ آب یک سفره در حالت عادی در مجاورت منابع تغذیه معمولا بی‌کربناته است و پس از طی مسافتی به تدریج سولفاته و در نهایت کلروره می‌گردد.

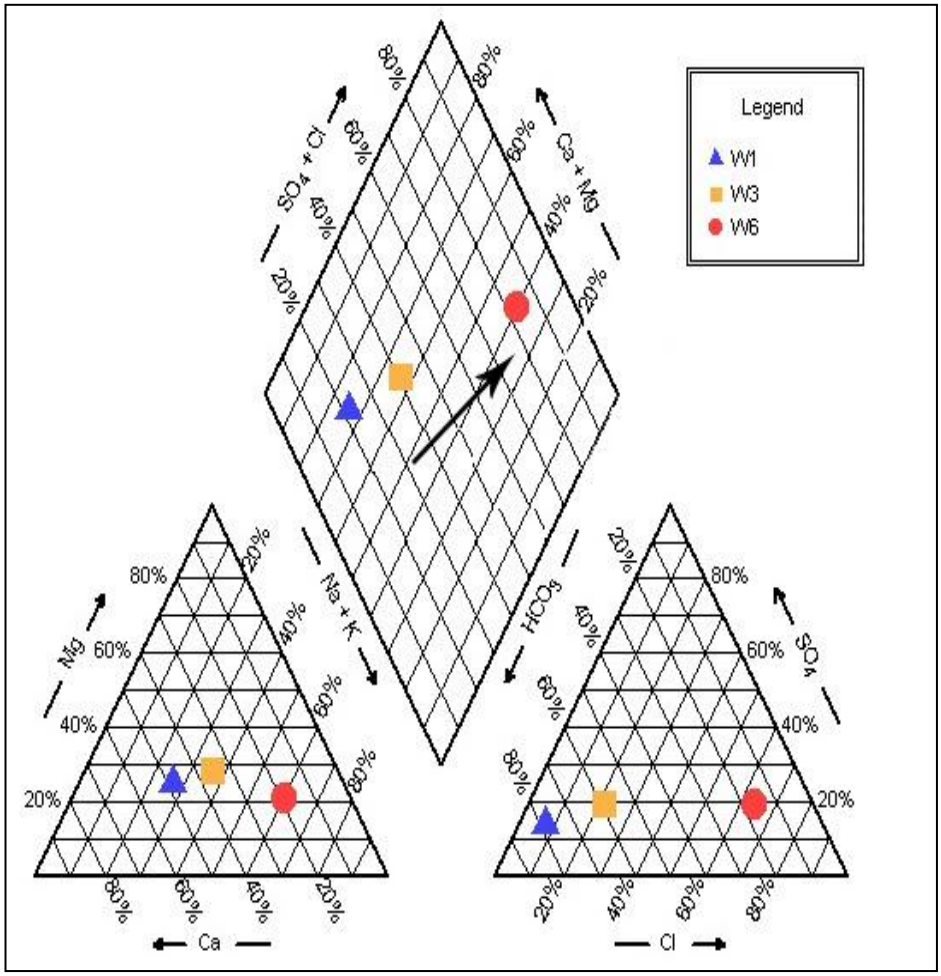
جهت تعیین تیپ آب زیرزمینی در دشت عجب‌شیر از نمودار استیف استفاده گردید (شکل ۴-۱۷). این نمودار جهت مقایسه سریع ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی متفاوت مناسب می‌باشد. لازم به ذکر است که تیپ آب برای چاه‌های نماینده بخش‌های سه‌گانه دشت عجب‌شیر مورد مقایسه قرار گرفته است.



شکل ۴-۱۷- نمودار استیف چاه‌های نماینده سه گروه

همان طور که در نمودار استیف نشان داده شد تیپ آب برای چاه W1 (نماینده بخش اول) از نوع بی‌کربناته کلسیک، برای چاه W3 (نماینده بخش دوم) از نوع بی‌کربناته سدیک و برای چاه W6 (نماینده بخش سوم) از نوع کلروره سدیک می‌باشد. با توجه به نوع تیپ آب در محدوده‌های سه‌گانه ملاحظه می‌شود که روند تکاملی تیپ آب از بالادست به پایین‌دست دشت حالت عادی را نشان می‌دهد.

نمودار پایپر مشخصات شیمیایی آب را بر حسب غلظت نسبی تشکیل دهنده‌های آن نمایش می‌دهد. و روش مناسبی برای نشان دادن تفاوت‌ها و شباهت‌ها بین نمونه‌های آب است (صداقت ۱۳۸۷). به منظور مقایسه زون‌های غالب کاتیونی و آنیونی در دشت عجب‌شیر، وضعیت مکانی نمونه‌های آب چاه‌های W1، W3 و W6 بر روی نمودار پایپر ترسیم شده است (شکل ۴-۱۸).



شکل ۴-۱۸- نمودا پایپر نمونه‌های آب دشت عجب‌شیر

همان طور که در شکل (۴-۱۸) ملاحظه می‌شود روند تکاملی آب از چاه W1 (منطقه ابتدایی دشت) به سمت چاه W6 (منطقه انتهایی دشت) به وضوح مشاهده می‌شود. در نمونه آب مربوط به چاه W1 غلبه با کاتیون‌های قلیایی خاکی (کلسیم و منیزیم) و اسیدهای ضعیف (بی‌کربنات) است. در نمونه آب مربوط به چاه W6، غلبه با کاتیون‌های قلیایی (سدیم و پتاسیم) و اسیدهای قوی (سولفات و کلراید) می‌باشد. در نمونه آب مربوط به چاه W3، که در منطقه میانی دشت واقع شده است، وضعیت کاتیون‌ها و آنیون‌های غالب در حد فاصل بین نمونه‌های آب مربوط به چاه‌های W1 و W6 قرار گرفته است.

پ- ارزیابی غلظت یون کلر در دشت عجب‌شیر

یون کلر (Cl) یکی از مهم‌ترین آنیون‌های موجود در آب است. از آنجایی‌که این یون عمدتاً به صورت ترکیبات سدیم و منیزیم در طبیعت وجود دارد و با توجه به حلالیت قابل توجه این ترکیبات در آب، مقادیر قابل ملاحظه‌ای از آن در آب‌های زیرزمینی وجود دارد. منشاء کلر در آب زیرزمینی ممکن است از منابع گوناگونی چون هوازدگی، شستشو از سنگهای رسوبی به ویژه سنگهای تبخیری، نفوذ شورابه‌ها، فاضلاب‌های شهری، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و خانگی باشد.

به منظور ارزیابی غلظت یون کلر در دشت عجب‌شیر، غلظت این یون در سه چاه نماینده سه گروه دشت یعنی چاه‌های W1، W3، W6 با هم مقایسه شده است (شکل ۴-۱۹). همان طور که در شکل (۴-۱۹) نشان داده شده است غلظت یون کلر از چاه W1 (مناطق بالای دشت) به سمت چاه W6 (مناطق پایینی دشت) در حال افزایش است به طوری که غلظت یون کلر در زمین‌های اطراف شیراز و رازیان به واسطه حضور رسوبات دریاچه‌ای شور به بیشترین مقدار خود (حدود ۲۷ میلی اکی والان بر لیتر) رسیده است.

