

صلى الله عليه وسلم



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: علوم زمین

گروه: زمین شناسی زیست محیطی و آبشناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

## بررسی اثرات زیست محیطی سد الغدیر ساوه

زهرا حیدریان

استاد راهنما:

دکتر ناصر حافظی مقدس

استاد مشاور:

دکتر ابوالفضل مختاری اصل

بهمن ۱۳۸۹

این مجموعه را صمیمانه تقدیم می‌کنم به پدرم منظر رشادت، و مادرم الهه مهربانی.  
نه بخاطر نسلی که زاده آنهاست و نه بخاطر ادای قطره‌ای از دریای عشقان که سرودن از عشق  
در برایشان، تنها مردادن واژه‌هاست، که بخاطر قلبهای امید بخشان که جز در سایه آن حیاتی  
ندارم و به پاس گرمای پر مهر وجودشان که هرگز محبتش خاموش نشود.  
و تقدیم می‌کنم به اسوه مهربانی، برادر عزیزم  
به پاس قلب بزرگش که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهِش به شجاعت می‌کراید  
و به پاس محبت‌های بی‌دینش که هرگز فروکش نمی‌کند.

## شکر و قدردانی

سپاس خدا را بر آنچه از شکرش به ما الهام فرموده و بر آن درهای دانشی که به پروردگارش به ما گشوده است. الهی ادای شکر تو را هیچ زبان یار نیست و دریای فضل تو را هیچ کرا ن نیست و سر حقیقت تو بر هیچ کس عیان نیست، هدایت کن بر ما راهی که بهتر از آن نیست.

اکنون که به یاری خداوند متعال این دوره را به پایان رسانده ام، به رسم ادب و احترام بر خود واجب می دانم از زحمات استاد عزیز و بزرگوارم جناب آقای دکتر حافظی مقدس که علاوه بر تحقیق و پژوهش با نظرات ارزنده و مدبرانه می خود بهتر فکر کردن، بهتر زندگی کردن و بهتر بودن را به من آموختند. همچنین از استاد مشاور گرامی جناب آقای مختاری اصل که از هر کوزه تلاش در جهت رفع مشکلات اینجانب دریغ نکردند. از محبت های جناب آقای مهندس شاهرخ مدیریت دفتر سد الغدیر، مهندس حسینی مدیریت محیط زیست شهرستان ساوه، مهندس دودانی کارشناس مدیریت منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان ساوه، مهندس مرادی و سرکار خانم مهندس فلاحی کارشناس واحد مطالعات آب های زیرزمینی استان مرکزی و پرسنل زحماتش دفتر بهره برداری از سد جناب آقای مهندس صدرائی، آقای مفیدی و سرکار خانم

شکرائی کہ در تمام مدت پژوهش از بیچ کلمی دینغ نورزیند، پمخنین از اساتید کراتقدر و پرسنل زحمکش  
دانشده علوم زمین شکر می نمایم.

از کلیه دوستان عزیزم جناب آقایان نورافکن، ثوابی، کراوند، بسکبادی و یکانه و سرکار خانم هارحی،  
حمیدی، اعتمادی، ابراهیمی، ناصری، حسوند، موسوی، ندائی و کریمی که در طی دوران تحصیل فضای  
آرام و دوستانه را با ایشان تجربه کردم سپاسگزاری می نمایم.

## لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱. حیدریان، زه، حافظی مقدس، ن و مختاری اصل، اثر زیست محیطی سد الغدیر ساوه در ایجاد زمین لرزه‌های القائی، (۱۳۸۹)، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. تهران

۲. حیدریان، زه، حافظی مقدس، ن و مختاری اصل، اثر سد الغدیر ساوه روی مورفولوژی رودخانه قره‌چای، (۱۳۸۹)، چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران. ارومیه

## چکیده

در مطالعه حاضر اثرات زیست محیطی سد الغدیر ساوه شامل زلزله القائی ناشی از احداث سد، تغییرات ریخت شناسی منطقه و تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی پائین دست مورد پژوهش قرار گرفته است. مطالعه موجود نشان داد که احداث سد باعث تغییراتی در پارامترهای لرزه‌ای منطقه از جمله ضریب  $\beta$ ، عمق و بزرگی زلزله‌ها شده به طوری که مقدار ضریب بتا بعد از احداث سد در حدود ۲۰٪ افزایش را نشان می‌دهد و عمق کانونی زلزله‌ها نسبت به زمان قبل از ساخت سد کمتر شده و اکثراً در عمق کمتر از ۱۵ کیلومتر واقع شده و بزرگی آنها کاهش یافته است. با احداث سد و کاهش بار رسوبی، قدرت حمل رسوب در قسمت‌های ابتدائی رودخانه در پائین دست سد افزایش یافته و به دنبال آن قدرت کف کنی و فرسایش کناره افزایش یافته و تغییراتی در مورفولوژی رودخانه مانند تشکیل دلتا در انتهای مخزن و مئاندری شدن رودخانه به دلیل کاهش سرعت جریان آب شده است. همچنین سد با مانع شدن از ورود آب به دشت ساوه، باعث افت سطح آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آن گردیده به طوری که بعد از ساخته شدن سد الغدیر تغییر بارزی در سطح آب زیرزمینی به چشم می‌خورد و تراز آب زیرزمینی از ۲۵/۹۰ متر در سال ۱۳۷۳ (سال بهره برداری از سد) به ۵۳/۷۱ متر در سال ۸۸ کاهش یافته و نرخ افت آب به تقریباً ۲ متر در سال افزایش یافته است که نشان دهنده احتمال وقوع فرونشست زمین در دشت ساوه می‌باشد.

کلمات کلیدی: سد الغدیر، زلزله القائی، ضریب  $\beta$ ، مئاندری شدن، کیفیت و کمیت آب زیرزمینی

## فهرست

صفحه	عنوان
۱۳	<b>فصل اول: مقدمه</b>
۱	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- بیان مسئله
۳	۳-۱- موقعیت جغرافیائی سد مورد مطالعه
۴	۴-۱- آب و هوا و اقلیم
۴	۵-۱- ضرورت انجام تحقیق
۵	۶-۱- اهداف تحقیق
۵	۷-۱- اسناد و مدارک مورد استفاده
۶	۸-۱- روشها و مراحل انجام تحقیق
۸	<b>فصل دوم: زمین شناسی منطقه</b>
۸	۱-۲- زمین شناسی عمومی و تاریخچه ساختمانی ناحیه
۱۰	۲-۲- چینه شناسی منطقه
۱۷	۳-۲- تکتونیک
۱۷	۱-۳-۲- کلیات
۲۰	۲-۳-۲- گسلها
۲۳	۴-۲- زمین ریخت شناسی محدوده سد ساوه
۲۴	۵-۲- منابع آب زیرزمینی
۲۶	۱-۵-۲- حوضه های هیدروژئولوژیکی دشت ساوه
۲۷	۲-۵-۲- پهنه های تغذیه و تخلیه آب های زیرزمینی آبخوان
۲۸	۳-۵-۲- ویژگی های هیدرودینامیکی آبخوان محدوده مطالعاتی
۳۰	۴-۵-۲- روش های بهره برداری از منابع آب زیرزمینی
۳۲	<b>فصل سوم: مطالعات زیست محیطی سدها</b>
۳۲	۱-۳- مقدمه
۳۳	۲-۳- مسائل زیست محیطی سدها
۳۴	۱-۲-۳- اثر بر روی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی
۳۸	۲-۲-۳- اثر سد بر روی مورفولوژی رودخانه
۴۲	۳-۲-۳- اثر سد در ایجاد زلزله القائی
۴۳	۴-۲-۳- واکنش گسل معکوس به بار وارده ناشی از دریاچه سد



- ۴۴ ۵-۲-۳- واکنش گسل نرمال به بار وارده ناشی از دریاچه سد  
 ۴۵ ۶-۲-۳- واکنش گسل امتداد لغز به بار وارده ناشی از دریاچه سد

## ۵۰ فصل چهارم: بررسی اثرات زیست محیطی سد الغدير

- ۵۰ ۱-۴- مقدمه  
 ۵۰ ۲-۴- لرزه خیزی القائی  
 ۵۲ ۱-۲-۴- سائزموکتونیک محدوده سد  
 ۵۳ ۲-۲-۴- برآورد پارامترهای لرزه خیزی  
 ۵۸ ۳-۲-۴- مقایسه عمق کانونی زمین لرزه ها  
 ۶۲ ۳-۴- ریخت شناسی فرسایش و رسوبگذاری  
 ۶۶ ۴-۴- اثر سد الغدير بر روی منابع آب  
 ۶۷ ۱-۴-۴- اثر بر روی کمیت آب زیرزمینی  
 ۷۴ ۲-۴-۴- اثر سد روی کیفیت آب زیرزمینی  
 ۸۲ ۵-۴- تاثیر سد بر تغییر کاربری اراضی و اکوسیستم منطقه  
 ۸۳ ۶-۴- ارزیابی تبخیر از سطح دریاچه سد  
 ۸۴ ۷-۴- اثر سد بر فرونشست زمین و کاهش خصوصیات سفره آب زیرزمینی  
 ۸۵ ۸-۴- ارزیابی کلی اثرات زیست محیطی سد الغدير  
 ۸۶ ۱-۸-۴- سد زیرزمینی  
 ۸۶ ۲-۸-۴- عملیات آبخیزداری  
 ۸۸ ۳-۸-۴- پخش سیلاب

## ۸۹ فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها

- ۸۹ ۱-۵- خلاصه نتایج  
 ۹۰ ۲-۵- پیشنهادها

## ۹۱ پیوست ها

- ۹۱ جدول ۱- مشخصات ایستگاه های کلیماتولوژی  
 ۹۲ جدول ۲- آمار زلزله های استخراج شده شعاع ۱۰۰ کیلومتر  
 ۱۰۰ جدول ۳- موقعیت جغرافیائی پیزومترها  
 ۱۰۵ جدول ۴- مشخصات چاه های مورد آزمایش کیفی سال ۱۳۸۲  
 ۱۰۵ جدول ۵- مشخصات چاه های مورد آزمایش کیفی سال ۱۳۸۳  
 ۱۰۶ جدول ۶- مشخصات چاه های مورد آزمایش کیفی سال ۱۳۸۵  
 ۱۰۶ جدول ۷- مشخصات چاه های مورد آزمایش کیفی سال ۱۳۸۸  
 ۱۰۷ جدول ۸- مشخصات چاه های مورد آزمایش کیفی سال ۱۳۸۹

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۴	جدول ۱-۱- میزان بارش و نوع اقلیم در زیر حوضه های قره چای
۲۹	جدول ۱-۲- اطلاعات مربوط به آزمایش های پمپاژ انجام گرفته در چاه های اکتشافی
۵۵	جدول ۱-۴- مشخصات شبکه بندی
۵۷	جدول ۲-۴- زلزله های تاریخی و دستگاهی
۵۸	جدول ۳-۴- ضرایب گوتنبرگ- ریشتر قبل و بعد از احداث سد
۶۷	جدول ۴-۴- میانگین بارندگی سالیانه و سطح آب زیرزمینی
۷۶	جدول ۵-۴- مقادیر آنیون ها و کاتیون ها
۸۵	جدول ۶-۴- اثرات زیست محیطی سد الغدیر ساوه

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۲	شکل ۱-۱- بند شاه عباسی
۳	شکل ۱-۲- موقعیت جغرافیائی سد الغدیر
۹	شکل ۱-۲- پهنه های رسوبی ساختاری ایران
۱۰	شکل ۲-۲- محدوده آبخوان در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ تفرش
۱۰	شکل ۲-۳- برش زمین شناسی از سازندهای زمین شناسی ورقه تفرش
۱۹	شکل ۲-۴- پهنه بندی ساختاری در منطقه ساوه و تفرش
۲۲	شکل ۲-۵- گسل های اصلی و فرعی منطقه
۲۵	شکل ۲-۶- نقشه تراز آب زیر زمینی و جهت جریان در دشت ساوه
۳۰	شکل ۲-۷- نقشه قابلیت انتقال در آبخوان دشت ساوه
۴۰	شکل ۳-۱- واکنش کانال به مقدار رسوب موجود
۴۱	شکل ۳-۲- رابطه دبی، بار رسوبی و مشخصات کانال
۴۴	شکل ۳-۳- تغییر محل دایره مور در گسل معکوس
۴۵	شکل ۳-۴- تغییر محل دایره مور در گسل نرمال
۴۵	شکل ۳-۵- تغییر محل دایره مور در گسل امتدادلغز
۵۱	شکل ۴-۱- توزیع مکانی زمین لرزه های با بزرگی بالای ۳
۵۲	شکل ۴-۲- برش شماتیک شامل هندسه گسل و مخزن سد.
۵۳	شکل ۴-۳- موقعیت شاخه فرعی گسل ایندس در دیواره شرقی سد الغدیر
۵۵	شکل ۴-۴- (A),(B),(C),(D),(E) به ترتیب شبکه بندی ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ کیلومتر
۵۶	شکل ۴-۵- ضریب K به روش بعد فرکتال
۵۷	شکل ۴-۶- پارامترهای گوتنبرگ-ریشتر در شعاع ۱۰۰ کیلومتری
۵۸	شکل ۴-۷- پارامترهای گوتنبرگ-ریشتر در شعاع ۳۰ کیلومتری

- ۵۹ شکل ۴-۸- مقایسه عمق کانونی زلزله ها
- ۵۹ شکل ۴-۹- رابطه بین بزرگی و عمق زلزله ها
- ۶۰ شکل ۴-۱۰- رابطه بین عمق کانونی و سال وقوع زلزله
- ۶۰ شکل ۴-۱۱- رابطه بین زمان و فراوانی زمین لرزه ها
- ۶۱ شکل ۴-۱۲- مقایسه سطح آب و بزرگی زمین لرزه ها
- ۶۲ شکل ۴-۱۳- مقایسه سطح آب و فراوانی زمین لرزه ها
- ۶۲ شکل ۴-۱۴- مورفولوژی رودخانه قره چای قبل از ساخته شدن سد
- ۶۴ شکل ۴-۱۵- مقایسه مورفولوژی رودخانه قره چای
- ۶۵ شکل ۴-۱۶- پادگانه های آبرفتی قدیم
- ۶۶ شکل ۴-۱۷- تصویری از کف کانال در بالادست
- ۶۹ شکل ۴-۱۸- رابطه بین بارندگی و سطح آب زیرزمینی
- ۶۹ شکل ۴-۱۹- منحنی های هم تراز سال ۱۳۷۰
- ۷۰ شکل ۴-۲۰- منحنی های هم تراز سال ۱۳۸۲
- ۷۱ شکل ۴-۲۱- منحنی های هم تراز سال ۱۳۸۴
- ۷۲ شکل ۴-۲۲- منحنی های هم تراز سال ۱۳۸۹
- ۷۳ شکل ۴-۲۳- تغییر تراز سطح آب زیرزمینی
- ۷۳ شکل ۴-۲۴- برش شماتیکی از گسل ساوه و عمق آب زیرزمینی
- ۷۴ شکل ۴-۲۵- موقعیت ایستگاه های باران سنجی در دشت ساوه
- ۷۵ شکل ۴-۲۶- محل چاه های مورد استفاده در بررسی کیفیت آب زیرزمینی
- ۷۶ شکل ۴-۲۷- غلظت آنیون ها و کاتیون ها سال ۱۳۸۲
- ۷۷ شکل ۴-۲۸- غلظت آنیون ها و کاتیون ها سال ۱۳۸۳
- ۷۷ شکل ۴-۲۹- غلظت آنیون ها و کاتیون ها سال ۱۳۸۵
- ۷۸ شکل ۴-۳۰- غلظت آنیون ها و کاتیون ها در سال ۱۳۸۸
- ۷۸ شکل ۴-۳۱- غلظت آنیون ها و کاتیون ها سال ۱۳۸۹
- ۷۹ شکل ۴-۳۲- منحنی هم PH سال ۱۳۸۲
- ۸۰ شکل ۴-۳۳- منحنی هم PH سال ۱۳۸۹

۸۱

شکل ۴-۳۴- منحنی های هم EC سال ۱۳۸۲

۸۲

شکل ۴-۳۵- منحنی های هم EC سال ۱۳۸۹

۸۶

شکل ۴-۳۶- نقشه شیب مخزن سد و اطراف آن

## فصل اول: مقدمه

### ۱-۱- مقدمه

بحران بی‌آبی یا کم‌آبی در آینده نه‌چندان دور، از مواردی است که ذهن جهانیان، به‌خصوص دولت-مردان را به خود مشغول نموده و این مهم سبب ارائه روش‌هایی جهت ذخیره آب و جلوگیری از هدررفت آن گردیده است. این امر در کنار مساله تولید انرژی موجب پیدایش علم مهندسی سد شده است. با در نظر گرفتن نقش محوری آب در برنامه‌ریزی‌های توسعه کشور، مهار سیلاب‌ها و آب‌های جاری از طریق احداث سد، همواره از اقدامات اساسی و زیر بنائی محسوب گردیده و برای نیل به خودکفائی اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. سدها در مراحل مختلف احداث، بهره‌برداری و پایان عمر مفید خود، تاثیرات عمیق و شگرفی بر محیط‌زیست برجای خواهند گذاشت. ارزیابی اثرات زیست محیطی به عنوان یکی از ابزارهای مدیریت محیط‌زیست، چنان‌که از سه دهه قبل در بسیاری کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه معمول می‌باشد، الزام استفاده از این نگرش را برای طرح‌ها و پروژه‌های سدسازی تاکید می‌نماید.

تا مدت‌ها پیش مسئله اساسی در توجیه شروع مطالعات طراحی و ساخت یک سد، احساس کمبود آب در بخش‌های مورد نیاز جوامع زیردست سد بود، لذا احتیاج به آب جهت توسعه کشاورزی، صنعت و شرب، تولید برقابی، کنترل سیلاب و... کافی بود که مطالعه و ساخت یک سد را توجیه پذیر سازد. بررسی نتایج حاصل از احداث بسیاری از سدها که در نقاط مختلف جهان ساخته شده نیز نمایانگر این واقعیت است که در هنگام بهره‌برداری از پاره‌ای از سدها به اهداف مورد نظر دست نیافته‌اند و یا اثرات

سوء پاره‌ای از این سدها به حدی وخیم و گسترده بوده که سرمایه‌گذاری در چنین طرح‌هایی را عبث و بیهوده کرده است.

سد مورد مطالعه بر روی رودخانه قره‌چای که از غرب و از استان همدان وارد ساوه می‌شود قرار دارد. این رودخانه با جهت غرب به شرق، شهرستان ساوه را مشروب نموده و نهایتاً به مسیل قم هدایت می‌شود. بر مسیر همین رود است که سد ساوه (الغدیر) در محل قدیمی بند شاه‌عباسی، احداث گردیده است (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- بند شاه عباسی (محل قدیم احداث سد الغدیر ساوه)

این فصل به معرفی منطقه مورد نظر، بیان مسئله، ضرورت انجام تحقیق حاضر و اهداف آن و همچنین به معرفی نحوه سازماندهی پایان نامه حاضر اختصاص داده شده است.

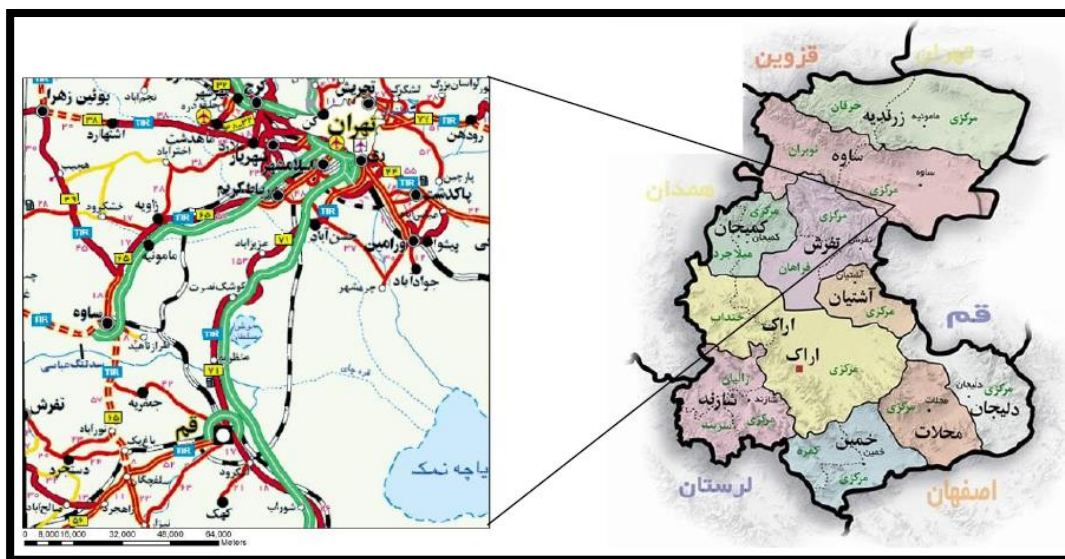
## ۱-۲- بیان مسئله

ضرورت حفظ و نگهداری آب جهت مصارف مختلف سبب احداث سدهای زیادی در چند دهه گذشته و در ایران گشته است در حالی که اثرات این سدها در طبیعت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. احداث سد همراه با تغییرات زیاد در ریخت شناسی، شبکه زهکشی، آب زیرزمینی، حجم رسوب حمل

شده و تغییر در طبیعت می‌باشد و نهایتاً اثرات فوق منجر به تغییرات مضر در اکوسیستم طبیعی خواهد شد. از این‌رو شناخت مسائل زیست محیطی سدها از مسائل مهم در یک طرح آبی می‌باشد و اهمیت مسائل زیست محیطی چنان مشهود گشته که ایجاد هرگونه سازه آبی نظیر سد بدون توجه به بررسی این قبیل مسائل، اهداف اصلی طرح و احداث سد را به زیر سؤال خواهد برد. در سال ۱۳۴۸ مطالعات سد ساوه توسط گروه مشترک ایرانی و رومانیایی آغاز شد. احداث سد ساوه، بر پایه همین مطالعات در سال ۱۳۶۲ شروع گردید و در سال ۱۳۷۳ به بهره‌برداری رسید. هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات احتمالی احداث سد مزبور شامل لرزه‌خیزی القائی، تغییر در کیفیت و کمیت منابع آب، تغییر در ریخت شناسی رودخانه قره‌چای و حاشیه آن، تغییر در پوشش گیاهی و اکولوژی پائین دست، می‌باشد.

### ۱-۳- موقعیت جغرافیائی سد مورد مطالعه

سد ساوه در تنگه وفرقان، در طول جغرافیائی  $50^{\circ}08'$  و عرض  $34^{\circ}53'$  و ۲۵ کیلومتری شهر ساوه در حدود ۱۵۰ کیلومتری جنوب غربی تهران بر روی رودخانه قره‌چای قرار دارد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- موقعیت جغرافیائی سد الغدير



## ۱-۴- آب و هوا و اقلیم

با توجه به اینکه حوضه آبریز سد مورد مطالعه در دامنه‌های شرقی رشته جبال زاگرس قرار دارد و نیز این مسئله که بیشترین مقدار بارندگی در فصل زمستان نازل می‌گردد، می‌توان بیان نمود که رژیم بارش در منطقه مورد مطالعه، مدیترانه‌ای و یا تیپ‌های مشتق از آن است. حوضه قره‌چای در سه زیرحوضه دارای اقلیم نیمه‌خشک و یک زیرحوضه که مساحت کمتری را پوشش می‌دهد دارای اقلیم مدیترانه‌ای می‌باشد و در حالت کلی حوضه دارای اقلیم نیمه‌خشک است (خدایاری، ۱۳۸۶). میزان متوسط بارندگی حدود ۱۹۱ میلی‌متر و متوسط تبخیر و تعرق طبق آمار ۲۳ ساله در محل بند عباسی ۲۷۸۴ میلی‌متر در سال است و دارای اقلیم استپی و خشک می‌باشد (قاضی اسدی، ۱۳۸۵).

جدول ۱-۱- میزان بارش و نوع اقلیم در زیر حوضه‌های قره‌چای

نام زیر حوضه	مقدار بارش (میلی‌متر)	دما (سانتیگراد)	ضریب خشکی دوماراتن	نوع اقلیم
خنداب	۴۱۹	۹/۸۴	۲۱/۱۲	مدیترانه‌ای
کوشک آباد	۳۲۳	۱۰/۵۴	۱۵/۷۳	نیمه‌خشک
خمیگان	۳۱۲	۱۰/۷۵	۱۵/۴	نیمه‌خشک
جلایر	۳۳۶	۱۲/۵	۱۴/۹۳	نیمه‌خشک
کل حوضه	۳۳۶	۱۰/۸۹	۱۶/۰۸	نیمه‌خشک

## ۱-۵- ضرورت انجام تحقیق

بررسی اثرات زیست محیطی سدها در سال‌های اخیر مورد توجه جدی واقع شده است. اگر چه قبل از ساخت سد مطالعات زیست محیطی بخشی از گزارشات توجیهی می‌باشد اما به دلایل مختلفی از جمله اشتیاق به عمران و آبادانی به اثرات نامطلوب احداث سدها کمتر توجه شده است. مطالعات

اثرات زیست محیطی سدها در دنیا سابقه طولانی دارد و مطالعات گسترده‌ای در این خصوص صورت پذیرفته است. در مطالعه حاضر اثرات بلند مدت سد الغدیر ساوه بر محیط زیست اطراف مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج سوء احتمالی بر محیط زیست و راه کارهای کاهش این مشکلات برای این منطقه مورد تاکید قرار گرفته است.

### ۱-۶- اهداف تحقیق

هدف از انجام این مطالعه بررسی اثرات زیست محیطی سد ساوه شامل موارد زیر می باشد:

- ۱- ارزیابی اثرات سد در منابع آب پائین دست با مقایسه اطلاعات قبل و بعد از احداث سد.
- ۲- ارزیابی اثر سد بر فرسایش و رسوبگذاری رودخانه در بالادست و پائین دست.
- ۳- ارزیابی تغییرات لرزه خیزی منطقه و شدت لرزه خیزی القائی.
- ۴- ارزیابی اثر سد الغدیر بر تغییر کاربری اراضی و اکوسیستم منطقه.
- ۵- ارزیابی تبخیر از سطح دریاچه سد.
- ۶- ارزیابی اثر سد بر فرورانش زمین.

### ۱-۷- اسناد و مدارک مورد استفاده

برای انجام این مطالعه در محدوده سد الغدیر و حوضه آبریز رودخانه قره چای، داده‌ها و اطلاعات مختلفی به شکل زیر گردآوری گردید:

- نقشه‌های زمین شناسی ورقه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ تفرش، ساوه، فرمهین، نوبران و قم تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی کشور.
- نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان جغرافیائی نیروهای مسلح.

- نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری ایران.
- نقشه سیمای کاربری فعلی و پوشش گیاهی اراضی کشور، تهیه شده از تصویر ماهواره‌ای LANDSAT تهیه شده توسط سازمان فضائی کشور.
- عکس‌های هوایی منطقه با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، تهیه شده توسط سازمان جغرافیائی نیروهای مسلح.
- آمار کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ساوه از سازمان آب منطقه‌ای استان مرکزی و تمارب.
- آمار چاه‌های برداشت و مشاهده‌ای دشت ساوه از واحد مطالعات آب استان مرکزی.
- آمار هواشناسی ایستگاه‌های باران‌سنجی از واحد مطالعات استان مرکزی و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان ساوه.
- منابع کتابخانه‌ای، مرکز اسناد شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس، اسناد شرکت مهندسی سابیر و اسناد و آرشیو موجود در محل سد الغدیر ساوه (آرشیو مدیریت و دفتر بهره‌برداری از سد).

## ۸-۱- روش‌ها و مراحل انجام تحقیق

ابتدا اطلاعات گردآوری شده در سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS) به صورت لایه‌های اطلاعاتی ذخیره گردید. جهت بررسی اثرات سد بر ریخت شناسی منطقه از عکس‌ها و تصاویر ماهواره‌ای استفاده و در نهایت با مشاهدات صحرائی کنترل، تکمیل و نقشه‌های مربوط به صورت رقومی تهیه شد.

جهت بررسی اثر سد بر کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای در نرم افزار Arc GIS رقومی گردید و اطلاعات و آمار مربوط به کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ساوه واقع در پائین دست سد وارد سیستم اطلاعات جغرافیائی گردید و بعد از طی مراحل مختلف پردازش منحنی‌های مربوط به کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ساوه تهیه گردید.

جهت بررسی اثر سد بر لرزه‌خیزی القائی، زمین لرزه‌ها و گسل‌های محدوده‌ای به شعاع ۳۰ کیلومتر به مرکزیت سد الغدیر ساوه بر روی نقشه پیاده گردید و ضرایب لرزه‌خیزی منطقه قبل و بعد از احداث سد مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج مطالعات و بررسی‌های انجام شده در ۵ فصل به صورت زیر تنظیم و ارائه گردیده است.

فصل اول (کلیات): معرفی منطقه، ویژگی‌های اقلیمی و جغرافیائی

فصل دوم (زمین شناسی): مطالعات زمین شناسی منطقه

فصل سوم (مروری بر مطالعات گذشته): در این فصل به مطالعاتی که بر روی سدهای ایران و جهان از جنبه‌های مختلف زیست محیطی انجام شده، پرداخته شده است.

فصل چهارم (روش انجام تحقیق): در این فصل به مطالعه و روش‌های ارزیابی اثرات زیست محیطی سد الغدیر ساوه پرداخته شده است.

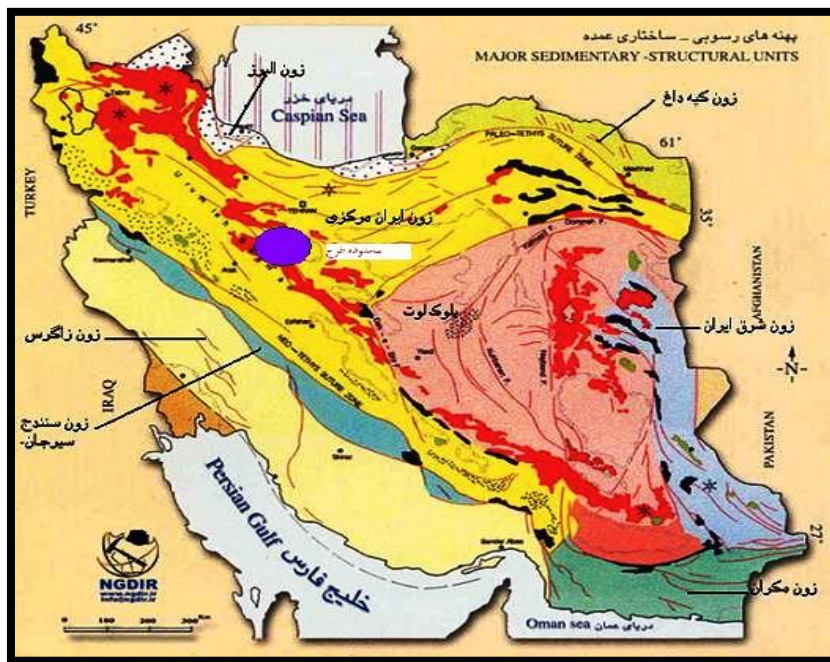
فصل پنجم (نتیجه گیری): در این فصل نتیجه حاصل از این تحقیق، مطالعه و راه‌کارهایی جهت کاهش اثرات مخرب سد الغدیر ساوه آورده شده است.

در نهایت منابع و مراجع مورد استفاده جهت انجام این تحقیق گنجانده شده است.

## فصل دوم: زمین شناسی منطقه

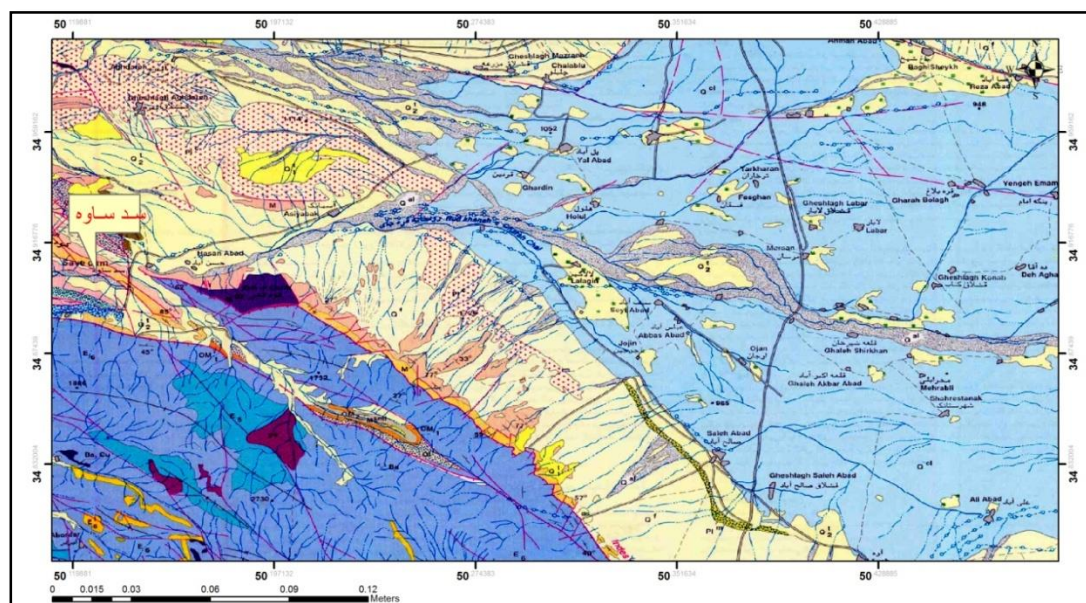
### ۲-۱- زمین شناسی عمومی و تاریخچه ساختمانی ناحیه

این منطقه بر اساس تقسیم بندی زون‌های ساختاری ایران عمدتاً شامل بخشی از زون ایران مرکزی و زون ولکانیکی سهند - بزمان یا تبریز- بزمان است (شکل ۲-۱). به همین دلیل همان‌طور که در ادامه خواهد آمد خصوصیات رسوب‌گذاری، ولکانیکی و تکتونیک هر دو زون را در گستره طرح مشاهده خواهیم کرد.

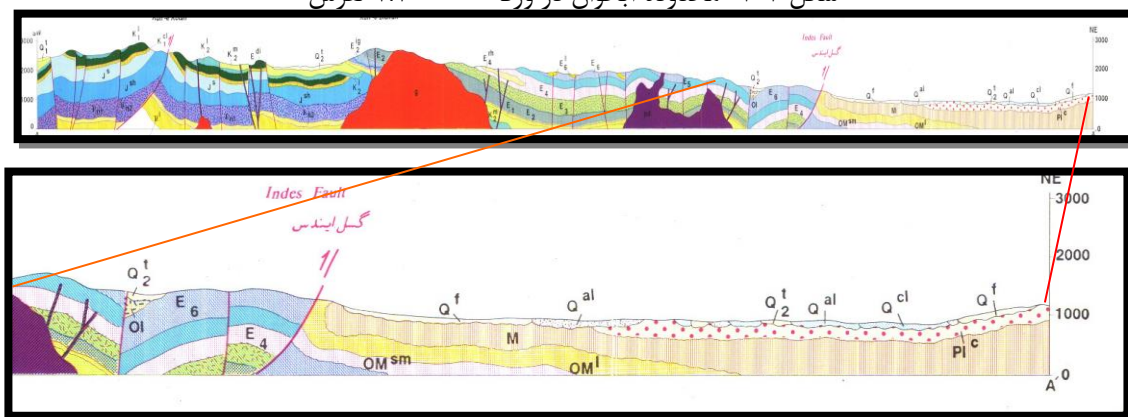


شکل ۱-۲ - پهنه‌های رسوبی ساختاری ایران (تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی کشور)

نتیجه و برآیند عملکرد نیروهای تکتونیکی موجود در منطقه که عمدتاً در قالب گسل‌ها و شکستگی‌ها با امتداد غالب شمال غرب-جنوب شرق مشاهده می‌گردند، در عمل یک فروافتادگی (گرابن) با امتداد ذکر شده را به وجود آورده‌اند، که به نظر می‌رسد در این بستر شکل‌گیری و تکوین آبخوان دشت ساوه در کنار عملکرد هیدرولیکی رودخانه‌ها و جریانات سطحی بعدی انجام گرفته باشد. مطالعات ژئوفیزیکی صورت گرفته بر روی آبخوان ساوه توسط شرکت آبکاو (۱۳۴۸) موید عمق سنگ کف آبخوان تا ۳۶۰ متری بوده در همین ارتباط تحلیل‌های زمین شناسی و توالی رسوبات و تشکیلات زمین شناسی نیز بر این موضوع استوار است که پی‌سنگ و سنگ کف آبخوان بایستی تشکیلات رسوبی میوسن و پلیوسن باشند. نکته قابل ذکر در این میان این است که در درون دشت و محدوده آبخوان رخنمون‌های ولکانیکی مشاهده نمی‌گردد و اگر هم وجود داشته در زیر رسوبات دوره کواترنری مدفون و رخنمون ندارند. در شکل شماره ۲-۲ محدوده آبخوان و در شکل ۲-۳ مقطع زمین شناسی در بر دارنده توالی تشکیلات موجود در منطقه که از روی نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ تفرش تهیه شده آورده شده است. در این مقطع سنگ کف آبخوان ساوه عمدتاً از کنگلومرای پلیوسن و سازند میوسن تشکیل شده است. این مطلب به وسیله مطالعات ژئوفیزیکی نیز مورد تأیید قرار گرفته است.



شکل ۲-۲- محدوده آبخوان در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ تفرش



شکل ۲-۳- برش زمین شناسی از سازندهای زمین شناسی ورقه تفرش

## ۲-۲- چینه شناسی منطقه

قدیمی ترین سازندهائی که در این ناحیه پیرامون آبخوان مشاهده و مشخص شده است به دوره ائوسن و جدیدترین آن به پلیستوسن و عهدحاضر تعلق دارد (شکل ۲-۳). آنچه که مشخص است اصولاً رسوبات و سازندهای دوره سوم زمین شناسی در ایران مرکزی در یک حوضه با توالی ممتد و جهت شمال غربی - جنوب شرقی شکل گرفته اند.

سازندهای زمین شناسی محدوده طرح به ترتیب از قدیم به جدید مورد بررسی قرار می گیرند که عبارتند از :

### سازند ائوسن

در ناحیه ساوه سازند ائوسن شامل توفهای دارای چینه، جریانات گدازه‌ای بازیک و سنگهای ولکانیکی خنثی همراه با لایه‌های عدسی مانند از آهک‌های نومولیت دار است. در اکثر قسمت‌های بالایی ائوسن، توده‌هایی از سازندهای گچ و نمکی نیز وجود دارد.

در شمال منطقه ساوه و ارتفاعات محلی سنگ‌های آتشفشانی به‌طور گسترده‌ای شکل گرفته‌اند و علاوه بر آن نیز در بخش‌های جنوبی و در کوه‌های گلستان سازندهای ولکانیکی با لایه‌هایی از آهک نومولیت‌دار دیده می‌شود (حداکثر ضخامت لایه نومولیتی در حدود صد متر گزارش شده است). سازند ولکانیکی ناحیه ایندس (جنوب ساوه) جریانات لاوی و برش‌های ولکانیکی است. شایان ذکر است که در شمال‌غربی روستای ایندس یک سری سازند تبخیری گچ و نمک‌دار، سازند دریایی قم (الیگومیوسن) را از ولکانیکی‌های ائوسن جدا می‌سازد.

قدیمی‌ترین سنگ‌های آذرین در این منطقه متعلق به دوره ائوسن است و عبارت است از یک گروه از توف‌های چین‌خورده و بعضی جریانات لاوی بازیک که در سازندهای چین‌خورده توف‌ها وارد شده و رنگ این لاوها سیاه است.

در جنوب‌غربی کوه ایندس سنگ‌های پلوتونیک با ترکیب دیوریت نیز مشاهده شده است. سراسر ارتفاعات واقع در شمال حوضه ساوه متشکل از سازندهای ولکانیکی است که ترکیب کلی این سنگ‌ها بازیک و حدواسط گزارش شده‌اند. این سنگ‌ها از شمال‌غربی ساوه تا سراسر شمال حوضه قم نیز امتداد دارند. در این سازندها فراوانی آندزیت‌ها از نظر کمیت به سنگ‌های دیگر مانند ریولیت و گرانودیوریت‌ها برتری دارند. این سازندها به‌علت نفوذ ناپذیری و عدم وجود املاح محلول، تاثیری در وضعیت کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه ندارند.

