بسم آلله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم زمین

پایان‌نامه کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی

بررسی احتمال زهکشی آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به خلیج فارس

نگارنده: عدنان باقری

استاد راهنما

دکتر غلامحسین کرمی

بهمن ماه ۱۳۹۷

شماره: ۲۲-۰۱۱-۹۷
تاریخ ۹۷/۱۱/۲۹

باسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای عدنان باقری با شماره دانشجویی ۹۵۰۲۳۸۴ رشته زمین‌شناسی گرایش آب‌شناسی تحت عنوان بررسی احتمال زهکشی آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به خلیج فارس

که در تاریخ ۹۷/۱۱/۰۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

قبول (با درجه: خیلی خوب) ☑ مردود ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☑

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر غلامحسین کرمی	دانشیار	
۲- استادراهنمای دوم	—	—	—
۳- استاد مشاور	—	—	—
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر علی اکبر مومنی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر هادی جعفری	استادیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکتر رحیم باقری	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر پرویز امیدی

از طرف: علی پیرانی

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

۹۷/۱۱/۲۹

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به

خانواده عزیزم

سپاسگزاری

بر خود واجب می دانم از استاد فرزانه جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی که به عنوان استاد راهنما در مراحل مختلف این پایانامه همواره با سعه صدر و گشاده رویی در کنار من بودند و در طول مدت تحصیل از راهنمایی های اخلاقی و علمی ایشان بهره جسته‌ام تشکر و قدردانی نمایم. به این وسیله از بزرگواری، حسن سلوک و حمایت بی دریغ ایشان تشکر کرده و برای ایشان طول عمر توام با سربلندی را آرزومندم. مطمئناً بدون حمایت ها، راهنمایی ها و روحیه بخشی ایشان، انجام بخش مهمی از این رساله میسر نمی شد.

در این میان و در امر داوری از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر هادی جعفری و دکتر رحیم باقری که زحمت داوری رساله اینجانب را قبول فرمودند، قدردانی نموده و برای ایشان آرزوی طول عمر و سربلندی دارم.

از کلیه هم دانشگاهیان و همراهان عزیز، دوستان خوبم خانم ها نبی زاده، اشجاری، آقایی، کعبه، صادقی، پولادوند، مسکینی، قربانی، محمودزاده و آقایان ملکی، باسرودیی، بطیاری، علوی، جمشیدی، جرست، میری، شاکری، دولت آبادی، علی بیگی، مروتی، علی زاده، اسدی، حسن زاده، عمیدی مهر، اسلامی، خوش دست، پارسا و سرتختی نهایت سپاس را دارم.

و در پایان این پایان نامه را تقدیم می کنم به خانواده عزیزم که با حضور و همراهی همیشگی راه را به من نشان دادند و مراد این راه استوار و ثابت قدم نموده است.

حدنان باقری

تعهد نامه

اینجانب **عدنان باقری** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **آبشناسی** دانشکده **علوم زمین** دانشگاه شاهرود نویسنده پایان‌نامه **بررسی احتمال زهکشی آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به خلیج فارس** تحت راهنمایی **دکتر غلامحسین کرمی** متعهد می‌شوم.

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

در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.**
- **استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.**

چکیده

امروزه با رشد جمعیت نیاز به منابع آبی بیش از هر زمانی شدت گرفته است و یافتن منابع آبی جدید، یک راه حل مناسب در پاسخ به این نیاز بشر است. تخلیه آب‌های زیرزمینی به دریا یکی از منابعی است که می‌توان از آن به عنوان یک منبع آب، با حجم و کیفیت مناسب استفاده کرد. تاقدیس سادول در مرز سه استان فارس، هرمزگان و بوشهر واقع شده است و طویل‌ترین تاقدیس در مجاورت خلیج فارس است. به منظور بررسی احتمال زهکشی آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به خلیج فارس از روش بیلان هیدروژئولوژیکی استفاده شده است. در این روش مقدار تغذیه و تخلیه آب‌های زیرزمینی در تاقدیس سادول مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با تهیه لایه‌های اطلاعاتی عوامل موثر در تغذیه و هم‌پوشانی این لایه ها در محیط GIS، درصد تغذیه سالانه در بخش‌های مختلف منطقه برآورد شد. با استفاده از نمودار بارش-ارتفاع، نقشه هم‌باران منطقه تهیه گردید. با توجه به درصد تغذیه در بخش های مختلف منطقه و همچنین با استفاده از نقشه هم‌باران، حجم تغذیه سالانه در بخش های مختلف منطقه برآورد شد. علاوه بر این، بر اساس نتایج به دست آمده ملاحظه می‌شود که حجم تغذیه سالانه در تاقدیس سادول حدود ۲۰۱ میلیون مترمکعب می‌باشد. از آن‌جایی که حجم تخلیه سالانه از چاه‌ها و چشمه‌های منطقه حدود ۱۱۱ میلیون مترمکعب می‌باشد، بنابراین حجم تغذیه سالانه در منطقه در مقایسه با حجم تخلیه سالانه حدود ۸۸ میلیون مترمکعب بیشتر است. با توجه به قرارگیری تاقدیس سادول در مجاورت خلیج فارس و وجود گسل‌های عرضی متعددی که تاقدیس سادول را قطع می‌نمایند، می‌توان این‌چنین اظهار نظر نمود که به احتمال زیاد بخشی از آب‌های تغذیه شده در این تاقدیس به خلیج فارس تخلیه می‌شوند.