ت- ارزیابی غلظت یون سدیم در دشت عجب‌شیر

منشاء سدیم در آب‌های زیرزمینی انحلال کانی‌های تبخیری، چشمه‌های آب گرم و همچنین

انحلال برخی سیلیکات‌های سدیم‌دار است. سدیم فراوان‌ترین و متحرک‌ترین کاتیون در آب بوده که رسوب‌گذاری و جذب آن کم است.

به منظور ارزیابی غلظت یون سدیم در دشت عجب‌شیر، غلظت این یون برای چاه‌های W1، W3، W6 مورد مقایسه قرار گرفته است. شکل (۴-۲۰) غلظت یون سدیم را برای چاه‌های مذکور نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود غلظت این یون همانند با غلظت یون کلر از قسمت‌های بالایی دشت به سمت حاشیه‌های دشت (مجاور دریاچه ارومیه) افزایش یافته، و در قسمت‌های پایینی دشت به بیشترین مقدار خود رسیده است که این امر نیز به دلیل مجاورت قسمت‌های پایین دشت با رسوبات دریاچه‌ای می‌باشد.

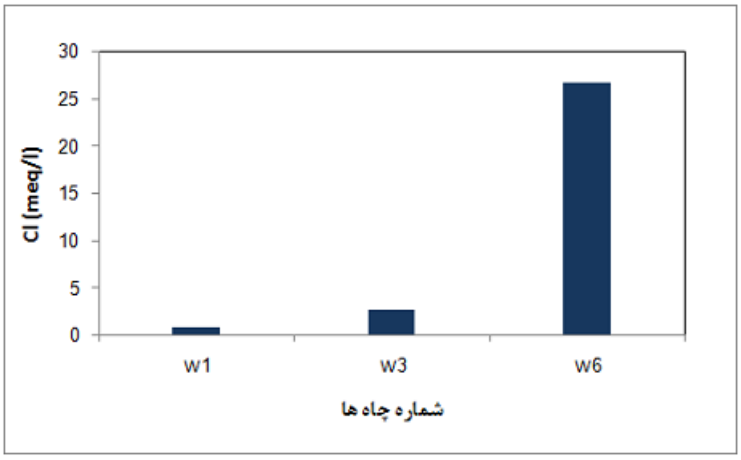
ث- ارزیابی نسبت جذب سدیم در دشت عجب‌شیر

یکی دیگر از پارامترهایی که برای چاه‌های W1، W3، W6 (به عنوان نماینده‌های بخش‌های سه‌گانه دشت عجب‌شیر) مورد مقایسه قرار گرفته است، نسبت جذب سدیم (SAR) می‌باشد. برای محاسبه نسبت جذب سدیم از معادله (۴-۱) استفاده شده است.

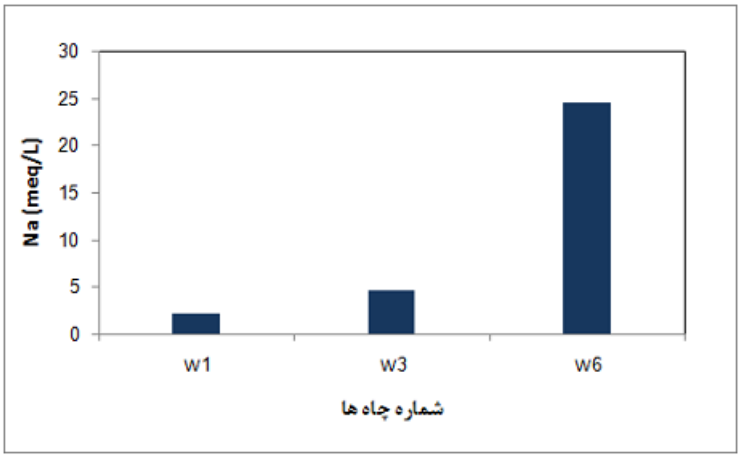
معادله (۴-۱)

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

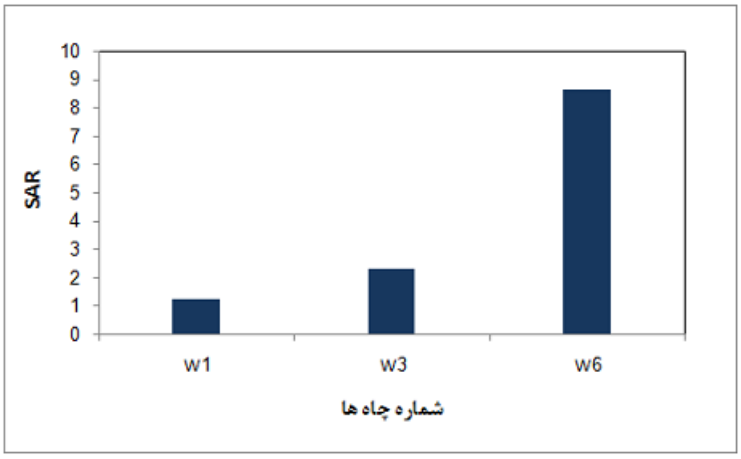
شکل (۴-۲۱) مقادیر نسبت جذب سدیم برای چاه‌های W1، W3، W6 نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۴-۲۱) ملاحظه می‌شود که مقادیر نسبت جذب سدیم در چاه W1 (به عنوان نماینده بخش اول) کمترین و برابر با ۱/۲ و در چاه W3 (به عنوان نماینده بخش دوم) برابر با ۲/۳ و برای چاه W6 (به عنوان نماینده بخش سوم) بیشترین مقدار و برابر با ۸/۶ می‌باشد.



شکل ۴-۱۹- مقایسه غلظت یون کلر در بخش‌های سه‌گانه دشت عجب‌شیر



شکل ۴-۲۰-مقایسه غلظت یون سدیم در بخش‌های سه‌گانه دشت عجب‌شیر



شکل ۴-۲۱- نسبت جذب سدیم در بخش‌های سه‌گانه دشت عجب‌شیر

ج-کیفیت آب رودخانه قلعه‌چای

جهت شناخت آب‌های سطحی در دشت عجب‌شیر آمار و اطلاعات مربوط به ایستگاه هیدرومتری ینگجه که در بالادست سد قلعه‌چای واقع شده است، در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ جمع‌آوری گردید. از آنجایی‌که معمولاً مقدار املاح در آب رودخانه‌ها با افزایش دبی کمتر می‌شود، می‌توان این چنین نتیجه‌گیری کرد که مقادیر حداقل هدایت الکتریکی مربوط به بالاترین دبی و مقادیر حداکثر هدایت الکتریکی مربوط به آبدهی حداقل می‌باشد. بنابراین، هدایت الکتریکی مربوط به دبی حداکثر و دبی حداقل و دبی میانگین ایستگاه در نظر گرفته شده است و نتایج در جدول (۴-۶) ارائه شده است.