### سازند قرمز زیرین (L.R.F.).

این سازند بیشتر از شیل‌های سیلتی و مارن‌های ژئپس‌دار و ماسه‌سنگ‌های قهوه‌ای مایل به قرمز، لایه‌های گچ، جریانات لاوی و پیروکلاستیک و کنگلومرای قرمز می‌باشد. ضخامت سازند قرمز زیرین دارای تغییراتی از ۳۰ متر در کوه ایندس تا ۶۰۰ متر در کوه گلستان می‌باشد و در کوه گلستان بیشتر



از ماسه‌سنگ‌های قرمز گچ‌دار و رس‌های مارنی همراه با مارن‌های آهکی است. قسمت تحتانی سازند قرمز زیرین اکثراً تبخیری و از نوع گچ و نمک می‌باشد.

در شمال ناحیه بندچای نیز سازند قرمز زیرین دیده می‌شود. در شمال ناحیه بندچای ضخامت این سازند در حدود ۳۰۰ متر بوده و از نظر جنس شامل رس‌مارنی قرمز تیره و رس‌های مارنی ژئوپس‌دار قرمز و ماسه‌سنگ‌های آهکی سبز خاکستری و کنگلومرای خاکستری تیره در قاعده می‌باشد. این کنگلومرا از قلوه‌ها و قطعات آهکی به‌وجود آمده است.

این سازند نیز از نظر کمی به تغذیه آب‌های زیرزمینی کمک ننموده بلکه به شوری آب‌های عبوری از خود به سمت مخازن سطحی و آب زیر زمینی دشت می‌افزایند (گزارش هیدرولوژی دفتر بهره‌برداری سد، ۱۳۸۷).

### سازند دریایی الیگومیوسن (Oligo-miocene)

این طبقات که به نام سازند قم نیز مشهورند با سازند آسماری جنوب‌غربی ایران کاملاً بستگی داشته و همزمان‌اند و نمایشگر آخرین پیشروی دریا در ایران مرکزی می‌باشد. در منطقه ساوه سازند دریایی الیگومیوسن شامل سنگ‌های سفید مایل به زرد و قهوه‌ای و به‌طور شاخص از سازند قرمز زیرین متمایز است.

سازند دریایی به‌طور کلی در این منطقه شامل مارن‌های خاکستری، آهک‌های مارنی، آهک‌های ماسه-ای، ماسه‌سنگ‌های آهکی و آهک‌های توده‌ای می‌باشد.

در بخش شمالی ارتفاعات ایندس قاعده سازند دریایی، کنگلومرای و بخش میانی آن عبارتست از یک سری سنگ‌آهک و مارن که نسبت به هم حالت متناوب دارند و به تدریج به سمت شمال‌غربی ماسه-ای و کنگلومرای می‌شوند. در این منطقه به‌طور کلی سازند دریایی فاقد گچ بوده در صورتی که در

نواحی مجاور این طبقات یک یا دو لایه گچ وجود دارد. حداکثر ضخامت این طبقات در بندچای حدود ۷۹۰ متر است.

در جنوب کوه ایندس سازند دریایی قم به طور ناپیوستگی بر روی سازند قرمز زیرین قرار دارند و عبارتند از آهک‌های قاعده‌ای با ضخامت تقریبی ۴۲ متر و شامل ماسه‌سنگ‌های آهکی خاکستری با آهک خاکستری در قاعده که همراه با کنگلومرای خاکستری رنگ واجد قلوه‌های آهکی نومولیت‌دار می‌باشد. این کنگلومرای قاعده‌ای تا ناحیه آغولک امتداد داشته و ضخامت آن در حدود یک متر است. یک سری از ماسه سنگ‌ها و مارن‌های ماسه‌ای و ماسه سنگ‌های آهکی به صورت متناوب با هم بر روی این آهک‌های قاعده قرار دارند. این بخش از سازند دریایی دارای ضخامتی برابر با ۳۱۰ متر می‌باشد. دیگر لایه‌های متناوب این قسمت آهک و مارن به ضخامت ۸۵ متر است. بقیه سازند دریایی به وسیله گسلی که توف‌های ائوسن را بالا آورده و با این قسمت مجاور کرده قطع شده است.

از نظر سنگ شناسی سازندهای دریایی جنوب کوه ایندس معادل طبقات زرد کمر و جنوب کوه گلستان است. سازند دریایی الیگومیوسن در طول قسمت شمالی و شرقی و جنوب‌شرقی کوه ایندس نیز گذاشته شده و نسبت به محل‌های دیگر تغییراتی در آن مشاهده می‌شود. به این صورت که در جنوب‌شرقی سازندهای مارنی و آهکی است که به‌طور متناوب قرار گرفته‌اند ولی هر قدر به سمت شمال‌غربی برویم این آهک و مارن به صورت ماسه‌سنگ و کنگلومرا تغییر می‌کند. بر روی این کنگلومرا یک سری سازند آهکی سفید رنگ به ضخامت ۱۰۰ متر گذاشته شده که به صورت توده‌ای بوده و از روستای ایندس تا ۱۴ کیلومتری شمال‌غربی آن امتداد می‌یابد. این سنگ آهک‌ها با دارا بودن خلل و فرج و شکستگی‌های فراوان مشخص‌اند.

ضخامت کل سازند دریایی در ناحیه کوه ایندس بین ۲۱۰ تا ۲۸۰ متر می‌باشد و این طبقات در قسمت زیرین و بالایی یکنواخت و یک شکل‌اند فقط در غرب روستای ایندس قسمت زیرین سازند دریایی به وسیله یک گسل قطع شده است.

سازند دریایی الیگومیوسن به طور پراکنده و به صورت آهک‌های توده‌ای در ابتدای دشت در پای ارتفاعات آذرین شمال ساوه و همچنین در شمال غربی حوضه ساوه و مغرب کوه‌های ایندس یافت می‌شوند. همان طور که ذکر شد سازند الیگومیوسن به واسطه دارا بودن خلل و فرج و شکاف فراوان به تغذیه کمی سفره‌های آب زیرزمینی دشت کمک قابل توجهی می‌نمایند و از نظر کیفی نیز به علت عدم دارا بودن رسوبات تبخیری باعث افزایش املاح و بدتر شدن کیفی آب‌های زیرزمینی نمی‌شوند.

### سازند قرمز بالایی (U.R.F.)

سازند قرمز بالایی که همزمان با تورتونین و سرماسین می‌باشد در بعضی از قسمت‌های منطقه ساوه وجود دارد و تا حوضه قم نیز ادامه دارد. در جنوب شرقی دشت ساوه و در کوه گلستان ضخامت این سازند در حدود ۶۸۵۰ متر بوده و از مارن‌های قرمز متناوب با ماسه سنگ‌های خاکستری مایل به قرمز و کنگلومرا تشکیل یافته است.

در شمال کوه ایندس اکثر سازند قرمز بالایی به وسیله آبرفت پوشیده شده است و فقط در کف دره‌ها لایه‌های این سازند را می‌توان مشاهده نمود. مجموع ضخامت سازند قرمز بالایی در این ناحیه حدود ۳۰۰۰ متر است. ضخامت سازند قرمز بالایی یال جنوبی آنتی‌کلینال غرب ساوه در حدود ۶۰۰ متر است و مرکب از ماسه سنگ‌ها و کنگلومرا که به صورت متناوب با مارن‌های قرمز روشن قرار دارند است و ماسه سنگ‌ها از نوع آهکی می‌باشند. بخش زیرین این سازند مرکب از یک سری مارن‌های قرمز تیره و ماسه سنگ‌های قرمز سخت می‌باشد. روی این سنگ‌های قرمز تیره ماسه سنگ‌ها و روی آنها را سیلت‌های قرمز روشن و کنگلومرا پوشانده است. در شمال ساوه سازند قرمز بالایی به وسیله آبرفت‌های جدید پوشیده شده است ولی در کف دره‌ها و مسیل‌ها می‌توان اثرات لایه‌های آن را مشاهده کرد. این طبقات عبارتند از یک سری ماسه سنگ‌های خاکستری مایل به قرمز که به طور متناوب با مارن‌های قرمز تیره قرار گرفته‌اند. این سازند نیز همانند سازند قرمز زیرین در تغذیه کمی

سفره‌های آب زیرزمینی تاثیری ندارند، ولی از نظر کیفی به علت دارا بودن رسوبات و لایه‌های تبخیری املاح و شوری آب را بالا می‌برند.

### پلیوسن (Pliocene)

پلیوسن در ایران مرکزی بیشتر به صورت کنگلومرا می‌باشد که همزمان با کنگلومرای بختیاری است. نهشته‌های پلیوسن در منطقه ساوه مرکب است از یک سری کنگلومرای نسبتاً ضخیم و تا اندازه‌ای محکم که عموماً به وسیله رسوبات پلیستوسن پوشیده شده‌اند و ضخامت آنها از ۱۰۰ تا چند صد متر می‌رسد.

کنگلومرای پلیوسن هم در شمال و هم در جنوب یال ناودیس طغرود که در حدود ۵ کیلومتر روستای آوه بسط دارد به صورت تپه‌هایی نمایان بوده و به وسیله تهنشست‌های پلیستوسن پوشیده شده است. سازند کنگلومرای پلیوسن در شمال کوه ایندس با رنگ خاکستری دارای ذرات متشکله از آهک‌های الیگومیوسن و ولکانیک می‌باشد. ذرات آهکی این سازند به ترتیب از پایین به بالا افزایش می‌یابد. در جنوب ساوه تهنشست‌های پلیوسن به وسیله پوششی از آبرفت جدید پوشیده شده است. این تشکیلات دارای رنگ خاکستری مایل به سفید می‌باشد.

تپه‌های شرق ساوه نیز از کنگلومرا با رنگ خاکستری مایل به قرمز درست شده که اغلب آبرفت جدید روی آن را پوشانیده است. فقط در دره‌ها می‌توان لایه‌های این کنگلومرا را مشاهده نمود. کنگلومرای پلیوسن در اکثر نقاط سنگ کف منطقه ساوه را تشکیل می‌دهد. در حفاری‌های اکتشافی در چند نقطه به این کنگلومراها برخورد شده است.

### سازند پلیوستوسن - هولوسن

این دوره‌ها که دوران عوارض کنونی بوده و اثرات جوی نظیر آب و هوا زمینه مساعدی برای تجزیه سنگ‌ها و جا به جا کردن دانه‌ها و ذرات متشکله خاک فراهم کرده است. در منطقه ساوه تهنشین‌های همزمان این دوره‌ها عبارت از آبرفت‌های آلوویال (Alluvial) فلوویال (Fluvial)، مخروط افکنه و رسوبات آبرفتی دانه‌ریز و شوره‌زار و بالاخره تراس‌ها و تراورتن است که به صورت لایه نازک افقی سنگ‌های قدیمی‌تر شامل سازند قرمز زیرین و سازند قرمز بالایی و کنگلومرای پلیوستوسن را می‌پوشاند.

### ته‌نشست‌های دوره چهارم

در این قسمت تهنشست‌های دوره چهارم را می‌توان بر حسب نوع مواد آنها طبقه‌بندی نمود:

الف- تهنشست‌های دانه درشت که در مسیر رودخانه مزلقان و مقداری نیز در مسیر رودخانه و فرقان رسوب کرده‌اند.

ب- تهنشست‌های دانه درشت مخلوط با مواد دانه ریز و خشک که در شمال ساوه وجود دارد و کم و بیش مشابه کنگلومرای بختیاری است با این تفاوت که فاقد سیمان است.

ج- رسوبات دانه ریز که از نوع آهک و رس بوده و گاهی نیز همراه با ماسه نرم مشاهده می‌شود. این رسوبات عموماً در سطح و در نواحی غرب دشت قرار دارند و در مسیر رودخانه قره‌چای به صورت عدسی‌هایی در مقاطع ژئوالکتریک ظاهر شده‌اند و در حقیقت موجد سفره‌های آب تحت فشار می‌باشند.

د- تهنشست‌های کویری متشکل از رس‌های نمک‌دار که سراسر سطح قسمت شرقی دشت را پوشانیده‌اند (آبکاو، ۱۳۴۸).

### نهشته‌های مخروط افکنه‌ای

مخروط‌های افکنه اغلب در جنوب دشت در مجاورت ارتفاعات واقع شده که مشخص‌ترین آنها در بخش شمالی روستای ایندس و دیگری در مجاورت روستای بزرگ آوه قرار دارند. بر اساس اطلاعات موجود هر دو منطقه به دلیل بافت مناسب و تخلخل کافی دارای منابع آب زیرزمینی مناسب و خوبی هستند.

### ۳-۲- تکتونیک

#### ۳-۲-۱- کلیات

زون ایران مرکزی با توجه به خوی تکتونیکي ترد و شکننده خویش، به صورت مجموعه و یا کمپلکس موزائیکي از بلوک‌های (هورست و گرابن) متمایز می‌گردد. نوگل سادات (۱۹۷۸) بر روی نقش جنبش‌های برشی در تحول ساختمانی ایران مرکزی، به ویژه در زون تبریز - بزمان در منطقه قم تکیه نموده است.

در ایران به طور کلی سه روند اساسی درخور توجه وجود دارد.

۱- روند شمال غربی - جنوب شرقی که جهت زاگرس، زون سنندج - سیرجان و رشته کوه‌های ولکانیکي ارومیه - دختر را شامل می‌شود.

۲- روند شمال شرقی - جنوب غربی شامل البرز شرقی، دشت کویر و شرق دریاچه نمک است.

۳- روند شمال - جنوب که جهت لوت و به طور کلی شرق ایران است.

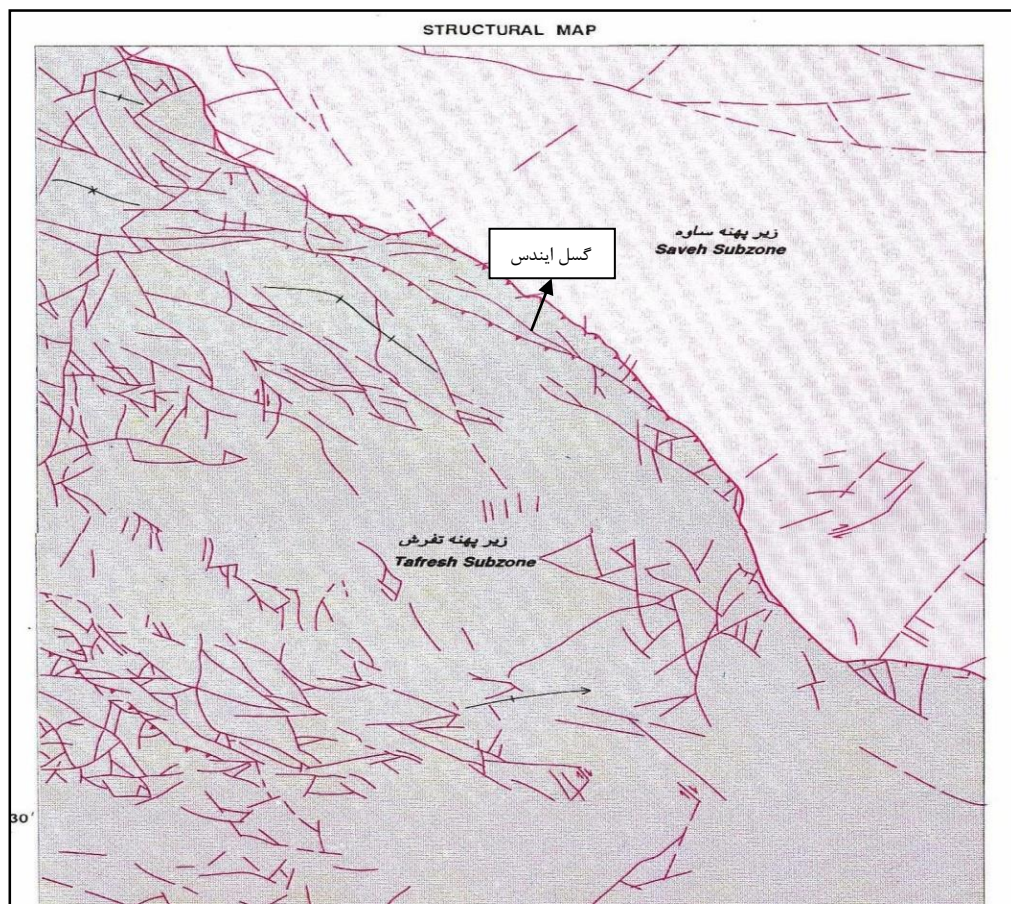
در منطقه قم جهت اساسی همان روند شمال غرب - جنوب شرق است. به طوری که گسله‌ها یا رویدادهای با این روند سبب تفکیک منطقه به زون‌های مختلف شده‌اند.

گمان می‌رود که این شبکه از شکستگی‌ها به ویژه گسله‌ها و روندهای تقریباً شمال - جنوب نقش مهمی در پارینه جغرافیایی منطقه و تفکیک و استقلال جانبی حوضه رسوبی شمال غربی - جنوب-

شرقی به عهده داشته‌اند. شکستگی‌هایی از این نوع با توجه به جایگاه آنها در سیستم کلی برشی راستگرد به عنوان شکستگی‌های کششی و از نقطه نظر تمرکز مواد آتشفشانی به ویژه در نئوژن نقش مهمی داشته‌اند. در واقع گسل‌های با روند شمال - جنوب، گسل‌های دارای روند شمال غرب - جنوب شرق، واقع در زون ارومیه - دختر را قطع نموده و در این شرایط به صورت شکستگی‌های کششی عمل نموده‌اند.

با مطالعه و بررسی گزارشات موجود در نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه طرح همان‌طور که ذکر آن گذشت چنین برمی‌آید که ناحیه و منطقه مورد بررسی بخشی از پهنه ایران مرکزی و کمربند ولکانیکی تبریز - بزمان و یا سهند - بزمان است (درویش زاده ۱۳۷۰).

در محدوده چهار گوش قم زون ایران مرکزی به سه زیر زون (sub zone) شامل زیر زون شمال شرق، زیر زون مرکزی و زیر زون جنوب غربی تقسیم شده است. در ناحیه مورد نظر این طرح (عمدتاً چهار گوش تفرش) با توجه به ویژگی‌های چینه شناسی و ساختمانی دو زیر زون تفرش و ساوه به شرح زیر شناسایی گردیده است (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۴- پهنه بندی ساختاری در منطقه ساوه و تفرش (نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

### الف- زیر پهنه تفرش

بخشی از زیر زون مرکزی است که در بخش جنوب غربی گسل ایندس قرار دارد و از ویژگی‌های آن ضخامت درخور ملاحظه نهشته‌های آتشفشانی، آذرآواری و رسوب‌های همراه آنها و توده‌های نفوذی ژرف و نیمه ژرف متعدد ترسیب و روند عمومی ساختاری شمال غرب - جنوب شرق است. گسل ایندس از نوع معکوس و راست‌گرد است و میزان جنبش آن در نقاط مختلف متفاوت است. این گسل باعث راندگی سنگ‌های ولکانیکی و آذرآواری ائوسن بر روی نهشته‌های کربناته سازند قم و یا کنگلومرای پلیوسن شده است.



### ب- زیرپهنه ساوه

زون مورد نظر در شمال شرق گسل ایندس قرار گرفته است، این بخش به صورت افتادگی اغلب دشت‌ها و در عمل تمامی دشت ساوه و آبخوان آن را شامل می‌شود. تپه ماهورهای کم ارتفاع برونزدهایی از نهشته‌های نئوژن و یا کواترنری را نشان می‌دهند. یکی از نکات شاخص و مهم در این بخش و به طور مشخص در دشت ساوه عدم مشاهده تظاهرات ولکانیکی ائوسن و یا پس از آن در سطح دشت ساوه و آبخوان آن است. تحولات ساختاری این ناحیه را در سنوزوئیک می‌توان در یک الگوی منطقه برشی (shear zone) مورد بررسی و تحلیل قرار داد. تغییر محور چین‌ها و ولکانیسم شدید در سنوزوئیک از جمله مواردی است که ما را به الگوی منطقه برشی هدایت می‌کنند.

### ۲-۳-۲- گسل‌ها

#### الف- گسل ایندس

گسل ایندس با درازای حدود ۱۰۰ کیلومتر با روند تقریبی شمال غربی - جنوب شرقی که انتهای جنوب شرقی آن به روند، شمالی - جنوبی متمایل می‌شود، از شمال سلفچگان تا سد ساوه، گسترش دارد. سازوکار این گسل، فشاری بزرگ زاویه و شیب آن به سوی جنوب غربی است. در برخی نقاط چند شاخه می‌شود و در مواردی در جنوب روستای خرقان ساوه سازندهای قدیمی‌تر را به صورت سفره روی آهک‌های الیگوسن رانده است. اثر گسل ایندس که در برخی نقاط به صورت پرتگاه است به خوبی بر روی زمین پیداست. این گسل که مرز جنوب غربی دشت ساوه را تشکیل می‌دهد، از فاصله حدود صد متری شمال شرق سد ساوه عبور می‌کند (شکل ۲-۵).

#### ب- گسل کوشک نصرت

این گسل با طول گسلش بیش از ۱۵۰ کیلومتر از جنوب شرق دریاچه نمک آغاز و پس از عبور از بخش زیادی از آبخوان ساوه در شمال غرب به گسل آوج می‌پیوندد. این گسل یک گسل واحد نبوده و در

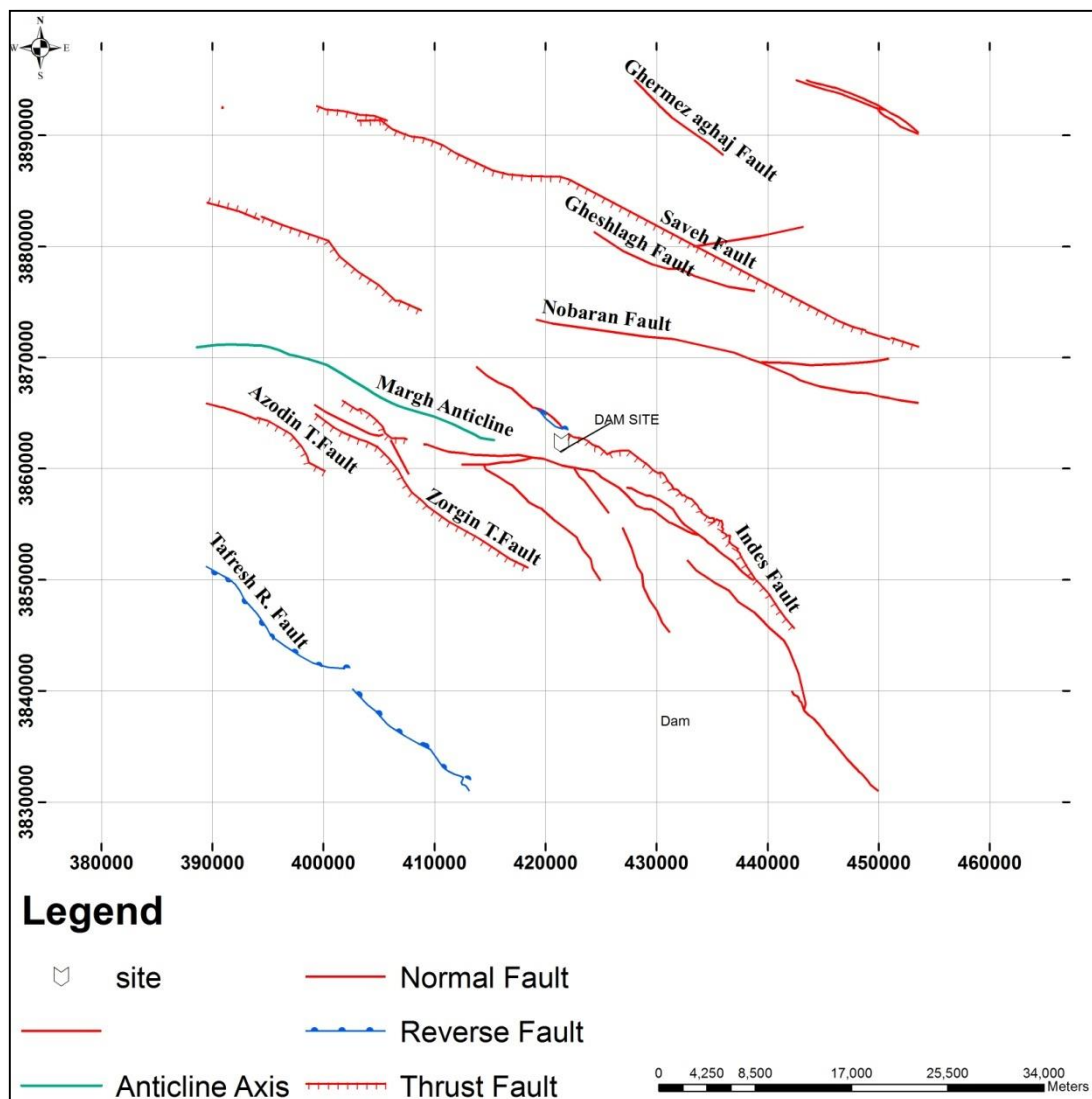
واقع یک زون گسله متشکل از چند گسل به موازات یکدیگر می‌باشد. روند کلی این گسل N100 و شیب صفحه گسل نیز متغیر بوده که در سطح زمین نزدیک به ۶۰ تا ۸۰ درجه به سمت جنوب گزارش شده است. نوع گسل چپگرد معکوس است. در کل با توجه به واحدهای سنگی پیرامون آن جابجایی قائم آن حدود چند صد متر ارزیابی می‌گردد (شکل ۲-۵).

### ج-گسل ساوه

در غرب شهر ساوه و در شمال روستای چنار، واحدهای ولکانیکی ائوسن به گونه‌ای آشکار بر روی واحدهای رسوبی اولیگومیوسن رانده شده‌اند به طوری که به سمت شرق این گسلش تا جنوب روستای نیوشت نیز دنبال شده است. اضافه می‌گردد که گسل‌های والیمان، نورعلی‌بیک و قشلاق نیز تکه‌هایی از زون گسله‌ی ساوه می‌باشند. بدین‌سان گسله‌ی ساوه با طول گسلش بیش از ۱۵۰ کیلومتر از جنوب شرق حوض سلطان آغاز و به سوی غرب به شاخه‌های گسل آوج می‌پیوندند. بر حسب ظاهر گسل ساوه دارای جابه‌جائی شیب لغز معکوس است. ولی چنان‌چه آن را موازی گسل کوشک نصرت بدانیم باید جابه‌جائی امتداد لغز چپگرد را نیز داشته باشد (شکل ۲-۵).

### د-گسل قرمز آقاج

این گسل در شمال روستای سیلیجرد واقع در شمال غربی شهر ساوه با طول ۱۵ کیلومتر و با روند N45W نمایان شده است که با گسل اصلی کوشک نصرت زاویه ۳۰ درجه دارد نوع گسل امتداد لغز و حرکت آن چپ‌گرد است (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵- گسل‌های اصلی و فرعی منطقه (ترسیم مجدد از ۴ ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ تفرش، ساوه، نوبران و فرمهین)

### ه- گسل قشلاق

این گسل در غرب شهر ساوه با روند N70W و طول ۱۶ کیلومتر نمایان است. نوع گسل شیب لغز واز نوع معکوس است. از مجموع گسل‌های ذکر شده، گسل البرز در دو ورقه قم و تفرش مشاهده و با امتداد شمال غرب - جنوب شرق خود تمام طول آبخوان ساوه را قطع کرده است. از آنجا که تشکیلات آبرفتی کواترنر تقریباً تمام امتداد گسل و حرکات آن را پوشانده است. لذا اظهار نظر در خصوص

حرکات آن و مشخصات هندسی گسل ممکن نبوده به همین دلیل هندسه گسل به دنبال کارهای حفاری شرکت ملی نفت به صورت N40W,80SW اندازه گیری و اعلام شده است (شکل ۲-۵).

## و- گسل والیمان

به طور کلی از گسل‌های فرعی مهم و تاثیرگذار در محدوده آبخوان ساوه می‌توان به گسل والیمان اشاره نمود که در بخش شمالی و شمال شرق دشت ساوه قرار گرفته‌اند. اهمیت گسل والیمان از دید آب‌های زیرزمینی از آنجا است که با توجه به ضخامت محدود و کم آبرفت‌های دوره کواترنری در این منطقه از یک طرف و جهت جریان آب زیرزمینی که به سمت جنوب است، گسل والیمان با امتداد شرقی - غربی خود مانع حرکت آب‌های زیرزمینی شده و در عمل همانند یک سد از جریان آب جلوگیری می‌نماید (شکل ۲-۵).

## ۲-۴- زمین ریخت شناسی محدوده سد ساوه

دریاچه سد ساوه به عنوان مصب تقریباً ثابت رودخانه قره‌چای محسوب می‌شود و تنها عامل موثر در افزایش قدرت فرسایشی این رودخانه، برخاستگی محدوده مورد مطالعه است که سبب شدت یافتن نیروهای دینامیک درونی و تاثیرگذاری بیشتر رودخانه قره‌چای و آبراهه‌های فرعی آن می‌شود. در محدوده سد ساوه فرایندهای ژئومورفولوژیکی و عملکرد فرسایشی رودخانه قره‌چای نقش عمده‌ای در تعیین نوع و میزان تولید رسوبات دارند. نتایج بررسی نشان می‌دهد که مهمترین پدیده‌های رسوب-زایی که در ارتباط مستقیم با فعالیت‌های فرسایشی رودخانه قره‌چای و آبراهه‌های فرعی آن می‌باشد، شامل به وجود آمدن پدیده‌های چون دشت‌های سیلابی و تاثیر فرسایشی بستر خود رودخانه است. تاثیر فرسایشی برخی پدیده‌های ژئومورفولوژیکی نیز علاوه بر تعیین عوارض ظاهری سطح زمین،

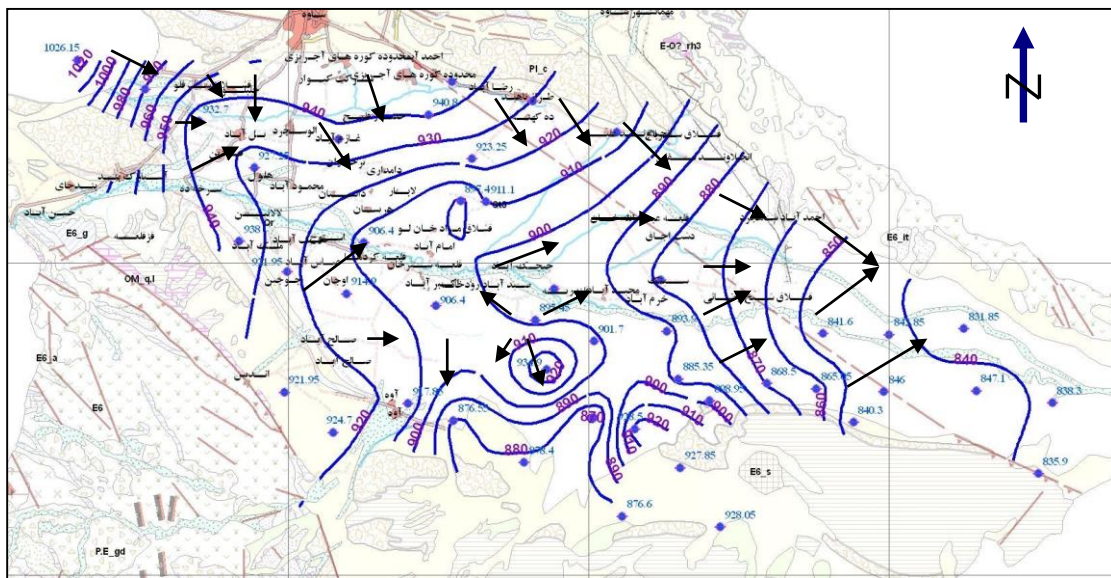
کنترل کننده رسوبات می‌باشند. از این نوع پدیده‌ها می‌توان به وجود آمدن دشت‌های وسیع میانکوهی، میکروتالوس‌ها و فرایندهای لغزش و ریزش دامنه‌های ناپایدار اشاره کرد. ولی بیشترین فعالیت‌های رسوب‌زایی مرهون عملکرد متقابل فعالیت‌های فرسایشی رودخانه قره‌چای و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی است. از مهمترین نوع این پدیده‌ها می‌توان به شکل‌گیری پادگانه‌های آبرفتی چندگانه، مخروط افکنه‌های تکامل نیافته اشاره کرد ( کهنسال قدیم‌وند و همکاران، ۱۳۸۶).

### ۲-۵- منابع آب زیرزمینی

آب زیرزمینی دشت ساوه منحصراً در رسوبات آبرفتی رودخانه‌ای دوره کواترنر ذخیره شده و یا در جریان است. بر اساس بررسی مقاطع زمین شناسی که از حفاری چاه‌های پیرومتری و اکتشافی به دست آمده، مخزن آب زیرزمینی کوهپایه‌ها و قسمت فوقانی دشت از آبرفت‌های دانه درشت تشکیل شده و سطح آب زیرزمینی در این نواحی در اعماق زیاد و به صورت سفره آزاد می‌باشد ولی در قسمت‌های مرکزی و در منتهی الیه دشت (مناطق شرقی) به علت توالی لایه‌های رسی و شن و ماسه-ای سفره‌های آب متعددی وجود دارند که سفره آب اول آن آزاد و کم‌عمق بوده ولی سفره‌های عمیق تر تحت فشار و در بعضی نقاط آرتزین می‌باشد. لازم به ذکر است که در ده سال اخیر به دلیل برداشت‌های بی رویه و عدم تغذیه مناسب آبخوان (بروز خشکسالی‌های اخیر و احداث سد مخزنی ساوه) و در نتیجه بیلان منفی حاصل در آبخوان دشت ساوه سفره‌های تحت فشار موجود با افت فشار مواجه شده‌اند که پیامد آن در حال حاضر این است که چاه‌های آرتزین منطقه دیگر شرایط آرتزین را ندارند.

حوضه‌ای که دارای سفره مستعد آب آرتزین می‌باشد در مجاورت رودخانه قره‌چای و مشخصاً در شرق جاده قدیم ساوه به اصفهان واقع شده که دارای وسعت و فشار قابل ملاحظه‌ای نیز بوده است. شیب سفره آب زیرزمینی آزاد در جهت اصلی جریان در طی طول ۳۵ کیلومتر با اختلاف ارتفاع در حدود ۹۵ متر مشخص می‌گردد که با رجوع به نقشه‌های تراز آب زیرزمینی موجود مقدار آن در حدود ۵ در هزار

خواهد بود ولی این مقدار به طور محلی از حداکثر ۵ در هزار در مسیر رودخانه مزلقان تا حداقل ۱-  
 ۱/۵ در هزار در مخروط افکنه‌های کوه ایندس متفاوت است (شکل ۲-۶) (خلفی، ۱۳۴۸).



شکل ۲-۶- نقشه تراز آب زیر زمینی و جهت جریان در دشت ساوه-مهر ۱۳۸۷ (گزارش ۱۳۸۷ دفتر بهره‌برداری سد)

دشت ساوه از رسوبات و واریزه‌های مربوط به دوره کواترنر پر شده و ۸۰ درصد آبرفت دشت از تخریب آندزیت‌ها و سایر مواد آتشفشانی ائوسن حاصل شده است. بیشترین ضخامت آبرفت دشت در امتداد رودخانه قره‌چای و در مرکز دشت برابر با ۳۶۰ متر می‌باشد. منطقه از یک سفره آب آزاد کلی تشکیل شده است و به علت تناوبی که به لحاظ ریز و درشت بودن دانه‌های رسوبات از روی این بررسی‌ها مشاهده می‌شود عدسی‌هایی از شن و ماسه در لابلای رسوبات دانه ریز رسی به چشم می‌خورد که در حقیقت سفره‌های آب تحت فشار محلی (موضعی) را ایجاد نموده است. ضمناً در قسمت شرقی دشت نیز که دارای حالت کویری است عدسی‌های شن و ماسه‌ای در زیر این رسوبات قرار گرفته و سفره‌های تحت فشار محلی (موضعی) به وجود می‌آورند. هر چه از طرف غرب به طرف شرق منطقه پیش می‌رویم شوری آب سفره‌های آب آزاد و نیز میزان املاح آب سفره‌های آب تحت فشار افزایش می‌یابد.

در قسمت غربی دشت و جاده اصفهان رسوبات دانه درشت بوده و مقدار کمی رس دارند. در این رسوبات یک یا دو سفره آب زیرزمینی آزاد وجود دارد ولی در قسمت شرقی جاده اصفهان مقدار رس زیاد شده و سفره‌های سطحی شور می‌گردند و در مقابل سفره‌های عمیق اساساً شیرین و تحت فشارند (قاضی اسدی، ۱۳۸۵).

طبق گزارش سازمان آب منطقه‌ای استان مرکزی (۱۳۸۷) رژیم رودخانه قره‌چای در محدوده ورودی به دشت تا حوالی پل جاده اصفهان آبخوان دشت را تغذیه نموده و از پل اصفهان به طرف شرق دشت را زهکش می‌نماید. هر چند به دلایل ذکر شده در قبل و عدم تغذیه مناسب دشت این روند قابل ملاحظه و مشهود نیست ولی چنانچه شبکه انهار تحت عنوان زهاب بر در روستاهای اکبرآباد، قره‌چای، قلعه شیرخان و ... یادآور این واقعیت در گذشته نه چندان دور هستند.

### ۲-۵-۱- حوضه‌های هیدروژئولوژیکی دشت ساوه

حوضه‌های هیدروژئولوژیکی متعددی در منطقه ساوه وجود دارند که عبارتند از :

۱- **حوضه شمال غربی:** از دشت کوچکی در شمال قیطانیه تشکیل شده و وسعت آن حدود ۱۴۰ کیلومتر مربع می‌باشد. ضخامت آبرفت در این ناحیه مشخص نیست ولی چاه‌های موجود بیش از یک صد متر را نشان می‌دهند. این حوضه از نظر آبدهی غنی نبوده و آب آن از نظر کیفی نیز چندان مناسب نمی‌باشد.

۲- **دشت شمالی و حوضه اطراف شهر ساوه:** وسعت این دشت حدود ۲۷۰ کیلومتر مربع بوده و باغات موجود در این منطقه مطلقاً از آب زیرزمینی استفاده می‌نماید. ضخامت آبرفت در آن حداکثر تا حدود ۱۵۰ متر می‌رسد و به علت وجود طبقاتی از میوسن و میو- پلیوسن در این حوضه کیفیت آب از نظر شیمیایی نامناسب بوده و چاه‌ها و قنات‌ها این منطقه از نظر آبدهی نیز ضعیف‌اند.

۳- حوضه آوه و گازران: این حوضه در جنوب منطقه واقع شده و توسط رودخانه‌های آوه و نورآباد تغذیه می‌شود. آبدهی چاه‌ها و قنات واقع در این حوضه خوب بوده و از نظر کیفی نیز مناسب تر از سایر قسمت‌های دشت می‌باشد. ضخامت آبرفت تا حدود ۲۰۰ متر می‌رسد.

۴- حوضه مرکزی یا دشت اصلی ساوه: این حوضه در واقع مهمترین قسمت منطقه ساوه بوده و حدود ۶۹۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. و در واقع همان قسمتی است که مورد بررسی در این پایان نامه است. دشت ساوه از رودخانه‌های مزلقان و وفرقان تغذیه نموده و جریان آب زیر زمینی در این قسمت از غرب به شرق بوده و ضخامت آبرفت تا حدود ۳۶۰ متر می‌رسد.

اکثر چاه‌ها و قنات با آبدهی‌های خوب در این منطقه واقع شده و همچنین یک باند آرتزین قوی از مشخصات این حوضه است.

قسمتی از این حوضه که در غرب جاده اصفهان واقع شده دارای یک یا دو سفره آزاد است و سطح آب زیرزمینی از حدود ۱۰ تا ۹۰ متر می‌رسد، ولی قسمت شرقی دشت دارای یک سفره سطحی شور و سفره‌های متعدد عمیق و تحت فشار می‌باشد که آب آنها شیرین است. سطح آب در این قسمت از ۱ تا ۵ متر است و در بهار قسمت‌هایی از آن به صورت باتلاق در می‌آید.