کلمات کلیدی: تغذیه، تخلیه به دریا، کارست، سادول

فهرست

فصل اول: مقدمه ۱

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

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه ۲

۱-۳- آب و هوای منطقه ۳

۱-۴- زمین‌ریخت‌شناسی منطقه موردمطالعه ۵

۱-۵- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۵

۱-۵-۱- چینه‌شناسی منطقه موردمطالعه ۶

۱-۵-۲- زمین‌شناسی ساختمانی ۹

۱-۵-۳- چین‌خوردگی ۱۰

۱-۶- هیدرولوژی منطقه ۱۱

۱-۷- هیدروژئولوژی منطقه ۱۱

فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین درباره تخلیه آبخوان‌های کارستی به دریا ۱۳

۲-۱- تغذیه در کارست ۱۴

۲-۲- استفاده از GIS در برآورد تغذیه در کارست ۱۵

۲-۳- کاربرد بیلان برای بررسی تخلیه آبخوان های کارستی ساحلی به دریا ۱۶

فصل سوم: روش انجام کار ۱۸

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز ۱۸

۳-۲- بازدید صحرایی ۱۹

۳-۳- تهیه نقشه پایه زمین‌شناسی و نیمرخ‌های زمین‌شناسی ۲۱

۳-۴- تهیه لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر تغذیه ۲۱
۳-۴-۱- لایه لیتولوژی ۲۲
۳-۴-۲- لایه عوارض کارستی ۲۲
۳-۴-۳- لایه شیب ۲۲
۳-۴-۴- لایه بارندگی ۲۳
۳-۵- تهیه نقشه‌های هم‌پتانسیل ۲۳
۳-۶- بررسی مؤلفه‌های بیلان در منطقه ۲۳
۳-۷- مسیرهای احتمالی تخلیه آب زیرزمینی به دریا ۲۴

فصل چهارم: بررسی احتمال زهکشی آب زیرزمینی از تاقدیس سادول به دریا ۲۵

۴-۱- ارزیابی خصوصیات ژئومورفولوژیکی تاقدیس سادول ۲۵
۴-۱-۱- سنگ‌های برهنه ۲۶
۴-۱-۲- فضاهای انحلالی ۲۷
۴-۱-۳- کارن‌ها ۲۸
۴-۱-۴- دره‌های خشک کارستی ۳۰
۴-۱-۵- غارها ۳۱
۴-۱-۶- چشمه‌های کارستی ۳۳
۴-۲- برآورد تغذیه سالانه در منطقه کارستی سادول ۳۴
۴-۲-۱- لایه اطلاعاتی بارندگی ۳۴
۴-۲-۲- لایه اطلاعاتی لیتولوژی ۳۸
۴-۲-۳- تهیه لایه اطلاعاتی عوارض کارستی ۴۰
۴-۲-۴- لایه شیب توپوگرافی ۴۲
۴-۲-۵- همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر تغذیه ۴۳
۴-۲-۶- محاسبه تغذیه سالانه در سازندهای منطقه ۴۵

۴-۳- بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل و هیدروگراف معرف در منطقه مورد مطالعه ۴۶
۴-۳-۱- نقشه‌های هم‌پتانسیل دشت‌های مجاور تاقدیس ۴۶
۴-۳-۲- هیدروگراف معرف دشت‌های مجاور تاقدیس ۵۰
۴-۴- بررسی بیلان هیدروژئولوژیکی تاقدیس سادول ۵۱
۴-۴-۱- برآورد تغذیه به تاقدیس سادول ۵۳
۴-۴-۲- برآورد تخلیه از تاقدیس سادول ۵۵
۴-۴-۳- مقایسه تغذیه و تخلیه در تاقدیس سادول ۵۷
۴-۵- بررسی مسیرهای احتمالی زهکشی تاقدیس سادول به خلیج فارس ۵۸

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۶۵

۵-۱- نتیجه‌گیری ۶۵
۵-۱-۱- تهیه نقشه هم‌باران ۶۵
۵-۱-۲- برآورد تغذیه سالانه در تاقدیس سادول ۶۶
۵-۱-۳- برآورد تخلیه تاقدیس به آبخوان‌های آبرفتی مجاور و از طریق چشمه‌ها ۶۶
۵-۱-۴- ارزیابی احتمال زهکشی تاقدیس سادول به خلیج فارس ۶۶
۵-۱-۴- بررسی مسیرهای احتمالی زهکشی تاقدیس سادول به دریا ۶۷
۵-۲- پیشنهادها ۶۷