جدول ۴-۶- مقادیر هدایت الکتریکی آب رودخانه قلعه‌چای برای دبی‌های مختلف

دبی (m^3/s)	نوع جریان	هدایت الکتریکی (µS/cm)
۲۰/۲	حداکثر	۲۲۰
۲/۲	میانگین	۳۸۰
۰/۲	حداقل	۴۰۰

۴-۳-۲- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر تغییرات هدایت الکتریکی چاه‌ها

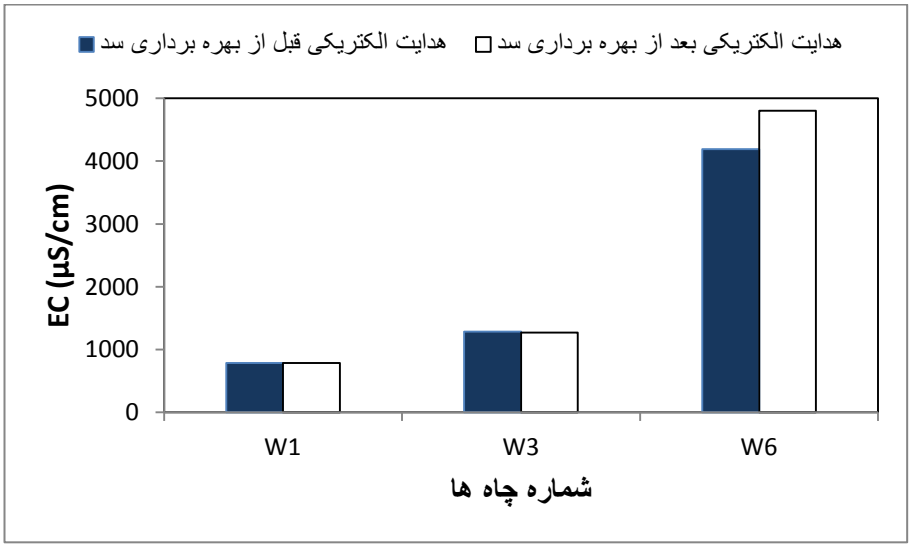
جهت بررسی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کیفیت آب‌های زیرزمینی در دشت عجب‌شیر، هدایت الکتریکی سه چاه نماینده دشت در زمان‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد مقایسه گردید (جدول۴-۷).

با مقایسه مقادیر هدایت الکتریکی برای قبل و بعد از بهره‌برداری سدقلعه‌چای ملاحظه می‌شود که در دو چاه W1 و W3 به ترتیب به عنوان نماینده بخش‌های اول و دوم دشت عجب‌شیر هدایت الکتریکی در زمان قبل و بعد از بهره‌برداری سد تغییر محسوسی نداشته و کم و بیش برابر هستند. اما در خصوص چاه W6 مقدار هدایت الکتریکی در زمان بعد از بهره‌برداری سد به طور قابل توجهی افزایشی داشته است (شکل ۴-۲۲). علت این که در چاه‌های W1 وW3، مقادیر هدایت الکتریکی در زمان قبل

و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای کم و بیش برابر هستند، احتمالاً به این خاطر است که تخصیص آب سد به بخش‌های اول و دوم دشت عجب‌شیر از تخریب کیفیت آب زیرزمینی در این بخش از دشت جلوگیری نموده است. حال آن که در بخش سوم دشت عجب‌شیر به علت تخصیص نیافتن آب سد و احتمالاً وجود رسوبات شور دریاچه‌ای، املاح محلول آب بیشتر شده است.

جدول ۴-۷- هدایت الکتریکی چاه‌ها در قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای

شماره چاه ها	هدایت الکتریکی در سال ۱۳۸۲	هدایت الکتریکی در سال ۱۳۹۰
W1	۷۸۵	۷۸۸
W3	۱۲۸۴	۱۲۷۲
W6	۴۱۹۰	۴۸۰۰



شکل ۴-۲۲- هدایت الکتریکی چاه‌ها در قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای

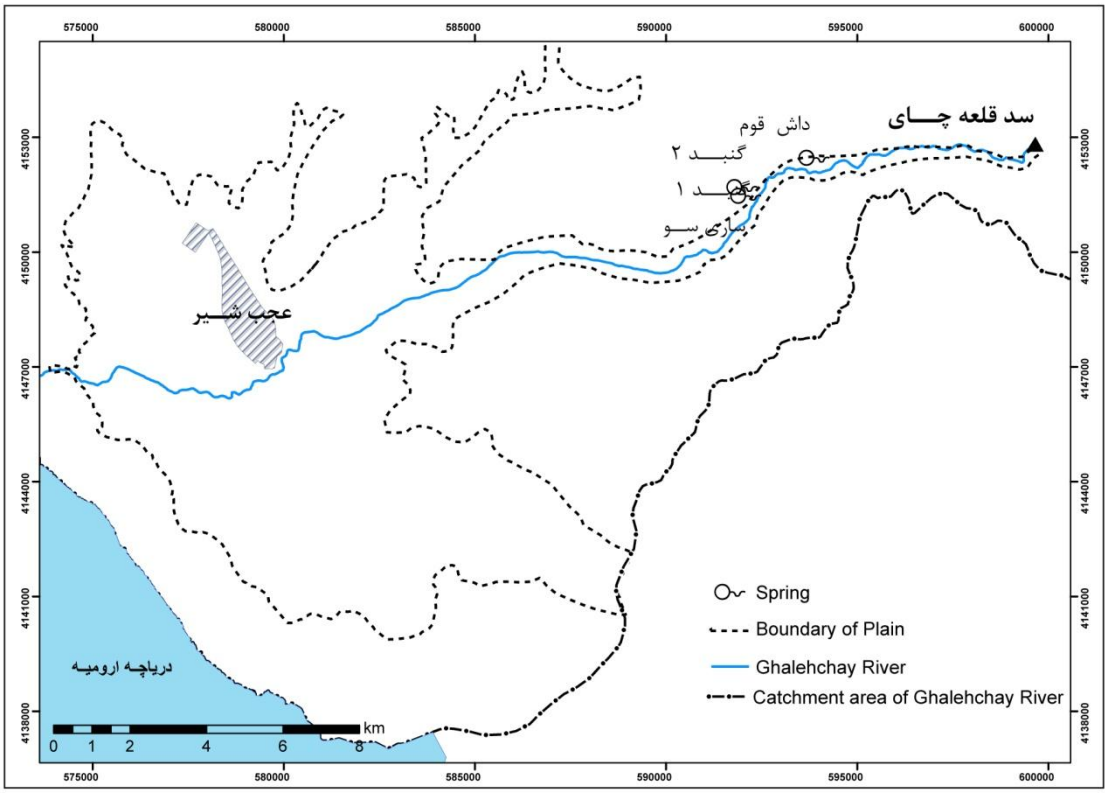
۴-۳-۳- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر تغییرات هدایت الکتریکی چشمه‌ها

با توجه به اینکه بعد از آبگیری سد قلعه‌چای جریان رودخانه به شدت کاهش پیدا می‌کند و یا حتی در بعضی از فصل‌ها این جریان به طور کامل متوقف می‌گردد، بنابراین تغذیه آبرفت‌های مجاور