### ۲-۵-۲- پهنه‌های تغذیه و تخلیه آب‌های زیرزمینی آبخوان

آب زیرزمینی دشت ساوه که از نزولات جوی و آب نفوذی رودخانه‌ها منشاء می‌گیرد، بیشتر از غرب به شرق یعنی از سمت ارتفاعات غربی به طرف دریاچه حوض سلطان جریان دارد، و البته جریان‌های ضعیف‌تری نیز از طرف شمال و جنوب به جریان اصلی فوق اضافه می‌شود.

مهمترین منبع تغذیه آب‌های زیرزمینی، رودخانه‌های وفرقان و مزلقان می‌باشد که مقدار قابل ملاحظه‌ای از آب آن‌ها در خروج از کوهستان و ورود به دشت در مخروط افکنه‌های وسیع و پهن‌اور و



در آبرفت‌های دانه درشت و قابل نفوذ سطح جلگه به داخل زمین نفوذ نموده و به سفره آب زیرزمینی می‌رسد.

رودخانه‌های آوه و نورآباد در تغذیه آب زیرزمینی قسمت جنوبی دشت کمک موثری می‌نمایند و مسیل‌های متعددی که از ارتفاعات شمال و جنوب به داخل دشت سرزیر می‌شوند به‌طور محلی و محدود در تغذیه آب زیرزمینی دخالت دارند. ضمناً مقدار نفوذ باران در سطح دشت بسیار ناچیز بوده و اثر قابل ملاحظه‌ای در تغذیه سفره آب زیرزمینی ندارد و دلیل آن هم نرخ نفوذ موثر پایین منطقه مورد مطالعه است. تخلیه طبیعی سفره آب زیرزمینی کم‌عمق بیشتر از طریق تبخیر در سطح باتلاق-های قسمت مرکزی و شرقی دشت و خروج آب از منطقه به‌وسیله رودخانه قره‌چای صورت می‌گیرد، که قسمت اخیر بیشتر به صورت زه‌آب‌های شوری است که از پل جاده اصفهان به پایین به آب دائمی رودخانه اضافه می‌شود.

از چگونگی خروج آب سفره‌های عمیق و تحت فشار اطلاع دقیقی در دست نیست ولی وجود چاه‌های آرتزین در منتهی الیه دشت موید جریان مقادیری آب زیرزمینی شیرین به سمت دریاچه قم می‌باشد که احیاناً قبل از رسیدن به دریاچه مذکور با آب شور این قسمت مخلوط شده و غیر قابل استفاده می‌شود.

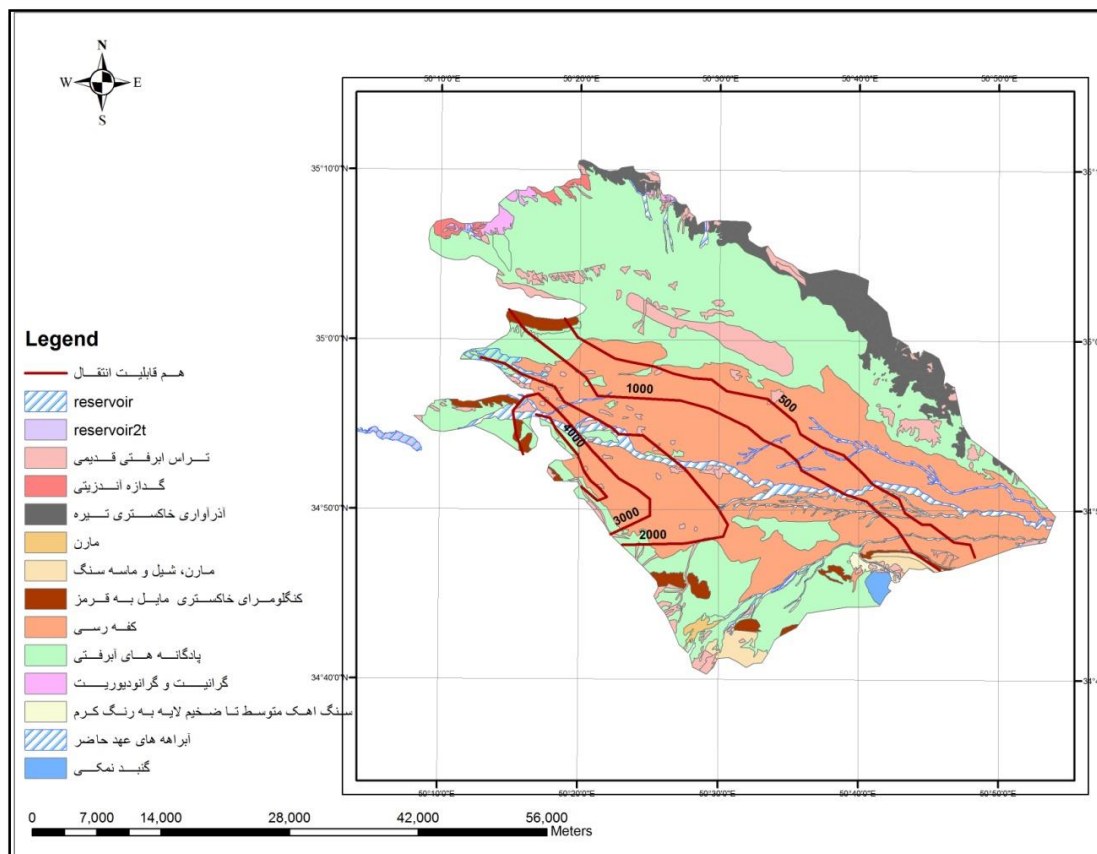
### ۲-۵-۳- ویژگی‌های هیدرودینامیکی آبخوان محدوده مطالعاتی

۵ حلقه چاه اکتشافی در کل دشت ساوه با مساحتی حدود ۲۵۰۰ کیلومتر مربع و با چنین پیچیدگی-های هیدروژئولوژیک حفر شده است که از این میان تنها بر روی چهار مورد از این چاه‌های اکتشافی آزمون‌های پمپاژ صورت گرفته است که اطلاعات به صورت جدول ۲-۱ (گزارش هیدرولوژی دفتر بهره برداری سد، ۱۳۸۷) می‌باشد.

جدول ۱-۲- اطلاعات مربوط به آزمایش‌های پمپاژ انجام گرفته در چاه‌های اکتشافی

ردیف	نام چاه اکتشافی	عمق چاه (m)	T ( m2 /day )	S ( % )
۱	سیدقلی	۲۵۰	۳۴۵۱	۱
۲	هلول	۲۰۰	۵۱۹۵	۲۰
۳	آوه	۱۶۸	۱۵۵۰	-
۴	یافت آباد	۱۴۵	۴۸۸	۱۵

از این‌رو رسم نقشه هم قابلیت انتقال در این منطقه با این داده‌ها امکان پذیر نیست، ولی در کل با توجه به داده‌ها و نقشه موجود و وضعیت آبدی چاه‌های بهره‌برداری رسوبات از ضریب ذخیره و قابلیت انتقال خوبی برخوردارند.



شکل ۲-۷- نقشه قابلیت انتقال در آبخوان دشت ساوه (ری آب ۱۳۸۴)

در مجموع هر چه به سمت جنوب ساوه پیش می‌رویم میزان قابلیت انتقال کاهش می‌یابد که علت آن با بالاتر بودن سنگ کف در قسمت‌های جنوبی قابل توجیه است. از این رو حفر تعداد بیشتری از چاه‌های اکتشافی در منطقه با توزیع مناسب و انجام آزمایشات پمپاژ برای تعیین ضرایب هیدرودینامیک که نقش عمده‌ای در مطالعات، بیلان و اکتشاف و استخراج بهینه آب زیرزمینی دارند ضروری به نظر می‌رسد. در سال ۱۳۸۴ در کنار مطالعات کمی کیفی آبخوان دشت ساوه نمودار ضریب قابلیت انتقال دشت نیز تهیه شده است (ری آب ۱۳۸۴) (شکل ۲-۷).

#### ۲-۵-۴- روش‌های بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی

میزان کل بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی دشت ساوه حدوداً ۳۶۵ میلیون متر مکعب می‌باشد که ۸۶ درصد بهره‌برداری از آبخوان دشت ساوه توسط چاه‌ها و ۱۳ درصد توسط قنوت و حدوداً یک درصد توسط چشمه‌ها صورت می‌گیرد.

تعداد چاه‌ها و میزان تخلیه از آنها در دوره‌های مختلف آماربرداری به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. افزایش بی‌رویه تعداد چاه‌ها در دشت ساوه و در نتیجه تخلیه بی‌رویه از آبخوان آن باعث افت قابل ملاحظه سطح آب زیرزمینی و کیفیت آن به صورت هشدار دهنده‌ای شده است. مساله مهمی که در مورد قنوات قابل ذکر است افزایش تعداد قنوات خشک شده و کاهش میزان تخلیه از طریق قنوات با وجود افزایش تعداد آنها به ویژه در سال‌های اخیر است و این مساله جز با افت بی‌رویه سطح آب زیرزمینی در نتیجه افزایش بی‌رویه تعداد چاه‌های بهره‌برداری قابل توجیه نیست. بر اساس آخرین آمار موجود تعداد چشمه‌های آمار برداری شده در دشت ساوه ۲۵ دهنه چشمه است که مقدار تخلیه از آنها ۱/۸۴ میلیون متر مکعب است.

## فصل سوم: مطالعات زیست محیطی سدها

### ۳-۱- مقدمه

قدمت سدسازی در جهان به هزاره‌های پیشین می‌رسد و در ایران، سد ذوالقرنین معروف به اسکندر یکی از قدیمی‌ترین سازه‌های ذخیره آب در دنیا می‌باشد. صنعت سد سازی به شیوه‌های مدرن به‌ویژه سدهائی با مقیاس بزرگ در حدود سه دهه قبل در ایران آغاز گردیده است. مطالعه و طراحی سدهای بزرگ از حدود سال‌های ۱۳۲۷ شروع و احداث این سدها از اواخر دهه ۱۳۳۰ صورت عملی به خودگرفت. با توجه به اهمیت خاص کنترل هرچه بیشتر آب‌های سطحی، تلاش‌های گسترده‌ای از سوی وزارت نیرو صورت گرفت، تا جائی که آمار سدهای احداث شده طی دو دهه پس از پیروزی انقلاب از ۱۳ سد به ۶۰ سد افزایش یافت. بر اساس گزارشات وزارت نیرو که متولی سدهای بزرگ کشور است، در حال حاضر در حدود بیش از ۱۰۰ سد بزرگ در کشور در حال مطالعه و ساخت است. این امر از یک سو گواه بر اهمیتی است که به کنترل و مهار سیلاب رودخانه‌های کشور داده شده است و از سوی دیگر هشدار است برای این‌که احداث و بهره برداری از سد تبعات زیست محیطی خاص خود را در بر خواهد داشت.

با نگاهی به مطالعات سدسازی کشور در گذشته، به خوبی درک می‌شود که متاسفانه تاکنون مطالعه و تحقیق و تفحص در مسائل زیست محیطی در مطالعات سدسازی نقش مهمی بازی نکرده

است. از طرفی با توجه به اهمیت و ضرورت مطالعات زیست محیطی سدها، چون جای این قبیل مطالب در آموزش دانشگاهی خالی می‌باشد، لذا گاهی اوقات طراحان سازه‌های آبی این‌گونه مطالب را به صورت موردی و مستقل در نظر گرفته و اطلاعات زیست محیطی در تعیین نوع سد، محل یا ساختگاه، حجم سد، چگونگی سیستم انحراف، مقدار دبی طرح سرریز، محل، موقعیت و ارتفاع آبگیر، نحوه رهاسازی جریان پایه، دریچه‌دار بودن یا بدون دریچه بودن سرریزها، اثرات بهداشتی، اثرات فیزیکی و شیمیایی، لایه‌بندی نمک و دما در دریاچه سد، اثرات فیزیکی مخزن به محیط اطراف و اثرات اکولوژیکی مخزن استفاده نگردیده است. از این رو عاقلانه خواهد بود که با توجه به حجم زیاد سرمایه‌گذاری کشور در امر سدسازی و به منظور بهره‌برداری مناسب از جریان آب رودخانه و استفاده از این منابع طبیعی تجدید شونده، به شناخت مسائل زیست محیطی سدها در طی مراحل مطالعه، ساخت و بهره‌برداری پرداخته شود، تا در راستای پیش‌بینی اثرات نامناسب و متقابل سد و دریاچه و زیست محیطی، راه‌های منطقی برای پیشگیری از این اثرات به عمل آید. این امر نه تنها موجب حفظ سرمایه ملی و منابع تجدید شونده کشور می‌گردد، بلکه تامین آب خود در جهت توسعه پایدار و بهبود زندگی مردم و عدم وابستگی به کشورهای خارجی موثر واقع خواهد شد.

### ۳-۲- مسائل زیست محیطی سدها

هنگامی که صحبت از اثرات زیست محیطی به میان می‌آید، به‌طور ناخودآگاه اذهان عمومی متوجه خطرات، ناهمگونی‌ها، مشکلات و اثرات منفی می‌شود. در صورتی که اثرات متقابل سدها بر محیط زیست را می‌توان در دو مقوله اثرات مثبت و نتایج منفی جستجو نمود. به‌طور کلی اثرات زیست محیطی سد را، بدون آنکه قضاوتی در مورد اثرات منفی و یا مثبت آن داشته باشیم، می‌توانیم به شرح زیر خلاصه نمود.

### ۳-۲-۱- اثر بر روی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی

طرح‌های وسیع سازه‌های آبی نظیر ایجاد سد، به‌طور قطع با تاثیراتی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه همراه خواهند بود. دامنه اثر، مدت زمان ماندگاری، محدوده پیشروی و تاثیر آن‌ها بر انواع مصارف آب در پائین دست نیز باید مشخص گردد. این جنبه‌های منفی بر سلامت انسان، گیاه، حیوان، محیط‌های طبیعی و آثار تمدن گذشته اثر نامطلوب داشته و شرایط منطقه را جهت انتشار آلودگی و یا تکثیر ناقلین بیماری‌ها مساعد می‌سازند. با پائین رفتن سطح آب تغییراتی مثل غنی شدگی آب از کانی‌ها در اعماق زیاد، جابجائی سطح مشترک آب شیرین و شور (به‌صورت افقی یا عمودی)، ایجاد شرایط اکسایش کاهش و تغییر توالی شیمیائی آب و در میزان آلودگی آب ایجاد می‌گردد. در طی دوره بهره برداری از سد معمولاً مقداری از آب پشت سد به سفره‌های آب زیرزمینی نشت می‌کند. این عمل به‌خصوص در سال‌های اولیه بهره برداری از سد بیشتر صورت می‌گیرد. اما به‌تدریج با کاهش تخلخل بستر سد که در اثر تجمع رسوبات ایجاد می‌گردد، از خروج آب جلوگیری می‌شود. در نتیجه بر کمیت آب‌های زیرزمینی محدوده مخزن نیز تغییر چندانی قابل پیش بینی نیست. با توجه به ساخت سد و رشد کشاورزی در منطقه پائین دست، مصرف نهاده‌های شیمیائی (کود و سموم کشاورزی) به‌طرز چشمگیری در محدوده شبکه افزایش می‌یابد که این مسئله موجب آزاد شدن یون‌های نیترات و فسفات به منابع آب می‌شود. ازدیاد میزان آلاینده‌ها، افت کیفیت آب برای مصارف مختلف را به همراه دارد (کمالی و همکاران، ۱۳۸۶).

اشرف زاده و همکاران (۱۳۸۶) به ارزیابی اثرات زیست محیطی سد شهید مدنی پرداخته هدف از انجام این تحقیق، شناسایی و بررسی ابعاد اثرات زیست محیطی پروژه یاد شده در محیط‌های فیزیکی، بیولوژیکی، اقتصادی - اجتماعی و فرهنگی و پیشنهاد روش‌هایی به منظور کاهش، پایش و کنترل اثرات سوء با استفاده از ترکیب دو روش ICOLD و LEOPOLD (ماتریس تلفیقی) می‌باشد.

تته (tetteh et al,2004) به بررسی اثرات ناشی از سد بارکس (Barekese) بر روی سلامتی پرداختند و بیان کردند که اگرچه سدها اثرات مفیدی دارند ولی اگر مدیریت صحیح نداشته باشند باعث ایجاد مسائل زیست محیطی جدی می‌شوند. هدف از این تحقیق مشخص کردن اثر سد مذکور در غنا و وضع سلامتی مردم در پائین دست سد بود.

منوچهری و محمودیان (۲۰۰۲) به اثرات زیست محیطی ساختن سد در ایران پرداختند. نتیجه حاصل از این تحقیق نشان داد که اثرات منفی سدها می‌تواند در تغییرات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، بهداشت و اکولوژیکی مشاهده گردد. این اثرات معمولاً در طی ساخت و یا بلافاصله پس از آن و در مواردی حتی پس از گذشت سال‌ها دیده می‌شود.

فیریمساید (Fearnside, ۱۹۹۹) اثرات زیست محیطی و اجتماعی سدها را در برزیل مورد تحقیق قرار داد. اثرات اجتماعی شامل غرقاب شدن زمین‌های مردم بومی منطقه، جابجائی سکنه‌های بومی و غیر بومی و خراب شدن منابع آب شیرین که سکنه‌های پائین دست وابسته به آن هستند و همچنین اثر سد روی سلامتی مردم و اثرات زیست محیطی شامل اثر روی هیدرولوژی رودخانه، کم شدن جنگل‌ها و گرم شدن جهانی.

نودهی (۱۳۸۶) اثرات زیست محیطی سد شهید رجائی ساری شامل اثرات سد بر روی آب‌های سطحی و زیرزمینی، اثر سد بر ناپایداری شیب و دامنه‌ها و فرسایش ساحلی و اثر سد بر روی مورفولوژی رودخانه را بررسی کرد. نتایج این بررسی حاکی از افزایش ناپایداری و فرسایش در پائین دست سد بود.

پارسا (۱۳۸۶) به بررسی اثر سد بر محیط زیست پرداخت. در این تحقیق اثرات سد بر روی محیط زیست در ابعاد گوناگون شامل اثرات اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی (محیط انسانی)، اثرات و تغییرات در مخزن سد (نوسانات سطح آب، رسوب، مغذی شدن، تبخیر و مطبق شدن)، هیدرولوژی رودخانه و تغییرات آب و هوایی، اثرات بر روی آب‌های زیرزمینی، اثرات ژئوفیزیکی، اثرات بر روی حیوانات و گیاهان و اثرات بهداشتی مورد بررسی قرار گرفته و اهمیت بررسی همه جانبه و جامع مسائل زیست



محیطی مورد تاکید قرار گرفته است. چگونگی شناسایی عوامل زیست محیطی، پیش‌بینی و ارزیابی عملکرد سیستم اشاره شده و اثر سیاست‌ها، قوانین و مقررات کنترل و حفاظت محیط زیست بر روی طراحی و بهره برداری سدها بیان شده است و در ادامه به بیان راه‌حلهایی برای تعدیل و یا حذف مشکلات زیست محیطی به‌وجود آمده پرداخته شده است.

کلانتری (۱۳۸۸) تاثیر سد کرخه را بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی دشت اوان استان خوزستان مورد بررسی قرار داده است. جهت نمایش میزان بالا آمدگی سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت در نتیجه احداث سد کرخه، اقدام به تهیه نقشه تغییرات سطح ایستابی نمودند. برای ارزیابی تأثیر سد کرخه روی کیفیت آبخوان دشت اوان مطالعات هیدروشیمیایی بر اساس نتایج آنالیز کامل ۸۰ نمونه آب صورت گرفت. نتایج نشان داد که کیفیت آب زیرزمینی در بخش شمالی بسیار مطلوب است اما در بخش‌های مرکزی و جنوبی مجموع املاح آب زیرزمینی افزایش یافته و کیفیت آب نامطلوب شده است. مجموع املاح در دوره آماری بعد از احداث سد نسبت به دوره قبل از احداث سد افزایش یافته است. در دوره آماری قبل از احداث سد، آب زیر زمینی نسبت به کانی‌های کلسیت و دولومیت در نواحی شمالی و شمال غرب دشت در حالت تحت اشباع و در قسمت‌های میانی و جنوبی دشت، اشباع هستند. درحالی‌که در دوره آماری بعد از احداث سد، نمونه‌ها نسبت به کانی‌های کلسیت و دولومیت اشباع و فوق اشباع شده‌اند.

تئودور (Teodoru, ۲۰۰۶) به بررسی اثرات زیست محیطی سد ایلسو (Ilisu) در ترکیه، اعم از زلزله القائی و رسوب گذاری پرداخت. در مورد زلزله القائی دو مکانیسم وجود دارد: ۱- استرس اضافی روی سازندهای زیرین در نتیجه بارگذاری روی مخازن که به حجم آب مخزن ارتباط دارد. ۲- افزایش فشار منفذی آب در طول گسل به سطح آب در مخزن وابسته است. در مورد رسوبگذاری نیز حجم رسوب ذخیره شده در سد بستگی به جریان رودخانه و مساحت حوضه آبریز دارد.

شیوزاکی (Shiozaki et al, 1996) به مطالعه دراز مدت تغییرات سطح آب زیرزمینی و کیفیت آب در نزدیکی سدها پرداخت. در این تحقیق در مورد تغییر مکان آب زیرزمینی که به وسیله نتایج حاصل

از تحقیقات دراز مدت حجم تراوش، سطح آب زیرزمینی و کیفیت آب حاصل از اندازه گیری پرشدن ابتدائی مخزن انجام شد به دست آمد. این تحقیق به صورت زیر جمع بندی شده: (۱) حجم تراوش با گذشت زمان میل به کم شدن دارد. به ویژه در نقاط اندازه گیری شده، جایی که تراوش قابل توجه بود طی پرشدن اولیه به طور قابل توجه کاهش یافته بود. (۲) تفاوت در نسبت قابلیت نقل و انتقال توده سنگ نشان داد که آب بندی کردن مناطق در طی ساخت سد به طور صحیح انجام شد، به هر حال نوسان با زمان سرعت قابلیت نقل و انتقال نشان داد که آب بندی کردن نزدیک مخزن با تشکیل لجن شکل گرفت. (۳) نوسان کیفیت آب زیرزمینی نشان داد که نشست آب از مخزن به پائین دست سد بعد از یک سال از شروع آبیگری می باشد.

وی (Wei.etal,2008) اثرات ساخته شدن سد بر روی کیفیت آب را مورد بررسی قرار دادند و مشخص گردید که ساختن سد اثرات منفی بر روی ظرفیت نیمه تصفیه مخزن و بالادست سد دارد. اما اثرات کمی روی پائین دست دارد و همچنین این تحقیق پیشنهاد داد که ضروری است که به اثرات پیچیده زمانی و مکانی سد بر روی اکوسیستم آبی توجه شود.

نیداو و والوارنس (Nedaw & Walraevens) اثرات مثبت سدهای کوچک را بر روی آب زیرزمینی بررسی نمودند. این تحقیق یک مطالعه موردی در نواحی اطراف سینکانت (Tsinkane) و روبافلگ (Rubafeleg) در شمال اتیوپی بود. هدف از این تحقیق ارزیابی نقش این سد در بالا بردن سطح آب زیرزمینی به وسیله تغذیه مصنوعی بود. در این مطالعه ویژگی های فیزیکی مخزن شامل سطح آب زیرزمینی که بستگی به بالا آمدن سطح آب دارد و همچنین ترکیب شیمیائی بررسی شد. جهت انجام این تحقیق ۶ نمونه آب جمع آوری و آنالیز شدند. یک نمونه از آب سطحی مخزن و تعدادی نمونه از چاه های آب بعد از مخزن، یک نمونه از چشمه و یک نمونه از رودخانه. نتیجه حاصل از این مطالعه یک واکنش بین آب های سطحی در دو مخزن را از جنبه های فیزیوگرافی، تراز آب و هیدروشیمی بررسی می کند و یک اثر متقابل آب های سطحی با آب های زیرزمینی اطراف را نشان داد.

اشراف (Ashraf,2007) اثرات سدهای کوچک را بر روی کشاورزی و آب زیرزمینی در پاکستان را بررسی کرد. در این مطالعه اثرات سه سد دوکسندی مار (Dhok Sandy Mar)، کازالا (Kasala) و جاوا (Jawa) بر روی کشاورزی و آب زیرزمینی و تهیه راهنمایی جهت استفاده موثر و مدیریت سدها در پاکستان است.

کنراد (Conrads et al,2008) اثرات سد سالودا (Saluda) را بر روی هیدرولوژی آبهای سطحی در کارولینای جنوبی مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه نشان داد که ساخته شدن سد باعث تغییر اقلیم و از بین رفتن سیلاب گردیده و دوره تناوب از دو سال به صد سال افزایش یافته است.

دیاب (Diab et al,2008) اثر سدهای بلند را بر روی کیفیت آبهای زیرزمینی زیر دلتای نیل در مصر را مورد تحقیق قرار دادند. در این تحقیق نشان دادند که مقدار آب ورودی به نیل و سرشاخه‌های آن بعد از ساخته شدن سد بر روی سطح آب و کمیت آن در دلتای نیل اثر گذاشته است این اثر ناشی از مهار سیلاب و تغییر هیدرولوژی بعد از ساخته شدن سد می‌باشد.

پوتینگر (Pottinger,2009) چگونگی اثر سدها را بر ذخیره آب بررسی نمود. در این مطالعه اثری که سدها بر روی بستر رودخانه، گیاهان آبی، میزان تبخیر و ترکیب شیمیایی آب می‌گذارد را مورد بحث قرار می‌دهد.

قوباجی (Ghoubachi, 2010) به بررسی اثر دریاچه ناسر (Nasser) بر روی آب زیرزمینی منطقه پرداخت. این دریاچه باعث افزایش سطح آب زیرزمینی و کاهش درجه شوری آب می‌شود. در این مطالعه مقدار و سرعت تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی توسط دریاچه به وسیله قانون دارسی (۱۸۵۶) انجام شد.

### ۳-۲-۲- اثر سد بر روی مورفولوژی رودخانه

حرکت آب در آبراهه‌های باز تابع دو نیروی اصلی، یکی نیروی جاذبه که سبب راندن آب به شیب پایین دست می‌شود و نیروی اصطکاکی که بین مولکول‌های آب وجود دارد می‌باشد. به علاوه نیروی

دیگری بین آب و حواشی آبراهه برقرار است. این دو نیروی کلی یعنی جاذبه و اصطکاک سبب حرکت آب به پایین دست می‌شود. رواناب حاصل از زهکشی حوضه همراه بار و نوع رسوبی که با خود به آبراهه رودخانه می‌رساند یکی از متغیرهای عمده‌ای است که در تعیین اندازه و ویژگی شکل آبراهه اهمیت دارد. با ساخته شدن سد در مسیر رودخانه مقدار تخلیه، اندازه مواد رسوبی، شیب دامنه و همچنین ابعاد آبراهه با توجه به مقدار آبی که از داخل آن می‌گذرد تغییر خواهد کرد.

سدها به وسیله دو فاکتور اولیه آب و رسوبات باعث تعیین شکل، اندازه و مورفولوژی رودخانه و همچنین باعث دگرگونی دو جزء مهم و حیاتی سیستم ژئومورفولوژی یعنی توانائی حمل رسوبات و مقدار رسوبات قابل دسترس برای حمل می‌گردند:

- اگر ظرفیت حمل از مقدار رسوب قابل دسترس بیشتر باشد با کمبود رسوبات موجود در کانال ها می‌توانیم انتظار داشته باشیم که رسوبات از بستر یا حاشیه خارج و حمل گردند.
- اگر ظرفیت حمل از مقدار رسوبات قابل دسترس کمتر باشد می‌توانیم انتظار جمع شدن رسوبات را داشته باشیم.

بدیهی است که سد می‌تواند به صورت تله اندازی رسوبات نیز عمل کند. در سدهای بزرگ با حجم زیاد به طور معمول آب صاف و بدون هیچگونه موادی از سد خارج می‌شود.

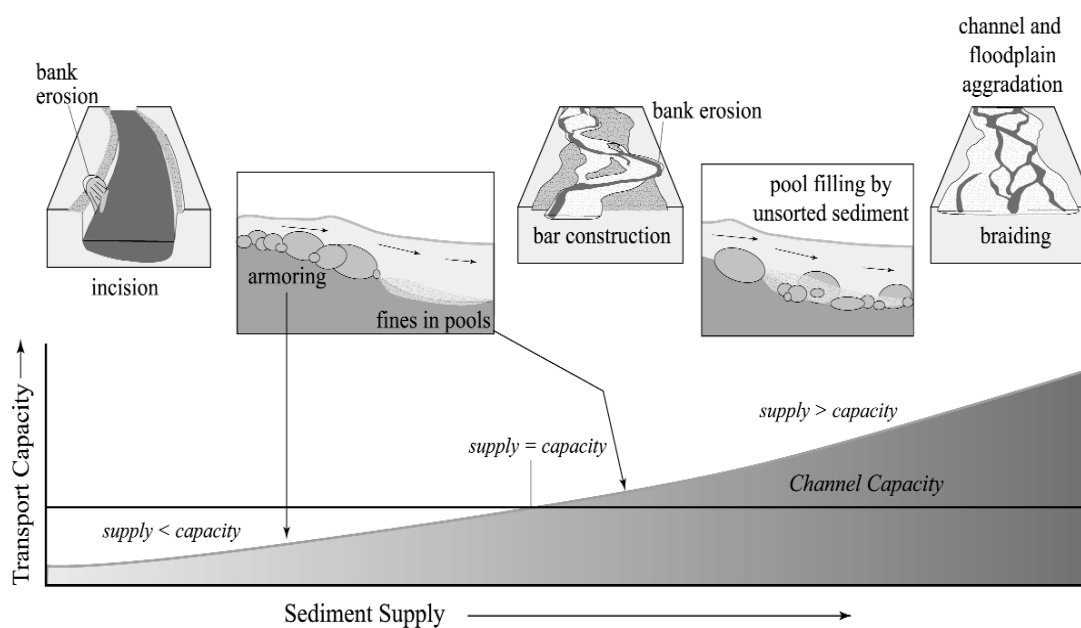
به علت ایجاد سد کاهش نسبی یا کامل مواد جامد در پائین دست اتفاق می‌افتد که موجب دگرگونی- های مختلف در طبیعت منطقه می‌شود. عدم تعادل بین مقدار رسوب و فرسایش در پایاب سدها مورفولوژی رودخانه را دستخوش تغییراتی می‌کنند. از طرف دیگر کاهش بار معلق از جنس رس و سیلت در پائین دست سد، حاصل خیزی اراضی کشاورزی را که قبلاً با این قبیل آب‌ها آبیاری می‌شدند کاهش می‌دهد. از عواقب دیگر احداث سد، ماندن رسوب رودخانه در مخزن سد و جاری شدن آب صاف از دریاچه‌های سد است. این آب صاف توان فرسایش بالائی دارد و نواحی پایاب سد تا رسیدن به حد تعادل جدید، فرسایش می‌یابند (نجمائی، ۱۳۸۲).

وولمن (Wolman, 1967) سه مشاهده مهم را برای رفتار کانال پائین دست سد بیان کرد:

در مقیاس بزرگ: تفاوت در واکنش کانال در طول رودخانه به درجه تنظیم سیلاب بستگی دارد. در مقیاس محلی: محل‌های متفاوت در طول یک رودخانه می‌تواند به روش‌های مختلف تغییر کند. واکنش کانال ممکن است از تخریب تا رسوب‌گذاری تغییر کند.

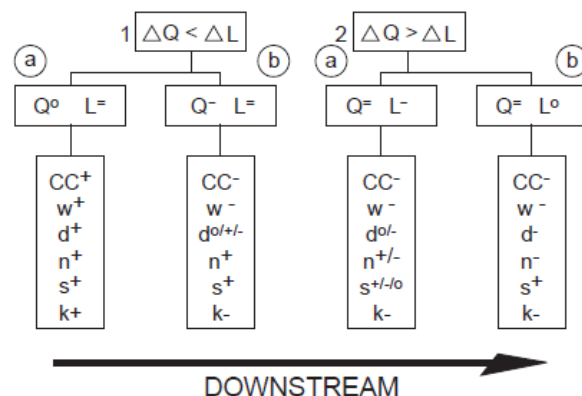
اسنوزی (Snoussi.etal,2001) در مطالعه‌ای به اثرات ساخت سد بر روی آب و جریان رسوب دو رودخانه مولویا (Moulouya) و سبو (Sebou) در موروکو (Morocco) پرداختند. در این تحقیق بیان نمودند که ساخت سد باعث کاهش تخلیه آب رودخانه‌ها و جریان رسوب می‌شود. همچنین سد سازی یک اثر عمیق بر روی مناطق ساحلی که تحت تاثیر رسوب قابل دسترس هستند می‌گذارد. در طی دهه گذشته با رخ دادن خشکسالی جریان آب به طور شدیدی کاهش یافته و با کم شدن آب رودخانه ممکن است سدها بر روی مورفولوژی خط ساحلی اثر گذارند.

اگر میزان تولید رسوبات بیشتر از ظرفیت حمل باشد باعث هموار کردن دشت سیلابی و کانال، فرسایش کناره و پرشدن آبگیر به وسیله توالی رسوبات می‌گردد و اگر میزان تولید رسوبات کمتر از ظرفیت حمل باشد باعث فرسایش کناره‌های رودخانه، فرسایش بستر رودخانه، کاهش شیب بستر کانال و خشن شدن مواد بستر می‌شود (Grant,2003)(شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱- واکنش کانال به مقدار رسوب موجود (Grant,2003)

هر چه از بالادست سد به سمت پائین دست حرکت کنیم با کاهش شدید دبی ( $Q^=$ ) و بدون تغییر ماندن بار رسوبی ( $L^o$ )، ظرفیت کانال  $w$ ، عرض  $d$ ، عمق  $n$ ، زبری کاهش می یابد و  $s$ ، شیب افزایش می یابد شکل (۳-۲) (Petts,2004).



شکل ۳-۲- رابطه دبی، بار رسوبی و مشخصات کانال (Petts,2004).

سد با تغییر در بار رسوبی و تخلیه آب باعث تغییر قابل توجه در رودخانه مثل کاهش رسوب ورودی از بالادست، استقرار گیاهان در حاشیه رود و سدهای ماسه‌ای می شود (Eustis,2006). همچنین تغییر در میزان آب خروجی منجر به کاهش در فراوانی و بزرگی جریان رودخانه شده که باعث شروع ایجاد تغییر در کانال و از بین رفتن پوشش گیاهی دشت سیلابی گردید.

وو (Woo et al,2004) به بررسی اثرات سد بر روی پائین دست رودخانه مثل مورفولوژی و سدهای ماسه‌ای پرداختند. در طی این مطالعه بیان نمودند که سد سازی باعث تغییراتی در کانال آبرفتی رودخانه از جمله خراب کردن بستر رود در نتیجه پائین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی در مسیر رودخانه و تغییر در سفره آب زیرزمینی و کاهش دمای آب می شوند. از دیگر نتایج سد سازی تغییر در مورفولوژی رودخانه و توسعه پوشش گیاهی در سدهای ماسه‌ای است. با از بین رفتن سیل در طی سدسازی رشد گیاهان در سدهای ماسه‌ای بدون پوشش گیاهی سرعت می یابد. تحلیل عکس‌های هوایی در کل سندبارها افزایش سرعت پوشش گیاهی را از ۳٪ تا ۶۰٪ را نشان داد. تحلیل رژیم جریان

نشان داد که با سد سازی جریان‌های بالا کاهش و جریان‌های کم افزایش می‌یابند. تحقیقات نامبردگان نشان داد که تا فاصله ۲۵ کیلومتر پائین دست سد تخریب بستر رود دیده می‌شود و تا عمق ۳/۵ متر فرسایش شدید رخ می‌دهد. تغییر در پوشش گیاهی در ارتباط با تغییرات مورفولوژی در بستر رودخانه است.

دای (Dai et al, 2008) در مورد اثرات سد روی جریان رسوبات در رودخانه پرل (Pearl) بحث نمودند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که کاهش شدید در رسوبات در ریخت شناسی کانال رودخانه مهم است و بیان نمودند که لازم است که به مصب و نواحی ساحلی رودخانه توجه شود و نیاز به مدیریت صحیح دارد.

### ۳-۲-۳- اثر سد در ایجاد زلزله القایی

بر اساس علم زلزله‌شناسی، زمین‌لرزه‌ها هنگامی بروز می‌کنند که تنش‌های زمین‌ساختی در طول یک گسل انباشته شوند تا به یک نقطه بحرانی برسند، و ناگهان تنش‌ها تخلیه شوند. مطالعات حاکی از آن است که کم‌توجهی یا اشتباهات بشری هم نقشی در عوامل کم و کیف وقوع زلزله بازی می‌کند. زلزله القایی، عنوانی است که به زلزله‌های ناشی از احداث و فرایند آب‌گیری و رهاسازی آب سد اطلاق می‌شود و می‌توان عوامل مهمی را که در بروز این گونه زلزله‌ها موثر است را چنین نام برد:

- شرایط مخزن سد و نحوه ذخیره آب

- روند افزایش ارتفاع آب، به ویژه افزایش سریع بعد از یک دوران طولانی رکود نسبی در تغییرات آن.

- رسیدن سطح آب ذخیره شده به بالاترین حد.

- مدت زمانی که آب دریاچه در بالاترین حد نگه داشته می‌شود.

- ویژگی‌های زمین‌شناسی، زمین‌ساختی، زلزله‌شناسی.

- وجود درزها و منافذ در لایه‌های زیر دریاچه سد.

در شرایطی که سدی در نزدیک گسل‌های فعال احداث شده باشد، نفوذ آب در سطوح جدائی گسل‌ها سبب لغزنده شدن آنها می‌شود و به این ترتیب، جابجایی فرادیواره و فرودیواره گسل نسبت به یکدیگر آسان‌تر صورت می‌گیرد. به علاوه نفوذ آب به طبقات پایین‌تر به افزایش فشار بین منافذ سنگ‌های موجود در عمق می‌شود. به این سبب فشار هیدرولیکی ناشی از تشکیل دریاچه‌های مصنوعی در لایه‌ها و طبقات متمرکز و متراکم شده، و به وقوع زمین لرزه کمک می‌کند.

بارگذاری متمرکز بر بخشی از پوسته زمین که دارای طبیعتی بسیار فعال از نظر لرزه‌خیزی می‌باشد، پتانسیل وقوع زمین لرزه را افزایش خواهد داد.

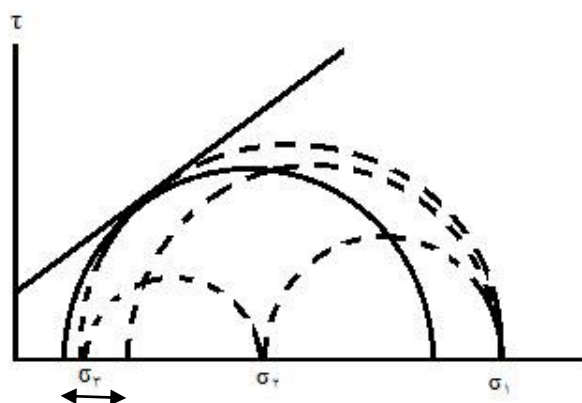
غالباً سدها در مجاورت گسل‌ها احداث می‌گردند. علت این موضوع را می‌توان در بهره‌گیری از توپوگرافی زمین به‌عنوان مکانی مناسب برای نگهداری آب جستجو کرد. سدها در دره‌ها ساخته می‌شوند و یکی از مکانیسم‌های تشکیل دریاچه خردشدگی توده سنگ توسط گسل‌ها می‌باشد.