منابع: ۶۸

فهرست شکل‌ها

شکل۱-۱: راه‌های دسترسی به منطقه موردمطالعه ۲

شکل ۱-۲: نمودار امبروترمیک ایستگاه لامرد ۵

شکل ۱-۳: وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه ۶

شکل ۱-۴: نقشه زمین شناسی تاقدیس سادول ۷

شکل ۱-۵: نمایی از گسل عسلویه ۱۰

شکل ۱-۶: نقشه هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه ۱۱

شکل ۲-۱: مقطع عرضی یک آبخوان کارستی و انواع تغذیه در آن ۱۴

شکل ۳-۱: رخنمون سازندهای آسماری-جهرم و پابده‌گورپی در منطقه ۱۹

شکل ۳-۲: کارن‌های نسبتاً بزرگ در آهک‌های آسماری-جهرم ۲۰

شکل ۳-۳: چشمه کارستی چک‌چک اسیر ۲۰

شکل ۴-۱: نمایی از سنگ‌های برهنه در ارتفاعات عسلویه ۲۷

شکل ۴-۲: حفرات انحلالی موجود در سازند آسماری-جهرم ۲۸

شکل ۴-۳: نمایی از کارن های موجود در ارتفاعات کوه تابناک ۲۹

شکل ۴-۴: کارن‌های موجود در سازند آسماری-جهرم ۲۹

شکل ۴-۵: نمایی از دره خشک در شرق پارسیان ۳۰

شکل ۴-۶: نمایی از یک دره خشک در غرب عسلویه ۳۱

شکل ۴-۷: غار چکچک شمالی ۳۲

شکل ۴-۸: نمایی از درون غار شوتاریکون ۳۲

شکل ۴-۹: چشمه درزو اخند ۳۳

شکل ۴-۱۰: نمودار بارش-ارتفاع تاقدیس سادول ۳۵

شکل ۴-۱۱: نقشه هم‌بارش منطقه ۳۵
شکل ۴-۱۲: لایه اطلاعاتی بارندگی ۳۸
شکل ۴-۱۳: لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی ۳۹
شکل ۴-۱۴: نمایی از سنگ‌های برهنه ۴۰
شکل ۴-۱۵: عوارض کارستی در سازندهای آهکی منطقه ۴۱
شکل ۴-۱۶: لایه اطلاعاتی عوارض کارستی ۴۱
شکل ۴-۱۷: لایه اطلاعاتی شیب توپوگرافی ۴۳
شکل ۴-۱۸: نقشه نهایی تغذیه در منطقه ۴۴
شکل ۴-۱۹: موقعیت پیزومترهای منطقه ۴۷
شکل ۴-۲۰: نقشه هم‌پتانسیل دشت لامرد-گله‌دار و پارسیان-عسلویه ۴۹
شکل ۴-۲۱: هیدروگراف واحد دشت لامرد ۵۱
شکل ۴-۲۲: هیدروگراف واحد دشت گله‌دار ۵۱
شکل ۴-۲۳: هیدروگراف واحد دشت پارسیان ۵۱
شکل ۴-۲۴: موقعیت نیمرخ‌های زمین‌شناسی ۵۸
شکل ۴-۲۵: نیمرخ‌های زمین‌شناسی تاقدیس سادول ۵۹
شکل ۴-۲۶: موقعیت گسل‌های عرضی مهم در تاقدیس سادول ۶۰
شکل ۴-۲۷: موقعیت گسل‌های F۱ و F۲ ۶۱
شکل ۴-۲۸: موقعیت گسل‌های F۳ و F۴ ۶۲
شکل ۴-۲۹: موقعیت گسل‌های F۵ وF۶ ۶۳
شکل ۴-۳۰: موقعیت گسل‌های F۷ و F۸ و F۹ ۶۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱: طبقه‌بندی اقلیمی بر اساس معادله دمارتن ۳
جدول ۱-۲: میانگین بارش و دمای ماهانه بلند مدت ۴۰ ساله ۴
جدول ۴-۱: مختصات جغرافیایی، ارتفاع و مقدار بارش از ایستگاه‌های مختلف منطقه ۳۶
جدول ۴-۲: ارزش دهی به لایه بارندگی ۳۷
جدول ۴-۳: ارزش لایه‌های سنگ‌شناسی مختلف ۳۹
جدول ۴-۴: ارزش‌گذاری عوارض کارستی ۴۲
جدول ۴-۵: مقادیر شیب و ارزش آن‌ها در تغذیه ۴۲
جدول ۴-۶: وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر تغذیه ۴۴
جدول ۴-۷: مقادیر نفوذ و مساحت ۴۵
جدول ۴-۸: اطلاعات تغذیه توسط هر سازند ۴۶
جدول ۴-۹: ارتفاع، بارش، درصد تغذیه، مساحت و حجم تغذیه در سازند های منطقه ۵۴
جدول ۴-۱۰: اطلاعات مربوط به چشمه‌های موجود در منطقه ۵۶
جدول ۴-۱۱: مولفه های بیلان در منطقه ۵۷

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

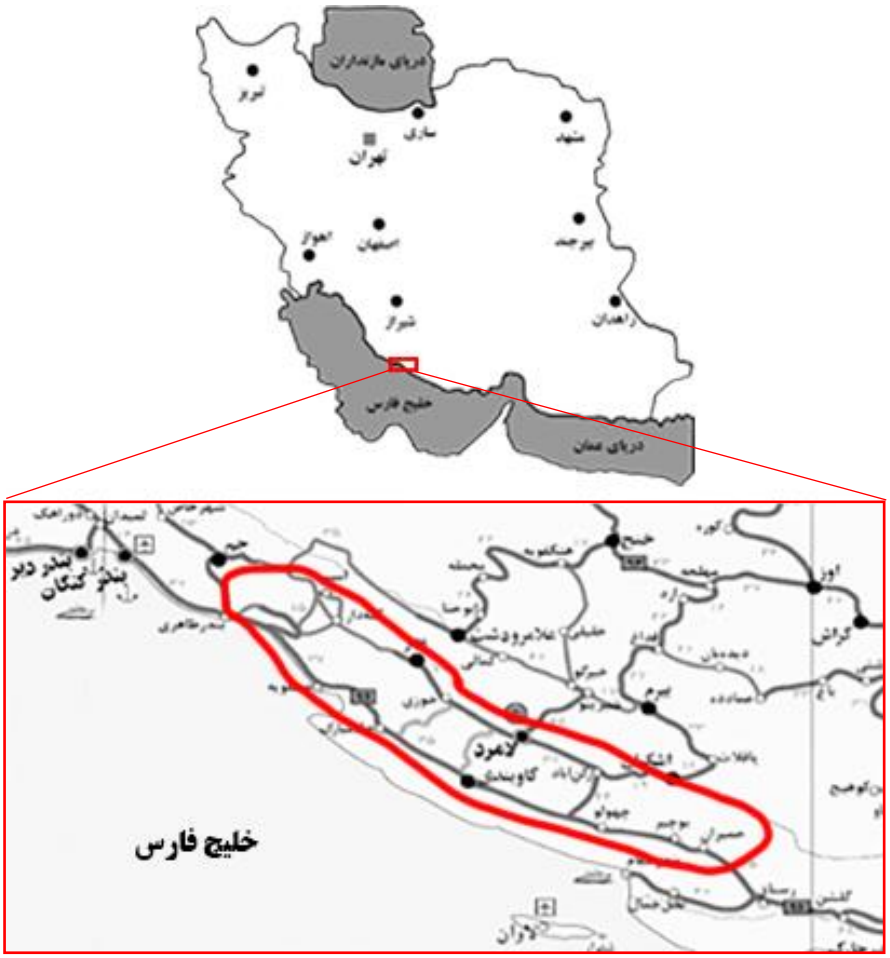
سازندهای سخت (به ویژه سازندهای آهکی) یکی از منابع اصلی تغذیه و انتقال آب به آبرفت‌ها و دشت‌های مجاور خود هستند. در برخی از مناطق ساحلی، سازندهای سخت به صورت ارتفاعاتی در مجاورت دریا قرار گرفته‌اند. بررسی بیلان آب در چنین مناطقیکه در اکثر موارد نشان‌دهنده زهکشی آب‌های زیرزمینی از سازندهای سخت به دریا است.