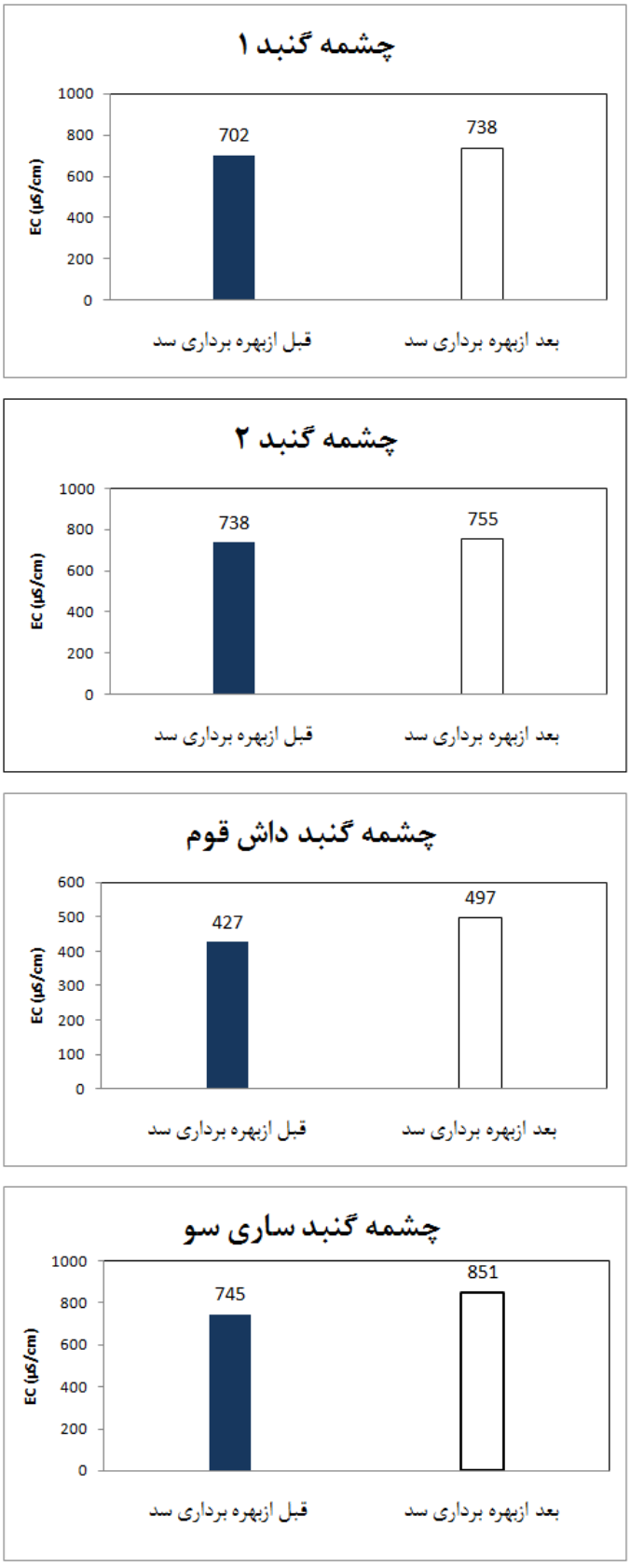
رودخانه توسط جریان رودخانه کم می‌شود. بنابراین، انتظار می‌رود که این کاهش تغذیه به نوبه خود موجب افزایش هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در این بخش از دشت شود.

از آنجایی که چشمه‌های گنبد داش‌قوم، گنبد ساری‌سو، گنبد ۱ و گنبد ۲ در مجاورت رودخانه واقع شده‌اند (شکل ۴-۲۳)، کاهش تغذیه آبرفت‌های حاشیه‌ای باعث افزایش املاح محلول در آب زیرزمینی شده است و در نتیجه افزایش هدایت الکتریکی آن‌ها را باعث شده است.

شکل (۴-۲۴) تغییرات مقادیر هدایت الکتریکی چشمه‌های مذکور را قبل و بعد از بهره‌برداری سد نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، ملاحظه می‌شود که میانگین هدایت الکتریکی چشمه‌ها بعد از بهره‌برداری سد به طور واضحی افزایش یافته‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که احداث سد باعث کاهش تغذیه آبرفت‌های دانه‌درشت حاشیه رودخانه شده است.



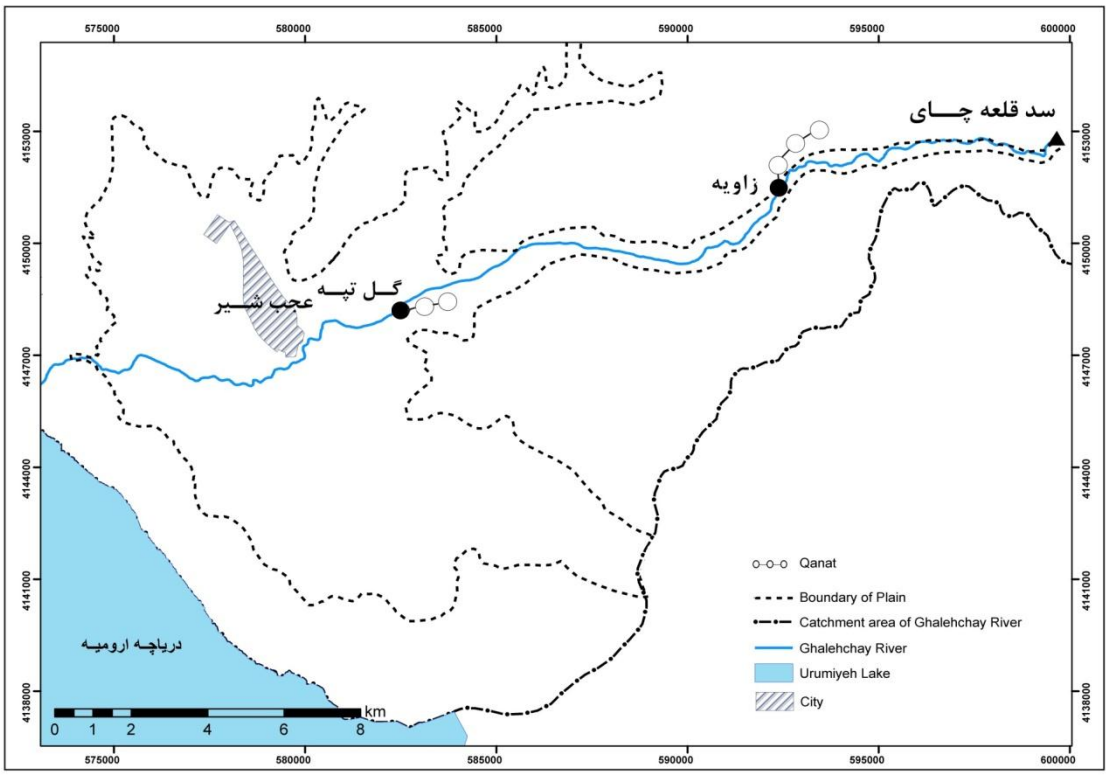
شکل ۴-۲۳- موقعیت چشمه‌ها



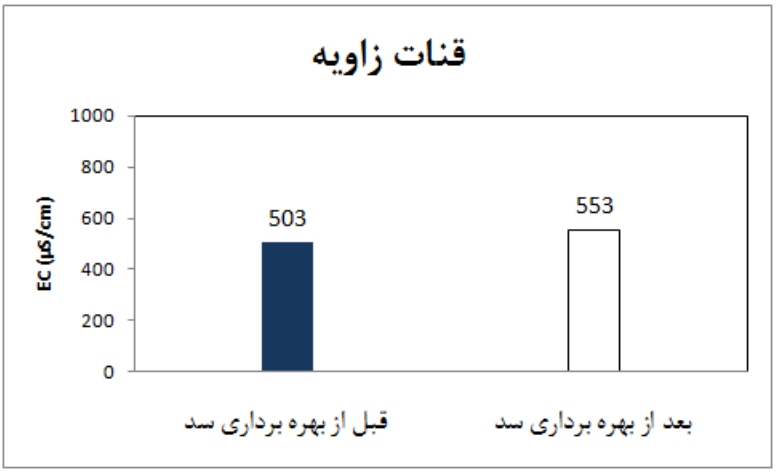
شکل ۴-۲۴- هدایت الکتریکی چشمه‌ها قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای

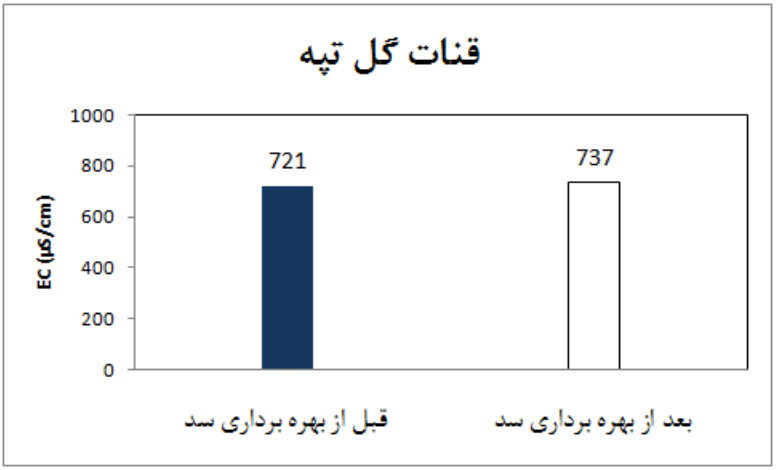
۴-۳-۴- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر تغییرات هدایت الکتریکی قنات‌ها

در دشت عجب‌شیر تنها قنات‌هایی که مقادیر هدایت الکتریکی آن‌ها قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای موجود است، قنات‌های زاویه و گل‌تپه می‌باشند. شکل (۴-۲۵) موقعیت این دو قنات را نشان می‌دهد. همان طور که شکل مذکور نشان می‌دهد قنات‌های زاویه و گل‌تپه در آبرفت‌های مجاور رودخانه قلعه‌چای واقع شده‌اند.قبل از بهره‌برداری سد، رودخانه قلعه‌چای در مسیر خود آبرفت‌های مجاور بستر خود را تغذیه می‌کرده است، بعد از احداث سد، جریان رودخانه کاهش یافته و در مواردی هم کاملاً قطع شده است. بنابراین کیفیت آب این قنات‌ها به طور جزئی کاهش پیدا کرده است. به این ترتیب که میانگین هدایت الکتریکی قنات زاویه در قبل و بعد از بهره‌برداری سد به ترتیب حدود ۵۰۳ و ۵۵۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و میانگین هدایت الکتریکی قنات گل تپه قبل و بعد از بهره‌برداری سد به ترتیب ۷۲۱ و ۷۳۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده است. این کاهش کیفیت در نمودارهای هدایت الکتریکی آب قنات‌ها در زمان قبل و بعد از بهره‌برداری سد نشان داده شده است شکل (۴-۲۶).



شکل ۴-۲۵- موقعیت قنات‌ها





شکل ۴-۲۶- هدایت الکتریکی قنات‌ها قبل و بعد از بهره‌برداری سد قلعه چای

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری

در طی بررسی‌هایی که در مورد ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر به عمل آمد نتایج زیر حاصل شد و در ادامه پیشنهادهایی نیز ارائه گردید.

۵-۱-۱- ارزیابی تغییرات کمی ایجاد شده در اثر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای

الف- ارزیابی هیدروگراف واحد و نقشه‌های هم‌پتانسیل

بر اساس هیدروگراف واحد دشت عجب‌شیر، تراز سطح آب زیرزمینی بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای روند افزایشی داشته است. به طوری که سطح آب زیرزمینی دشت از مقدار ۱۲۸۴/۵۲ متر در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۸ (سال بهره‌برداری از سد) به ۱۲۸۵/۸۳ متر در اردیبهشت ۱۳۹۰ رسیده است. یعنی تقریباً تراز سطح آب زیرزمینی ۱/۳ متر بالا آمده است. بر اساس نقشه‌های هم‌پتانسیل تهیه شده از دشت عجب‌شیر در اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ (قبل از بهره‌برداری سد) و اردیبهشت ۱۳۹۰ (بعد از بهره‌برداری سد) مشخص گردید که در هر دو مقطع زمانی خطوط منحنی‌های هم‌تراز در این دشت دارای روند تقریبی شرقی- غربی بوده و جهت جریان آب زیرزمینی تابع شیب توپوگرافی سطح زمین، از ارتفاعات شمالی به سمت نواحی پست دریاچه ارومیه می‌باشد. مطابق نقشه‌های هم‌پتانسیل ترسیم شده در آبخوان آبرفتی دشت عجب‌شیر، ارتفاعات شمالی تغذیه‌کننده اصلی آبخوان بوده و خروجی آبخوان، دریاچه ارومیه می‌باشد و با مقایسه نقشه‌های هم‌پتانسیل ماه اردیبهشت مربوط به سال‌های ۱۳۸۳و ۱۳۹۰، ملاحظه گردید که روند عمومی جریان آب زیرزمینی و همچنین بار هیدرولیکی آبخوان در این بازه زمانی تغییر محسوسی نکرده است. در هر حال در ناحیه I تا حدودی

شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی افزایش پیدا کرده است که دلیل آن بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی در این ناحیه به دلیل استفاده از آب سد قلعه‌چای است.

ب- ارزیابی تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت

۱- بر اساس شیب هیدروگراف هر پیزومتر در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد (زمان بهره-برداری از سد اردیبهشت ۱۳۸۸) پیزومترهای دشت عجب‌شیر به سه گروه کلی تقسیم شدند. گروه اول پیزومترهایی هستند که روند تغییرات سطح آب آن‌ها از حالت کاهشی به حالت افزایشی تغییر سو داده‌اند (شیب مثبت شده است) و یا اینکه به طور کلی روند افرایشی داشته‌اند. پیزومترهای این گروه به دلیل بهره‌مندی از آب سد و کاهش پمپاژ چاه‌های زمین های مجاور نرخ افزایشی داشته‌اند. گروه دوم، پیزومترهایی هستند که نرخ کاهش تراز آب در آن‌ها در سال‌های بعد از بهره‌برداری سد تقلیل یافته است. گروه سوم، پیزومترهایی را شامل می‌شود که نرخ کاهش سطح آب در آن‌ها بعد از بهره‌برداری سد بیشتر شده است. این پیزومترها تقریباً در قسمت انتهایی دشت واقع شده‌اند در این قسمت از دشت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی بالا بوده که بر اثر پمپاژ چاه‌ها سطح آب زیرزمینی در این منطقه پایین آمده است و از آنجا که این محدوده از لحاظ اختصاص آب سد قلعه‌چای در ناحیه III واقع شده است لذا افت سطح آب زیرزمینی حتی بعد از بهره‌برداری سد نیز ادامه داشته است.