### ۳-۲-۴- واکنش گسل معکوس به بار وارده ناشی از دریاچه سد

در این نوع گسل تنش‌ها که عملکرد آن به صورت قائم است تنش  $\sigma_3$  می‌باشد. بار ناشی از سد مقدار حداقل تنش یا  $\sigma_3$  را حداکثر به مقدار  $phg$  خنثی می‌کند علاوه بر این باعث کاهش مقدار تنش بیشینه  $\sigma_1$  که در امتداد افقی عمل می‌نماید می‌گردد. میزان این کاهش کمتر از  $phg$  است و این امر باعث تغییر سیستم از حالت شکستگی می‌گردد. به عبارت دیگر با کاهش  $\sigma_3$  دوایر  $\sigma_2 - \sigma_3$  و  $\sigma_1 - \sigma_3$  -  $\sigma_2$  هم دچار تغییر می‌شوند. و به دنبال آن شکل بیضوی تنش هم در سطوح دوایر  $\sigma_2 - \sigma_3$  و دوایر  $\sigma_1 - \sigma_3$  تغییر می‌یابند. با کوچک‌تر شدن دایره‌های دوایر  $\sigma_2 - \sigma_3$  و  $\sigma_1 - \sigma_3$  مقادیر  $\sigma_n$  و  $\tau$  را همراه با هم کاهش می‌دهد و به این ترتیب سنگ از شرایط شکست فاصله می‌گیرد. هنگامی که فشار منفذی به‌طور تدریجی در عمق زیاد شده و به حد نهائی خود که برابر با  $phg$  می‌باشد می‌رسد. مجدداً سیستم به وضعیت شکستگی نزدیک می‌شود (شکل ۳-۳). ولی با وجود این ممکن است هنوز از وضعیت



شکستگی که قبل از پرکردن سد موجود بود فاصله داشته باشد. بنابراین بعد از کم شدن سریع اولیه در لرزه خیزی به حالت اولیه نزدیک می‌شود، ولی برای این حالت مدت‌ها زمان لازم است تا به حد لرزه خیزی قبل از پرکردن سد برسد و این امر ممکن است ان قدر ادامه پیدا کند تا تنش‌های ناحیه‌ای و کوهزائی مقدار تنش را به حد بحرانی برساند و دوباره به شدت لرزه خیزی مانند قبل زیادتر شود (Ramsay,2000).

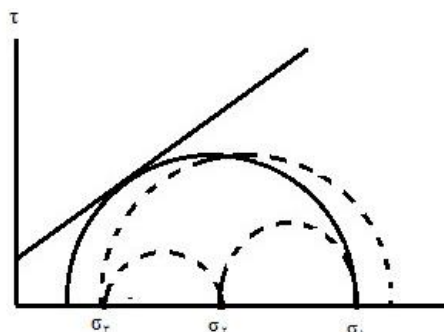


شکل ۳-۳- تغییر محل دایره مور نسبت به پوش گسستگی متاثر از تغییر تنش زمین ساختی در گسل معکوس

### ۳-۲-۵- واکنش گسل نرمال به بار وارده ناشی از دریاچه سد

در گسل‌های نرمال  $\sigma_1$  به صورت عمودی عمل می‌کند. در چنین محیطی بار وارد بر سطح که به طور عمود وارد می‌شود، باعث افزایش  $\sigma_1$  شده و مقدار آن برابر با  $\rho hg$  می‌باشد که در آن  $h$  ارتفاع آب پشت سد و  $g$  شتاب ثقل و  $\rho$  وزن مخصوص آب است. در این حالت دایره  $\sigma_1 - \sigma_2$  و  $\sigma_1 - \sigma_3$  به علت افزایش  $\sigma_1$  بزرگتر می‌شوند و نهایتاً باعث افزایش همزمان  $\sigma_n$  و  $\tau$  می‌شوند و سنگ به شرایط شکست نزدیک می‌شود (شکل ۳-۴). افزایش لرزه خیزی به مشخصات شکستگی ممکن است در اثر پر کردن سد اضافه شده و یا نشود. به جز اثر وزن آب، فشار منفذی نیز با گذشت زمان در اثر نفوذ آب زیاد می‌شود. به طوری که نفوذ آب در اعماق کم، سریع‌تر بوده و در اعماق زیاد، با سرعت کمتری صورت

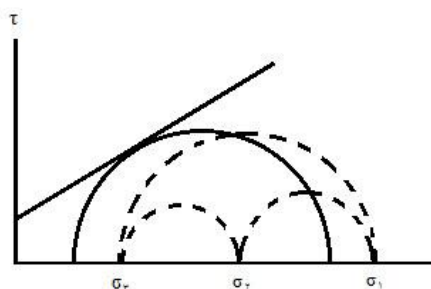
می‌گیرد. ازدیاد فشار منفذی باعث کم شدن تنش موثر  $\sigma_1$  و  $\sigma_3$  می‌گردد بنابراین دایره مور به سمت مبدا حرکت می‌کند و به شرایط شکست نزدیک‌تر می‌گردد.



شکل ۳-۴- تغییر محل دایره مور نسبت به پوش گسستگی متاثر از تغییر تنش زمین ساختی در گسل نرمال

### ۳-۲-۶- واکنش گسل امتداد لغز به بار وارده ناشی از دریاچه سد

در گسل‌های امتداد لغز  $\sigma_2$  تنش عمود بر سطح است. بار ناشی از ایجاد سد باعث تقویت تنش  $\sigma_2$  که به طور عمود عمل می‌کند می‌شود. بنابراین با تغییر بزرگی  $\sigma_2$  اندازه دوایر  $\sigma_2 - \sigma_3$  و  $\sigma_2 - \sigma_1$  تغییر می‌نماید ولی اندازه و مکان دایره  $\sigma_1 - \sigma_3$  ثابت است. با توجه به این تغییرات شکل بیضوی تنش در سطح  $\sigma_2 - \sigma_3$  و  $\sigma_2 - \sigma_1$  دچار تغییر می‌شود. تمام این تغییرات هیچ تاثیری در مقادیر  $\sigma_n$  و  $\tau$  ندارد و شرایط مثل زمان قبل از آبگیری سد باقی می‌ماند (شکل ۳-۵). ولی با گذشت زمان و نفوذ آب، عامل آب منفذی افزایش یافته و دایره مور را به سمت مبدا جابجا می‌کند. این امر باعث کم شدن مولفه‌های افقی تنش‌های موثر  $\sigma_3$  و  $\sigma_1$  می‌گردد. بنابراین سیستم به شکستگی نزدیک شده و لرزه‌خیزی نسبت به زمان قبل از آبگیری سد افزایش می‌یابد.



شکل ۳-۵- تغییر محل دایره مور نسبت به پوش گسستگی متاثر از تغییر تنش زمین ساختی در گسل امتدادلغز

اهتاکی (Ohtake, 1985) به تغییرات لرزه‌خیزی مرتبط با آبگیری مخازن مصنوعی بزرگ در ژاپن پرداخت. برای انجام این تحقیق ۴۲ سد بزرگ در ژاپن را مورد بررسی قرار داد که نتایج این بررسی اثر پرشدن مخزن را روی لرزه‌خیزی محل نشان داد. با این مطالعه با مشاهده افزایش و کاهش در زلزله فازهای آبگیری گذشته یک مدل برای زلزله القائی مخزن که از اثر مرکب بارگذاری و نفوذ آب ناشی می‌گردد پیشنهاد شد بر طبق این مدل افزایش یا کاهش در رخداد زلزله از ویژگی‌های تفاوت در تنش تکتونیکی و شرایط زمین شناسی در نزدیکی مخزن است.

گوپتا (Gupta et al, 1997) به مطالعه افزایش زلزله القائی در منطقه سد کوینا در هند در طی سال-های ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۵ پرداختند. این مطالعه بیان نمود که زلزله القائی مخازن در نزدیکی دریاچه ناشی از سد کوینا شروع به رخ دادن می‌کنند. به محض پرشدن مخزن در سال ۱۹۶۲ زلزله‌های القائی شروع به رخ دادن نمودند و این روند برای ۳۴ سال ادامه داشت و در کل حدود صد هزار زلزله رخ دادند و هرساله در فصل بارندگی که مخزن شروع به پرشدن می‌کند فعالیت لرزه‌ای تشدید می‌یابد. چن و تالوانی (Chen & Talwani-1998) زلزله‌های القائی مخازن را در چین بررسی کردند. طی این تحقیق بیان نمودند که در طبقات سنگی گرانیات زلزله القائی بیشتر مرتبط با انتشار فشار منفذی است در حالی که در طبقات کارستی اثر شیمیائی آب نقش مهم در زلزله القائی بازی می‌کند. در حقیقت لیتولوژی کنترل کننده محل زلزله القائی است.

فیرینساید (Fearnside, 1999) اثرات زیست محیطی و اجتماعی سدها را در برزیل مورد تحقیق قرار داد. اثرات اجتماعی شامل غرقاب شدن زمین‌های مردم بومی منطقه، جابجائی سکنه‌های بومی و غیر بومی و خراب شدن منابع آب شیرین که سکنه‌های پائین دست وابسته به آن هستند و همچنین اثر سد روی سلامتی مردم و اثرات زیست محیطی شامل اثر روی هیدرولوژی رودخانه، کم شدن جنگل‌ها و گرم شدن جهانی.

حیاتی (۱۳۸۳) به بررسی مسئله لغزش در مخازن و روش‌های پایدار سازی آن پرداخت. در این مطالعه به بررسی موردی سد گلستان ۲ پرداخت.

تورکال (Torcal et al, 2004) به زلزله‌های القائی اطراف سد تاوونزو (Tous New) پرداختند. در این تحقیق هم رابطه‌ای بین تغییرات سطح آب و فعالیت‌های لرزه‌ای مشاهده شد. در کل ارتباط موجود بین سطح آب مخزن که احتمالاً تغییرات استرس تکتونیکی از پیش موجود و فشار منفذی است وجود دارد. البته هنوز مکانیسم ویژه‌ای برای زلزله القائی شناخته نشده است.

ماچاراشویل (Matcharashvil et al, 2006) به افزایش دوره‌ای در فرایندهای لرزه‌ای اطراف مخازن بزرگ که به وسیله تغییرات دوره‌ای سطح آب القاء می‌شود پرداختند. در این تحقیق اثرات ممکن تغییرات سطح آب در مخازن بزرگ بر روی فعالیت لرزه‌ای محل بررسی شده است. مخازن بزرگ در زون‌های لرزه‌ای فعال اغلب فاکتور تاثیرات کیفی و کمی تولید لرزه‌ها را در نظر می‌گیرند. در طی آبگیری یا بعد از آن تعداد و بزرگی زلزله‌های اطراف مخازن افزایش چشمگیری پیدا می‌کنند. افزایش در فعالیت لرزه‌ای به اثرات پیچیده آب دریاچه بر روی پوسته در زیر مخزن ارتباط دارد و به وسیله تغییر در شرایط فشار در طی بارگذاری آب یا افزایش در فشار منفذی در شبکه سنگ در زیر مخزن در طی نفوذ فروسو گسل ایجاد می‌شود.

حسینی (۱۳۸۶) به بررسی زلزله‌های القائی مرتبط با برخی سدهای بزرگ ایران پرداختند. برای انجام این تحقیق تعدادی از سدهای بزرگ ساخته شده در مناطق مختلف ایران با پتانسیل‌های متفاوت لرزه‌خیزی که چند سال از تاریخ بهره برداری آنها می‌گذرد انتخاب و بررسی شدند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ۱- تعداد زمین لرزه‌های محلی بلافاصله یا با تاخیر زمانی ناچیزی بعد از آبگیری سد و متناسب با بالارفتن ارتفاع ستون آب دریاچه افزایش یافته که این امر می‌تواند ناشی از وزن ستون آب و افزایش فشار منفذی و لغزنده شدن سطح گسل‌ها باشد. ۲- با پائین رفتن تراز آب دریاچه سدهای پر، لرزه‌خیزی القائی به وقوع می‌پیوندد، که علت این پدیده کاهش فشار عمودی و افزایش فشارهای افقی است. ۳- کاهش عمق متوسط کانونی زمین لرزه‌ها بعد از آبگیری در تمام سدهای انتخابی دیده شد. ۴- کاهش متوسط بزرگی زمین لرزه‌ها بعد از آبگیری سد. ۵- در سدهای مورد مطالعه بعد از آبگیری سد ضریب  $\beta$  منطقه پیرامون سدها نسبت به ضریب  $\beta$  ناحیه‌ای زمین لرزه‌های طبیعی

افزایش نشان داد. ۶- کانون سطحی زمین‌لرزه‌های القائی عموماً در اطراف دریاچه سد می‌باشد و حداکثر تا شعاع ۳۰ کیلومتر بود. ۷- زمین لرزه القائی در بیشتر موارد در زمان آبگیری مخزن ایجاد شده‌اند.

کنجی و حیدری (۲۰۰۸) به بررسی زلزله القائی ناشی از سد کارون ۳ پرداختند. تحلیل‌های آماری از زلزله‌های مخزن سد کارون ۳ یک ارتباط بین سرعت ارتعاش و تغییرات هماهنگ سطح آب را مشخص کردند. به نظر می‌رسد که زلزله در این سد با تغییرات سریع سطح آب بستگی دارد. تغییرات سریع سطح آب افزایش قابل توجه در تعداد زلزله‌ها را ایجاد می‌کند. نهایتاً سرعت زلزله‌ها، انتقال عمودی و افقی، بزرگی و فاصله زلزله‌ها از کارون ۳ متفاوت عمل می‌کنند.

صفاری و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر مخازن سدها در ایجاد زمین لرزه‌های القائی را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه دلیل اصلی زمین لرزه‌های القائی بارگذاری سریع بر روی زمین و یا برداشتن ناگهانی بار زیاد از روی آن بیان شده است که در اثر دخالت انسان در طبیعت به وجود می‌آید. این تحقیق به شناسایی عوامل موثر در ایجاد زمین لرزه القائی می‌پردازد و به مکانیزم‌های شکل‌گیری و پیش بینی آن توجه شده است.

میرمهدی و جهانگیر (۲۰۰۸) به بررسی اثر سیلاب حوضه آبریز مارون در نیروی زلزله سد مارون پرداختند. در این تحقیق خطرات ناشی از تجمع سیلاب در مخزن سد و نیروئی که می‌تواند به بدنه سد وارد کند و باعث ایجاد فشار به گسل‌های زلزله خیز منطقه شود اشاره نموده است. بررسی‌های به-عمل آمده نشان داد نیروی حاصل از سیلاب تاثیر فراوانی بر روی فعال کردن گسل‌ها می‌تواند داشته باشد و از نرم افزار HEC- HMS جهت ارائه پیش بینی سیل در مقاطع مختلف رودخانه مارون استفاده شد.

کوالیانگ (Qiuliang et al, 2008) به مطالعه روش‌های مختلف جهت پیش بینی زلزله القائی سد تری‌گرجز (Three Gorges) پرداختند. در این مطالعه از سه روش فازی، آماری و شبکه عصبی

استفاده کردند که نتایج نشان داد که سه روش مدل آماری ریاضی، شبکه عصبی و فازی بسیار شبیه هم هستند و به نتایج یکسانی منتهی می‌شوند.

دیابات (Diabate et al, 2008) به ارزیابی اثرات ساخته شدن سد و تغییرات زیست محیطی ناشی از آن پرداختند و در مورد راه‌های برآورد زیست محیطی و اینکه چگونه توسعه را بر پایه مدیریت صحیح منابع قرار دهد بحث می‌کند.

همپل (Hampel et al, 2020) به بررسی پاسخ گسل‌ها به تغییرات آب و هوایی مثل یخ و حجم آب پرداختند. مطالعات نشان داد که تغییرات آب و هوا تغییرات قابل توجهی را در مقدار لغزش گسل‌های نرمال و معکوس ایجاد می‌کند و بیان نمودند که در کل سرعت لغزش و لرزه‌خیزی یک گسل در طی بارگذاری کاهش و در زمان باربرداری افزایش می‌یابد. در این تحقیق از مدل‌های دو بعدی و سه بعدی برای نشان دادن پاسخ گسل‌ها به بارگذاری سطحی استفاده گردید. مدل‌ها اثرات سطح زمین بر روی مقدار لغزش گسل‌های نرمال و معکوس و پیش بینی نوع برهمکنش بین تکتونیک و اقلیم را نشان دادند. در کل در طی بارگذاری و باربرداری یک سری زلزله قابل انتظار هستند.

گیبسون (Gibson, 1971) در مورد زلزله‌های القائی سدهای استرالیا به پژوهش پرداخت و ذکر نمود که زلزله القائی ناشی از تغییر در تنش ناشی از وزن آب یا جنبش سطوح شکسته و گسل‌های معکوس به وسیله فشار منفذی آب است. همچنین بیان نمودند این باور وجود دارد که زلزله القائی با گسل‌های نرمال و شیب لغز رخ می‌دهد و به ندرت گسل‌های معکوس باعث القاء زلزله می‌شوند ولی این نظر با تجربیات و مشاهدات در کشور استرالیا مغایرت دارد.

## فصل چهارم: بررسی اثرات زیست محیطی سد الغدیر

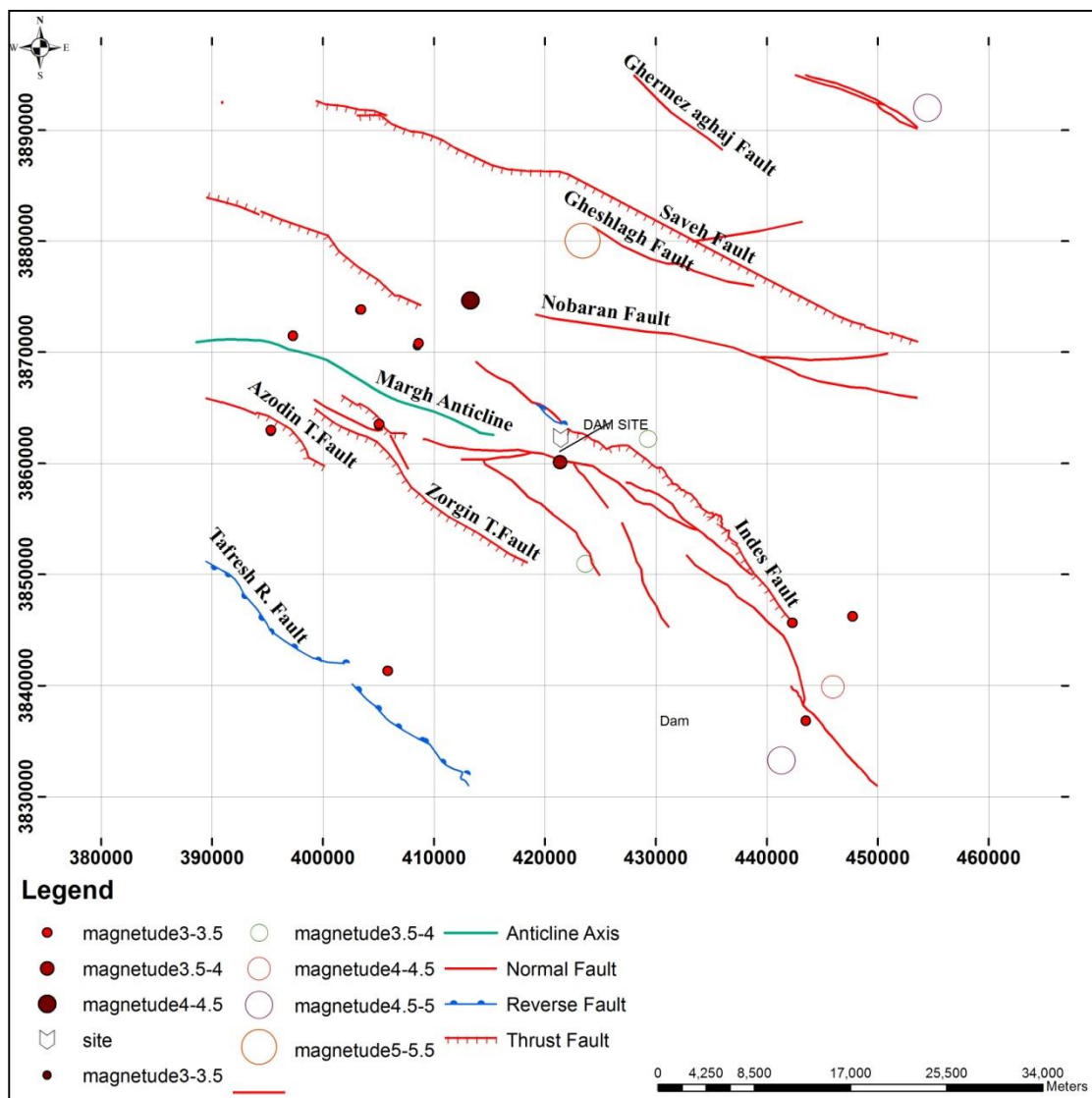
### ۴-۱- مقدمه

به طور کلی اثرات زیست محیطی سدها شامل تشدید ناپایداری دامنه‌ها، افزایش لرزه‌خیزی، تغییر در الگوی فرسایش پذیری منطقه، اثر بر سفره‌های آب زیرزمینی دشت پائین دست، اثر بر چشمه‌ها و مانداب‌ها، تغییر در اکوسیستم منطقه، اثر بر شرایط آب و هوایی و غیره می‌باشد. از بین فرایندهای فوق بحث ناپایداری دامنه‌ها در مخزن سد و نواحی اطراف آن در مورد سد الغدیر اهمیت ندارد. همچنین اطلاعاتی از تاثیر آن بر اکوسیستم منطقه و شرایط آب و هوایی در دسترس نمی‌باشد. در این فصل به جز موارد فوق سایر اثرات سد الغدیر در محیط اطراف که در حیطه مباحث زمین شناسی دسته بندی می‌شوند مورد بررسی قرار گرفته است.

### ۴-۲- لرزه‌خیزی القائی

جهت مطالعه زلزله القائی حاصل از آبگیری سد الغدیر ساوه نقشه سائزموکتونیکي محدوده اطراف سد به شعاع ۳۰ (شکل ۴-۱) و ۱۰۰ کیلومتر تهیه شد و نتایج آماری و خصوصیات زلزله‌ها در این دو محدوده قبل و بعد از احداث سد مقایسه گردید. به منظور تهیه نقشه گسل‌های منطقه از ۴ ورقه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ تفرش، ساوه، نوبران و فرمهین استفاده گردید. آمار زلزله‌ها از سایت مرکز

لرزه‌شناسی ایران (Iranian Seismology Center) به مرکزیت سد الغدیر به شعاع ۱۰۰ کیلومتر استخراج گردید و در سیستم اطلاعات جغرافیایی پیاده شدند. سپس ضرایب لرزه‌خیزی منطقه‌ای به شعاع ۳۰ و ۱۰۰ کیلومتر به‌روش گوتنبرگ - ریشتر و نیز روش فراکتال برآورد گردید، همچنین در این بررسی لرزه‌خیزی، فراوانی زمین لرزه‌ها، عمق کانونی زمین لرزه‌های قبل و بعد از احداث سد با هم مقایسه شده است و رابطه بین تراز آب مخزن سد و فراوانی زلزله‌ها تعیین شد.

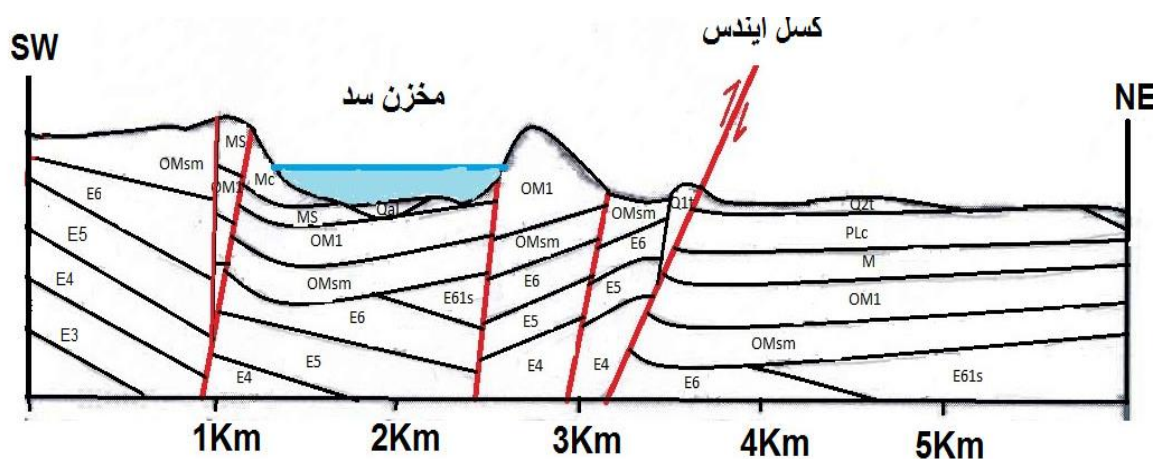


شکل ۴-۱- توزیع مکانی زمین لرزه‌های با بزرگی بالای ۳ قبل از ساخت سد (دوایر توخالی) و بعد از ساخت سد (دوایر توپر) (ترسیم مجدد از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ تفرش، ساوه، نوبران و فرمهین)



۴-۲-۱- سائزموکتونیک محدوده سد

در شکل ۴-۱ نقشه سائزموکتونیک اطراف سد نشان داده شده است. مهمترین و شناخته شده ترین گسل در اطراف سد، گسل ایندس می باشد. این گسل با درازای حدود ۱۰۰ کیلومتر و روند تقریبی شمال غربی- جنوب شرقی که انتهای جنوب شرقی آن به روند، شمالی- جنوبی متمایل می شود، از شمال سلفچگان تا بعد از سد ساوه، ادامه دارد. سازوکار این گسل، فشاری بزرگ زاویه و شیب آن به سوی جنوب غربی است (شکل ۴-۲). در جنوب روستای خرقان ساوه در اثر عملکرد گسل فوق سازندهای قدیمی تر بر روی آهک های الیگوسن رانده شده است. در برخی نقاط چند شاخه می شود و اثر سطحی آن در برخی نقاط به صورت پرتگاه به خوبی بر روی زمین پیداست. این گسل که مرز جنوب غربی دشت ساوه را تشکیل می دهد، از فاصله حدود صد متری شمال شرق سد ساوه عبور می کند (شکل ۴-۳). با توجه به اینکه این پهنه گسلی، محل مناسبی برای عبور آب های زیرزمینی است، در راستای آن، چشمه های متعدد، رویش گیاهی، مزارع و روستاها متمرکز شده اند.



شکل ۴-۲- برش شماتیک با راستای شمال شرقی- جنوب غربی از محدوده سد شامل هندسه گسل و مخزن سد.



شکل ۴-۳- موقعیت شاخه فرعی گسل ایندس در دیواره شرقی سد الغدیر

#### ۴-۲-۲- برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی

##### الف- تحلیل به روش بعد فراکتال

جهت ارزیابی ضریب  $\beta$  قبل از احداث سد از روش بعد فراکتال استفاده گردید. برای تحلیل جزئی و عددی اجزای هندسی پدیده گسلش و مقایسه آن در محدوده گسل خورده، تحلیل فراکتال (Fractal) ابزار مناسبی به نظر می‌رسد زیرا به کمک این فرایند می‌توان نحوه تکوین گسل و فعالیت‌های آن را بررسی نمود. تورکت (۱۹۹۲) معتقد است توزیع فراکتالی گسل‌ها و یا ابعاد فراکتالی یک گسل بیانگر نحوه توزیع آشوب در مدل گسلش سطح پوسته با رفتار شکننده می‌باشد. مدل‌های فراکتالی زیادی برای توزیع گسل‌ها در سطح پوسته زمین در یک منطقه توسط کینگ (۱۹۸۳ و ۱۹۸۶)، تورکت (۱۹۸۶) و کینگ و همکاران (۱۹۸۳) ارائه شده است. در این میان تورکت (۱۹۹۲) گویاترین روش را برای توزیع فراکتالی گسل‌ها در معرفی ضریب  $\beta$  ارائه داد.

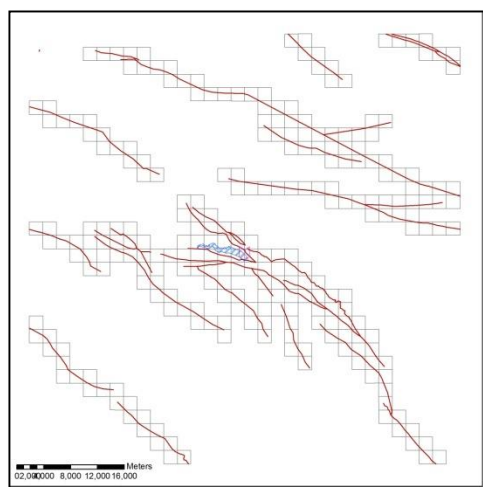
روش مربع شمار (Box-counting) مورد استفاده در این پژوهش، رویه گسلش دو بعدی می‌باشد. در این روش منطقه گسلیده شبکه‌بندی گردیده و تحلیل‌ها بر اساس نمودار  $\text{Log}/\text{log}$  از تعداد مربع‌های

حاوی گسل (Ns) بر حسب اندازه شبکه به کار گرفته شده (S) و یا عکس آن 1/S صورت گرفته است. برای به دست آوردن بعد فراکتالی رابطه زیر تعریف شده است:

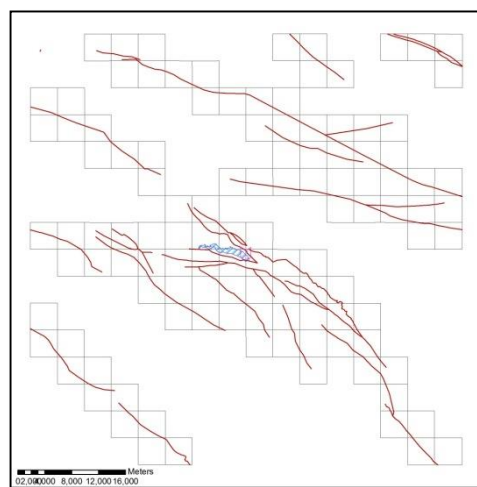
$$\text{Log}(Ns) = a + K \log(1/S) \quad \text{رابطه (۲)}$$

N در این رابطه ضریب خط، a ضریب ثابت و K بعد فراکتال می باشد.

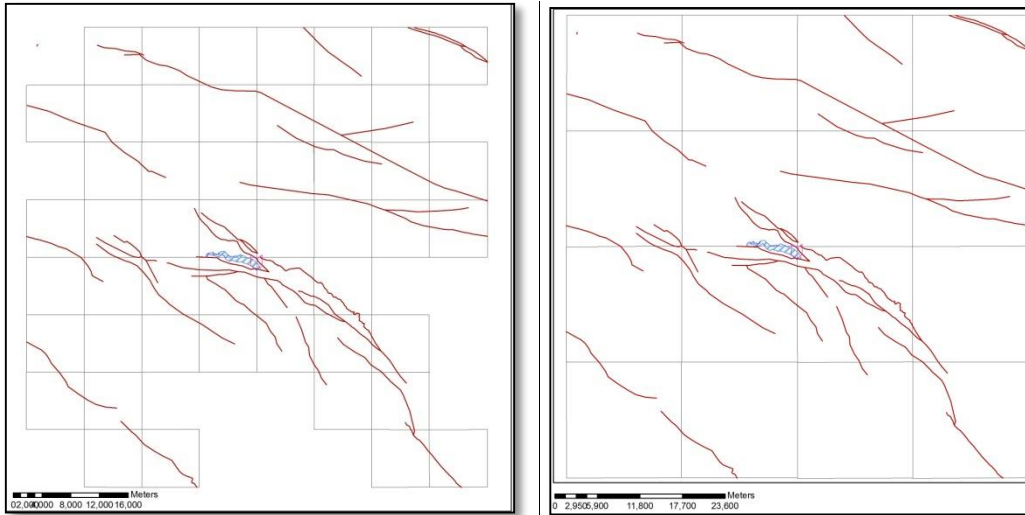
بعد از پیاده کردن گسل های مهم منطقه در GIS، محدوده مطالعاتی به شکل مربع هایی به ضلع ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ کیلومتر شبکه بندی گردید (شکل ۴-۴). سپس تعداد مربع های حاوی شکستگی های گسلی فعال در همه شبکه ها شمارش گردید و از این روش ضریب بتا در منطقه به دست آمد (جدول ۴-۲).



(a)

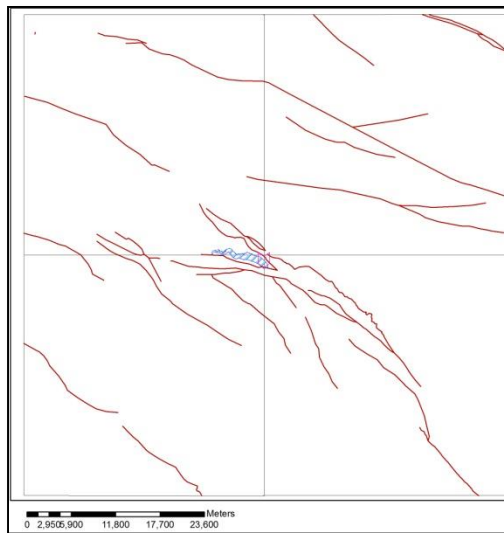


(b)



(c)

(d)



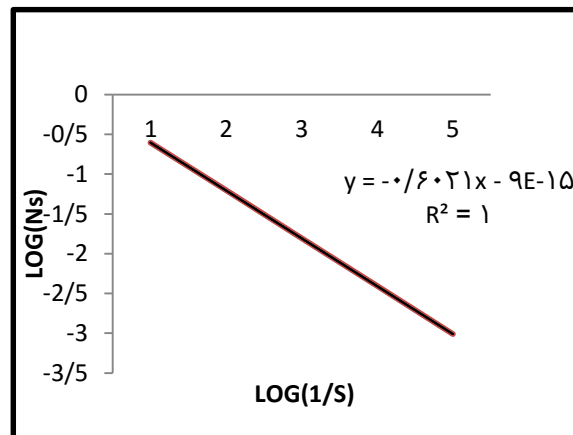
(e)

شکل ۴-۴- (a),(b),(c),(d),(e) به ترتیب شبکه بندی ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ کیلومتر

جدول ۴-۱- مشخصات شبکه بندی

ردیف	ابعاد مربعها(کیلومتر)	مساحت (کیلومتر مربع)	تعداد مربع های حاوی ساختار شکستگی
۱	۲	۴	۲۵۱
۲	۴	۱۶	۲۰۷
۳	۸	۶۴	۴۷
۴	۱۶	۲۵۶	۱۶
۵	۳۲	۱۰۲۴	۴

با توجه به اینکه  $b=2k$  می باشد ضریب  $\beta$  برابر با  $2/76$  خواهد شد (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵- ضریب k به روش بعد فرکتال

### ب- پارامترهای گوتنبرگ - ریشتر

یکی از پیامدهای ناشی از آنگیری سدها تغییر پارامترهای لرزه‌خیزی در اطراف دریاچه سد است. انتظار می‌رود با احداث سد در یک منطقه فراوانی زلزله‌های کوچک و در نتیجه شیب خط گوتنبرگ ریشتر افزایش یابد. به منظور تعیین این تغییرات پارامترهای لرزه‌خیزی ناحیه‌ای قبل از احداث سد بر اساس روش گوتنبرگ - ریشتر اصلاح شده برای شعاع ۱۰۰ کیلومتر با استفاده از داده‌های موجود (به پیوست جدول شماره ۲) تعیین گردید (شکل ۴-۶).

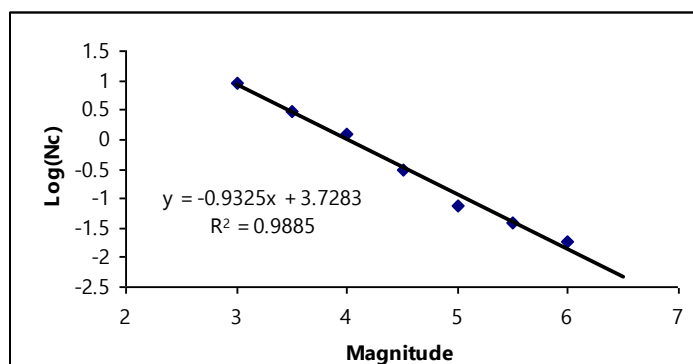
$$\text{Log}N = \alpha - \beta M \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه N تعداد زمین لرزه‌های با بزرگی بیش از M و  $\alpha$  و  $\beta$  ضرایب ثابت هستند. محدوده مورد بررسی در طول تاریخ زمین لرزه‌های بزرگی را تجربه کرده است. در جدول ۴-۲ فهرست زلزله‌های تاریخی و دستگاهی با بزرگی بیش از ۵ ریشتر در شعاع ۱۰۰ کیلومتری اطراف ساختگاه سد را نشان می‌دهد.

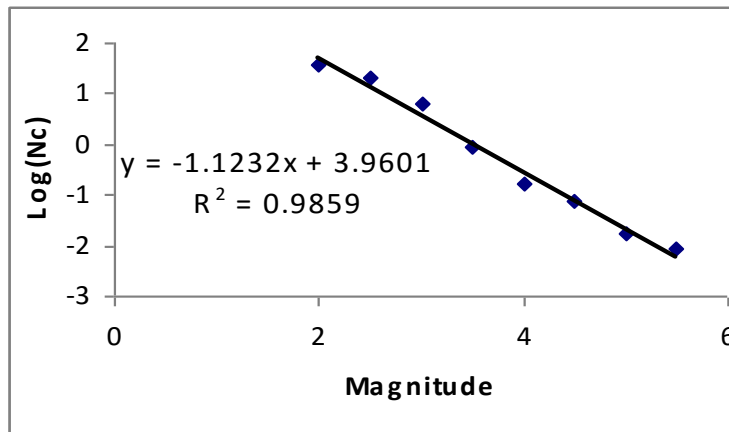
جدول ۴-۲- زلزله‌های تاریخی و دستگاهی

بزرگی	عمق (km)	عرض جغرافیائی	طول جغرافیائی	تاریخ
۵/۱	۱۰	۳۴/۵	۵۰/۵	۱۹۶۰
۶/۲	۱۰	۳۵/۷۱	۴۹/۸۱	۱۹۶۲
۵/۶	۲۰	۳۵/۵۶	۴۹/۷۲	۱۹۶۲
۵/۵	۱۵	۳۵/۶۲	۵۰/۰۶	۱۹۶۲
۵	۴۸	۳۵/۵۹	۴۹/۳۳	۱۹۶۲
۵	۵۳	۳۵/۵۳	۵۰/۰۶	۱۹۶۲
۵/۵	۲۰	۳۵/۷	۴۹/۹	۱۹۶۳
۵/۱	۱۵	۳۵/۵۲	۵۰/۱۸	۱۹۶۴
۵/۲	۲۲	۳۵/۰۶	۵۰/۱۶	۱۹۶۸
۶/۲	۱۲	۳۴/۴۷	۵۰/۶۵	۱۹۸۰
۵/۷	۱۸	۳۴/۴۳	۵۰/۶۳	۱۹۸۰
۵	۲۱	۳۴/۳۷	۵۰/۸۶	۱۹۸۱
۵/۹	۱۴	۳۴/۴۹۸	۵۰/۸۶۶	۲۰۰۷
۵/۶	۱۷	۳۴/۵۲	۵۰/۸۴	۲۰۰۷

در اشکال ۴-۶ و ۴-۷ و در جدول ۴-۳ ضرایب گوتنبرگ ریشتر قبل و بعد از احداث سد آورده شده است.