منطقه مورد مطالعه تاقدیس طویلی است که در حاشیه خلیج‌فارس و با روند شمال غرب - جنوب شرق واقع شده است. طول این تاقدیس حدود ۱۸۰ کیلومتر است که از جنوب غرب اشکنان تا جنوب جم کشیده شده است. بخش اعظم تاقدیس مورد نظر را سنگ‌های آهکی تشکیل داده‌اند که تا اندازه‌ای کارستی شده‌اند. به این ترتیب که در این تاقدیس فضاهای انحلالی، کارن‌ها و سنگ‌های برهنه به وفور یافت می‌شوند. با توجه به وجود گسل‌ها و شکستگی‌های متعدد در این تاقدیس و اختلاف ارتفاع بسیار زیاد آن نسبت به خلیج‌فارس و تخلیه بسیار اندک چشمه‌های کارستی، احتمال زهکشی بخشی از آب‌های زیرزمینی این منطقه کارستی به داخل خلیج‌فارس نسبتاً زیاد است.

هدف از انجام این تحقیق بررسی وضعیت هیدروژئولوژیکی کارست‌های منطقه و شناسایی مسیرهای احتمالی جریان آب زیرزمینی می‌باشد. در نهایت، با توجه به مطالعه بیلان، احتمال زهکشی آب‌های زیرزمینی از این تاقدیس به خلیج فارس مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه با مساحت حدود ۲۷۰۰ کیلومترمربع در جنوب کشور و در مرز سه استان فارس، هرمزگان و بوشهر واقع‌شده است. این منطقه در حدفاصل عرض‌های جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و طول‌های جغرافیایی ۲۷ درجه ۳ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی قرار دارد. عسلویه، پارسیان، لامرد و مهر مهم‌ترین شهرهایی هستند که در مجاورت تاقدیس سادول واقع شده‌اند. شکل (۱-۱) موقعیت منطقه و راه‌های دسترسی به آن را نشان می‌دهد. منطقه مورد مطالعه بخشی از حوضه آبگیر رودخانه کل و مهران می‌باشد.



شکل۱-۱: راه‌های دسترسی به منطقه موردمطالعه

۱-۳- آب و هوای منطقه

جهت بررسی آب و هوای منطقه نیاز به جمع‌آوری پارامترهای هواشناسی از ایستگاه‌های باران‌سنجی و اقلیم‌شناسی در منطقه می‌باشد. این ایستگاه‌ها شامل گاوبندی، لامرد، گله‌دار و لاور گندمزار (ایستگاه شخصی آقای ملکی) می‌باشد. تفاوت بیشینه و کمینه دما منطقه مورد مطالعه بیش از ۵۰ درجه است و حدود ۹۰ درصد بارندگی‌ها در فصل‌های پاییز و زمستان صورت می‌گیرد که تماماً به صورت بارندگی می‌باشد. همچنین در فصل تابستان بارندگی نزدیک به صفر است. برای تعیین اقلیم منطقه از روش دمارتن (De Martonne) استفاده شده است.

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{T+10}}$$ معادله (۱-۱)

در معادله بالا **P** متوسط بارش سالانه (میلی‌متر) و **T** دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. طبقه بندی اقلیمی دمارتن مطابق جدول (۱-۱) است. در منطقه مورد مطالعه مقدار **I** برابر با ۶ محاسبه شده است و بنابراین اقلیم منطقه از نوع خشک می‌باشد.

جدول ۱-۱: طبقه‌بندی اقلیمی بر اساس معادله دمارتن

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

جدول (۱-۲) میانگین بارش و دمای ماهانه ایستگاه‌های منطقه را در یک دوره ۴۰ ساله (۱۳۹۴-۱۳۵۴) نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تقریباً تمام بارندگی منطقه

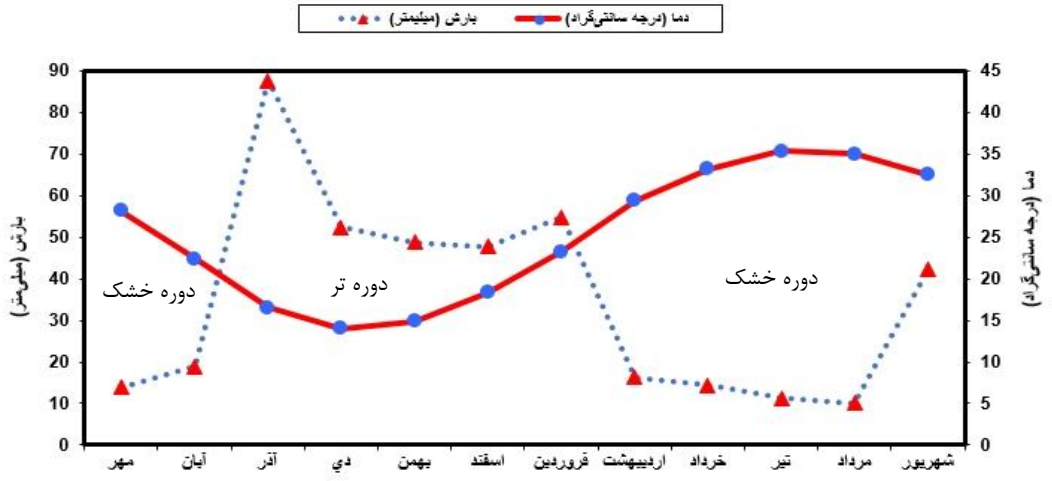
در ماه‌های آبان تا فروردین رخ می‌دهد و سایر ماه‌ها یا بارندگی ندارند و یا سهم بارندگی آن‌ها بسیار ناچیز است.