۲- با توجه به واریانس تراز آب زیرزمینی پیزومترها در دو بازه زمانی قبل و بعد از بهره‌برداری سد مشخص گردید که تقریبا مقدار واریانس همه پیزومترها بعد از بهره‌برداری سد کاهش یافته است. به دلیل اینکه بعد از بهره‌برداری سد در فصول زراعی آب سد قلعه‌چای در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد، در نتیجه تغییرات سالیانه تراز آب پیزومترها کاهش یافته و به موجب آن پارامتر آماری واریانس تراز آب پیزومترها نیز کاهش می‌یابد.

۳- جهت مقایسه تراز آب زیرزمینی بعد از بهره‌برداری سد، تراز آب هر پیزومتر در اردیبهشت ماه ۱۳۸۸ (زمان بهره‌برداری از سد قلعه‌چای) با تراز آب اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ مقایسه گردید و اختلاف این دو مقدار به دست آمد. براساس این مقادیر، پیزومترها به دو گروه تقسیم شدند. در محدوده گروه اول سطح آب زیرزمینی بعد از بهره‌برداری سد بالا رفته است که این گروه از پیزومترها عمدتاً در

بخش‌های بالایی و مرکزی دشت واقع شده‌اند و سهم نسبتاً بیشتری از آب سد به آن‌ها اختصاص داده شده است. گروه دوم شامل پیزومترهایی می‌شود که اختلاف تراز آب اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۸ با اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۱ مقدار منفی به دست آمده است که این مقدار منفی نشان دهنده افت سطح آب زیرزمینی در محدوده این پیزومترها می‌باشد. پیزومترهای گروه دوم در قسمت‌های انتهایی دشت (نزدیک به دریاچه ارومیه) واقع شده‌اند و با توجه به این که، این قسمت از دشت به لحاظ اختصاص آب سد قلعه‌چای در درجه سوم اولویت است بنابراین این کاهش تراز آب زیرزمینی را می‌توان به دلیل ادامه بهره‌برداری بیش از حد آب‌های زیرزمینی در این ناحیه دانست.

ج- ارزیابی تغییر آبدهی چشمه‌ها و قنات‌ها

با مقایسه میانگین آبدهی سالیانه چشمه‌هایی که داده‌های مربوط به آبدهی آن‌ها از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۰ موجود بود، مشخص گردید که آبدهی چشمه‌ها در سال‌های بعد از بهره‌برداری سد (از اردیبهشت سال ۸۸ به بعد)، نسبت به سال‌های قبل از بهره‌برداری سد کاهش داشته است. بر اثر احداث سد جریان رودخانه به سمت پایین‌دست کاهش یافته و چون این چشمه‌ها در بستر رودخانه قلعه‌چای واقع شده‌اند این امر باعث کاهش آبدهی این دو چشمه گردیده است.

با مقایسه میانگین آبدهی سالیانه قنات‌های بوکت و گل‌تپه در سال‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد مشخص گردید که آبدهی قنات بوکت نسبت به زمان بهره‌برداری سد تغییر چندانی نداشته است. به دلیل اینکه قنات بوکت در ارتفاعات واقع شده است و هیچ ارتباطی بین سد و رودخانه قلعه‌چای و قنات مذکور وجود ندارد این عدم تغییر آبدهی قنات قابل توجیه است. میانگین آبدهی قنات گل‌تپه بعد از بهره‌برداری سد حدود ۴۸ درصد کاهش داشته است. با توجه به موقعیت قنات که تقریباً در مجاورت بستر رودخانه قلعه‌چای واقع شده است، بهره‌برداری از سد باعث کاهش جریان آب سطحی به پایین‌دست رودخانه گردیده در نتیجه این امر، باعث کاهش آبدهی این قنات گردیده است. لازم به ذکر است که میانگین بارندگی سالیانه دشت در قبل و بعد از بهره‌برداری سد تغییر قابل توجهی نداشته است.

۵-۱-۲- ارزیابی تغییرات کیفی ایجاد شده در اثر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای

الف- ارزیابی نقشه هدایت الکتریکی دشت

مطابق نقشه هدایت الکتریکی ترسیم شده، شوری آب زیرزمینی در قسمت‌های بالایی دشت که مناطق تغذیه هستند کمتر از ۸۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد، هدایت الکتریکی به سمت جنوب و حاشیه‌های دشت (مجاور دریاچه ارومیه) افزایش یافته به طوری که در اراضی شیشوان و شیراز هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی به حدود ۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر رسیده است. به نظر می‌رسد که در قسمت‌های انتهایی دشت (اطراف شیشوان) به واسطه پیشروی جبهه آب شور دریاچه ارومیه به داخل آبخوان آبرفتی، میزان شوری آب زیرزمینی به طور چشمگیری افزایش یافته است.

ب- طبقه‌بندی دشت عجب‌شیر به لحاظ تغییرات هدایت الکتریکی

با توجه به هدایت الکتریکی چاه‌های موجود در دشت عجب‌شیر، به لحاظ وضعیت کیفی، آب‌های زیرزمینی منطقه به سه گروه تقسیم شده‌اند. گروه اول مناطقی از دشت را شامل می‌شود که هدایت الکتریکی در آن کمتر از۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است و بیشتر شامل قسمت‌های بالایی دشت عجب‌شیر می‌شود. گروه دوم مناطقی که در آن هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی بیشتر از ۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کمتر از ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است و این منطقه بیشتر مناطق میانی دشت را در بر گرفته است. در نهایت گروه سوم که هدایت الکتریکی آن بیشتر از ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است و شامل قسمت‌های انتهایی دشت (مجاور دریاچه ارومیه) می‌شود.

پ- بررسی تیپ آب در دشت عجب‌شیر

جهت تعیین تیپ آب زیرزمینی در هر سه گروه فوق‌الذکر از نمودار استیف استفاده گردید. تیپ نماینده گروه اول از نوع بی‌کربنات کلسیک، تیپ نماینده گروه دوم از نوع بی‌کربنات سدیک و در نهایت تیپ گروه سوم از نوع کلرور سدیک می‌باشد. در نمودار پایپر رسم شده برای نمونه‌های آب غلظت نسبی یون‌های کلر و سدیم در مسیر جریان در حال افزایش است. کاهش کیفیت آب‌های

زیرزمینی منطقه روند تکامل آب از مناطق تغذیه (نزدیک به ارتفاعات) به سمت مناطق تخلیه (دریاچه ارومیه) را به وضوح نشان می‌دهد.

ت- بررسی برخی از پارامترهای مهم کیفی در دشت عجب‌شیر

به منظور مقایسه غلظت یون کلر در دشت عجب‌شیر، غلظت این یون را در سه چاه نماینده سه گروه دشت یعنی چاه‌های W1، W3، W6 با هم مقایسه گردید. غلظت یون کلر از مناطق بالای دشت به سمت پایین دشت در حال افزایش است به طوری که غلظت یون کلر در زمین‌های اطراف شیراز و رازیان به واسطه پیشروی جبهه آب شور دریاچه ارومیه به داخل آبخوان آبرفتی به بیشترین مقدار خود رسیده است.