شکل ۴-۶- پارامترهای گوتنبرگ-ریشتر در شعاع ۱۰۰ کیلومتری قبل از احداث سد



شکل ۴-۷- پارامترهای گوتنبرگ- ریشتر در شعاع ۳۰ کیلومتری بعد از احداث سد

جدول ۴-۳- ضرایب گوتنبرگ- ریشتر قبل و بعد از احداث سد

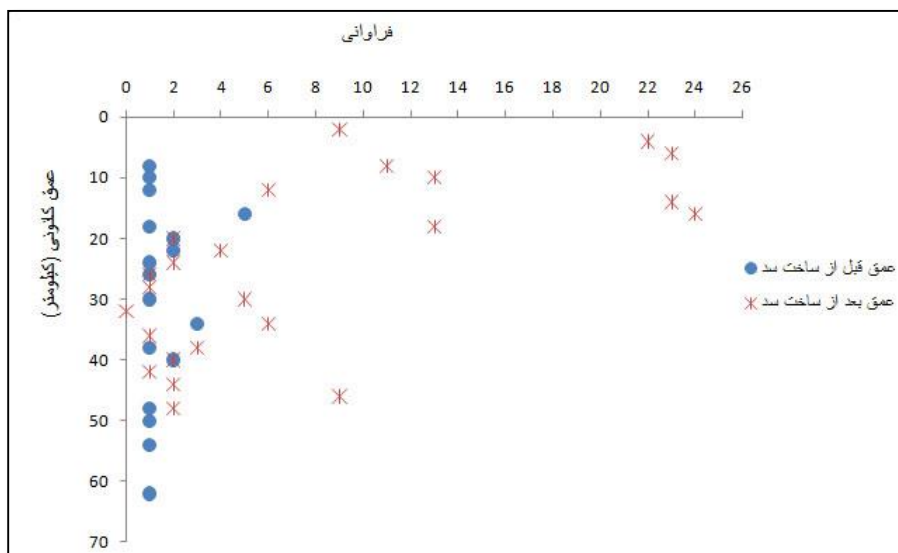
ضریب $\beta$	روش گوتنبرگ- ریشتر محدوده ۳۰ Km	روش گوتنبرگ- ریشتر محدوده ۱۰۰ Km	روش بعد فراکتال
زمین لرزه‌های قبل از احداث سد	-	۱/۸۶	-
زمین لرزه‌های بعد از احداث سد	۲/۲۴	-	-
گسل‌های شعاع ۳۰ کیلومتر روش فراکتال	-	-	۲/۷۶

مقایسه نتایج حاکی از افزایش شیب منحنی گوتنبرگ - ریشتر بعد از احداث سد در مقایسه با داده- های ناحیه‌ای می‌باشد. که این دلیل بر افزایش زمین لرزه‌های کوچک بعد از احداث سد می‌باشد. که این امر عمدتاً ناشی از واکنش پوسته زمین در برابر فشار ناشی از وزن آب موجود و افزایش فشار آب منفذی و لغزنده شدن سطح گسل است.

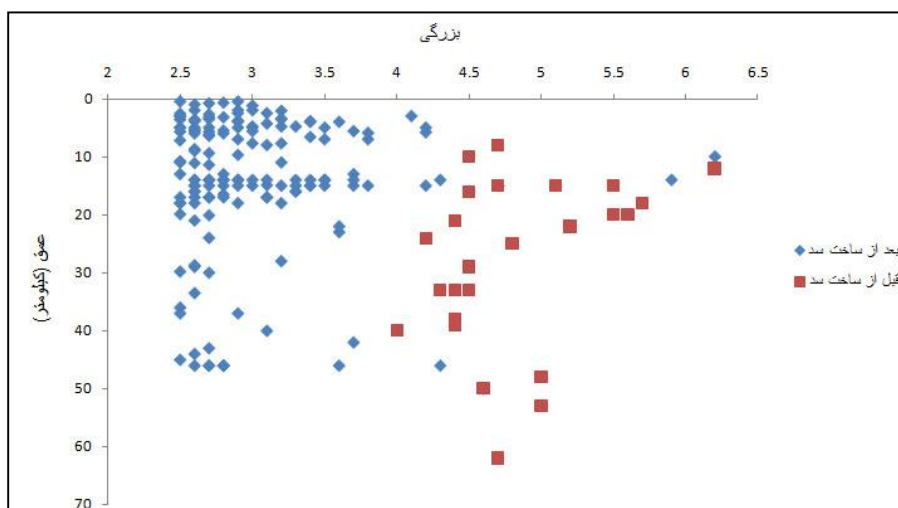
#### ۴-۲-۳- مقایسه عمق کانونی زمین لرزه‌ها

شکل ۴-۸ و ۴-۹ رابطه بین فراوانی سال وقوع نسبت به عمق کانونی زمین لرزه‌ها را نشان می‌دهد، ملاحظه می‌گردد که بعد از احداث سد زلزله‌های با عمق کم فراوانی بیشتری پیدا کرده‌اند و همچنین

بزرگی زلزله‌های بعد از احداث سد با عمق کم، بیشتر است، که حاکی از اثر احداث سد در منطقه است.



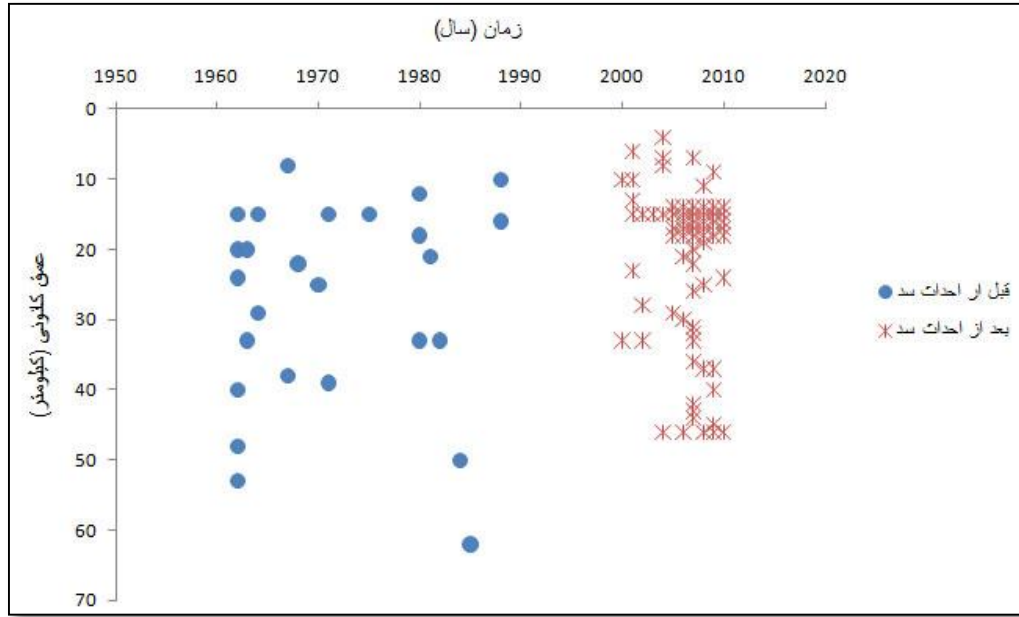
شکل ۴-۸- مقایسه عمق کانونی زلزله‌ها قبل و بعد از احداث سد



شکل ۴-۹- رابطه بین بزرگی و عمق زلزله‌ها قبل و بعد از احداث سد

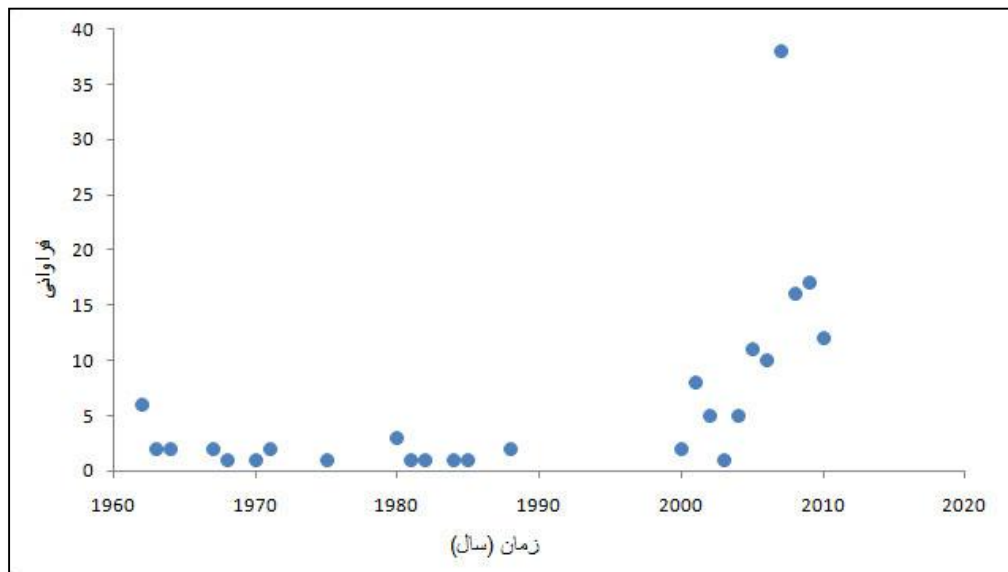
شکل ۴-۱۰- نیز حاکی از کم عمق بودن زلزله‌های با بزرگی کم در منطقه می‌باشد.





شکل ۴-۱۰- رابطه بین عمق کانونی و سال وقوع زلزله

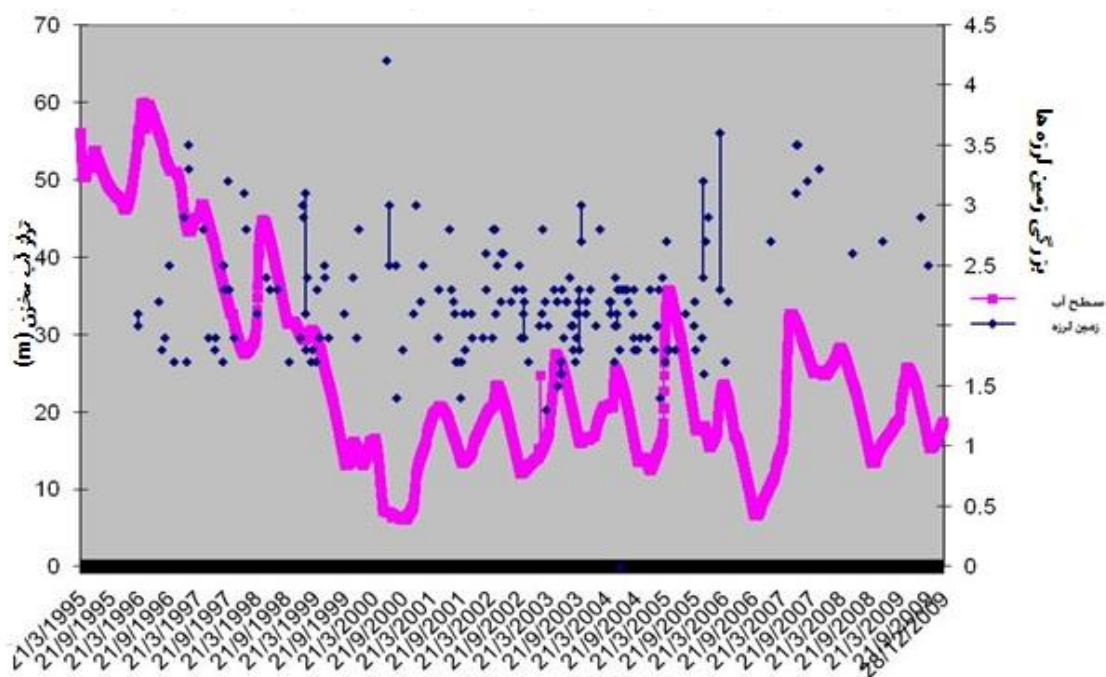
در شکل ۴-۱۱- مشاهده می‌گردد که در سال‌های بعد از احداث سد یعنی از سال ۱۹۹۶ به بعد تعداد زمین لرزه‌ها افزایش یافته است. البته فراوانی زمین لرزه‌ها می‌تواند به علت افزایش دقت دستگاه‌های لرزه نگار هم باشد.



شکل ۴-۱۱- رابطه بین زمان و فراوانی زمین لرزه‌ها

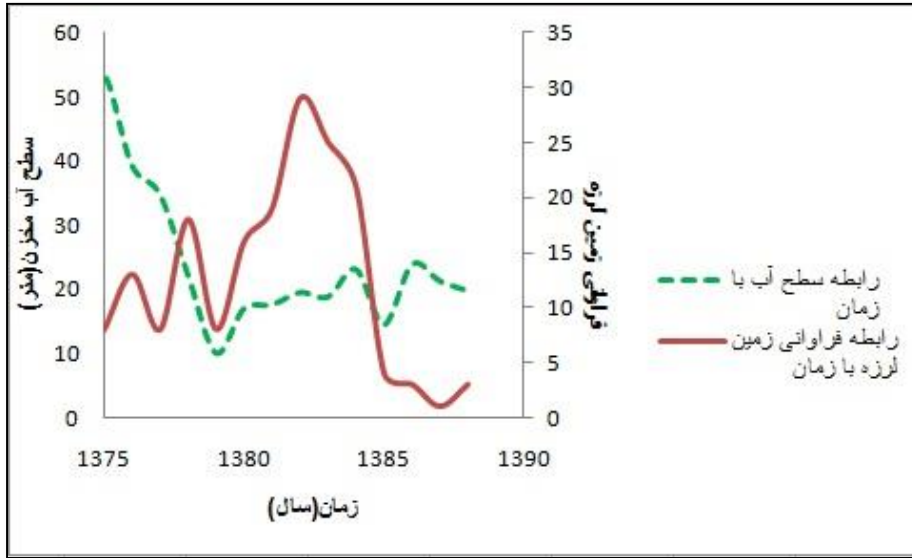
#### ۴-۴- مقایسه فراوانی زمین لرزه‌ها و تراز آب

شکل شماره ۴-۱۲ بزرگی زمین لرزه‌ها نسبت به تراز آبگیری مخزن سد نشان داده شده است. نکته قابل توجه در این شکل رابطه معکوس بین بزرگی زمین لرزه‌ها و تراز آب می‌باشد، به طوری که بزرگترین زلزله که ۴/۲ ریشتر می‌باشد در زمانی اتفاق افتاده که سطح آب در پائین‌ترین تراز بوده است. همچنین زمین لرزه‌های بزرگتر از ۳ ریشتر در ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ در زمان کاهش شدید تراز آب بوده است. این پدیده با طبیعت معکوس گسل‌ها در منطقه کاملاً همخوانی دارد و همان طور که بیان شد در گسل‌های معکوس بارگذاری عمودی سبب کاهش لرزه‌خیزی می‌شود در حالی که باربرداری سبب کاهش مقاومت در سطح گسل و جابجائی آن خواهد شد.



شکل ۴-۱۲- مقایسه سطح آب و بزرگی زمین لرزه‌های تا شعاع ۳۰ کیلومتری اطراف سد

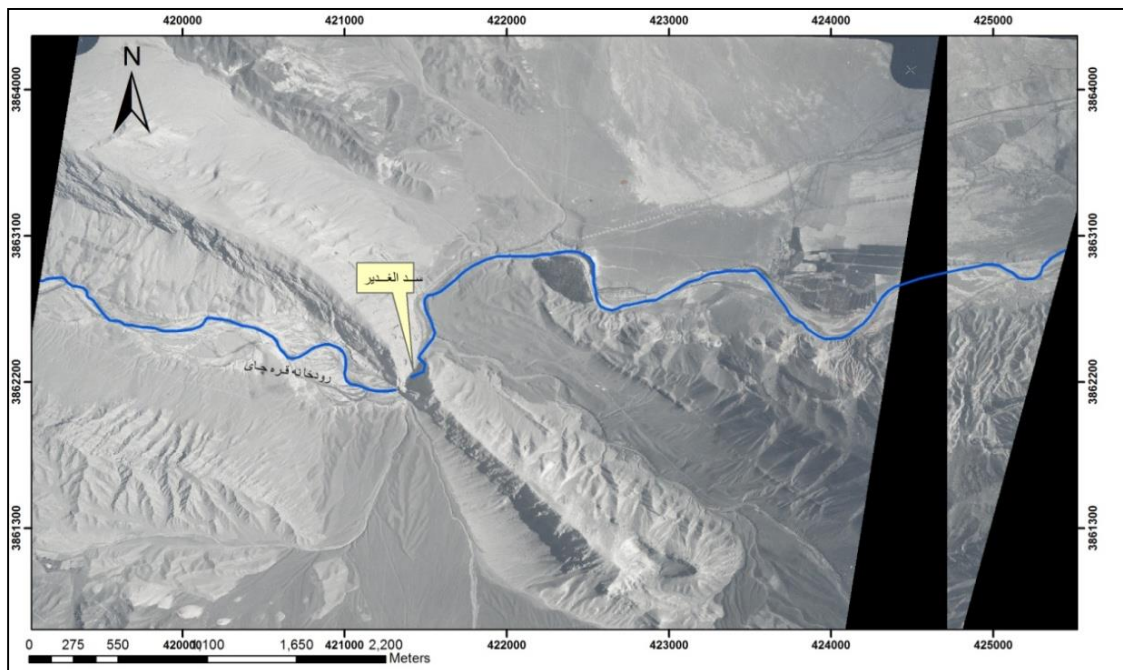
در شکل ۴-۱۳ رابطه بین فراوانی و تراز آب آمده است که این شکل نیز نشان دهنده افزایش لرزه-خیزی در زمان کاهش تراز آب می‌باشد.



شکل ۴-۱۳- مقایسه سطح آب و فراوانی زمین لرزه ها

### ۳-۴- ریخت شناسی فرسایش و رسوبگذاری

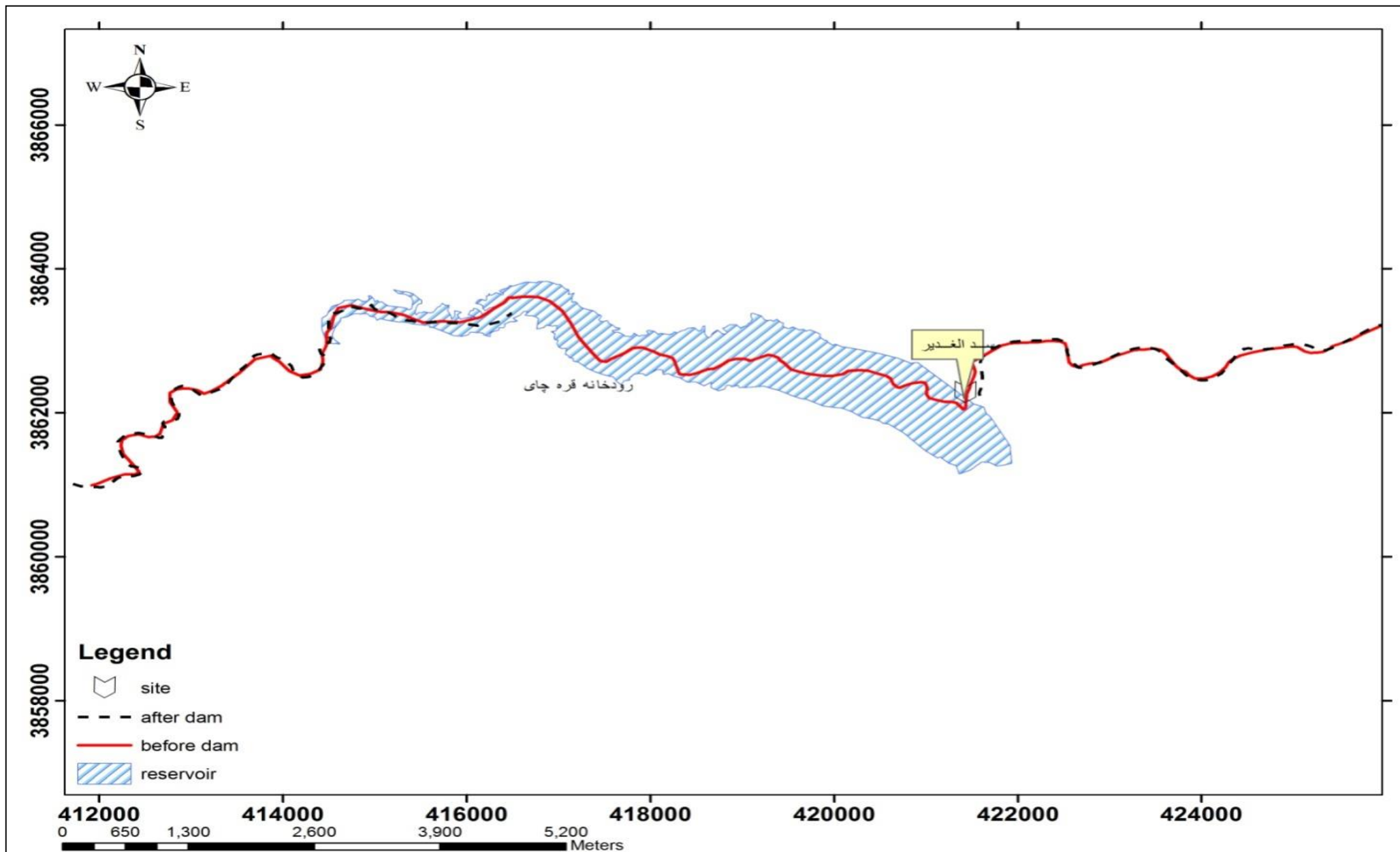
احداث سد در مسیر رودخانه علاوه بر مهار آب مانع از عبور رسوبات نیز شده و به این ترتیب تغییرات قابل توجهی را در مورفولوژی رودخانه در پایین دست و بالادست ایجاد می کند.



شکل ۴-۱۴- مورفولوژی رودخانه قره چای قبل از ساخته شدن سد

برای تعیین تغییرات مورفولوژی رودخانه قره‌چای بعد از احداث و آبیگری سد از عکس‌های ماهواره‌ای، هوایی و GIS استفاده گردید. در ابتدا عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ که مربوط به سال‌های قبل از احداث یعنی سال ۱۳۴۲ بود را جهت برآورد مسیر قبلی رودخانه در سیستم اطلاعات جغرافیایی زمین مرجع (ژئورف) گردید و مسیر مربوط به قبل از ساخت سد از روی آن در GIS رسم گردید (شکل ۴-۱۴).

مرحله بعدی انجام کار، تعیین مورفولوژی رودخانه بعد از احداث سد بود. که جهت انجام این کار از تصاویر ماهواره‌ای لندست و تصاویر گوگل ارث استفاده و مسیر فعلی رودخانه قره‌چای رسم گردید. در نهایت این دو تصویر در محیط GIS وارد گردید و از روی تغییرات مسیر رودخانه نسبت به قبل میزان تغییر مورفولوژی رودخانه به دست آمد (شکل‌های ۴-۱۵). مقایسه اشکال فوق حاکی از تغییر مسیر رودخانه قبل از رسیدن به دریاچه و بعد از خروج از سد می‌باشد. در حدود یک کیلومتر قبل از سد، رودخانه به طرف جنوب منتقل شده و بعد از احداث سد نیز رودخانه در حدود همین فاصله به طرف جنوب شرق جابجا شده است. جابجایی در بالادست عمدتاً در اثر رسوب‌گذاری می‌باشد و جابجایی در پائین دست همراه با فرسایش دیواره رودخانه بوده است. علاوه بر این در فواصل دورتر از سد نیز در خم‌های رودخانه فرسایش قابل توجه ملاحظه می‌گردد.



شکل ۴-۱۵- مقایسه مورفولوژی رودخانه قره چای (خط پر مسیر رود قبل از احداث سد و خط چین بعد از احداث سد)

میانگین سالیانه رسوب رودخانه قره‌چای حدود ۶ میلیون مترمکعب برآورد شده است که این میزان رسوب هم‌اکنون در دریاچه سد نگهداری می‌شود. همچنین براساس مطالعات هیدرولوژی میانگین دبی سیلابی رودخانه در محل سد ۴۲۰ متر مکعب در ثانیه و حداکثر دبی سیلابی آن بعد از احداث ۱۳۰ متر مکعب می‌باشد. کاهش سرعت آب قبل از رسیدن به دریاچه سد سبب تشکیل دلتای کوچکی در انتهای مخزن شده و کانال سیلابی قبلی و زیر رودخانه با رسوبات دانه‌ریز پوشیده شده است. همچنین کاهش سرعت رودخانه منجر به تشدید مائندری شدن کانال چند کیلومتر قبل از انتهای مخزن شده است. بیشترین فعالیت های رسوب زایی مرهون عملکرد متقابل فعالیت های فرسایشی رودخانه قره‌چای و پدیده های ژئومورفولوژیکی است. در بالادست رودخانه محلی که قبلاً شاهد فرسایش بوده و پادگانه‌های آبرفتی گویای این مطلب هستند، هم اکنون به دلیل رسوب‌گذاری در همان محل شاهد رویش گیاهان در مسیر سابق رودخانه هستیم (شکل ۴-۱۶).



شکل ۴-۱۶- پادگانه‌های آبرفتی قدیم و رویش گیاهان در مسیر سابق رودخانه

در حال حاضر بستر رودخانه در جایی که قبلاً دارای سیلاب‌های بزرگ بوده است و آثار آن به صورت قطعات بزرگ در کف کانال دیده می‌شود (شکل ۴-۱۷) تبدیل به زمین کشاورزی و باغات شده است. آثار سیلاب‌های بزرگ گذشته به صورت قطعه سنگ‌های بزرگ مشاهده می‌گردد ولی کف کنونی پوشیده از گیاه می‌باشد و بعضاً کشاورزی می‌شود



شکل ۴-۱۷ - تصویری از کف کانال در بالادست

### ۴-۴- اثر سد الغدیر بر روی منابع آب

احداث سد در بالا دست یک دشت سیلابی سبب کاهش نفوذ آب به سفره آب زیرزمینی از طریق رودخانه و مخروط افکنه‌ها خواهد شد، لذا انتظار می‌رود در صورتی که برداشت آب به همان میزان برداشت قبل از ساخت سد باشد با احداث سد، تراز آب زیرزمینی دشت کاهش یابد. بررسی‌های حاضر

نشان می‌دهد که با احداث سد حجم برداشت آب از سفره آبرفتی پائین دست کاهش نیافته است. بنابراین انتظار می‌رود ساخت سد با کاهش کیفیت آب و کاهش تراز آب در پائین دست همراه باشد.

#### ۴-۴-۱- اثر بر روی کمیت آب زیرزمینی

در شکل ۴-۱۸ میانگین تراز آب زیرزمینی در دشت ساوه و بارندگی نسبت به زمان نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که میانگین تراز آب در سطح دشت قبل از ساخت سد تقریباً ثابت بوده است و این روند تا سال ۱۳۷۵ یا دو سال بعد از ساخت سد نیز ادامه یافته است (جدول ۴-۴). بعد از آن شاهد افت تراز آب زیرزمینی در دشت ساوه می‌باشیم (به پیوست جدول ۳). دلیل اصلی این مساله ممانعت از تغذیه سفره آب زیرزمینی با احداث سد می‌باشد. به طوری که از بعد از بهره‌برداری از سد تا دو سال نفوذ به سفره ادامه یافته است و بعد از آن با پوشیده شدن مخزن توسط رسوبات ریزدانه نفوذ به شدت کاهش و افت آب ادامه یافته است. اگر چه در طی سال‌های اخیر بارندگی نیز کمی کاهش نشان می‌دهد ولی اثر اصلی را احداث سد به عهده داشته است.

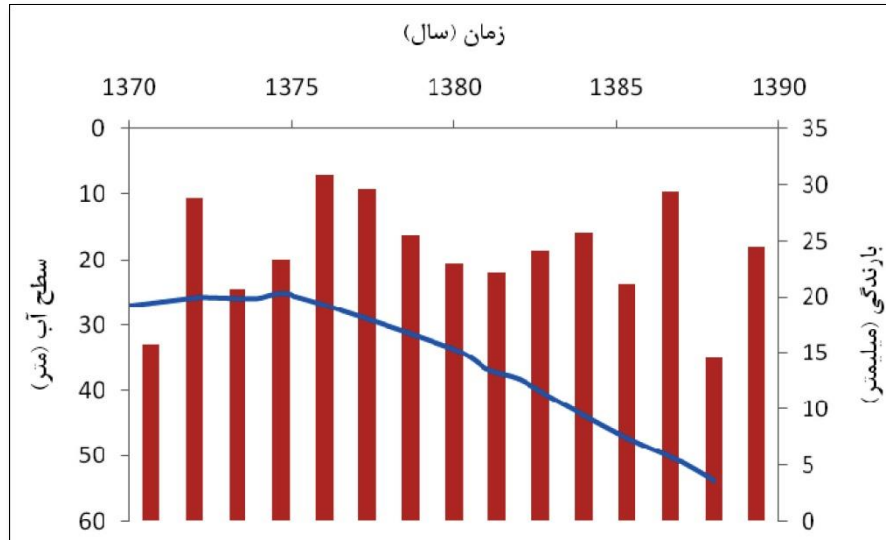
جدول ۴-۴- میانگین بارندگی سالیانه و سطح آب زیرزمینی

ردیف	سال	میانگین سطح آب زیرزمینی (متر)	میانگین بارندگی سالیانه (میلی-متر)
1	1370	27/01963	189/7727
2	1371	26/41485	346/0417
3	1372	25/83235	248/625
4	1373	25/90958	279/9617
5	1374	25/92225	370/4933
6	1375	25/41233	355/6667
7	1380	33/71108	305/9833
8	1381	36/76424	275/2333
9	1382	38/31544	265/3928
10	1383	41/10895	290/5084
11	1384	43/9263	308/5715
12	1385	46/4515	253/45
13	1386	48/81689	352/32
14	1387	51/00701	175/1213

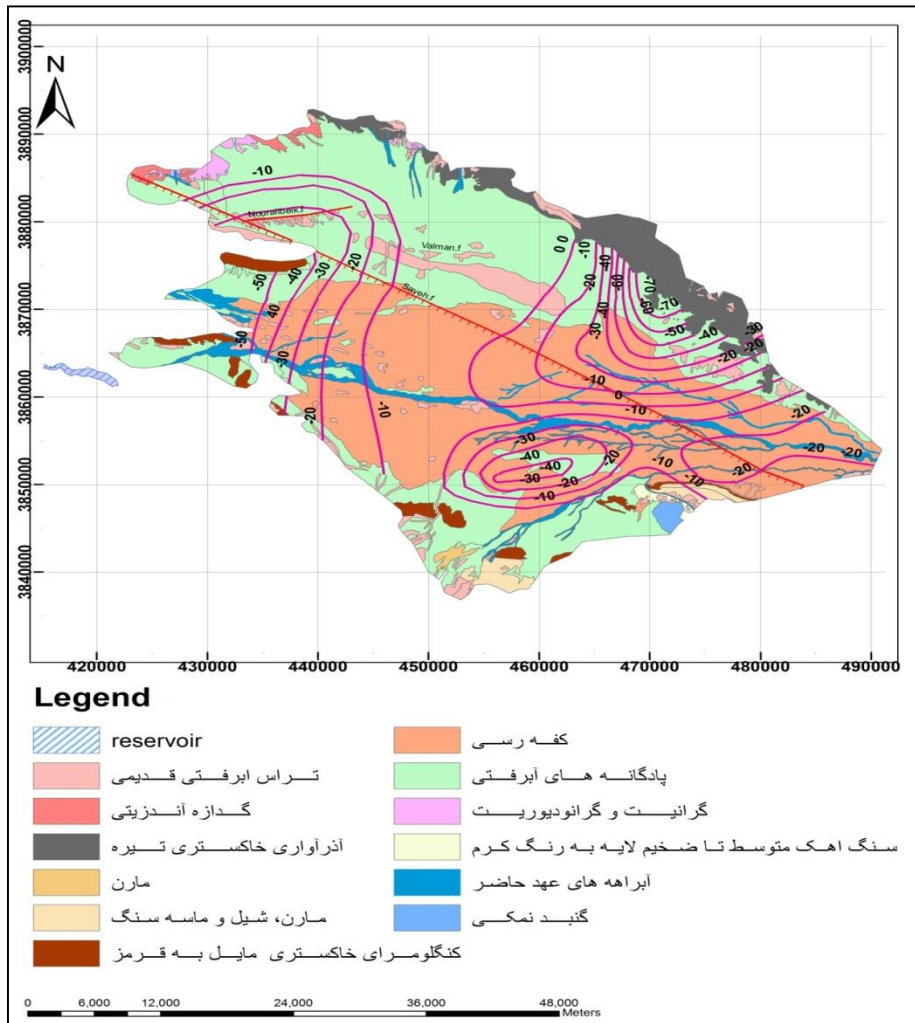


15	1388	53/71963	294/3323
----	------	----------	----------

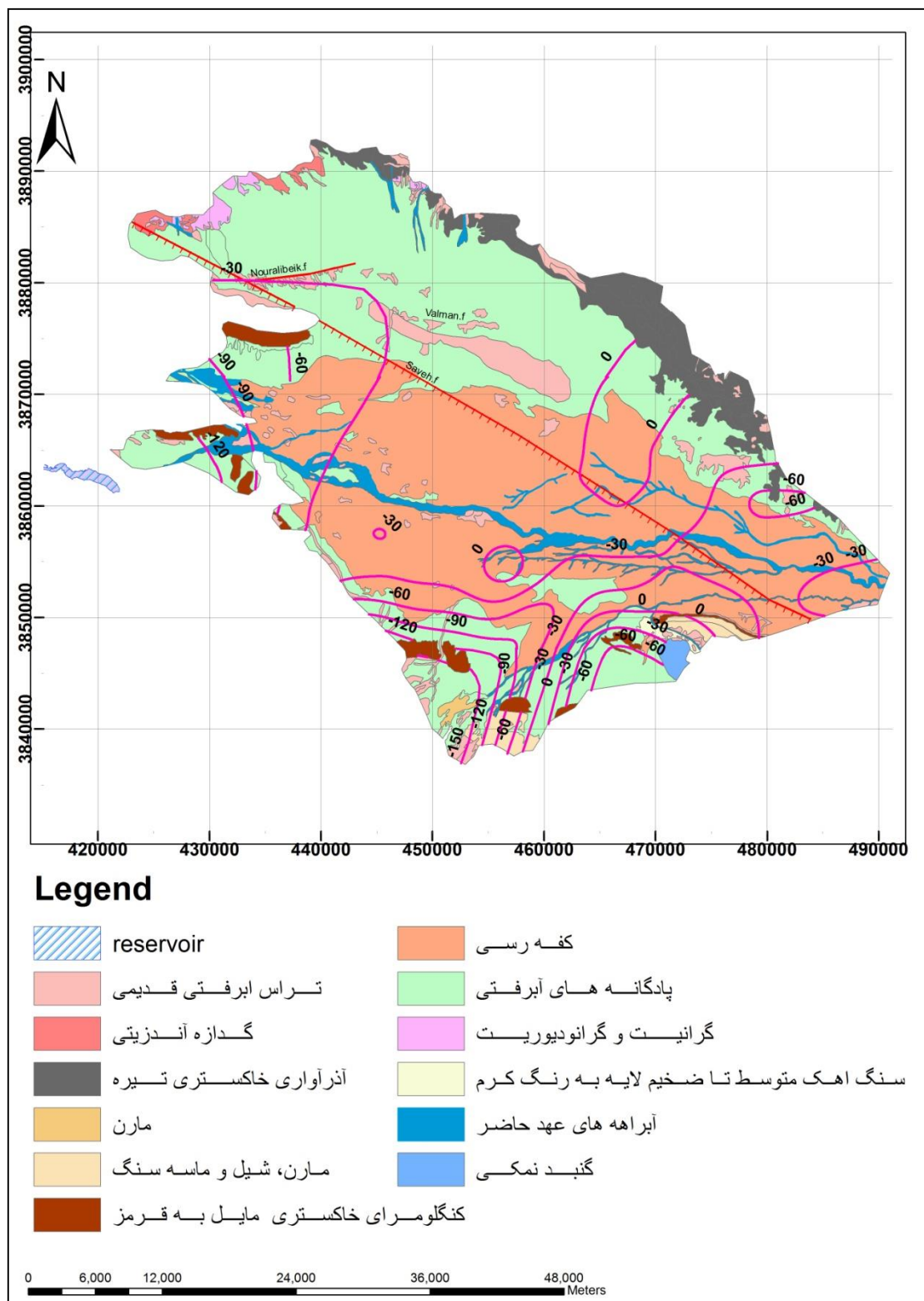
در شکل ۴-۱۹ منحنی‌های هم عمق سطح آب قبل از بهره‌برداری از سد در سال ۱۳۷۰ را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که به‌طور طبیعی در حاشیه ارتفاعات که شیب زمین بیشتر است سطح آب در عمق بیشتری قرار دارد (حداکثر ۸۰ متر) و به‌طرف مرکز دشت سطح آب کاهش یافته به‌طوری‌که بعضاً در سطح زمین قرار دارد. در شکل فوق روند گسل ساوه نیز نشان داده شده است. گسل مزبور با طول گسلش بیش از ۱۵۰ کیلومتر از جنوب‌شرق حوض‌سلطان آغاز و به سوی‌غرب به شاخه‌های گسل آوج می‌پیوندد. گسل تراستی ساوه با روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق دشت ساوه را به دو بخش تقسیم نموده است بر حسب ظاهر گسل ساوه دارای جابه‌جائی شیب لغز از نوع معکوس اصلی است. نقشه هم عمق آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۹ (اشکال ۴-۲۰، ۴-۲۱ و ۴-۲۲) حاکی از این است که گسل ساوه نقش مهمی در تراز آب زیرزمینی دشت ساوه دارد به‌طوری‌که تراز آب زیرزمینی در دو طرف گسل ۱۰-۱۵ متر اختلاف سطح را نشان می‌دهند خمش منحنی‌های هم تراز آب در اطراف گسل مزبور به همین دلیل می‌باشد. با توجه به تغییرات تراز آب در طی زمان ملاحظه می‌گردد که افت آب در سمت جنوب گسل ساوه خیلی بیشتر از سمت شمال بوده، در واقع اثر سد در بخش جنوبی خیلی محسوس‌تر می‌باشد، به‌طوری‌که تراز آب در جنوب گسل از میانگین ۴/۲۸ متر در سال ۱۳۷۰ به ۲۲/۷ در سال ۱۳۸۸ رسیده در حالی که میانگین تراز آب در شمال گسل ساوه از ۱۷/۵۶ به ۳۶/۹۲ رسیده است. به عبارت دیگر افت تراز آب در جنوب گسل خیلی بیشتر بوده است. دلیل این امر این است که سطح آب در شمال گسل ساوه از ارتفاعات شمالی تغذیه می‌شود و ارتباطی با تغذیه از رودخانه ندارد و احداث سد تاثیر زیاد بر سطح آب زیرزمینی در این بخش نداشته است. در حالی‌که اثر احداث سد بر جنوب گسل ساوه چشم‌گیر می‌باشد.