لازم به ذکر است که اطلاعات مربوط به ایستگاه لاور گندمزار، که در ارتفاع ۱۱۰۰ متری از سطح دریا (منطقه سرکوه تابناک) واقع شده است، تنها شامل میانگین بارش چهار ساله است که برابر با ۳۶۰ میلی‌متر است.

جدول ۱-۲: میانگین بارش و دمای ماهانه بلند مدت ۴۰ ساله

ماه/ سال	ایستگاه لامرد		ایستگاه گله‌دار		ایستگاه گاوبندی	
	بارش (mm)	دما (°C)	بارش (mm)	دما (°C)	بارش (mm)	دما (°C)
مهر	۰/۸	۲۸/۱	۰/۲	۲۸/۱	۲/۶	۲۹/۱۵
آبان	۳/۸	۲۲/۲	۱۹/۸	۲۲/۲	۹/۱۵	۲۵/۱
آذر	۴۴/۴	۱۶/۶	۷۱/۱	۱۶/۶	۵۰/۴	۱۰/۹
دی	۶۵/۰	۱۴/۱	۷۸/۵	۱۴/۱	۴۴/۶۵	۱۶/۹
بهمن	۵۳/۲	۱۴/۹	۴۴/۹	۱۴/۹	۳۹/۱۵	۱۶/۸
اسفند	۲۸/۵	۱۸/۸	۲۳/۸	۱۸/۸	۲۴/۹	۱۹/۹
فروردین	۱۵/۳	۲۳/۴	۱۷/۰	۲۳/۴	۱۱/۱	۲۴
اردیبهشت	۲/۲	۲۹/۸	۲/۰	۲۹/۸	۲/۱	۲۹/۶
خرداد	۰/۰	۳۳/۵	۰/۰	۳۳/۵	۰/۰	۳۲/۴
تیر	۰/۰	۳۵/۱	۰/۰	۳۵/۱	۰/۱	۳۳/۶
مرداد	۱/۷	۳۵/۳	۰/۰	۳۵/۳	۰/۷	۳۴/۳
شهریور	۰/۰	۳۲/۷	۰/۷	۳۲/۷	۰/۰	۳۲/۷
سالانه	۲۱۴/۹	۲۵/۴	۲۵۸/۰	۲۵/۴	۱۸۴/۶	۲۶/۲

نمودار امبروترمیک رسم شده (شکل ۱-۲) برای ایستگاه لامرد نشان می‌دهد که فصل‌تر از آذرماه تا فروردین‌ماه بوده و بقیه ماه‌های سال خشک است.



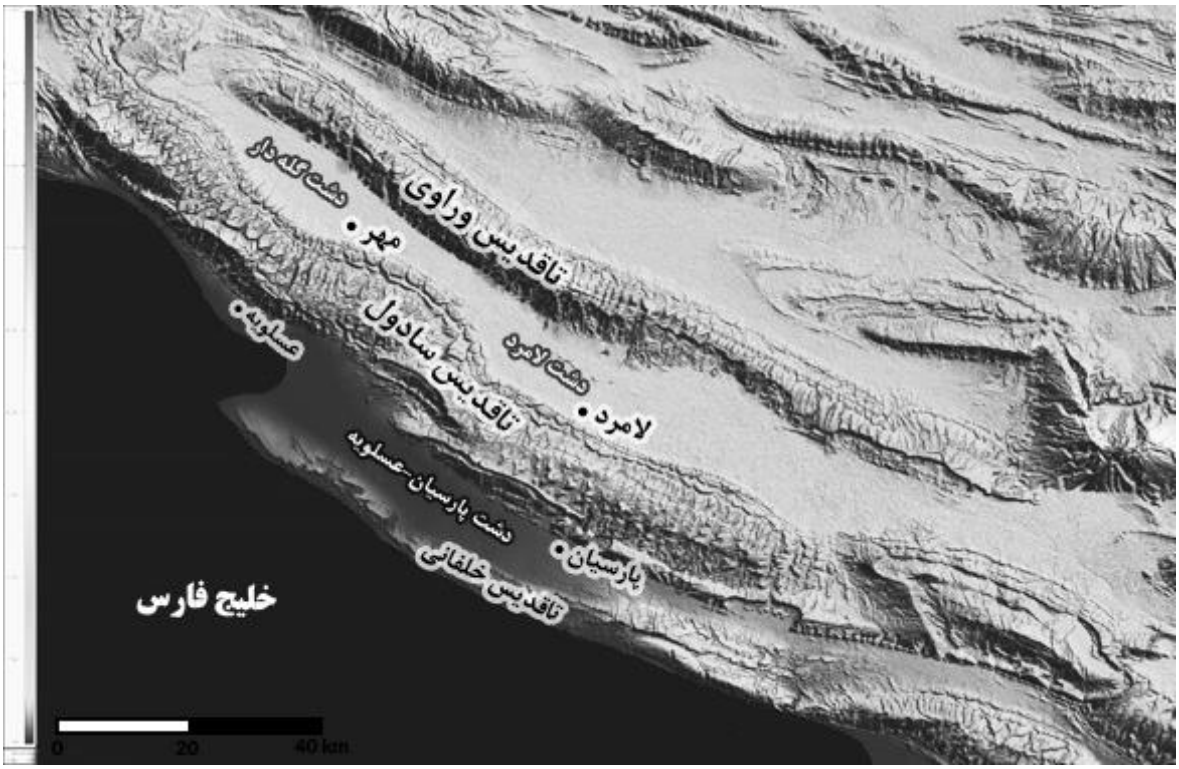
شکل ۱-۲: نمودار امبروترمیک ایستگاه لامرد

۱-۴- زمین‌ریخت‌شناسی منطقه موردمطالعه

منطقه مورد مطالعه در پهنه زاگرس جنوبی و به لحاظ ژئومورفولوژیکی در تیپ کوهستانی قرار می‌گیرد. اختلاف ارتفاع این واحد نسبت به دشت شمالی (لامرد و گله‌دار) بین ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و نسبت به دشت جنوبی بین ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ متر می‌باشد. میانگین شیب دامنه شمالی کوه حدود ۱۵ درجه و در دامنه جنوبی حدود ۱۹ درجه است شکل (۱-۳).