با مقایسه غلظت یون سدیم در دشت عجب‌شیر مشخص گردید که غلظت یون سدیم نیز همانند غلظت یون کلر از قسمت‌های بالایی دشت به سمت حاشیه‌های دشت (مجاور دریاچه ارومیه) افزایش یافته است و در قسمت‌های پایینی دشت به بیشترین مقدار خود رسیده است.

نسبت جذب سدیم نیز همانند دو یون قبلی از قسمت‌های بالایی دشت به سمت پایین دشت در حال افزایش است و در قسمت‌های انتهایی دشت به بیشترین مقدار خود می‌رسد.

ث- ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کیفیت آب‌های زیرزمینی

جهت بررسی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کیفیت آب‌های زیرزمینی در دشت عجب‌شیر، هدایت

الکتریکی سه چاه نماینده دشت در زمان‌های قبل و بعد از بهره‌برداری سد مقایسه گردید. با مقایسه این مقادیر ملاحظه گردید که در دو چاه W1 و W3 (مناطق بالایی و میانی دشت) هدایت الکتریکی در زمان قبل و بعد از بهره‌برداری سد تغییر محسوسی نداشته و کم و بیش برابر هستند. در حالیکه در چاه W6 (مناطق انتهایی دشت) مقدار هدایت الکتریکی در زمان بعد از بهره‌برداری سد به طور قابل توجهی افزایشی داشته است.

مقایسه میانگین هدایت الکتریکی چشمه‌ها قبل و بعد ازبهره‌برداری سد نشان می‌دهد که هدایت

الکتریکی چشمه‌ها بعد از بهره‌برداری سد به طور واضحی افزایش یافته است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که احداث سد باعث کاهش تغذیه آبخوان چشمه‌ها از رودخانه شده است. این امر به نوبه خود باعث افزایش املاح محلول در آب زیرزمینی و در نتیجه افزایش هدایت الکتریکی آن‌ها شده است.

با توجه به موقعیت قنات‌های زاویه و گل‌تپه، که در بستر رودخانه قلعه‌چای واقع شده‌اند کیفیت آب این قنات‌ها بعد از بهره‌برداری سد به طور جزئی کاهش پیدا کرده است.

۵-۲- پیشنهادها

به منظور دست‌یافتن به نتایج بهتر و اعمال روش‌های صحیح مدیریتی در دشت عجب‌شیر موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱- شبکه سنجش کیفی دشت عجب‌شیر دارای تراکم مناسبی نبوده و ترسیم نقشه‌های کیفی همراه با مشکل می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌گردد چاه‌هایی علاوه بر چاه‌های موجود (به خصوص در قسمت‌های انتهایی دشت) به شبکه کیفی منطقه اضافه گردد.

۲- پیشنهاد می‌گردد که کیفیت آب اختصاص یافته از سد قلعه‌چای به دشت عجب‌شیر، در هنگام آبیاری (داخل کانال‌ها و شبکه انتقال آب به زمین‌های کشاورزی) اندازه‌گیری شود و مقایسه‌ای با کیفیت آب‌های زیرزمینی همان منطقه به عمل آید.

۳-کیفیت تعداد بیشتری از چشمه‌ها و قنات‌ها در طول زمان با دقت اندازه‌گیری شود و تغییرات کیفی آن‌ها مورد ارزیابی قرار بگیرد.

۴- آبدهی قنات‌ها و چشمه‌های بیشتری به خصوص در قسمت‌های بالایی دشت به طور ماهانه اندازه‌گیری شود تا اثرات بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر دشت عجب‌شیر بهتر نمایان گردد.

منابع

آقانباتی، ع.، (۱۳۸۵)، "**زمین‌شناسی ایران**"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۹ ص.

اصغری‌مقدم، ا.، (۱۳۸۹)، "**اصول شناخت آب‌های زیرزمینی**"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز، ۳۴۹ ص.

بیگدلو، خ.، (۱۳۸۴)، "بررسی هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی دشت عجب‌شیر"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.

پژوه‌فام، ل.، صدیق، ح. و غفاری، م.، (۱۳۸۹)، "بررسی تاثیر احداث سد علویان بر آب‌های زیر زمینی دشت مراغه و بناب"، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین.

چوپانی، س.، حسینی‌پور، ح.، دمی‌زاده، م. و رستگار ح.، (۱۳۹۰)، "ارزیابی تاثیر سد خاکی لاورفین بر کمیت آب‌های زیرزمینی"، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان.

حیدریان، ز.، (۱۳۸۹)، "بررسی اثرات زیست‌محیطی سد الغدیر ساوه"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

حیدریان، ز.، حافظی مقدس، ن.، ندایی گیلارلو، س. و ابراهیمی، ف.، (۱۳۹۰)، "اثر سد الغدیر ساوه بر روی کمیت منابع آب زیرزمینی دشت ساوه"، هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست، شاهرود.

خدابنده، ع. و فضل، ع.، (۱۳۶۳)، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اسکو"، سازمان زمین‌شناسی کشور.

خسرو تهرانی، خسرو.، (۱۳۷۵)، **"زمین‌شناسی ایران"**، چاپ اول، انتشارات دانشگاه پیام‌نور، ۳۲۷ ص.

داموغ، ن. و زارعی، ح.، (۱۳۸۸)، "بررسی ارتباط هیدرولیک رودخانه کارون (مخزن) در محل سد کارون ۳ و چشمه‌های پایین‌دست قبل و بعد از آبگیری سد"، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، شیراز.

سلطانی سیسی، غ.، (۱۳۸۴)، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ عجب‌شیر"، سازمان زمین‌شناسی کشور.

سهرابی بیدار، ع.، ایمان شعار، ف. و نوربخش، م.، (۱۳۸۹)، "بررسی روند ۲۵ ساله فرار آب از سد لار"، نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه.

شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی و اردبیل، (۱۳۸۵)، "تهیه بیلان و چرخه آب در محدوده‌های مطالعاتی خلخال، میانه، ملکان، عجب‌شیر و شبستر در استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل" مهندسین مشاور فرسپندآب.

صداقت، م.، (۱۳۸۷)، **"زمین و منابع آب (آب‌های زیرزمینی)"**، چاپ اول، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ۲۸۴ ص.

علوی، م. و شهرابی، م.، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مراغه"، سازمان زمین‌شناسی کشور.

علیزاده، الف.، (۱۳۹۰)، **"اصول هیدرولوژی کاربردی"**، چاپ سی و یکم، مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۹۱۲ ص.

غدیرزاده، ا. و انوری، ا.،(۱۳۸۱)، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آذرشهر"، سازمان زمین‌شناسی کشور.

فتاحی، م. و مقدم فردویی، ر.، (۱۳۹۰)، "بررسی اثرات هیدرولوژیکی سدها و بندهای احداث شده بر روی رودخانه‌های قمرود و قره‌چای منطقه قم"، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان.

قاسم‌پور، ل. و نخعی، م.، (۱۳۸۹)، "اثر احداث سد نرماب بر روی کمیت آب زیرزمینی مینودشت"، چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ارومیه.

کردوانی، پ.، موغلی، م. و فرضی ح.، (۱۳۹۱)، "ارزیابی تأثیر سد خاکی لاور بر آب‌های زیرزمینی دشت لاور فین (بندر عباس)"، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، شماره ۱۵، ص ۱-۸.