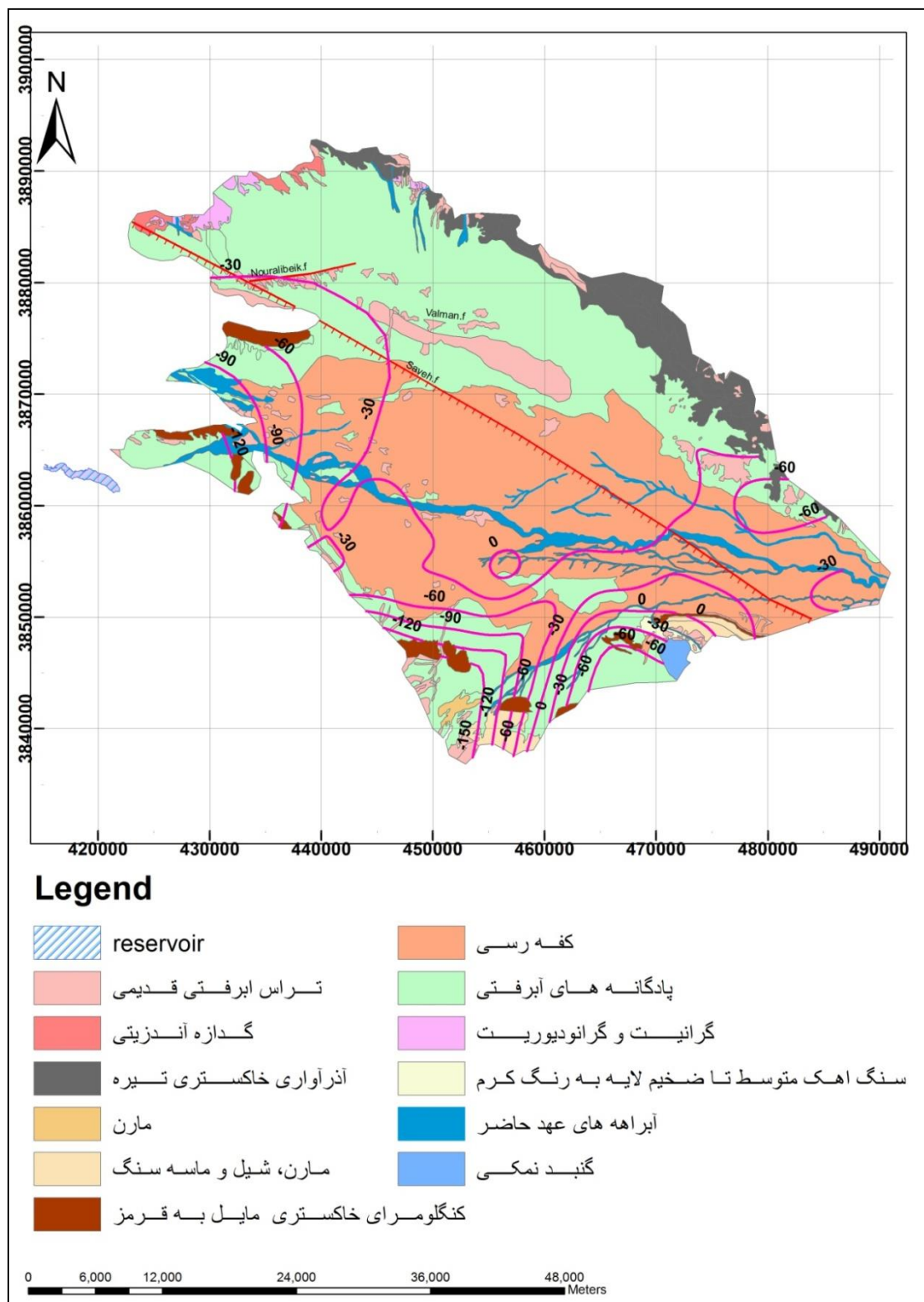
شکل ۴-۱۸- رابطه بین بارندگی و سطح آب زیرزمینی



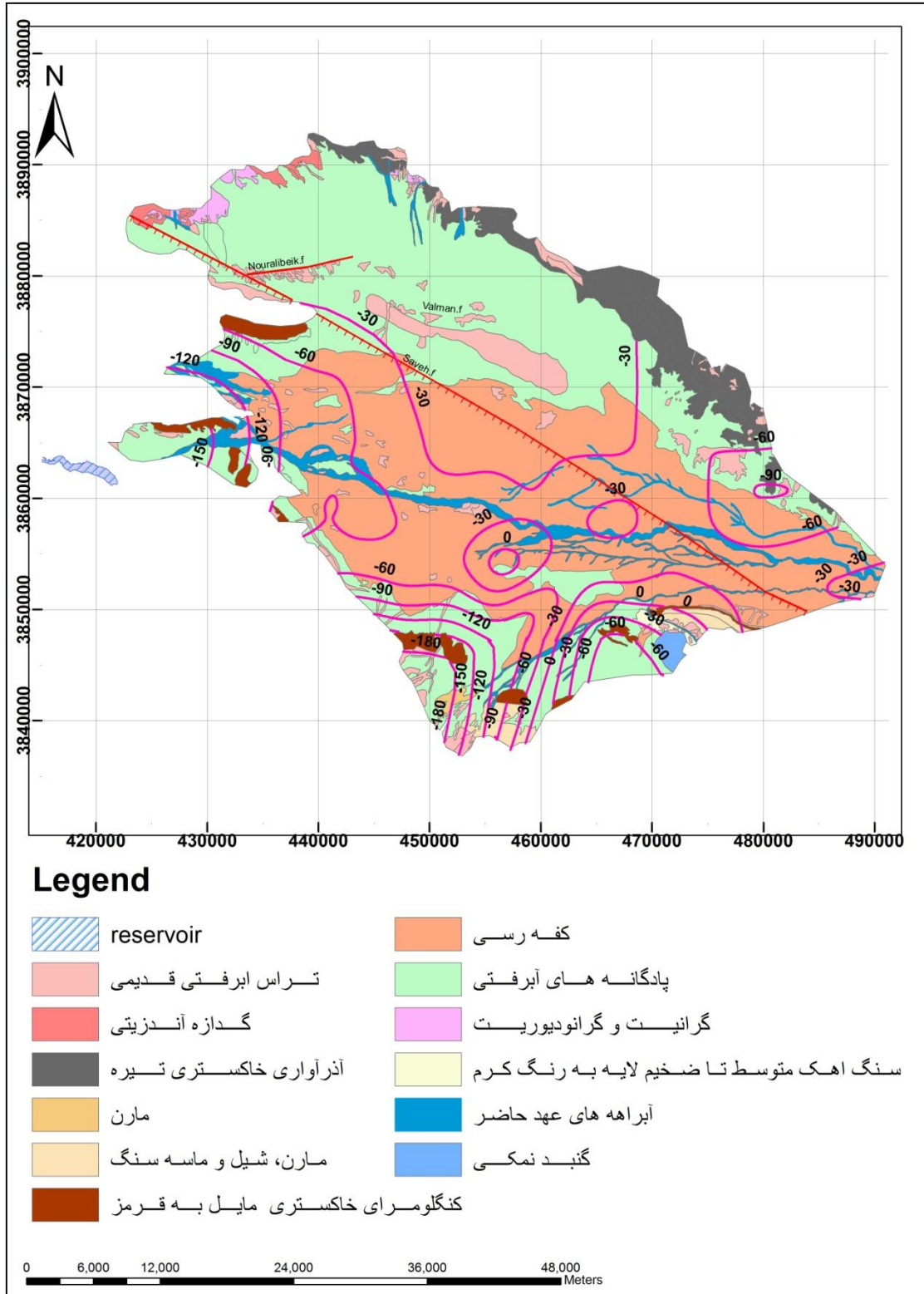
شکل ۴-۱۹- منحنی‌های هم تراز سال ۱۳۷۰ (به متر)



شکل ۴-۲۰- منحنی‌های هم تراز سال ۱۳۸۲ (به متر)



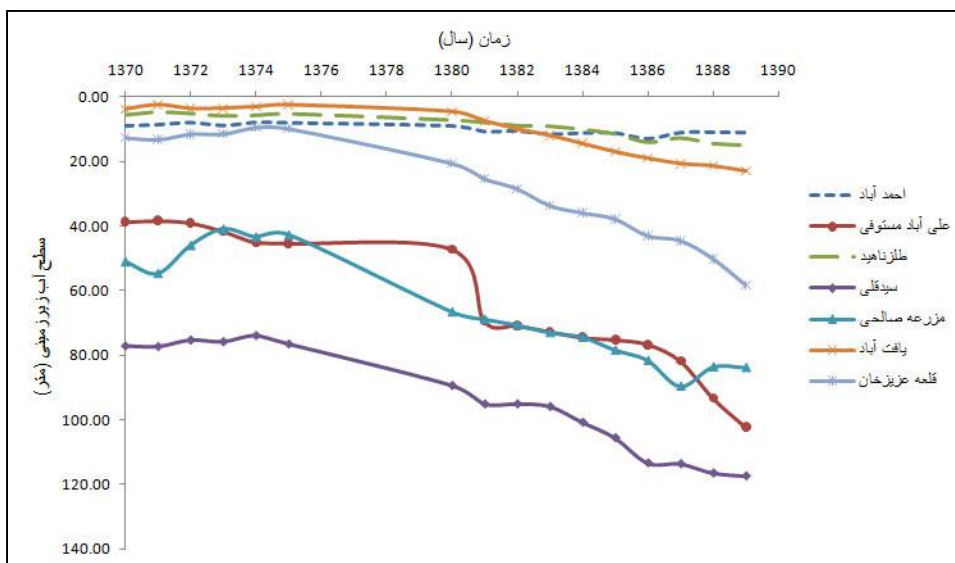
شکل ۴-۲۱- منحنی‌های هم تراز سال ۱۳۸۴ (به متر)



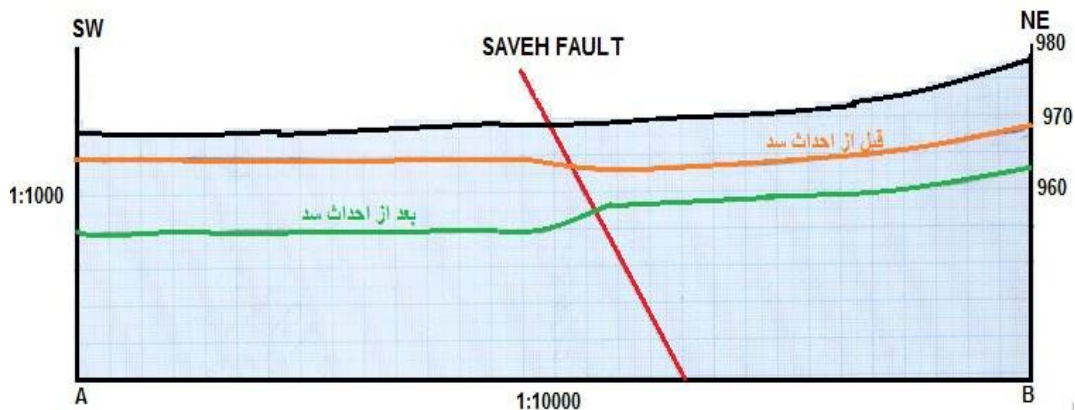
شکل ۴-۲۲- منحنی‌های هم تراز سال ۱۳۸۹ (به متر)

## فصل چهارم: بررسی اثرات زیست محیطی سد الغدير

در شکل‌های ۴-۲۳ و ۴-۲۴ افت سطح آب زیرزمینی در چاه‌های سید قلی، مزرعه صالحی، و قلعه عزیزخان که در جنوب گسل ساوه واقع می‌باشند با منحنی تغییرات تراز آب در چاه‌های طراز ناهید و احمد آباد که در شمال گسل ساوه می‌باشند مقایسه شده است. تغییر زیاد تراز آب حاکی از این است که گسل ساوه با جابجایی سنگ کف به صورت یک سد در برابر عبور آب زیرزمینی عمل کرده و ارتباط آبی بین شمال و جنوب دشت را محدود نموده است.



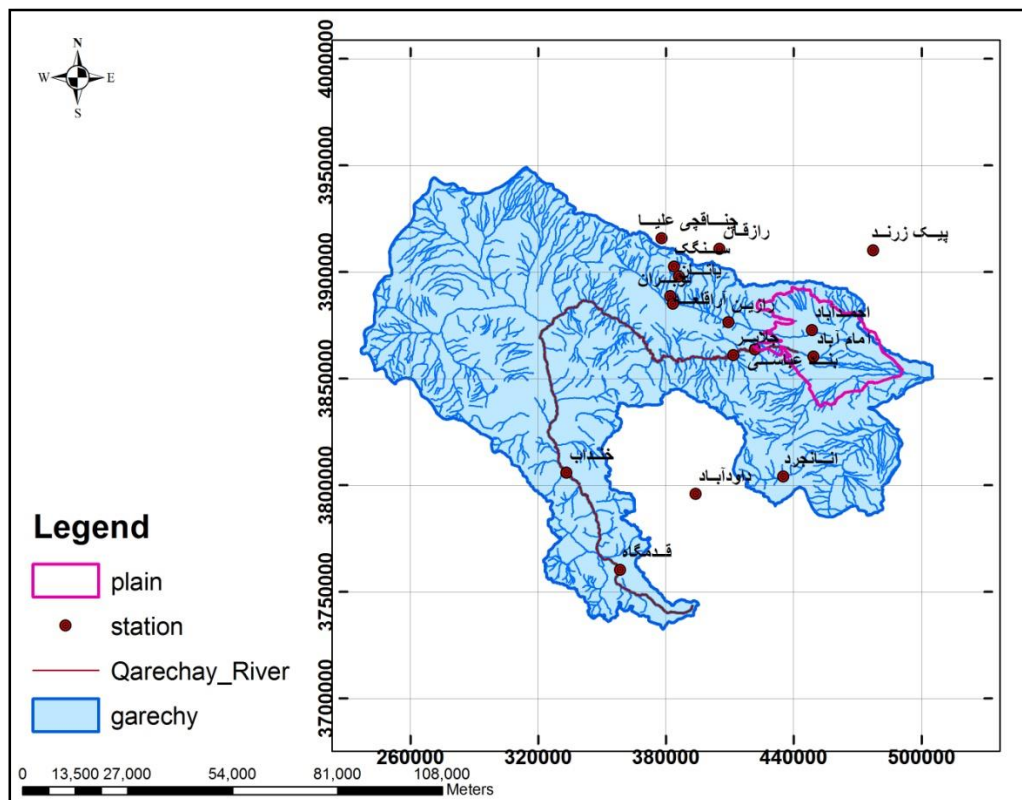
شکل ۴-۲۳- تغییر تراز سطح آب زیرزمینی در چاه‌های اطراف گسل ساوه



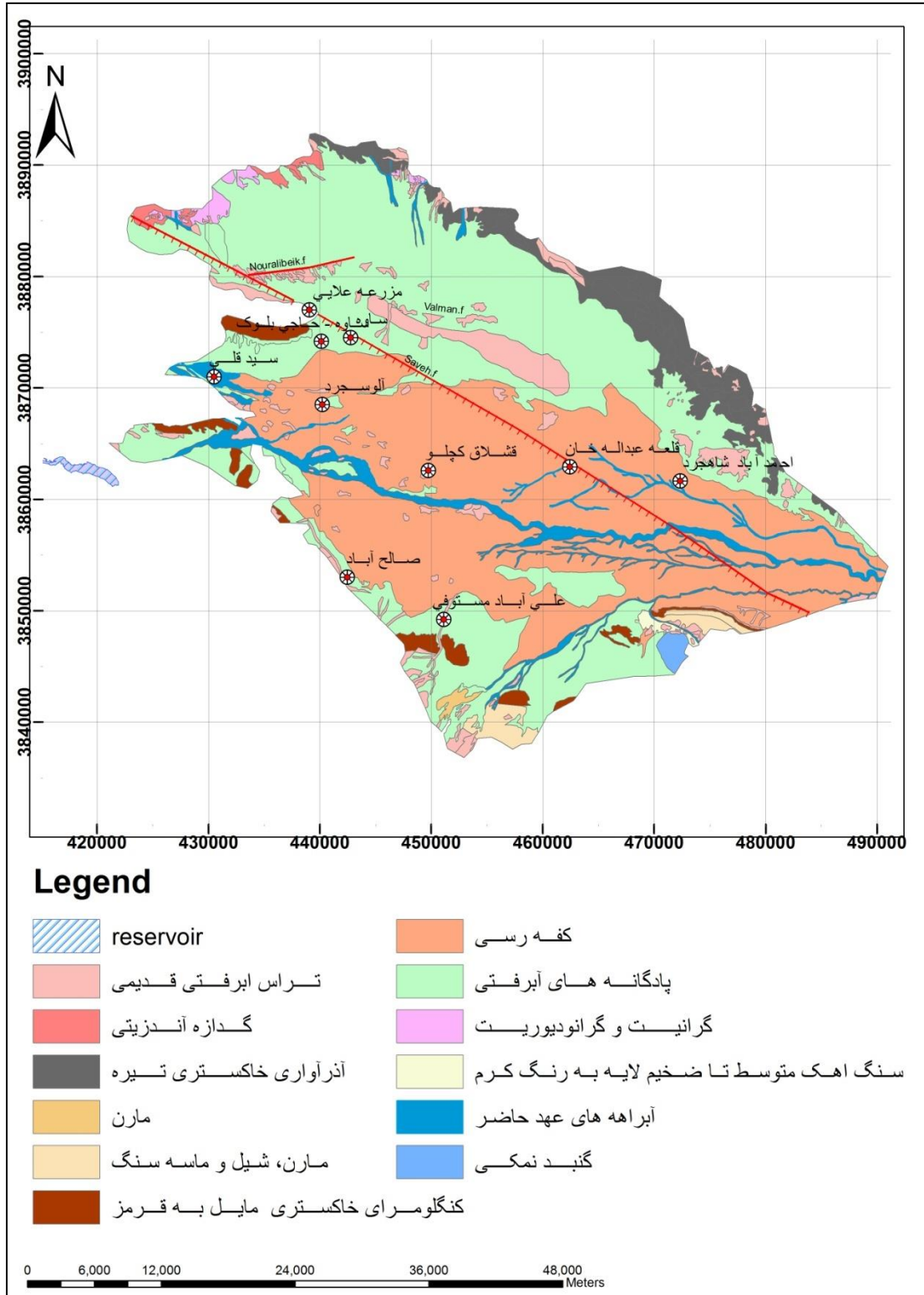
شکل ۴-۲۴- برش شماتیکی از گسل ساوه و عمق آب زیرزمینی در اطراف گسل

#### ۴-۲-۴- اثر سد روی کیفیت آب زیرزمینی

متأسفانه آمار کیفیت آب دشت قبل از احداث سد موجود نیست تا مقایسه‌ای بین کیفیت آب زیرزمینی قبل و بعد از احداث سد صورت گیرد، لذا اثر سد در کیفیت آب زیرزمینی پائین دست به صورت غیر مستقیم مورد ارزیابی قرار گرفته است. به این منظور ابتدا خصوصیات کیفی آب زیرزمینی دشت ساوه بر اساس داده‌های کیفیت ۱۰ چاه و آمار ۱۳۸۹-۱۳۸۲ مورد بررسی قرار گرفته است (به پیوست جدول ۴ الی ۸). همچنین ۱۲ ایستگاه باران سنجی به نام‌های بند عباسی، جلایر، خنداب، انانجرد، امام آباد، سنگک، نوبران، رازین، یاتان، آراقله، احمدآباد و قدمگاه در داخل حوضه قره‌چای و ۴ ایستگاه پیک زرند، رازقان، چناقچی علیا و داودآباد در خارج از این محدوده قرار دارد که برای دقیق شدن محاسبات از این ایستگاه‌ها هم استفاده شد (شکل ۴-۲۵) (به پیوست جدول ۱). در شکل ۴-۲۶ موقعیت چاه‌های مورد بررسی آمده است.



شکل ۴-۲۵- موقعیت ایستگاه‌های باران سنجی در دشت ساوه



شکل ۴-۲۶- محل چاه‌های مورد استفاده در بررسی کیفیت آب زیرزمینی

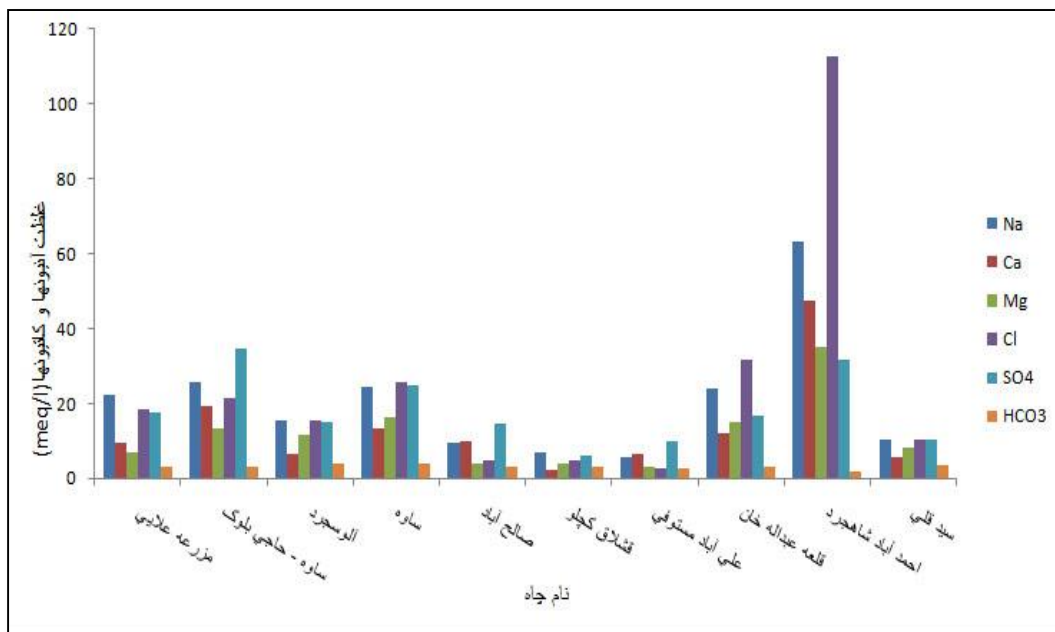


## فصل چهارم: بررسی اثرات زیست محیطی سد الغدير

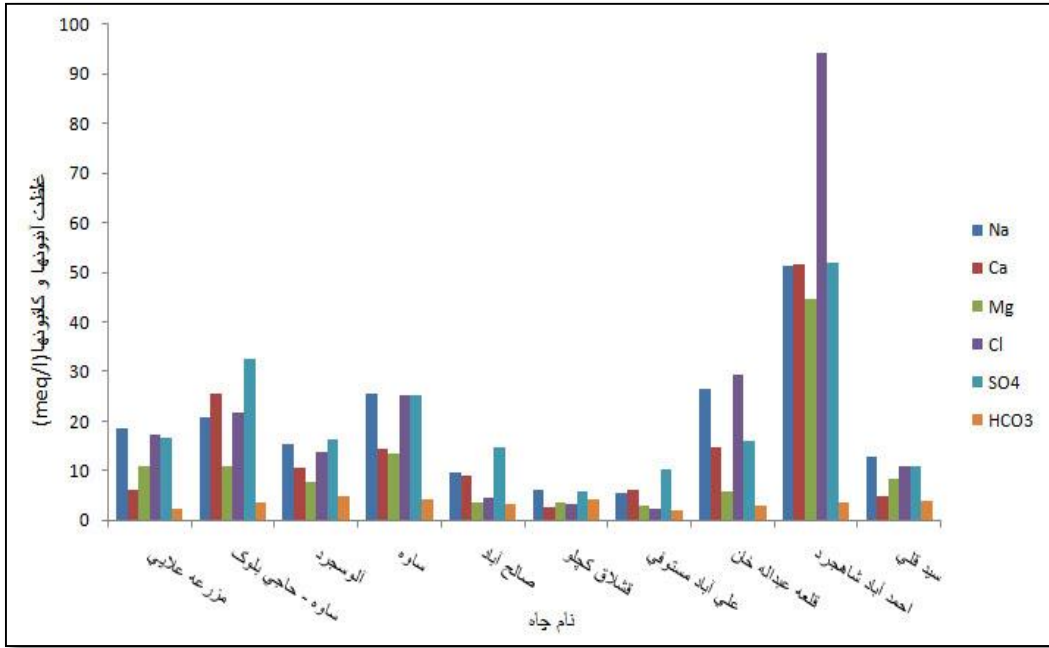
در جدول ۴-۵ مقدار میانگین عناصر سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم (کاتیون‌ها)، سولفات، کلر، بی-کربنات (آنیون‌ها)، جمع کل آنیون‌ها و کاتیون‌ها هر یک از چاه‌ها ارائه شده است. در شکل‌های ۴-۲۷، ۴-۲۸، ۴-۲۹، ۴-۳۰ و ۴-۳۱ هیستوگرام غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در طی سال‌های آماری مورد بررسی آمده است. ملاحظه می‌گردد که غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها طی سال‌های فوق عموماً افزایش یافته است و البته مقدار آنیون و کاتیون در چاه‌های شمال گسل و چاه‌های موجود بر روی گسل ساوه بیشتر از سایر چاه‌ها می‌باشد. تغییرات فوق اثر سد بر کاهش کیفیت آب دشت پایین دست را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۵- مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها

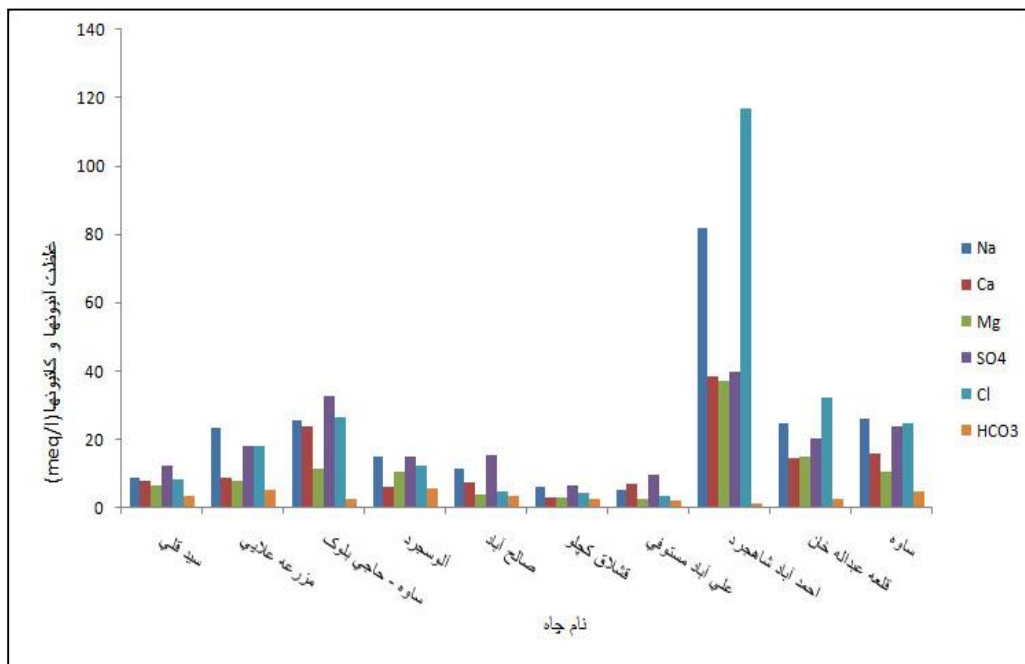
تاریخ	سدیم (meq/l)	کلسیم (meq/l)	منیزیم (meq/l)	پتاسیم (meq/l)	سولفات (meq/l)	کلر (meq/l)	بی‌کربنات (meq/l)	کاتیون (meq/l)	آنیون (meq/l)
1382	208/06	132/13	82/07	1/2	181/48	248/31	31/45	458/39	461/24
1383	192/19	146/13	111/82	1/63	200/27	200	34/88	451/77	457/45
1385	228/29	131/85	108/42	2/65	192/11	250/69	33/25	471/21	476/05
1388	235/91	130/74	121/35	2/92	210/09	252/27	28/65	490/91	491/01
1389	231/78	131/35	123/35	3/03	193/02	262/59	34/07	489/51	489/68



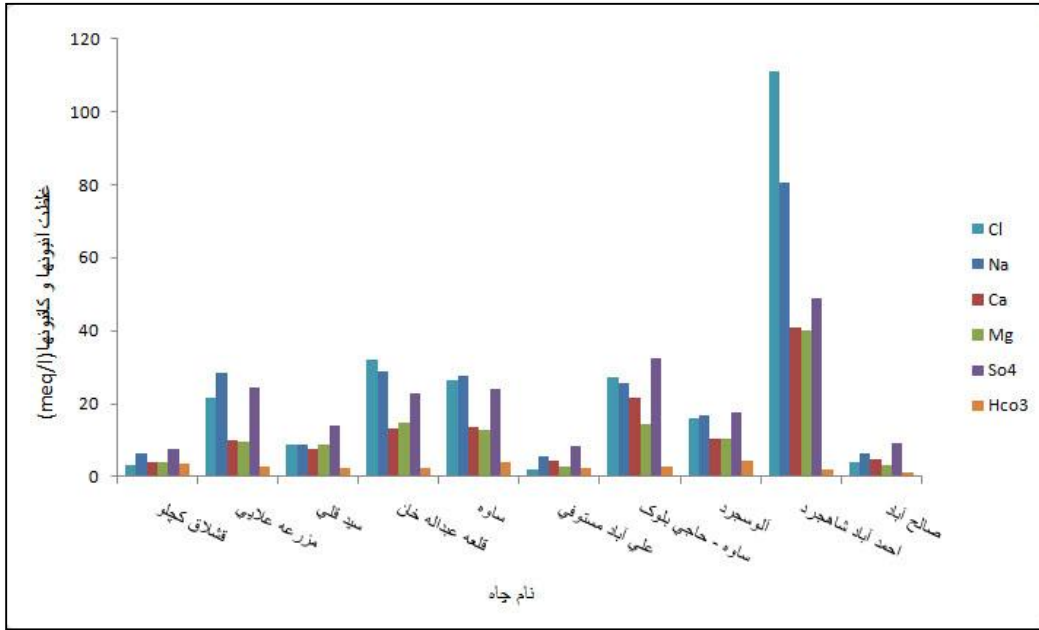
شکل ۴-۲۷- غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها سال ۱۳۸۲



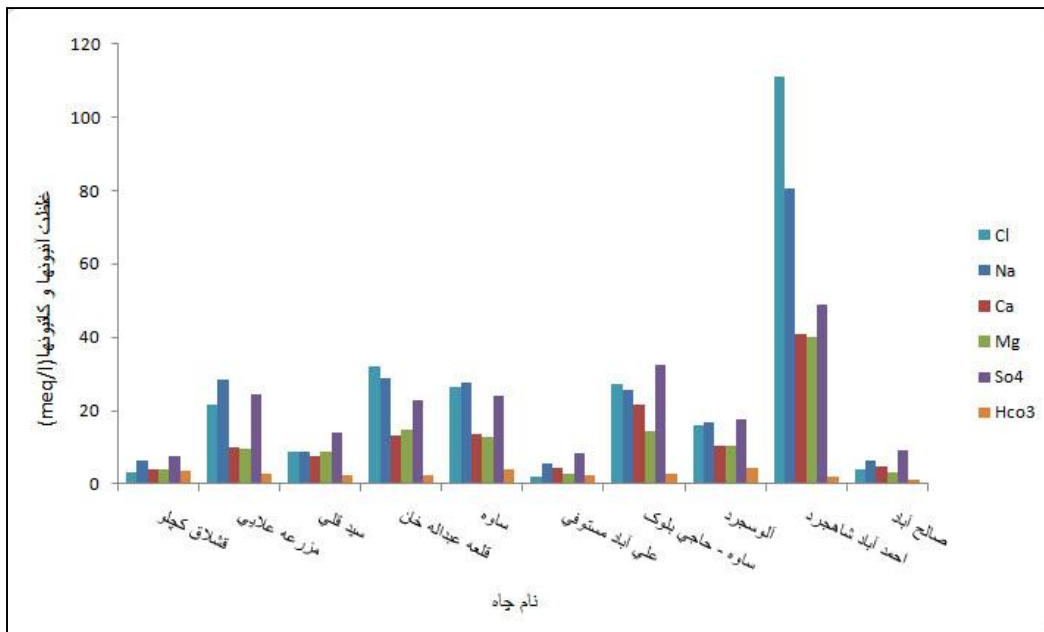
شکل ۴-۲۸- غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها سال ۱۳۸۳



شکل ۴-۲۹- غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها سال ۱۳۸۵



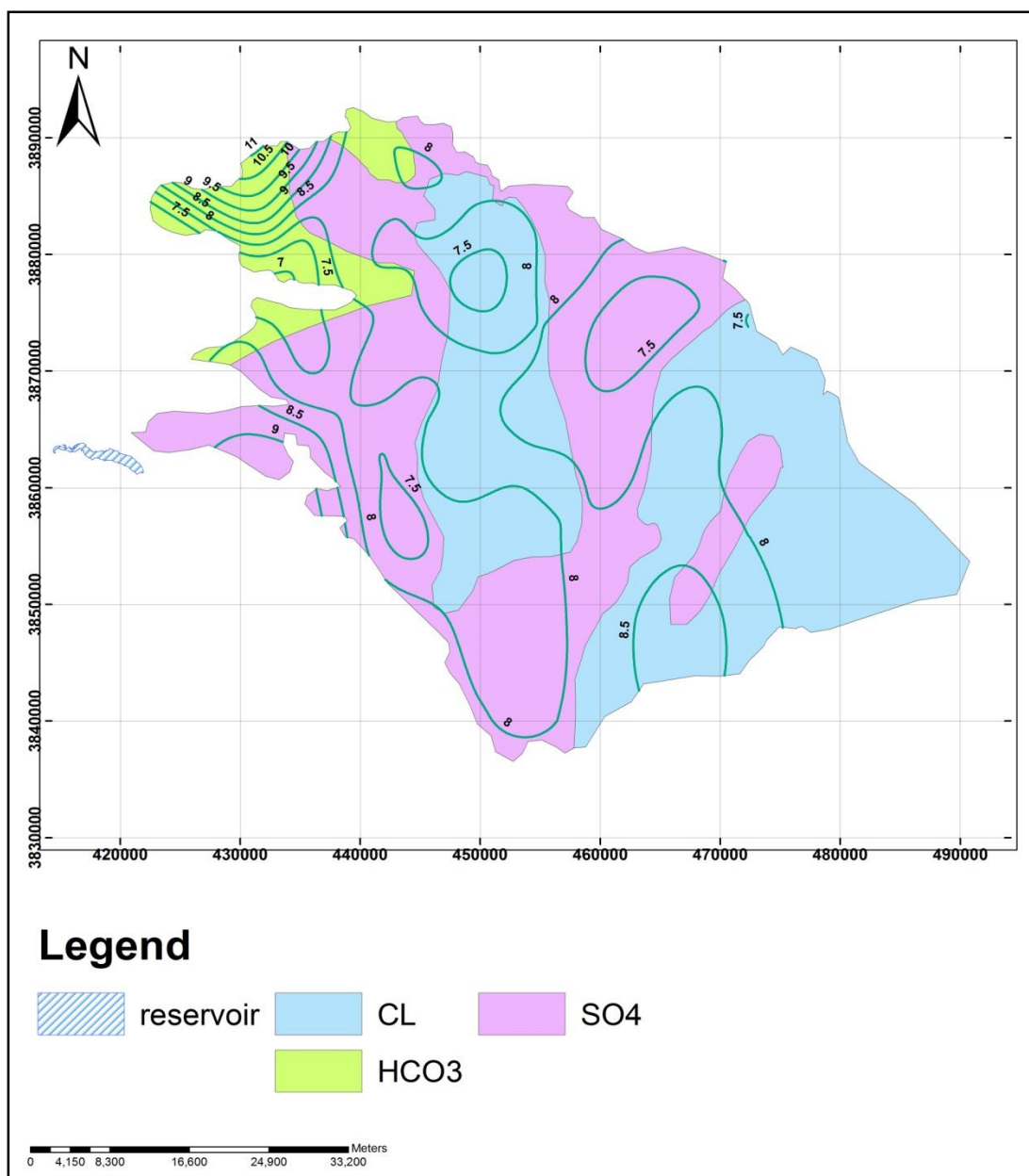
شکل ۴-۳۰- غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سال ۱۳۸۸



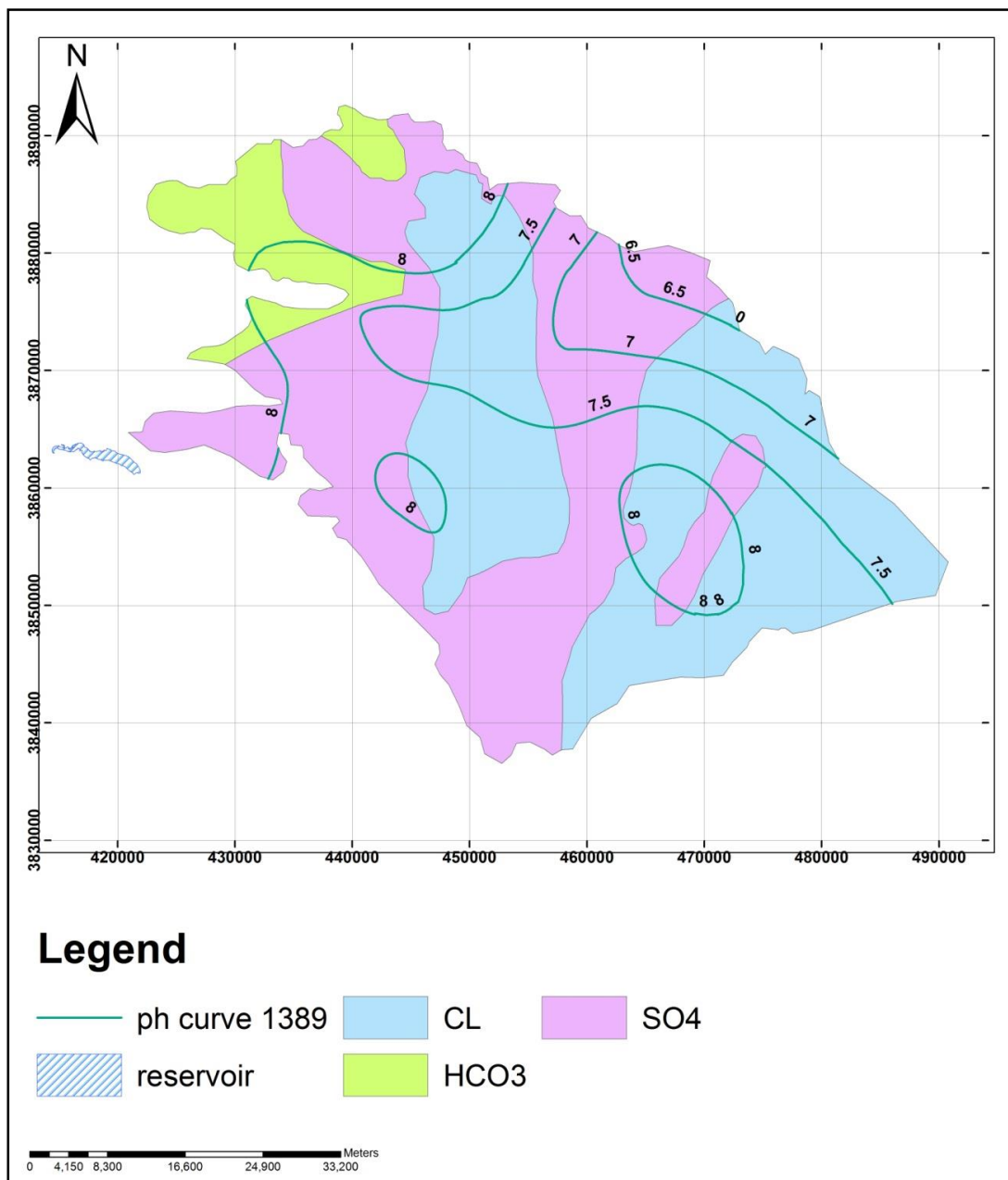
شکل ۴-۳۱- غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سال ۱۳۸۹

در شکل ۴-۳۲ و ۴-۳۳، توزیع مقادیر pH آب زیرزمینی دشت ساوه نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که در سال ۸۲ مقدار pH بین ۷ تا ۸/۵ در سطح دشت تغییر می‌کند، در حالی که در سال ۸۹

مقدار pH در بخش عمده دشت بیش از ۸ می باشد و تنها در شمال گسل ساوه مقادیر منحنی های pH برابر ۷ و کمتر از آن است. افزایش قلیائیت منابع آب زیرزمینی در جنوب گسل ساوه کاملاً تاثیر ساخت سد بر منابع آب پائین دست را نشان می دهد، زیرا همان طور که بیان گردید بخش های شمال گسل ساوه متاثر از سد الغدیر نمی باشد.