۱-۵- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

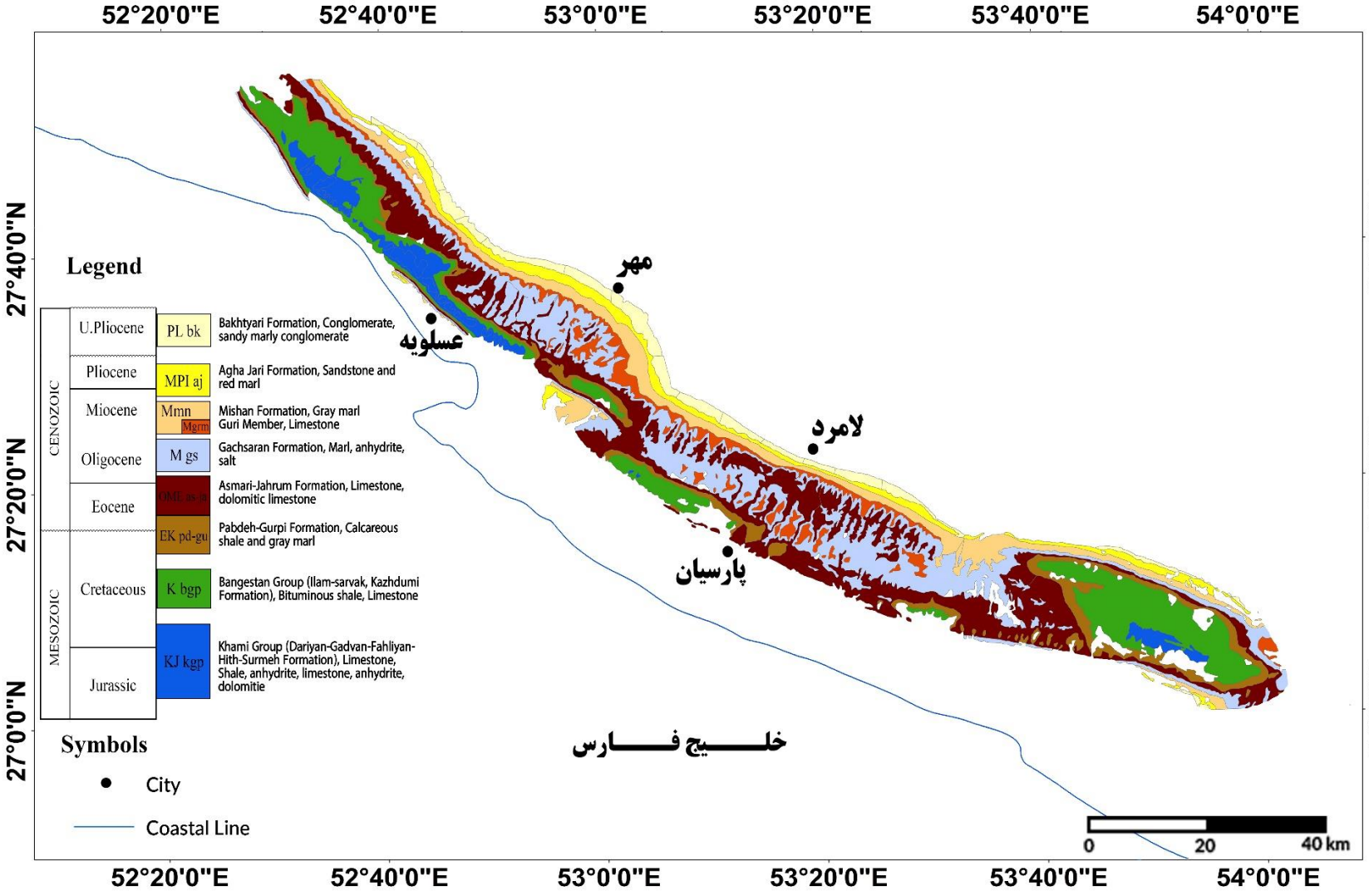
با توجه به رخساره‌ها و روندهای ساختاری موجود در منطقه مورد مطالعه. تاقدیس سادول در قسمت زون رسوبی-ساختاری زاگرس جنوبی قرار دارد، بنابراین زمین‌شناسی آن در ارتباط با زمین‌شناسی زاگرس جنوبی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این منطقه گسلش کم بوده و چین‌خوردگی بر آن غلبه دارد. سنگ‌شناسی تاقدیس سادول بسیار متنوع بوده و تشکیلات زمین‌شناسی مربوط به اواخر مزوزوئیک تا آبرفت‌ها و رسوبات عصر حاضر را به صورت توالی‌های پشت سر هم می‌توان در آن مشاهده نمود.