کلانتری، ن.، رحیمی، م. و سامانی، س.، (۱۳۹۱)، "بررسی تاثیر کمی سد کرخه بر آبخوان دشت اوان دزفول استان خوزستان"، تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۱، ص ۱-۹.

ماجدی، ح.، نکوئیان‌فر، م. و حسنی، ف.، (۱۳۸۷)، "مطالعه هیدرولوژیکی و ردیابی چشمه تکیه گاه سد شهید عباسپور به منظور بررسی علت گل آلودگی و تاثیرآن بر پایداری سد"، دومین کنفرانس ملی نیروگاههای آبی کشور، تهران.

مقدم فردویی، ر.، محمدی احمدآبادی، ر. و عرب بافرانی، ع.، (۱۳۹۰)، "اثرات هیدرولوژیک سدها و بندهای ایجاد شده بر روی رودخانه‌های قره‌چای بر منطقه قم"، سی‌امین گردهمایی علوم زمین.

میرعباسی نجف‌آبادی، ر. و رهنما، ب.، (۱۳۸۶)، "شبیه‌سازی آبخوان دشت سیرجان با استفاده از مدل Modflow و بررسی اثرات احداث سد تنگوئیه بر آن"، مجله پژوهش آب ایران، شماره اول، ص۱-۹.

نودهی، س.، (۱۳۸۶)، "بررسی اثرات زیست‌محیطی سد شهید رجائی ساری"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

ولایتی، س. و کامکار یزدنژاد، م.، (۱۳۸۷)، "بررسی اثرات سدهای مخزنی بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی مخروط افکنه‌ی پایین‌دست"، مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی ۱۱، ص ۱۶۷-۱۸۵.

هدیه لو، ا.، (۱۳۸۹)، "بررسی اثرات احداث و بهره‌برداری از سد ۱۵ خرداد در مسائل کشاورزی در پایین‌دست قمرود نمونه‌ی موردی (دشت قم و مسیله)"، آموزش جغرافیا، شماره۲، دوره ۲۵: ص ۲۴-۲۷.

Refrences:

Abdalla, O.A.E. and Al-Rawahi, A.S., (2013), "Ground water recharge dams in arid areas as tools for aquifer replenishment and mitigating seawater intrusion: example of AlKhod, Oman", **Environ Earth Sci**, Vol. 69, pp. 1951-1962.

Aly, A.I.M., Froehlich, K., Nada, A., Awad, M., Hamza, M. and Salem, W.M., (1993), "Study of environmental isotope distribution in the Aswan high dam lake (Egypt) for estimation of evaporation of lake water and its recharge to adjacent ground water", **Environmental Geochemistry and Health**, Vol. 15, pp. 37-49.

Bajjali, W., (2002), "Model the effect of four artificial recharge dams on the quality of ground water using geostatistical methods in GIS environment, Oman", **Journal of Spatial Hydrology**, Vol. 5, No. 2, pp. 1-15.

Canziani, G.A., Ferrati, R., Rossi, C., Ruiz-Moreno, D., (2006), "The influence of climate and dam construction on the Ibera wetlands, Argentina", **Reg Environ Change**, Vol. 6, pp. 181-191

Dawoud, M.A., El Arabi, N.E., Khater, A.R. and Wonderen, J.V., (2006), "Impactof rehabilitation of Assiut barrage, Nile River, on ground water rise in urban areas", **Journal of African Earth Sciences**, Vol. 45, pp. 395-407.

Delleur, J.W., (2007), **"Ground water Engineering**" Second edition, Taylor & Francis Group, pp. 1300.

Elewa, H.H., (2006), "Water resources and geomorohplogical characteristicsof Tishka and west of Lake Nasser, Egypt", **Hydrology Journal**, Vol. 14, pp. 942-954.

Ghoubachi, S.Y, (2012), "Impact of Lake Nasser on the groundwater of the Nubia sandstone aquifer system in Tushka area, South Western Desert, Egypt", **Journal of King Saud University Science**, Vol. 24, pp. 101-109.

Job, A.C., (2010), "**Ground water economics**",Taylor & Francis Group, pp. 661.

Kim, J. and Sultan, M., (2002), "Assessment of the long-term hydrologic impacts of Lake Nasser and related irrigation project in Southwestern Egypt", **Jouranl of Hydrology**, Vol. 262, pp. 68-83.

Nedaw, D. and Walraevens, K., (2009), "The Positive effect of Micro-Dams for ground water enhancement: a case study around Tsinkanet and Rubafeleg Area, Tigray, Northern Ethiopia", **MEJS**, Vol. 1, pp. 59-73.

Rizk, S. and Davis, A.D., (1990), "Impact of the proposed Qattara Reservoir on the Moghra aquifer of Northwestern Egypt", **Ground Water**, Vol. 29, No. 2, pp. 232-238.

Todd, D.K. and Mays, L.W., (2005), "**Ground water Hydrology**", Third edition, John Wiley & Sons, New York, pp. 625.

Tortajada, C., Altinbilek, D. and Biswass, A.K., (2012) "Impact of large Dams: A global assessment" Springer- Verlag Berlin Heidelberg, pp.

Waele, J.D., (2008), "Interaction between a dam site and karstsprings: The case of Supramonte (Central-East Sardinia, Italy)", **Engineering Geology**, Vol. 99, pp. 128-137.

Abstract

The main aim of this study is evaluation the effect of the operation of the Ghaleh-Chay Dam on the quantity and quality of groundwater in Ajabshir Plain. Ajabshir Plain, with an area of approximately 120 square kilometers, is located in the South East of Tabriz. This plain is a part of Urumiyeh Lake catchment area and one of the most important agricultural regions of East Azarbaijan province that is at risk of water crisis. During 20 years (1360 to 1380) the level of groundwater has dropped about 6 meters due to excessive withdrawal of groundwater and it led to reduce the groundwater quantity and quality. Ghale-Chay Dam has been constructed on the Ghaleh-Chay River in the upper part of the plain, which has been operated since 1388. The studies in this research indicated that the level of ground water in most parts of plain was increased after the dam opration. Such that after dam opration the average slope of groundwater level has been increased from -0.04 to 0.05. However, in a number of piezometers, the average slope of groundwater level has not been changed or slightly decreased. Discharge of springs and qanats is reduced significantly after the operation of Ghale-Chay Dam, these are located in the coarse grained alluvial adjacent to the river and due to the reduced flow of the Ghale-Chay River after the dam constraction, decreased discharge of them. Because groundwater quality is directly related to the quantity of water resource, in the upper part of plain the electrical conductivity of ground water dose not have a significant change compared to the years before the operation of dam. But at the lower part of plain electrical conductivity of groundwater has increased after the dam operation. In this way, before the dam's operation the electrical conductivity in the lower part of plains is about 4200 µS/cm and after dam operation has grown to about 4800 µS/cm. As well the electrical conductivity of springs and qanats have decreased.

Keywords: Ajabshir plain, GhaleChay dam, groundwaters quantity, groundwaters quality.

Shahrood University of Technology
Faculty of Earth Sciences

M.Sc. Thesis

Evaluation of Ghaleh-Chai Dam and its Irrigation and drainage network on quantity and quality of groundwater resources of the Ajabshir Plain

By

Roghayeh Shayegh

Supervisors:
Dr. gholam Hossein Karami
Dr. Asghar Asghari Moghadam

February 2014