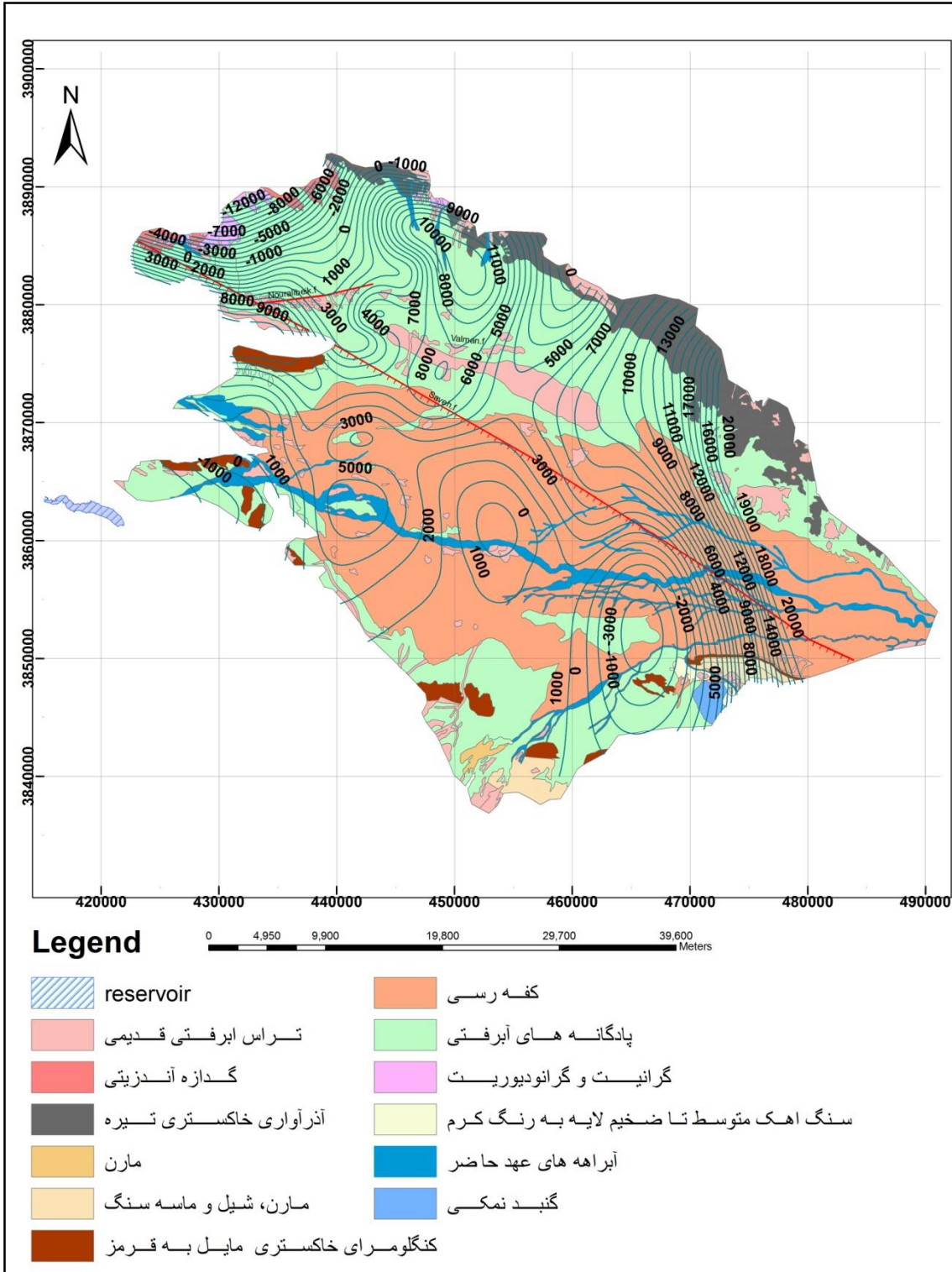


شکل ۴-۳۲- منحنی هم pH سال ۱۳۸۲

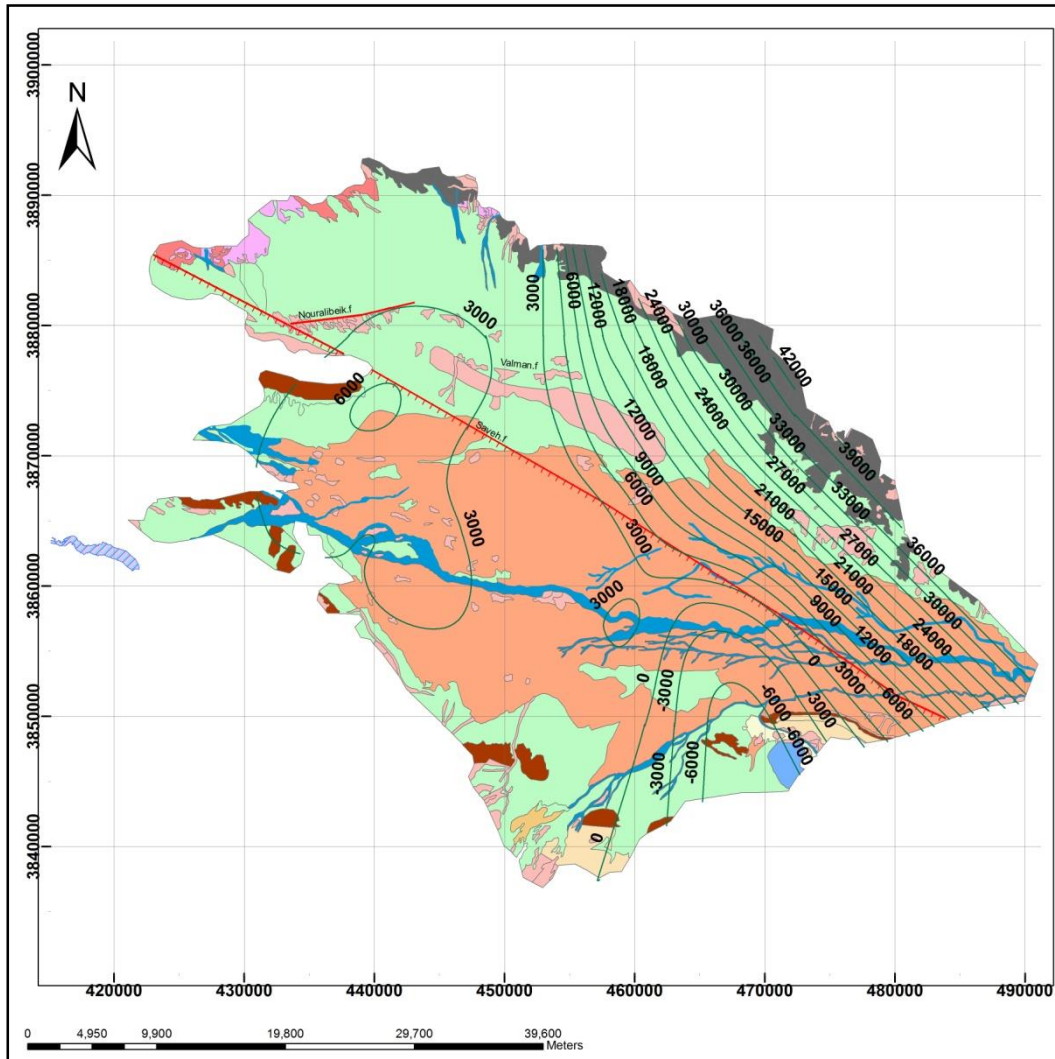


شکل ۴-۳- منحنی هم pH سال ۱۳۸۹

از مقایسه شکل‌های ۴-۳ و ۴-۳۵ مشاهده می‌گردد که با گذشت زمان مقدار EC در جنوب گسل ساوه که متأثر از ساخت سد می‌باشد تغییر چندانی را نشان نمی‌دهد، فقط در قسمت مرکز و جنوب دشت روبه افزایش است، که این امر به دلیل افزایش آنیون‌ها و کاتیون‌ها در طی زمان است.



شکل ۴-۳۴- منحنی های هم Ec سال ۱۳۸۲



شکل ۴-۳۵- منحنی‌های هم‌EC سال ۱۳۸۹

#### ۴-۵- تاثیر سد بر تغییر کاربری اراضی و اکوسیستم منطقه

از جمله دیگر اثرات سد الغدیر تغییر کاربری اراضی می‌باشد. با احداث سد مزبور اراضی پائین دست محل سد که به کشت گندم و جو اختصاص داشت تبدیل به باغات انار شده و عملاً از وسعت اراضی زیر کشت گندم و جو کاسته شده به طوری که بعد از ساخت سد از حدود ۲۰۰۰۰ هکتار به حدود ۱۵۰۰۰ هکتار کاهش یافته است. همچنین احداث سد سبب کاهش مدت زمان جاری شدن آب در رودخانه پایین دست شده است و از این طریق بخشی از مراتع حاشیه رودخانه با جمعیت گیاهی و

جانوری خاص از بین رفته است. که به علت نبود اطلاعات در این خصوص ارزیابی دقیقی نمی‌توان داشت.

### ۴-۶- ارزیابی تبخیر از سطح دریاچه سد

یکی از معایب سدهای مخزنی به خصوص در نواحی خشک، تبخیر آب از دریاچه سد می‌باشد. اصولاً در نواحی گرمسیری مقدار تبخیر از سطح دریاچه سد زیاد است و گاهی اوقات این تبخیر چنان زیاد است که مقدار نمک به‌جا مانده از این فرایند سبب کاهش کیفیت آب دریاچه می‌شود. اما اگر در منطقه‌ای باد نوزد قسمت اعظم آب تبخیر شده در لایه‌های مجاور سطح دریاچه باقی می‌ماند و به‌علت اشباع لایه مجاور سطح آب، از میزان تبخیر آب دریاچه کاسته می‌شود. از این رو بیشترین مقدار تبخیر در نواحی خشک و در هنگامی اتفاق می‌افتد که توسط جریان باد بخار حاصل از تبخیر آب دریاچه از سطح آب دریاچه به کنار می‌رود و سطح آب مجدداً در معرض تبخیر قرار می‌گیرد. تبخیر از سطح دریاچه‌های مصنوعی و طبیعی از پیچیدگی خاصی برخوردار است و در طی این فرایند سالیانه میلیاردها متر مکعب آب شیرین که با هزینه زیاد جمع‌آوری و ذخیره شده دوباره به جو برمی‌گردد. میزان تبخیر سالیانه در محدوده سد الغدیر ۲۷۸۴ میلی‌متر برآورد شده است و با توجه به سطح مخزن که ۹۰۰،۱۳۸،۵ متر مربع می‌باشد متوسط حجم تبخیر سالیانه ۶۴۳،۷۴۸،۱۴ متر مکعب در سال می‌باشد. در واقع این میزان زیاد تبخیر سبب از دست رفتن آبی که با هزینه زیادی در پشت سد جمع شده است می‌شود با توجه به حجم کل مخزن که برابر با ۲۹۰ میلیون متر مکعب است، با تبخیر این حجم که حدود ۵/۰۸ درصد از کل حجم مخزن را تشکیل می‌دهد باعث کاهش کیفیت آب پشت سد نیز می‌شود.



#### ۴-۷- اثر سد بر فرونشست زمین و کاهش خصوصیات سفره آب زیرزمینی

نشست سطح زمین غالباً به صورت تدریجی و در برخی موارد به‌طور ناگهانی اتفاق می‌افتد. نشست باعث ایجاد ترک و شکاف‌هایی در زمین گردیده و باعث تاثیر بر روی الگوی جریان‌های زیرزمینی و سطحی، تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی، افزایش سیل‌خیزی سیل‌خیزی منطقه و نیز تراکم سفره آب زیرزمینی و کاهش ضریب ذخیره آن می‌گردد.

نشست زمین به‌دلیل افت سطح آب‌های زیرزمینی از نقاط مختلف جهان خصوصاً در دهه‌های اخیر گزارش گردیده است. این پدیده در رسوبات آبرفتی با تراکم پذیری کم در اثر افت سطح آب‌های زیرزمینی اتفاق می‌افتد. نشست زمین در برخی نقاط خشک و کم باران ایران که در سال‌های اخیر به‌دلیل برداشت بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی افت شدید سطح آب زیرزمینی وجود داشته نیز گزارش گردیده است. مثلاً فرونشست زمین در دشت رفسنجان باعث افزایش شوری آب‌های زیرزمینی، پیشروی آب‌های شور، به‌وجود آمدن شکاف در سطح زمین، بالا آمدن لوله جدار چاه‌ها و ایجاد ترک در ساختمان‌ها شده است (رهنما و کاظمی آذر، ۱۳۸۵).

نشست زمین در نتیجه کاهش سطح آب زیرزمینی اساساً برگشت‌ناپذیر و حاکی از این واقعیت است که اگر سطح آب در سفره‌های زیرزمینی به سطح قبل از نشست زمین برگردد، متأسفانه زمین به دلیل تراکم به حالت اولیه برنخواهد گشت.

در دشت ساوه سطح ایستابی به‌طور متوسط سالیانه حدود ۲ متر کاهش می‌یابد، لذا انتظار نشست زمین وجود دارد. تاکنون مطالعه‌ای جهت اندازه‌گیری مستقیم نشست زمین در دشت ساوه صورت نگرفته، همچنین شواهد از بروز ترک و شکاف نیز در دشت گزارش نشده است. لذا با توجه به تجربیات سایر دشت‌های کشور نشست قابل توجه زمین در دشت مزبور در سال‌های آینده دور از انتظار نیست.

### ۴-۸- ارزیابی کلی اثرات زیست محیطی سد الغدیر

نوع اثرات زیست محیطی سد الغدیر ساوه در جدول ۴-۷ خلاصه گردیده است.

جدول ۴-۶- اثرات زیست محیطی سد الغدیر ساوه

برگشت پذیری اثر		نحوه عمل اثر		شدت تاثیر			منفی	مثبت	پارامتر
				کم	متوسط	زیاد			
غیر قابل برگشت	قابل برگشت	*	*	*	*	*	*	افزایش زلزله القایی	
	*		*	*	*	*	*	تاثیر روی کمیت آب زیرزمینی	
	*		*	*	*	*	*	تاثیر روی کیفیت آب زیرزمینی	
	*		*	*	*	*	*	تاثیر روی مورفولوژی رودخانه	
	*		*	*	*	*	*	اثر روی میزان تبخیر	
*			*	*	*	*	*	تخریب سفره آب زیرزمینی	
*		*		*	*	*	*	فرونشست دشت	

اهداف عمده سد الغدیر تامین آب کشاورزی و نیز تولید نیروی برق می باشد. بخش اول که تامین آب کشاورزی می باشد به روش مختلف دیگری قابل انجام است، به طوری که مشکلات زیست محیطی امروز سد الغدیر را نیز ندارند، از جمله این روش ها سد زیرزمینی، پخش سیلاب، عملیات آبخیزداری یا احداث بندهای کوچک و غیره می باشد. در ادامه توضیح مختصری در مورد هر یک از این روش ها ارائه شده و پتانسیل اجرای پروژه های فوق به عنوان جایگزین سد مخزنی الغدیر مورد بحث قرار گرفته است.

#### ۴-۸-۱- سد زیرزمینی

روش‌های ذخیره آب به وسیله مهار آب‌های زیرسطحی در مناطق خشک دارای هزاران سال قدمت است. قدمت استفاده از سدهای زیرزمینی عملاً به زمان‌های کهن می‌رسد. می‌توان به ساخت سدهای زیرزمینی در جزیره ساردینیا در زمان رومیان باستان اشاره کرد. نمونه‌هایی از این سدها به مفهوم واقعی در نیمه اول قرن بیستم ساخته شدند. سدهای زیرزمینی با توجه به مزایایی که نسبت به سدهای سطحی دارد تقریباً در اکثر مناطق دنیا به کار برده می‌شوند.

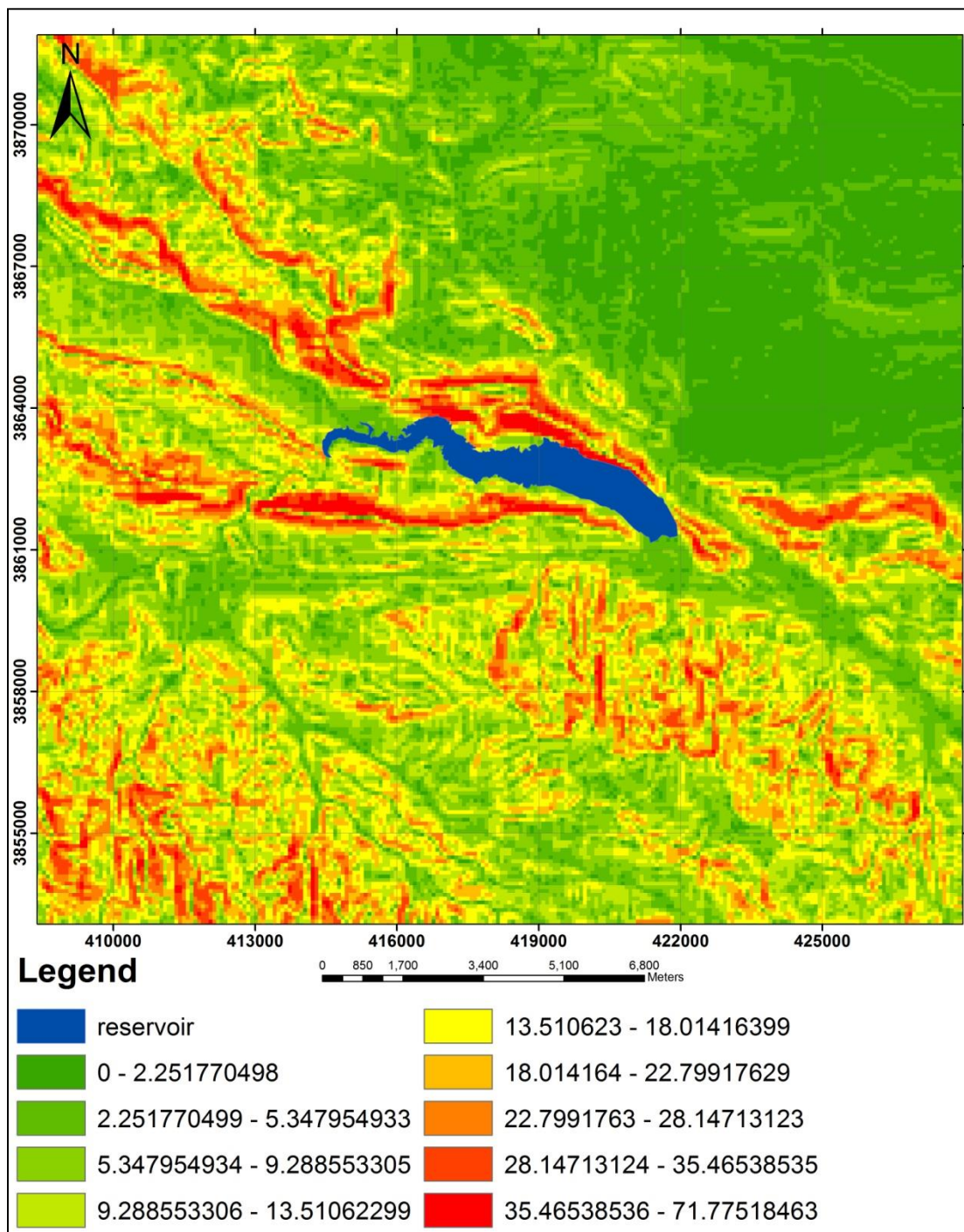
هدف از طراحی سدهای زیرزمینی را به طور کلی می‌توان در چهار بخش تامین آب مصرفی، مدیریت منابع آب مانند مسدود کردن چند چشمه یا قنات و هدایت آب آنها به چشمه اصلی یا مادر چاه قنوات، جلوگیری از پیشروی آب شور به آب زیرزمینی مانند سواحل و دشت‌های نمک و زیست محیطی مانند پخش آلودگی یا تشعشعات هسته‌ای و اثرات سوء آنها بر آب‌های زیرزمینی دانست.

محل احداث کنونی سد الغدیر به دلیل داشتن خصوصیات چونی اقلیم منطقه که خشک، نیمه خشک و بارندگی نامنظم، چینه شناسی منطقه که شامل لایه‌های کنگلومرا، تناوب ماسه سنگ و شیل و یک لایه پیروکلاستی در عمق، شیب بین ۲ تا ۱۰ درصد (شکل ۴-۳۶)، فاصله کم تا محل مصرف، وجود شرایط زمین شناسی و توپوگرافی مناسب زیر سطحی و میزان تبخیر بالا، از جمله محدوده‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی می‌باشد.

#### ۴-۸-۲- عملیات آبخیزداری

معمولاً در مطالعات سدهای مخزنی اجرای عملیات آبخیزداری در آینده پیش‌بینی می‌شود ولی کمتر مورد بحث بوده است که این عملیات به‌طور کامل انجام شود. عملیات آبخیزداری شامل مجموعه اقداماتی است که سبب افزایش نفوذ آب و کاهش روان آب در محدوده حوضه آبریز می‌گردد. از جمله

این اقدامات کشت گیاهان، احداث بندهای خاکی، ایجاد خاکریزهای عرضی در مسیل‌ها و غیره می-  
 باشد. اجرای این چنین پروژه‌ها در تقویت منابع آب زیرزمینی و افزایش کیفیت آب بسیار موثر می-  
 باشد.



شکل ۴-۳۶- نقشه شیب مخزن سد و اطراف آن

### ۴-۸-۳- پخش سیلاب

پخش سیلاب که طی آن سیلاب از طریق یک کانال انحرافی منحرف گردیده و امکان می‌یابد که بر سطح زمین مجاور مسیل مورد نظر پخش شود. به عنوان روشی از سیستم‌های تغذیه مصنوعی و استحصال آب محسوب می‌گردد. سیستم پخش سیلاب در مهار سیل نقش مهمی ایفا می‌کند. لذا طرح‌های پخش سیلاب در مقایسه با دیگر طرح‌های منابع آب نظیر احداث سد و بند دارای مزایایی می‌باشند که به همین دلیل بیشتر این‌گونه طرح‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند.

تمامی مسیر رودخانه قره‌چای بعد از تنگه و فرقان شرایط مناسب جهت اجرای پخش سیلاب را دارا می‌باشند، همان‌طور که بیان گردید شیب زمین در این قسمت ۲ تا ۱۰ درصد است و زمین‌های حاشیه مستعد اجرای پخش سیلاب می‌باشند. اجرای پروژه‌های متعدد پخش سیلاب ضمن کنترل سیلاب رودخانه سبب تقویت سفره آب زیرزمینی شده و کمک زیادی به حفظ منابع پایدار آب در منطقه خواهند داشت.

## فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

### ۵-۱- خلاصه نتایج

- با بررسی‌های پارامترهای لرزه‌خیزی مشخص شد که بعد از آ‌گیری مخزن سد پارامتر  $\beta$  (شیب خط گوتنبرگ ریشتر) افزایش یافته است و این به این معناست که تعداد زمین لرزه‌های با بزرگی کوچک نسبت به زمین لرزه‌های با بزرگی بیشتر در منطقه افزایش یافته است.
- بررسی تراز آب با فراوانی زلزله‌ها حاکی از افزایش فراوانی زلزله‌ها بعد از تخلیه مخزن است که با توجه به مکانیسم معکوس گسل ایندس قابل توجیه است.
- عمق کانونی زلزله‌های بعد از احداث سد نسبت به زمان قبل از احداث تغییر موقعیت داده است و بیشتر زلزله‌ها در عمق کمتر از ۱۵ کیلومتر به وقوع پیوسته‌اند.
- نتایج حاصل از بررسی‌های تغییرات مورفولوژی حاکمی از مئاندری شدن مسیر رودخانه از حدود ۱ کیلومتر قبل از مخزن و مستقیم شدن مسیر رودخانه تا همین حدود بعد از سد می‌باشد. ضمن این‌که تغییرات مورفولوژی رودخانه از حدود ۷ کیلومتر قبل و بعد از سد مشاهده می‌گردد.
- بعد از احداث سد، سطح آب زیرزمینی در جنوب گسل ساوه افت زیاد داشته در حالی‌که در شمال گسل تغییر محسوسی صورت نگرفته است.

- همزمان با کاهش سطح آب زیرزمینی در جنوب گسل ساوه، مقدار آنیون و کاتیون رو به افزایش می‌باشد، در حالی که مقدار بی‌کربنات تقریباً ثابت است.
- انتظار می‌رود در سال‌های آینده همزمان با تشدید افت سطح آب روند نشست زمین نیز افزایش یابد.

## ۵-۲- پیشنهادها

- در مطالعه حاضر از داده‌های دستگاهی ایستگاه‌های دور از سد استفاده شده است که از دقت کافی برخوردار نیست، لذا پیشنهاد می‌گردد جهت ارزیابی دقیق‌تر نقش آبرگیری و تخلیه سد در بروز زلزله ایستگاه لرزه‌نگاری بر روی سد نصب گردد.
- جهت ارزیابی روش‌های جایگزین سدهای بزرگ با سایر پروژه‌ها نیاز به برآوردهای اقتصادی دقیق می‌باشد که در این مطالعه امکان‌پذیر نبود، انجام چنین مطالعاتی جهت انتخاب روش صحیح کنترل و تامین منابع آب در کشور توصیه می‌گردد.
- جهت حفاظت از سفره آب زیرزمینی ساوه توصیه می‌گردد برداشت آب از این سفره محدود گردد یا با تغذیه مصنوعی سفره با استفاده از آب پشت سد در فصولی که نیازی به آب نیست یا آب مازاد سفره مزبور تقویت شود.
- با توجه به نرخ بالای افت سطح آب انتظار می‌رود که نشست زمین در دشت ساوه شروع شده باشد و انجام مطالعه‌ای جهت بررسی اثرات احتمالی آن توصیه می‌گردد.

## پیوست‌ها

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های کلیماتولوژی

رتبه	نام ایستگاه	نام حوضه آبریز	نام زیرحوضه	کد ایستگاه	تاریخ تاسیس	مختصات جغرافیایی		مختصات U.T.M.		ارتفاع از سطح دریا (متر)
						Lat.	Long.	Y	X	
۱	داودآباد	کویرمیغان	کویرمیغان	41-044	1349	34-17-56	49-51-03	3795901	394251	1660
۲	قدمگاه	قره چای	شانند	41-060	1355	33-58-26	49-28-14	3760305	358697	1800
۳	خنداب	قره چای	شراء	41-074	1377	34-22-48	49-11-19	3805795	333452	1720
۴	نوبران	قره چای		41-058	1362	35-08-02	49-42-30	3888648	382323	1650
۵	امام آباد	قره چای	و فرقان	41-082	1349	34-53-01	50-26-47	3860266	449410	920
۶	بندعباسی	قره چای	و فرقان	41-057	1341	34-54-44	50-08-44	3863639	421934	1080
۷	رازین	قره چای	مزلقان	41-059	1350	35-01-34	50-00-35	3876385	409670	1290
۸	رازقان	سه رود	سه رود	41-859	1374	35-20-06	49-57-28	3910707	405292	1860
۹	بیک زرنند	سه رود	سه رود	41-133	1351	35-20-03	50-45-09	3910140	477514	1160
۱۰	جلایر	قره چای		41-055	1360	34-53-11	50-02-12	3860878	411958	1200
۱۲	انانجرد	قمرود	قمرود	41-543	1379	34-22-34	50-17-44	3804085	435234	1701
۱۳	احمدآباد	قره چای		41-080	1346	34-59-42	50-26-18	3872631	448754	1040
۱۴	اراقله	قره چای		41-502	1368	35-06-05	49-43-19	3885040	383522	1745
۱۵	سنگک	قره چای		41-566	1383	35-15-29	49-43-32	3902407	384068	2189
۱۶	چناقچی علیا	خر رود		41-170		35-22-40	49-39-34	3915769	378229	



جدول ۲- آمار زلزله‌های استخراج شده شعاع ۱۰۰ کیلومتر

No.	Origin Time	Lat.	Long.	Depthkm)	Mag.	Mag. Type	RMS Res. Time (sec)	No. of Stations	No. of Phases	Azimuth Gap	Download
1	1996/08/09 03:12:04.8	34.778	49.859	13.8	1.8	MN	0.0	7	14	38	Wave file
2	1996/08/28 01:02:57.7	35.075	50.007	7.2	1.9	MN	0.1	9	20	238	Wave file
3	1996/10/24 13:35:52.4	35.000	49.919	8.4	1.7	MN	0.1	5	11	70	Wave file
4	1996/12/09 01:03:40.2	34.693	50.391	25.9	1.8	MN	0.1	6	14	230	Wave file
5	1996/12/27 04:48:06.8	34.950	49.963	14.2	2.9	MN	0.1	10	15	249	Wave file
6	1997/01/22 00:34:48.7	34.798	50.165	14.3	3.5	MN	0.1	12	23	256	-
7	1997/01/24 00:41:59.0	35.002	49.941	11.9	3.3	MN	0.1	12	28	251	-
8	1997/04/25 14:22:05.3	34.866	50.204	18.0	1.5	MN	0.2	3	4	245	Wave file
9	1997/07/06 04:48:43.3	34.911	50.192	21.4	1.8	MN	0.1	6	12	228	Wave file
10	1997/08/25 02:05:53.5	35.080	50.127	8.0	1.7	MN	0.0	6	11	36	Wave file
11	1997/08/30 05:59:16.2	34.992	50.086	15.1	2.5	MN	0.0	6	17	254	Wave file
12	1997/09/06 14:13:19.2	34.934	49.911	7.9	2.3	MN	0.0	9	19	37	Wave file
13	1997/10/03 21:14:54.4	34.963	50.113	14.4	2.3	MN	0.0	10	23	232	Wave file
14	1997/11/04 08:25:59.7	34.756	50.275	10.2	1.9	MN	0.1	6	14	233	Wave file
15	1998/01/05 15:34:19.7	34.981	49.875	11.0	3.1	MN	0.1	7	16	48	-
16	1998/03/27 17:12:07.5	34.917	50.240	26.1	2.1	MN	0.0	6	9	237	Wave file
17	1998/05/24 22:09:38.7	34.869	49.961	10.9	2.4	MN	0.1	6	8	272	Wave file
18	1998/10/14 14:34:16.1	34.981	49.882	8.3	1.7	MN	0.0	5	11	60	Wave file
19	1998/11/24 17:01:58.9	35.180	50.019	12.2	2.0	MN	0.1	8	17	264	Wave file
20	1998/12/23 13:16:53.6	34.949	49.902	13.2	1.9	MN	0.1	5	12	56	Wave file

ادامه جدول ۲- آمار زلزله‌های استخراج شده شعاع ۱۰۰ کیلومتر

No.	Origin Time	Lat.	Long.	Depth(k m)	Mag.	Mag. Type	RMS Res. Time (sec)	No. of Stations	No. of Phases	Azimuth Gap	Download
21	1999/01/06 06:26:13.6	34.903	49.854	10.9	3.0	MN	0.1	7	12	41	-
22	1999/01/11 16:39:36.9	34.782	50.177	15.9	2.9	MN	0.1	7	13	257	Wave file
23	1999/01/21 01:26:08.7	34.783	50.345	18.8	1.4	MN	0.0	4	7	252	Wave file
24	1999/01/23 05:29:05.6	34.908	49.961	11.8	3.1	MN	0.1	8	15	251	Wave file
25	1999/01/24 13:21:57.9	34.889	49.932	10.6	2.1	MN	0.1	5	11	255	Wave file
26	1999/02/04 23:04:20.3	34.903	49.983	9.7	2.2	MN	0.0	7	11	249	Wave file
27	1999/02/04 23:13:22.4	34.980	49.979	21.0	2.4	MN	0.0	6	10	247	Wave file
28	1999/02/28 20:08:11.7	34.949	50.084	7.6	1.7	MN	0.1	5	11	237	Wave file
29	1999/03/09 21:08:43.1	35.036	50.074	28.3	1.8	MN	0.0	4	10	232	Wave file
30	1999/04/05 00:57:43.3	34.757	50.298	21.4	1.8	MN	0.0	9	19	254	Wave file
31	1999/04/20 06:26:52.2	34.997	49.973	13.3	1.9	MN	0.0	5	11	265	Wave file
32	1999/05/17 14:09:52.0	35.192	49.984	12.8	1.7	MN	0.0	4	10	237	Wave file
33	1999/05/22 10:07:39.4	34.921	50.212	11.8	2.5	MN	0.1	8	18	238	Wave file
34	1999/06/10 21:58:00.3	34.768	50.370	10.3	2.2	MN	0.1	8	22	248	Wave file
35	1999/08/18 10:17:06.9	34.672	50.384	12.6	3.0	MN	0.0	9	17	260	Wave file
36	1999/08/18 10:20:03.1	34.706	50.415	8.0	2.3	MN	0.0	8	20	255	Wave file
37	1999/09/23 21:52:16.2	35.101	49.920	16.0	2.1	MN	0.0	6	13	51	Wave file
38	1999/11/17 15:06:09.7	35.110	49.923	21.0	2.4	MN	0.0	7	16	47	Wave file
39	1999/12/10 15:42:07.2	34.919	50.066	9.8	1.9	MN	0.1	7	15	43	Wave file
40	1999/12/23 16:36:26.7	34.818	50.178	8.8	2.8	MN	0.1	8	17	49	Wave file

ادامه جدول ۲- آمار زلزله‌های استخراج شده شعاع ۱۰۰ کیلومتر

<i>No.</i>	<i>Origin Time</i>	<i>Lat.</i>	<i>Long</i>	<i>Depth(km)</i>	<i>Mag.</i>	<i>Mag. Type</i>	<i>RMS Res. Time (sec)</i>	<i>No. of Stations</i>	<i>No. of Phases</i>	<i>AzimuthGap</i>	<i>Download</i>
41	2000/04/26 04:04:47.5	34.982	50.379	11.7	1.6	MN	0.0	5	11	215	Wave file
42	2000/05/17 12:49:59.8	34.785	50.371	22.3	2.0	MN	0.0	7	18	225	Wave file
43	2000/06/11 08:40:05.4	34.791	50.380	22.2	2.3	MN	0.1	5	13	224	Wave file
44	2000/06/30 13:26:29.7	34.876	49.877	8.4	2.5	MN	0.0	8	18	38	Wave file
45	2000/07/01 04:52:43.9	34.710	49.972	15.7	3.0	MN	0.1	8	19	229	Wave file
46	2000/08/16 05:35:13.5	34.964	50.099	23.1	1.4	MN	0.0	4	11	255	Wave file
47	2000/09/23 14:45:17.6	35.000	49.869	9.9	1.8	MN	0.1	6	13	62	Wave file
48	2000/10/23 12:57:31.4	35.120	49.883	8.1	1.9	MN	0.0	6	18	55	Wave file
49	2000/11/18 17:41:26.0	35.145	50.344	16.4	1.6	MN	0.1	7	15	210	Wave file
50	2001/01/13 13:49:34.2	34.878	49.843	8.8	2.2	MN	0.0	5	14	57	Wave file
51	2001/01/28 11:10:10.5	34.816	49.833	11.8	2.5	MN	0.0	5	12	55	Wave file
52	2001/03/09 10:17:15.0	35.100	50.418	28.5	2.5	MN	0.0	4	10	54	Wave file
53	2001/03/27 14:54:31.3	34.919	50.421	27.7	1.9	MN	0.0	3	8	269	Wave file
54	2001/05/02 14:13:50.7	35.053	50.095	15.6	1.9	MN	0.0	3	8	235	Wave file
55	2001/06/09 16:40:09.3	34.757	50.429	29.3	3.1	MN	0.0	4	12	273	Wave file
56	2001/07/12 13:21:27.8	35.153	49.987	10.4	1.8	MN	0.0	6	12	240	Wave file
57	2001/07/12 17:44:35.4	34.866	50.136	13.9	2.8	MN	0.1	8	19	251	Wave file
58	2001/08/06 03:36:55.1	34.916	50.087	6.2	2.2	MN	0.1	6	15	30	Wave file
59	2001/08/14 14:34:47.8	35.026	50.305	26.7	1.6	MN	0.0	5	12	44	Wave file
60	2001/08/22 12:47:24.3	35.059	49.975	18.0	1.7	MN	0.1	5	12	30	Wave file

ادامه جدول ۲- آمار زلزله‌های استخراج شده شعاع ۱۰۰ کیلومتر

No.	Origin Time	Lat.	Long.	Depth(km)	Mag.	Mag. Type	RMS Res. Time (sec)	No. of Stations	No. of Phases	Azimuth Gap	Download
61	2001/09/25 12:56:20.1	35.031	49.962	13.1	1.7	MN	0.1	6	15	255	Wave file
62	2001/12/01 17:45:44.9	34.941	49.945	12.7	1.9	MN	0.0	6	18	262	Wave file
63	2002/02/06 10:55:09.5	34.600	50.152	6.7	1.9	MN	0.1	5	12	39	Wave file
64	2002/02/27 16:50:58.4	34.965	49.857	6.9	2.3	MN	0.1	4	9	59	Wave file
65	2002/04/07 01:16:03.4	34.780	50.215	17.8	1.9	MN	0.1	5	13	254	Wave file
66	2002/04/23 06:14:04.9	34.805	50.163	7.1	2.8	MN	0.0	7	18	255	Wave file
67	2002/05/06 06:24:47.7	34.987	49.949	10.8	2.5	MN	0.0	7	19	259	Wave file
68	2002/05/30 03:26:04.9	34.774	50.189	16.4	2.2	MN	0.1	3	9	53	Wave file
69	2002/06/01 22:17:32.9	35.194	50.169	23.4	2.1	MN	0.0	5	13	40	Wave file
70	2002/06/04 15:46:53.0	34.986	49.950	13.6	2.6	MN	0.1	6	14	259	Wave file
71	2002/06/13 12:49:34.9	34.662	50.042	13.6	2.6	MN	0.1	5	12	26	Wave file
72	2002/08/01 08:22:54.3	34.691	50.018	13.7	2.2	MN	0.1	5	15	274	-
73	2002/08/31 08:50:48.4	34.658	50.042	17.0	2.3	MN	0.1	7	18	276	Wave file
74	2002/09/21 00:05:02.5	34.940	49.905	7.3	2.5	MN	0.1	7	19	38	Wave file
75	2002/10/21 06:21:54.9	34.611	50.026	25.2	1.9	MN	0.1	5	12	279	Wave file
76	2003/01/07 10:06:21.3	34.655	50.440	19.8	2.2	MN	0.1	4	10	41	Wave file
77	2003/02/10 22:49:41.2	34.962	49.837	6.7	2.1	MN	0.0	5	14	33	Wave file
78	2003/03/02 14:23:29.0	34.759	50.183	21.5	2.2	MN	0.1	6	17	259	Wave file
79	2003/03/10 13:32:19.4	34.759	50.195	17.9	1.3	MN	0.0	4	10	258	Wave file
80	2003/04/22 10:41:12.6	35.160	50.285	7.7	2.2	MN	0.0	3	7	66	Wave file

ادامه جدول ۲- آمار زلزله‌های استخراج شده شعاع ۱۰۰ کیلومتر

No.	Origin Time	Lat.	Long.	Depth(km)	Mag.	Mag. Type	RMS Res. Time (sec)	No. of Stations	No. of Phases	Azimuth Gap	Download
81	2003/04/28 08:34:01.3	35.063	50.030	28.0	2.3	MN	0.0	4	10	52	Wave file
82	2003/06/08 09:33:58.9	34.696	50.078	20.9	1.7	MN	0.0	4	12	270	Wave file
83	2003/06/09 15:03:04.6	34.747	50.267	26.3	1.6	MN	0.0	4	11	41	-
84	2003/06/13 18:10:53.4	34.661	49.886	7.0	1.6	MN	0.0	5	12	45	Wave file
85	2003/06/16 04:31:49.8	34.916	50.049	14.1	2.3	MN	0.1	6	15	242	Wave file
86	2003/07/13 19:25:07.1	35.019	50.171	12.7	2.2	MN	0.0	6	16	222	Wave file
87	2003/08/23 10:53:44.9	34.604	50.044	11.7	2.0	MN	0.0	4	11	39	Wave file
88	2003/09/07 11:13:20.4	34.704	49.967	13.1	1.7	MN	0.1	3	9	48	Wave file
89	2003/09/07 13:59:58.4	35.074	50.290	31.0	2.0	MN	0.0	5	12	247	Wave file
90	2003/09/11 13:30:36.7	34.648	50.058	12.8	2.1	MN	0.0	3	9	49	Wave file
91	2003/09/13 13:08:56.5	34.610	50.043	2.4	1.9	MN	0.0	6	16	34	Wave file
92	2003/09/17 12:34:14.8	34.936	50.311	15.7	2.1	MN	0.0	4	11	49	Wave file
93	2003/09/26 07:13:23.5	34.614	49.979	34.7	2.1	MN	0.1	4	11	37	Wave file
94	2003/09/28 08:39:35.4	34.860	49.975	13.4	2.2	MN	0.1	4	10	50	Wave file
95	2003/10/01 07:11:24.7	35.057	49.836	7.0	2.3	MN	0.0	7	14	34	Wave file
96	2003/11/12 06:41:16.4	34.730	50.126	8.7	2.1	MN	0.0	6	15	46	Wave file
97	2003/12/09 13:43:57.8	35.015	49.863	1.9	2.3	MN	0.0	4	11	36	Wave file
98	2003/12/09 14:55:18.0	34.876	50.341	25.9	2.4	MN	0.0	5	13	234	-
99	2003/12/25 02:44:27.2	35.081	50.306	18.0	1.9	MN	0.0	3	8	222	Wave file
100	2004/01/14 17:14:25.5	35.127	50.048	18.0	1.7	MN	0.0	2	6	299	Wave file