شکل ۱-۳: وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه

۱-۵-۱- چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه

با توجه به نقشه زمین‌شناسی تاقدیس سادول، بخش اعظم رخنمون تشکیلات به واحدهای سنگی اولیگوسن و میوسن مربوط می‌شود. اما همان‌طور که قبلاً گفته شد منطقه مورد مطالعه تنوع سنگ‌شناسی از اواسط مزوزوئیک تا عهد حاضر دارد که در زیر به ترتیب سنی از قدیم به جدید، نحوه توزیع و سایر مشخصات لیتولوژی تشکیلات موجود در آن تشریح می‌گردد. قدیمی ترین سازندی که در منطقه رخنمون دارد، سازند گروه خامی است که در بخش‌هایی در غرب عسلویه و همچنون در جنوب کوه بوچیر قابل مشاهده است. به ترتیب سازند های گروه بنگستان، پابده‌گورپی، آسماری جهرم، گچساران، گروه خامی، میشان، آغاجاری و بختیاری بر روی گروه خامی قرار گرفته است. نقشه زمین‌شناسی تاقدیس سادول در شکل (۱-۴) ارائه شده است.



شکل ۱-۴: نقشه زمین شناسی تاقدیس سادول

مزوزوئیک

بخش عمده تشکیلات مزوزوئیک در منطقه موردمطالعه از رسوبات آهکی، شیل، انیدریت و دولومیت تشکیل‌شده است که شامل واحدهای زیر می‌شود.

- **واحد J_{hi-fm}**: قدیمی‌ترین تشکیلات ژوراسیک است که در منطقه رخنمون پیداکرده و از تناوب انیدریت، آهک دولومیت و دولومیت تشکیل‌شده است.

- **واحد K_{dr-fa}**: سازند داریان- فهلیان تناوبی از آهک، شیل و آهک دولومیت است که به‌صورت لایه‌ای نازک با رخنمون کم در منطقه وجود دارد.

- **واحد KJ_{kgp}**: تشکیلات KJ_{kgp} (داریان- گاودان- فهلیان- هیت- سورمه) توالی آهک، انیدریت و دولومیت است که در بخش‌هایی از ارتفاعات روستای همیران وجود دارد.

- **واحد K_{bgp}**: گروه بنگستان (ایلام، سروک و سازند کژدمی) جدیدترین تشکیلات قطعی کرتاسه است که در منطقه رخنمون دارد که شامل شیل و آهک می‌شود. بزرگ‌ترین رخنمون گروه بنگستان در کوه بوچیر است که در سمت جنوب شرقی تاقدیس واقع‌شده است.

سنوزوئیک

واحدهای سنوزوئیک جدیدترین رسوبات دوران زمین‌شناسی منطقه هستند. بیشترین سهم رسوب‌گذاری مربوط به این سن می‌باشد.

- **واحد EK_{pd-gu}**: سازند پابده- گوربی توالی شکل‌گرفته در کرتاسه- ائوسن است که شامل شیل و مارن خاکستری می‌شود. این لایه کم‌تراوا روی سازند آهکی بنگستان را پوشانده است.

- **واحد OME_{as-ja}**: سازند آسماری-جهرم با لیتولوژی آهک و آهک دولومیتی در بخش‌های عظیمی از تاقدیس سادول رخنمون دارد. یال جنوبی تاقدیس سادول، دارای بیشترین رخنمون سازند آسماری جهرم است.

- **واحد M_{sg}**: سازند گچساران که در بخش‌های مرتفع تاقدیس و در تمام طول تاقدیس رخنمون دارد، دارای واحد سنگ‌شناسی مارن، انیدریت، نمک و عضوهای گچ قرمز- خاکستری و سبز است. این سازند در ارتفاعات شهر لامرد معروف به کوه تابناک سنگ مخزن گاز است و منابع بسیار با کیفیتی از گاز در این سازند قرار دارد.

- **واحد M_{mn}**: تشکیلات میشان در منطقه با واحد سنگ‌شناسی مارن خاکستری و همچنین عضو گوری با سنگ‌شناسی آهک در زمان میوسن در منطقه رسوب گزاری شده. سازند میشان با صورت یک لایه ناتراوا بین سازن گچساران و آقاجاری واقع شده است.

- **واحد MPL_{aj}**: سازند آقاجاری به سن میوسن- پلئوسن متشکل از ماسه‌سنگ و مارن قرمز می‌باشد.

- **واحد Pl_{bk}**: سازند بختیاری به سن پلیوسن بالایی می‌باشد و شامل واحدهای کنگلومرایی، کنگلومرای ماسه‌ای و مارنی می‌باشد. این سازند در دامنه شمالی تاقدیس سادول بیشترین رخنمون را دارد.

- **کواترنری Q:** شامل آبرفت و رسوبات عهد حاضر و رسوبات منفصل، رس، ماسه و گراول می‌باشد. این رسوبات عمدتاً در شمال گاوبندی، شمال روستای بوچیر و جنوب روستای کدیون قرار دارد.

۱-۵-۲- زمین‌شناسی ساختمانی

منطقه مورد مطالعه بخشی از زون زاگرس و در قسمت زاگرس جنوبی قرار دارد. بنابراین حوادثی که زون مذکور را تحت تأثیر قرار داده، ساختار عمومی این منطقه را به وجود آورده است. با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه، عمده گسل‌های منطقه از نوع نرمال بوده و در سازند بنگستان در جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه واقع‌شده‌اند. در قسمت مرکزی منطقه مورد نظر در یال شمالی تاقدیس سادول، گسلی در نزدیکی شهر لامرد از نوع نرمال، و در شمال غربی منطقه گسل فعال عسلویه مشاهده می‌شود.