ادامه جدول ۲- آمار زلزله‌های استخراج شده شعاع ۱۰۰ کیلومتر

No.	Origin Time	Lat.	Long.	Depth km)	Mag.	Mag. Type	RMS Res. Time (sec)	No. of Stations	No. of Phases	Azimuth Gap	Download
101	2004/01/14 23:19:03.6	34.958	49.866	8.1	2.0	MN	0.1	5	12	35	Wave file
102	2004/03/23 03:16:59.0	34.674	50.402	12.4	2.1	MN	0.0	6	14	259	Wave file
103	2004/04/13 01:22:10.9	34.820	50.181	3.6	2.2	MN	0.1	5	13	253	Wave file
104	2004/04/28 13:58:42.0	35.177	49.983	13.4	1.8	MN	0.1	4	11	239	Wave file
105	2004/05/23 06:51:20.0	34.721	50.232	5.0	2.0	MN	0.0	6	15	260	Wave file
106	2004/05/24 12:20:26.2	34.991	49.854	6.0	2.1	MN	0.1	6	17	32	Wave file
107	2004/06/01 13:28:10.4	35.168	49.882	1.4	1.8	MN	0.1	4	11	63	Wave file
108	2004/06/10 13:11:24.1	34.987	49.917	0.0	1.8	MN	0.1	5	11	61	Wave file
109	2004/06/12 13:25:01.1	34.838	49.989	18.0	0.0	MN	4.5	4	4	266	Wave file
110	2004/07/31 14:14:20.9	35.146	50.141	19.6	1.8	MN	0.1	6	15	36	Wave file
111	2004/08/01 12:24:35.4	34.613	49.957	12.2	2.2	MN	0.0	4	11	32	Wave file
112	2004/09/06 13:31:38.1	34.968	49.838	0.1	1.9	MN	0.1	5	13	33	Wave file
113	2004/09/08 14:38:32.4	34.988	50.270	28.0	2.3	MN	0.0	3	9	224	Wave file
114	2004/09/29 19:39:27.7	34.796	50.320	27.9	1.3	MN	0.0	3	9	246	Wave file
115	2004/09/30 02:57:36.6	34.845	50.338	27.0	1.6	MN	0.0	4	11	239	Wave file
116	2004/09/30 08:47:07.7	34.866	50.372	3.4	1.9	MN	0.0	4	10	234	Wave file
117	2004/10/01 14:01:28.3	34.790	50.353	27.9	1.9	MN	0.1	4	7	246	Wave file
118	2004/10/02 11:24:26.6	34.805	50.313	14.1	1.9	MN	0.1	6	15	246	Wave file
119	2004/10/02 17:32:19.5	34.820	50.317	25.9	1.9	MN	0.1	6	15	244	Wave file
120	2004/10/02 21:04:19.5	34.793	50.303	27.4	1.9	MN	0.1	4	9	248	-

ادامه جدول ۲- آمار زلزله‌های استخراج شده شعاع ۱۰۰ کیلومتر

No.	Origin Time	Lat.	Long.	Depth (km)	Mag.	Mag. Type	RMS Res. Time (sec)	No. of Stations	No. of Phases	Azimuth Gap	Download
121	2004/10/03 12:55:38.7	34.862	50.367	4.6	1.8	MN	0.1	5	13	235	Wave file
122	2004/10/18 13:54:53.0	35.023	49.839	1.3	1.9	MN	0.1	7	19	32	-
123	2004/10/26 12:30:22.7	34.787	50.324	4.1	2.0	MN	0.1	8	19	227	Wave file
124	2004/12/18 13:35:53.0	34.854	50.018	7.7	2.3	MN	0.1	7	18	262	Wave file
125	2005/01/13 12:48:45.4	34.911	50.156	7.0	1.8	MN	0.3	6	16	244	Wave file
126	2005/02/01 10:44:37.8	34.951	50.181	10.0	2.0	MN	0.2	12	17	46	Wave file
127	2005/02/01 10:44:38.0	34.962	50.194	1.1	2.0	MN	0.1	7	15	225	Wave file
128	2005/02/18 19:36:57.4	34.873	50.003	10.0	1.4	MN	0.2	2	6	262	Wave file
129	2005/03/05 13:36:46.3	35.106	49.850	10.0	2.4	MN	0.2	5	7	64	Wave file
130	2005/03/22 16:35:30.9	34.905	50.041	13.1	1.7	MN	0.1	5	12	256	Wave file
131	2005/03/24 19:20:46.2	35.167	50.098	16.1	2.5	MN	0.1	6	12	218	Wave file
132	2005/03/30 01:21:45.5	34.894	50.043	10.0	1.5	MN	0.0	2	6	257	Wave file
133	2005/03/30 03:31:03.6	34.898	50.053	10.0	2.7	MN	0.1	7	17	214	Wave file
134	2005/04/08 01:16:52.6	35.121	50.252	18.1	1.7	MN	0.0	4	11	205	-
135	2005/04/08 07:02:33.3	34.870	50.013	4.8	1.8	MN	0.1	3	9	261	Wave file
136	2005/04/15 21:50:44.2	34.673	50.105	10.0	1.8	MN	0.1	5	12	271	Wave file
137	2005/04/20 07:01:03.8	34.838	50.341	10.0	1.8	MN	0.0	3	6	268	Wave file
138	2005/05/24 13:51:12.1	34.870	50.110	10.0	1.8	MN	0.4	5	13	260	Wave file
139	2005/05/31 15:44:27.9	34.965	50.436	10.0	1.9	MN	0.2	6	10	253	Wave file
140	2005/07/11 14:15:22.6	34.693	50.420	18.0	2.1	MN	0.2	6	11	229	Wave file

ادامه جدول ۲- آمار زلزله‌های استخراج شده شعاع ۱۰۰ کیلومتر

No.	Origin Time	Lat.	Long.	Depth (km)	Mag.	Mag. Type	RMS Res. Time (sec)	No. of Stations	No. of Phases	Azimuth Gap	Download
141	2005/08/04 14:32:05.0	35.145	50.038	0.0	1.9	MN	0.2	5	7	245	Wave file
142	2005/09/23 10:49:44.7	35.075	50.120	10.0	2.2	MN	0.0	3	6	229	Wave file
143	2005/09/28 13:53:14.9	34.771	50.000	26.1	1.8	MN	0.3	4	9	270	Wave file
144	2005/10/03 14:27:45.6	35.191	50.071	13.3	1.8	MN	0.1	4	11	218	Wave file
145	2005/10/10 19:15:10.8	34.732	50.414	28.0	1.4	MN	0.4	4	11	251	Wave file
146	2005/10/12 06:04:43.7	34.877	50.327	10.0	2.6	MN	0.3	9	16	86	Wave file
147	2005/11/05 13:23:25.7	35.183	50.338	4.4	2.7	MN	0.3	7	16	185	Wave file
148	2005/11/15 09:37:29.2	34.974	49.998	10.0	3.2	MN	0.4	11	25	87	Wave file
149	2005/11/15 09:41:01.4	34.873	49.967	10.0	2.9	MN	0.3	7	19	35	Wave file
150	2005/11/19 12:33:21.3	34.856	49.857	21.3	1.6	MN	0.1	5	10	46	Wave file
151	2006/02/27 13:31:21.8	34.900	50.226	10.0	3.6	MN	0.3	12	54	94	Wave file
152	2006/03/14 05:15:41.5	35.117	50.321	24.2	2.3	MN	0.2	5	45	216	Wave file
153	2005/03/25 12:48:54.7	35.01	50.05	14	4.3	MN					Wave file
154	2005/07/11 00:58:44.4	34.75	50.37	15	3.4	MN					Wave file
155	2005/11/15 09:37:26.9	34.91	49.94	14	2.9	MN					Wave file
156	2006/02/27 13:31:19.6	34.88	50.14	14	3.5	MN					Wave file
157	2008/12/12 05:04:03.0	34.87	50.06	17	2.5	MN					Wave file
158	2009/03/23 15:38:20.4	34.86	49.89	45	2.5	MN					Wave file
159	2009/08/08 20:39:21.3	34.89	50	14	2.9	MN					Wave file
160	2009/09/23 07:53:57.3	34.73	50.37	46	2.5	MN					Wave file
161	2010/02/18 15:21:13.2	34.87	50.24	14	2.8	MN					Wave file



جدول ۳- موقعیت جغرافیائی پیزومترها

utmy	utmx	محل	کد	محدوده	ردیف	utmy	utmx	محل	کد	محدوده	ردیف
3871574	450901	احمد آباد - باغ شیخ	4112	ساوه	19	3871107	430495	سید قلی	4112	ساوه	1
3849877	451018	علی آباد مستوفی	4112	ساوه	20	3869062	434084	دولو	4112	ساوه	2
3863950	451500	قورخ تپه	4112	ساوه	21	3871301	435195	مزرعه صالحی	4112	ساوه	3
3863900	453200	ده آقا	4112	ساوه	22	3878538	436533	نور علی بیک	4112	ساوه	4
3847187	455738	جنوب گازران	4112	ساوه	23	3861379	436759	ملک آباد	4112	ساوه	5
3870364	456316	طراز ناهید	4112	ساوه	24	3866072	437751	هلول	4112	ساوه	6
3853149	457213	الویر آباد	4112	ساوه	25	3851700	439750	جوجین	4112	ساوه	7
3858300	457700	قلندریه	4112	ساوه	26	3859430	439923	قلعه فرزین	4112	ساوه	8
3850024	460292	قزل آباد	4112	ساوه	27	3878334	442122	عبدل آباد	4112	ساوه	9
3858973	464845	سینک	4112	ساوه	28	3874197	442722	تپه آسیاب آباد	4112	ساوه	10
3852537	465994	صفر آباد	4112	ساوه	29	3849127	442994	رحمت آباد ۲۷ک جاده اصفهان	4112	ساوه	11
3851143	468082	رستک	4112	ساوه	30	3868000	443500	قلعه عزیز خان	4112	ساوه	12
3851956	475192	تقاطع جاده و راه آهن	4112	ساوه	31	3858010	443913	امام زاده عبدالله	4112	ساوه	13
3855440	475648	علی آباد رودخانه	4112	ساوه	32	3861508	445161	پل قره چای	4112	ساوه	14
3851727	479677	رحمت آباد	4112	ساوه	33	3850957	447999	اکتشافی آوه	4112	ساوه	15
3855760	485032	عین آباد	4112	ساوه	34	3869464	449367	یافت آباد	4112	ساوه	16
3851775	485864	اول جاده علی آباد	4112	ساوه	35	3857250	449850	شهرستانک	4112	ساوه	17

ادامه جدول ۳- اطلاعات کمی مربوط به پیژومترها

نام چاه	utm x	utm y	سال ۱۳۷۰	سال ۱۳۷۱	سال ۱۳۷۲	سال ۱۳۷۳	سال ۱۳۷۴	سال ۱۳۷۵	سال ۱۳۸۰	سال ۱۳۸۱	سال ۱۳۸۲	سال ۱۳۸۳	سال ۱۳۸۴
سید قلی	430495	3871107	80.52	79.66	78.05	77.95	75.87	74.54	90.47	96.93	95.31	99.21	104.36
صالحی	435195	3871301	54.70	54.21	45.97	43.81	46.48	44.07	68.58	71.05	71.84	74.67	77.20
احمد آباد	450901	3871574	9.24	8.64	8.59	8.68	8.33	8.34	10.20	11.05	10.92	11.37	11.34
طراز ناهید	456316	3870364	5.76	5.31	5.29	5.39	6.07	5.50	7.54	8.76	9.08	9.55	10.65
دولو	434084	3869062	60.57	65.28	58.56	52.72	51.36	50.15	69.76	78.08	83.46	88.58	94.20
هلول	437751	3866072	38.62	35.31	30.29	28.22	24.15	26.89	47.95	55.26	57.76	63.49	65.28
قلعه عزیز خان	443500	3868000	14.45	13.51	11.56	12.07	9.87	10.12	22.60	26.86	29.80	34.51	36.86
یافت آباد	449367	3869464	3.33	2.83	3.62	3.90	3.09	2.57	5.72	7.92	10.45	12.95	15.83
ملک آباد	436759	3861379	43.63	39.61	33.88	33.48	31.99	32.72	52.30	59.12	60.17	64.41	70.64
پل قره چای	445161	3861508	5.98	1.87	2.46	3.65	2.10	1.98	17.91	21.59	24.16	29.60	35.53
ده آقا	453200	3863900	2.41	1.78	1.94	2.46	2.35	2.33	5.31	8.77	9.99	14.07	17.29
آق تپه	451500	3863950	2.41	1.77	1.93	2.46	2.35	2.36	5.62	8.97	9.77	13.16	16.72
جوجین	439750	3851700	33.11	31.91	29.07	29.37	29.54	28.50	41.83	47.14	48.70	54.10	59.51
قلعه فرزین	439923	3859430	19.30	14.57	11.86	11.72	10.03	10.07	17.61	23.46	26.81	29.45	41.09
امامزاده عبدالله	443913	3858010	10.15	5.59	5.45	5.61	4.96	4.55	21.27	25.61	29.85	35.41	40.82
شهرستانک	449850	3857250	3.99	3.16	3.35	3.67	4.35	4.58	13.95	17.89	22.33	26.37	29.59
ادریس آباد			4.42	4.01	3.89	3.72	3.38	3.73	5.75	6.92	7.01	10.85	15.39
قلندریه	457700	3858300	3.25	2.82	6.20	3.29	3.67	3.22	6.23	6.83	7.62	9.67	11.69

ادامه جدول ۳- اطلاعات کمی مربوط به پیژومترها

نام چاه	utm <sub>x</sub>	utm <sub>y</sub>	سال 1385	سال 1386	سال 1387	سال 1388	سال 1389
سید قلی	430495	3871107	13.02	114.91	115.45	117.84	117.685
صالحی	435195	3871301	80.60	85.33	88.79	83.87	83.8
احمد آباد	450901	3871574	11.84	12.41	11.28	11.24	11.27
طراز ناهید	456316	3870364	12.58	13.37	13.47	14.86	15.445
دولو	434084	3869062	99.01	104.90	107.97	110.20	109.205
هلول	437751	3866072	68.21	74.18	77.26	79.61	79.455
قلعه عزیز خان	443500	3868000	40.15	43.44	45.81	54.67	58.52
یافت آباد	449367	3869464	17.90	19.62	20.94	21.72	23.0125
ملك آباد	436759	3861379	75.41	77.85	80.92	84.52	86.35
پل قره چای	445161	3861508	40.97	45.24	50.92	57.23	60.2875
ده آقا	453200	3863900	17.90	19.38	21.55	23.33	25.8625
آق تپه	451500	3863950	17.63	19.03	21.37	22.88	25.1375
جوجین	439750	3851700	64.56	68.12	71.62	74.12	75.275
قلعه فرزین	439923	3859430	52.97	55.49	58.12	60.66	61.865
امامزاده عبدالله	443913	3858010	43.81	48.62	51.33	61.53	63.9925
شهرستانک	449850	3857250	32.19	37.09	39.95	50.02	51.5125
ادریس آباد			19.75	23.64	28.15	32.76	33.6875
قلندریه	457700	3858300	16.17	20.44	24.95	28.78	30.8875

ادامه جدول ۳- اطلاعات کمی مربوط به پیژومترها

نام چاه	utm x	utm y	سال 1370	سال 1371	سال 1372	سال 1373	سال 1374	سال 1375	سال 1380	سال 1381	سال 1382	سال 1383	سال 1384
سینک	464845	3858973	3.16	2.69	5.06	2.97	2.58	2.62	3.53	5.21	7.72	11.61	16.22
علی آباد گانیه	475648	3855440	20.28	21.92	22.81	23.36	24.54	25.68	33.92	36.14	39.10	41.16	44.75
عین آباد	485032	3855760	22.91	24.03	24.12	25.57	26.81	24.99	29.67	34.72	39.05	39.75	41.68
اکتشافی آوه	447999	3850957	46.01	46.25	46.55	46.95	48.79	47.22	54.69	57.22	58.96	61.34	62.51
علی آباد مسنوفی	451018	3849877	40.52	39.44	39.27	42.39	48.40	45.11	65.20	70.17	71.14	73.47	75.05
الویر آباد	457213	3853149	5.63	5.18	4.27	7.24	5.85	6.01	5.77	7.15	6.14	7.02	9.52
قرل آباد	460292	3850024	51.76	53.59	55.98	57.06	57.90	58.59	64.08	65.43	66.95	68.55	69.73
حیدر آباد شبستان	463114	3849329	7.21	7.33	6.74	7.08	7.17	6.34	8.54	8.77	8.95	9.27	9.55
صفدر آباد	465994	3852537	31.42	29.92	32.19	31.80	32.96	32.69	34.81	34.96	31.50	32.81	31.05
رستک	468082	3851143	9.26	9.33	9.56	9.77	9.59	9.46	9.66	9.70	9.85	10.14	10.58
تقاطع راه آهن جاده جهاد	475192	3851956	25.11	24.08	23.43	23.06	21.26	19.46	22.00	23.06	23.93	26.39	24.58
رحمت آباد	479677	3851727	20.95	21.90	22.55	22.85	24.13	23.63	30.31	31.46	33.01	34.29	35.89
اول جاده قم تهران	485864	3851775	17.92	18.73	19.01	20.21	20.18	19.89	24.29	24.93	25.64	26.44	26.88
کیلومتری 27 جاده اصفهان	442994	3849127	111.55	111.74	111.52	113.70	114.96	109.66	115.72	121.85	124.31	128.37	131.39
جنوب گازران	455738	3847187	82.40	83.16	84.38	84.27	85.54	87.01	96.40	98.56	101.01	103.42	105.98
شکوهیه	486678	3848162	26.76	26.99	28.94	30.48	30.79	29.45	36.97	38.45	40.45	42.26	44.18

ادامه جدول ۳- اطلاعات کمی مربوط به پیزومترها

نام چاه	utm <sub>x</sub>	utm <sub>y</sub>	سال 1385	سال 1386	سال 1387	سال 1388	سال 1387
سینک	430495	3871107	21.43	24.00	26.83	29.45	30.275
علی آباد گائی نیها	435195	3871301	47.70	48.80	49.10	50.21	51.94
عین آباد	450901	3871574	43.10	44.14	46.17	48.90	50.8875
اکتشافی آوه	456316	3870364	64.75	67.62	70.75	75.95	78.22
علی آباد مستوفی	434084	3869062	75.72	77.67	86.11	97.77	102.3575
الویر آباد	437751	3866072	9.29	4.79	3.51	4.07	3.19
قزل آباد	443500	3868000	70.76	72.79	75.60	78.00	78.875
حیدر آباد شبستان	449367	3869464	9.16	8.90	8.93	9.25	9.2
صفدر آباد	436759	3861379	29.46	29.88	31.53	30.85	31.275
رستک	445161	3861508	10.54	10.56	10.76	10.69	10.5975
تقاطع راه آهن جاده جهاد	453200	3863900	24.06	27.16	28.36	28.90	29.3175
رحمت آباد	451500	3863950	37.02	38.33	39.48	41.12	42.3675
اول جاده قم تهران	439750	3851700	28.06	28.66	29.35	29.51	29.8675
کیلومتری 27 جاده اصفهان	439923	3859430	133.87	135.50	137.00	138.51	139.095
جنوب گازران	443913	3858010	107.68	110.16	112.81	115.62	117.7225
شکوهیه	449850	3857250	45.64	47.76	48.11	47.87	47.6425

جدول ۴- مشخصات چاه‌های مورد آزمایش کیفی سال ۱۳۸۲

نام چاه	utmxy	utmxx	نوع منبع	ec	tds	ph	کربنات	کلر	سولفات	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم
مزرعه علائی	3877014	439055	چاه عمیق	3970	2566	8.04	3.15	18.3	17.79	9.42	7	22.42	0.04
ساوه - حاجی بلوک	3874200	440130	چاه عمیق	5880	3398.6	7.92	3	21.56	34.44	19.2	13.5	25.9	0.09
آلوسجرد	3868520	440231	چاه عمیق	3380	1914	8.14	3.89	15.37	15.1	6.64	11.45	15.39	0.08
ساوه	3874520	442760	چاه عمیق	5490	3376	8.1	4	25.5	24.9	13.25	16.24	24.35	0.43
صالح آباد	3853020	442470	چاه عمیق	2320	1300	7.77	3.21	4.98	14.48	9.76	3.81	9.45	0.05
قشلاق کچلو	3862600	449750	چاه عمیق	1322	690	8.24	3.11	4.83	6.15	2.2	3.85	7.13	0.09
علی آباد مستوفی	3849230	451130	چاه عمیق	1475	942	7.55	2.82	2.85	9.94	6.64	2.92	5.65	0.04
قلعه عبدالله خان	3862923	462435	چاه عمیق	5150	2572	7.92	3.08	31.77	16.71	12.18	15.1	24.04	0.12
احمد آباد شاهجرد	3861660	472336	چاه عمیق	14630	11564	7.64	1.7	112.64	31.58	47.34	34.93	63.26	0.2
سید قلی	3871000	430500	قنات	2424	1250	8.2	3.49	10.51	10.39	5.5	8.2	10.47	0.06

جدول ۵- مشخصات چاه‌های مورد آزمایش کیفی سال ۱۳۸۳

نام چاه	utmxy	utmxx	نوع منبع	ec	tds	ph	کربنات	کلر	سولفات	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم
مزرعه علائی	3877014	439055	چاه عمیق	3660	1679.57	7.7	2.24	17.22	16.77	6.21	11.02	18.53	0.05
ساوه - حاجی بلوک	3874200	440130	چاه عمیق	5780	3366.04	7.8	3.72	21.7	32.66	25.68	10.88	20.71	0.12
آلوسجرد	3868520	440231	چاه عمیق	3470	1862.55	8.19	5	13.75	16.15	10.69	7.73	15.48	0.1
ساوه	3874520	442760	چاه عمیق	5420	3210	7.56	4.13	25.23	25.15	14.44	13.34	25.64	0.54
صالح آباد	3853020	442470	چاه عمیق	2297	1180	8.34	3.17	4.4	14.62	8.99	3.46	9.73	0.05
قشلاق کچلو	3862600	449750	چاه عمیق	1275	795.47	7.88	4.3	3.25	5.95	2.66	3.55	6.04	0.09
علی آباد مستوفی	3849230	451130	چاه عمیق	1374	838.14	7.97	2.06	2.29	10.35	5.99	2.88	5.6	0.08
قلعه عبدالله خان	3862923	462435	چاه عمیق	4790	2672.82	7.6	2.88	29.22	15.83	14.71	5.83	26.39	0.17

0.32	51.21	44.72	51.75	51.79	94.1	3.53	7.97	10082.6	14850	چاه عمیق	472336	3861660	احمد آباد شاهجرد
0.11	12.86	8.41	5.01	11	10.84	3.85	8.26	1550	2693	قنات	430500	3871000	سید قلی

جدول ۶- مشخصات چاه‌های مورد آزمایش کیفی سال ۱۳۸۵

پتاسیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	سولفات	کلر	کربنات	ph	tds	ec	نوع منبع	utmX	utmY	نام چاه
0.07	8.86	6.68	7.79	12.1	8.17	3.17	8.31	1314	2390	قنات	430500	3871000	سید قلی
0.6	23.52	7.77	8.51	18.07	18.1	5.04	7.84	2680	4030	چاه عمیق	439055	3877014	مزرعه علایی
0.1	25.71	11.51	23.68	32.5	26.63	2.69	7.9	4180	6140	چاه عمیق	440130	3874200	ساوه - حاجی بلوک
0.14	14.99	10.6	6.15	14.7	12.25	5.8	8	1900	3210	چاه عمیق	440231	3868520	آلوسجرد
0.07	11.35	3.77	7.47	15.22	4.58	3.44	8.32	1320	2250	چاه عمیق	442470	3853020	صالح آباد
0.08	6.2	3.1	2.73	6.29	4.13	2.55	8.33	710	1281	چاه عمیق	449750	3862600	قشلاق کچلو
0.07	5.14	2.51	6.88	9.65	3.3	2.15	7.7	800	1469	چاه عمیق	451130	3849230	علی آباد مستوفی
0.5	82	37	38.45	39.79	116.71	1.2	8.34	11250	15795	چاه عمیق	472336	3861660	احمد آباد شاهجرد
0.22	24.49	15	14.4	20.04	32.12	2.4	7.71	3230	5460	چاه عمیق	462435	3862923	قلعه عبدالله خان
0.8	26.03	10.48	15.79	23.75	24.7	4.81	8.11	3358	5370	چاه عمیق	442760	3874520	ساوه

جدول ۷- مشخصات چاه‌های مورد آزمایش کیفی سال ۱۳۸۸

پتاسیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	سولفات	کلر	کربنات	ph	tds	ec	نوع منبع	utmX	utmY	نام چاه
0.06	6.5	3.94	4	7.81	3.25	3.46	8.01	850	1454	چاه عمیق	449750	3862600	قشلاق کچلو
0.75	28.38	9.5	9.95	24.46	21.46	2.63	8.23	3150	4860	چاه عمیق	439055	3877014	مزرعه علایی
0.06	9	9	7.44	14.14	8.94	2.56	8.27	1480	2540	قنات	430500	3871000	سید قلی
0.25	29	15	13.24	22.91	32.1	2.56	7.82	3960	5750	چاه عمیق	462435	3862923	قلعه عبدالله خان
0.11	27.57	13	13.5	23.86	26.3	4.14	7.55	3360	5400	چاه عمیق	442760	3874520	ساوه
0.06	5.68	2.96	4.5	8.47	2.2	2.43	8.19	880	1315	چاه عمیق	451130	3849230	علی آباد مستوفی
0.72	25.75	14.61	21.6	32.63	27.17	2.95	7.84	4200	6270	چاه عمیق	440130	3874200	ساوه - حاجی بلوک
0.16	17	10.27	10.5	17.44	15.92	4.49	8.1	2520	3790	چاه عمیق	440231	3868520	آلوسجرد
0.7	80.65	39.94	41.06	49	111.08	2.05	7.63	11600	16230	چاه عمیق	472336	3861660	احمد آباد شاهجرد
0.05	6.38	3.13	4.94	9.37	3.85	1.38	8.14	900	1451	چاه عمیق	442470	3853020	صالح آباد

جدول ۸- مشخصات چاه‌های مورد آزمایش کیفی سال ۱۳۸۹

پتاسیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	سولفات	کلر	کربنات	ph	tds	ec	نوع منبع	utm <sub>x</sub>	utm <sub>y</sub>	نام چاه
0.12	28.1	15.82	13.24	25.81	27.98	3.53	7.43	3600	5720	چاه عمیق	442760	3874520	ساوه
0.05	6.3	4	3.65	7.29	3.28	3.54	7.86	830	1413	چاه عمیق	449750	3862600	قشلاق کچلو
0.05	5.5	2.84	4.86	6.97	1.84	4.49	7.91	900	1331	چاه عمیق	451130	3849230	علی آباد مستوفی
0.26	28.16	15.35	12.58	22	30.94	3.46	7.83	3700	5620	چاه عمیق	462435	3862923	قلعه عبدالله خان
0.75	76	38.29	40.71	32.63	120.93	2.34	7.72	10900	15570	چاه عمیق	472336	3861660	احمد آباد شاهجرد
0.06	6.4	3.25	4.79	9.29	3.97	1.34	7.86	890	1441	چاه عمیق	442470	3853020	صالح آباد
0.75	28	8.65	10.1	22.39	20.74	4.2	7.57	3120	4760	چاه عمیق	439055	3877014	مزرعه علایی
0.17	18	12.21	10.9	19	16.9	5.3	7.77	2700	4130	چاه عمیق	440231	3868520	الوسجرد
0.75	26.12	13.33	23.3	33.02	27.51	2.82	7.52	4300	6340	چاه عمیق	440130	3874200	ساوه - حاجی بلوک
0.07	9.2	9.61	7.22	14.62	8.5	3.05	8.21	1530	2600	قنات	430500	3871000	سید قلی



## مراجع

### فارسی

۱. نجمائی محمد، سد و محیط زیست (نشریه شماره ۵۵) وزارت نیرو - کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، ۱۳۸۲
۲. اشرف زاده محمدرضا، سمیعی علی، میرباقری مهدی "ارزیابی زیست محیطی سد مخزنی شهید مدنی و شبکه آبیاری و زهکشی مربوطه با استفاده از روش ماتریس تلفیقی LEPOCOLD و ICOLD"، دومین کنفرانس ملی تجربه‌های ساخت شبکه های آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۶
۳. آمار و اطلاعات موجود در اداره کل امور آب استان مرکزی
۴. آمار و اطلاعات موجود در شرکت مهندسی سابیر
۵. آمار و اطلاعات موجود در معاونت مطالعات سازمان آب منطقه‌ای تهران
۶. آمار و اطلاعات موجود در مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان ساوه
۷. پارسا رضا، "اثر سد بر محیط زیست" ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهرکرد، ۱۳۸۶
۸. حسینی زهرا، "بررسی زلزله‌های القائی مرتبط با برخی سدهای بزرگ ایران (از دیدگاه توسعه پایدار)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۸۶
۹. حیاتی حسین، "بررسی مساله لغزش در مخازن و روش‌های پایدارسازی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۳
۱۰. خدایاری اسماعیل، "ارزیابی عملکرد روش‌های متفاوت برآورد روابط بین بارندگی و رواناب در حوضه آبریز قره‌چای (استان مرکزی)"، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته هواشناسی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، ۱۳۸۶
۱۱. خطیب محمدمهدی، "تحلیل فراکتالی توزیع شکستگی‌ها در گستره گسل لرزه‌زای اردوکول"، پژوهشنامه زلزله شناسی، ۱۳۷۹
۱۲. خلفی شاپور، "گزارش مطالعات آب‌های زیرزمینی منطقه ساوه"، پروژه مطالعات آب‌های زیرزمینی استان مرکزی، وزارت آب و برق، ۱۳۴۸
۱۳. درویش زاده علی، "زمین شناسی ایران"، نشر دانش امروز، ۱۳۷۰

۱۴. رهنما محمد باقر، کاظمی آذر فراهم، "فرو نشست زمین در اثر افت سطح آب زیرزمینی در دشت رفسنجان"، اولین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۸۵
۱۵. کلانتری نصراله، "تاثیر سد کرخه بر کمیت کیفیت آب های زیرزمینی دشت اوان خوزستان"، نخستین کنفرانس سراسری آب های زیرزمینی، تبریز، ۱۳۸۸
۱۶. کهنسال قدیموند نادر، بهداد نادر، پورکرمانی محسن، "ژئومورفولوژی محدوده سد ساوه با نگرش کلی بر رسوب زائی"، ۱۳۸۶
۱۷. کمالی محمد اسماعیل، خدادادی احمد، کوچک زاده مهدی، "تاثیر عوامل زیست محیطی در برنامه-ریزی توسعه منابع آب مطالعه موردی سد مخزنی کلکان"، اولین کارگاه تخصصی سد و محیط زیست، تهران، ۱۳۸۶
۱۸. گروه مهندسان مشاور آبکاو، "گزارش بررسی های ژئوالکتریکی منابع آب های زیرزمینی منطقه ساوه"، (مطالعات تکمیلی) وزارت آب و برق، ۱۳۴۸
۱۹. صفاری حامد، وحدتی زاده وحید، مهدوی فر مرتضی، "تاثیر مخازن سدها در ایجاد زمین لرزه های القائی"، همایش ملی زلزله و مقاوم سازی ساختمان، بهبهان، ۲۰۰۸
۲۰. طورانی رکسانا، "احداث سد و وقوع زلزله های القایی"، سومین همایش زمین شناسی کاربردی و محیط زیست، اسلام شهر، ۱۳۸۶
۲۱. قاضی اسدی صادق، "ویژگی های کمی و کیفی بخشی از آبخوان دشت ساوه"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۵
۲۲. مطالعات کیفی و آلودگی منابع زیرزمینی محدوده مطالعاتی ساوه، مهندسیین مشاور ری آب، (۱۳۸۴)
۲۳. میرمهدی مصطفی و جهانگیر عیسی "اثر سیلاب حوضه مارون در نیروی زلزله سد مارون"، همایش ملی زلزله و مقاوم سازی ساختمان، ۲۰۰۸
۲۴. نودهی سلیمه، "بررسی اثرات زیست محیطی سد شهید رجائی ساری، پایان نامه کارشناسی ارشد"، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۸۶
۲۵. نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ تفرش، ساوه، نوبران و فرمهین، تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی ایران.
۲۶. نقشه ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری ایران.

## لاتین

27. Ashraf M., Kahlowan M.A., Ashfaq A., (2007), "Impact of small dams on agriculture and groundwater development: A case study from Pakistan". **agricultural water management** 92 pp 90 – 98

- 
- 28.Chen L & Taiwani P., (1998),"Reservoir-induced Seismicity in China", **Pure appl. Geophys,153 pp 133–149**
- 29.Conrad P.A.,Faster T.D.,Harrelson L.G.,(2008),"Analyzing the effects of the SALUDA DAM on the surface water hydrology of the congaree national park floodplain,south Carolina"
- 30.Dai S.B.,Yang S.L.,Cai A.M.,(2008),"Impacts of dams on the sediment flux of the Pearl River, southern China", **Catena 76 pp 36–43**
- 31.Diabate M .,Yansheng G.,Yan Q.,(2008),"Assessment on the impact of dam – building on environmental change at souapiti/kaleta in republic of uinea".**Medwell journals**
- 32.Diab M.SH., Himida I.H .,Saleh M.F.,(2008),"The Impact of the High Dam on the Quality of Groundwater Under the Nile Delta, Egypt with Emphasis on Greater Cairo Province", **Quality of Groundwater, Proceedings of an International Symposium, Noordwijkerhout**, pp 95-99
33. Eustis B.N,(2006),"Post-Dam effects on Geomorphology of the Green River"
34. Fearnside P. M.,(1999),"Social and environmental impacts of hydroelectric dams in BRAZILIAN AMAZONIA", **National Institute for Researchin Amazonia (INPA)**
- 35.Ghoubachi S .Y.,(2010),"Impact of lake Nasser on the groundwater of the nubia sandstone aquifer system in tushka area, south western desert,Egpt", **j urnal of king saud university-science**
36. Gibson G.,(1971),"Earthquakes and dams in AUSTRALIA",**Seismology Research Centre, RMIT, PO Box 71, Bundoora, Vic 3083**
37. Gupta H.K., Rastogi B.K., Chadha R.K., Mandal P., Sarma C.S.P.,(1997),"Enhanced reservoir-induced earthquakes in Koyna region,India, during 1993–95", **Journal of Seismology pp171–178**
38. Hample A., Hetzel R., Maniatis G.,(2010),"Response of faults to climate-driven changes in ice and water volumes on Earth’s surface", **Phil. Trans. R. Soc. A pp 368, 2501–2517**
- 39.Kangi A & Heidari N.,(2008),"Reservoir-induced seismicity in Karun III dam (Southwestern Iran)", **J Seismol (2008) 12:519–527**
40. King G ., (1983),"Role of Fault Bends in the Initiation and Termination of Earthquake Rupture", **Science 228, PP.984-987.**
41. King G., (1986),"Speculations on the Geometry of the Initiation and Termination Process of Earthquake Rupture and its Relation to Morphology and Geological Structure", **PAG, V124, PP. 576-585.**
- 42.Manochehri G.R.,Mahmoodian S.A.,(2002),"Environmental impacts of dams constructed in iran", **International Journal of Water Resources Development, Volume 18, Issue 1 , pp179 – 182**
43. Matcharashvili T., Chelidze T., Peinke J.,(2006),"Increaase of order in seismic processes around large reservoir induced by water level periodic variation", **Springer Science+Business Media B.V**
44. Nedaw D., Walraevens K.,"The Positive Effect of Micro-Dams for Groundwater enhancement: a Case Study around Tsinkanet and Rubafeleg Area, Tigray, Northern Ethiopia", Mekelle University
- 45.Ohtake M.,(1985),"Seismicity change associated with the impounding of major artificial reservoirs in japan ",**physics of the earth and planetary interiors,44, pp 87-98**
-

46. Petts G., Gurnell A.M.,(2004),"Dams and geomorphology: Research progress and future directions", **Geomorphology 71 pp 27–47**
- 47.Pottinger L.,(2009),"How dams affect water supply"
- 48.Ramsay J.G.,Lisle R.J.,(2000),"The techniques of Modern Structural Geology", **Vol.1&3,ACADEMIC PRESS,San Diego,California,1061.**
- 49.Qiuliang W.,Yunsheng Y.,Jinwu X.,Wenjing Z.,Dun W.,Jinggang L.,Lifen Z.,(2008),"Study on methods of reservoir induced seismicity prediction of the three GORGES reservoir", **The 14th World Conference on Earthquake Engineering**
- 50.Shiozaki I.,Takagi F.,Matsubayashi U., Kojo H.,(1996),"Study of the long-term change of groundwater level and water quality in the vicinity of a dam "
51. Snoussi M., Hada S., Imassi S.,(2001),"Effects of the construction of dams on the water and sediment fluxes of the Moulouya and the Sebou Rivers,Morocco"
- 52-. Torcal F., Serrano I., Havskov J., Utrillas J., Valero J., (2004),"Induced seismicity around the Tous New Dam (Spain)", **Geomorphology 71 pp 27–47**
53. Talwani P & Acre S.,(1985),"Pore pressure diffusion and mechanism of reservoir-induced seismicity".
54. Talwani P.,(1997)," The nature of reservoir – induced seismicity".
55. Tetteh I.K., Frempong E., Awuah E.,(2004)," An analysis of the environmental health impact of the Barekese Dam in Kumasi, Ghana", **Journal of Environmental anagement 72 (2004) 189–194**
56. Turcotte D. L., (1992),"urface Fault Associated with the Qayen, Northeast Iran, Earthquake of May 10, 1997", APR,1999, PP.I-13.
57. Turcotte D. L., (1986),"A Fractals Model for Crustal Deformation", **Tectonophys, V. 132, PP. 261-269.**
- 58- Teodoru C,Wuest A,Wehrli B.,(2006),"Independent review of the Environmental Impacts Assessment Report (EIAR) 2005 on the future Ilisu Dam (Turkey)",**Aquatic research eawag**
59. Turcotte D.L, (1988),"Fractals in Geology and Geophysics", **PAG, V. 131, PP. 171-196.**
- 60.Wei G.,Yang Z., Cui B.,Li B.,Chen H.,Bai J.,Dong S.,(2009),"Impact of Dam construction on Water Qualityand Water Self-Purification Capacityof the Lancang River, China", **Water Resour Manage 23pp.1763–1780**
- 61.Wolman, M.G., (1967)."Two problems involving river channel changes and background observations",**Northwestern Univ. Stud. Geogr. 14, pp67–107.**
62. Woo H., Choi S. U., B. Yoon.,(2004),"Downstream Effect of Dam on River Morphology and Sandbar Vegetation - A Case Study in the Hwang River", to be presented at ICOLD 72nd Annual Meeting, Seoul, Korea

سایت

سایت سازمان زمین شناسی ایران

<http://www.ngdir.com>

سایت پژوهشکده زلزله

سایت مرکز لرزه نگاری ایران

<http://www.iiees.ac.ir/>

<http://irsc.ut.ac.ir>

## **Abstract**

In this study, the environmental effects of Al-Ghadir dam including the induced earthquakes, morphology changes of river and changes of quantity & quality of ground water in plain down of reservoir are investigated. The study show that dam construction results to increase of seismic parameter of  $\beta$  about 20 percent and increase of frequency of small earthquakes. Also, the focal depths of earthquakes after the dam construction are decreased and generally have a depth of lower than 15 km. The dam construction also led to reduce of sediment load of river and change of morphology of river in up and down of the reservoir. The increase of river velocity in down of dam cause of the floor and bank erosion. But reduce of river velocity before the reservoir results to formation of delta and meandering of river channel. Furthermore, dam construction stopped the recharge of Saveh aquifer and it result to drop of level and quality of underground water. The ground water level in Saveh plain from 25.9 meters in time of dam construction in 1995 changed to 53.7 meters in 2010. In fact, the rate of ground water drop in Saveh plain is about 2 meters per year and it may be result to great subsidence in near future. The decreasing of water table is different in south and north of Saveh fault.

## **Key words:**

Alghadir Dam, including earthquake,  $\beta$  index, meander, waters quality and quantity



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth sciences

A Thesis for the Achievement of the Degree of Master of science

**Assessment of environmental impact of Alghadir Dam, Saveh**

**Zahra Heidarian**

Supervisor:

**Dr. N. Hafezi Moghaddas**

Advisor:

**Dr.A. Mokhtari Asl**

**February 2011**