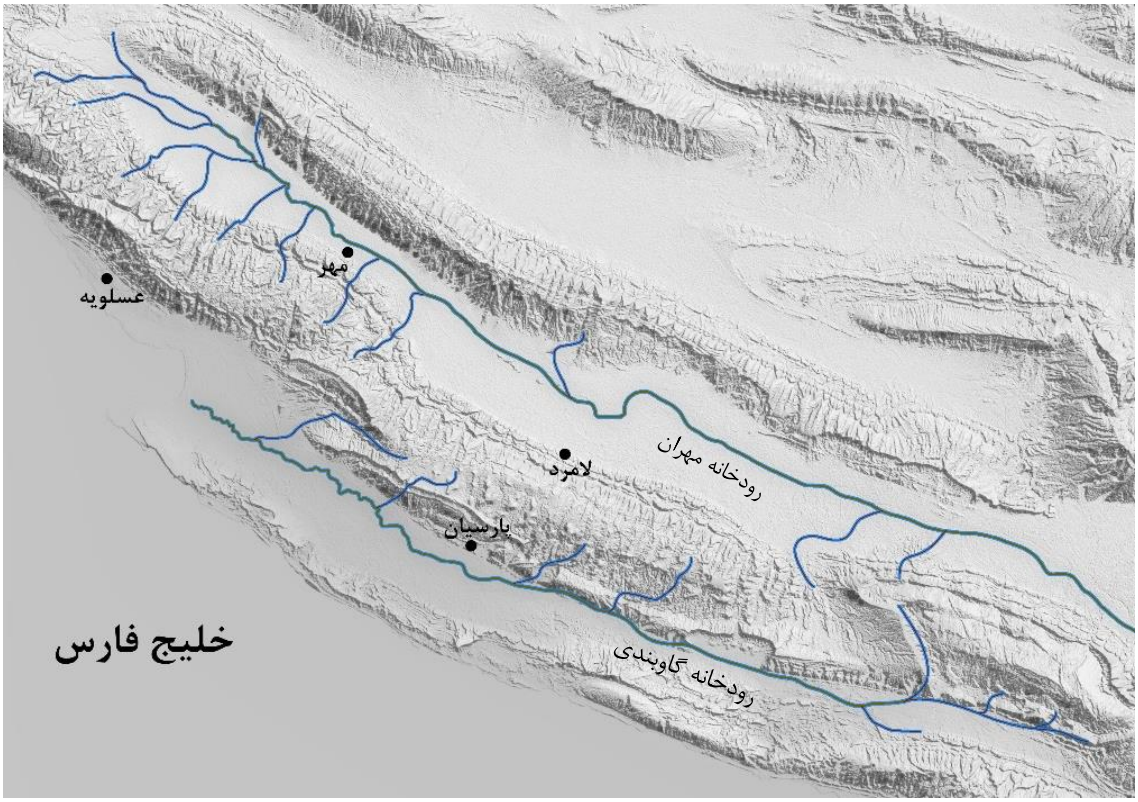
۱-۵-۳- چین‌خوردگی

تاقدیس سادول در واقع یک تک‌چین است که دامنه جنوبی آن بر اثر فعالیت گسلش تحت تأثیر قرار گرفته و خرد شده است به نحوی که تاقدیس سادول در واقع نیمی از یک چین‌خوردگی است. به همین دلیل دامنه جنوبی کوه عمدتاً از بین رفته است. همچنین در سمت شرقی تاقدیس به علت فرسایش سازندهای جوان‌تر، سازندهای ژوراسیک رخنمون پیدا کرده‌اند. پدیده مهم تکتونیکی محدوده عسلویه، گسل عسلویه است (شکل ۱-۵). این گسل از حاشیه ارتفاعات محدوده عسلویه گذشته و همان‌طور که بیان گردید یکی از مهم‌ترین ساختارهای فعال زمین‌شناسی به حساب می‌آید. در محدوده لامرد نیز کسل مهم، لامرد وجود دارد که هر دو دارای روند شرقی-غربی هستند. گسل لامرد از نوع نرمال و گسل عسلویه معکوس می‌باشد. در تمام طول تاقدیس، به جز ارتفاعات بوچیر (جنوب شرقی تاقدیس) که سازندهای جوان‌تر فرسایش یافته، عمده گسل‌ها زیر رسوبات کواترنری پنهان شده‌اند. فعالیت گسل عسلویه باعث اختلاف شدید توپوگرافی (حدود ۵۰۰ متر اختلاف ارتفاع)، نامتقارن شدن تاقدیس عسلویه و کج شدگی رسوبات کواترنری شده است. فعالیت این گسل حتی بر رسوب‌گذاری نیز تأثیر گذاشته به نحوی که باعث ضخیم‌شدگی در رسوبات سازندهای آغاجاری و بختیاری در پیشانی گسل شده است. در کوه بوچیر (جنوب شرقی عسلویه) دسته گسل‌هایی با روند شمالی جنوبی وجود دارد.

شکل ۱-۵: نمایی از گسل عسلویه (شمال شهر شیرینو)

۱-۶- هیدرولوژی منطقه

تاقدیس سادول سرچشمه دو رودخانه فصلی "مهران" و"گاوبندی" است که به ترتیب در شمال و جنوب تاقدیس واقع شده‌اند. رودخانه مهران با جهت شمال غربی، جنوب شرقی از منطقه خارج می‌شود. رودخانه گاوبندی با جهت جنوب شرقی، شمال غربی در نزدیکی عسلویه به خلیج فارس می‌پیوندد. دره‌های عمیق آب باران را از سطح تاقدیس سادول جمع‌آوری کرده و به دشت‌ها هدایت می‌کنند. نقشه هیدرولوژی منطقه در شکل (۱-۶) مشخص شده است.



شکل ۱-۶: نقشه هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه

۱-۷- هیدروژئولوژی منطقه

آبخوان آبرفتی گاوبندی شامل سه بخش بوچیر-هشتنیز، بهده-کناردان و پارسیان-عسلویه است که در سمت جنوب تاقدیس سادول واقع شده‌اند. حجم تخلیه سالانه از آبخوان گاوبندی حدود ۵۶/۷ میلیون مترمکعب است که از این مقدار حدود ۵۶/۱ میلیون متر مکعب از طریق چاه‌ها و حدود ۰/۶ میلیون متر

مکعب از طریق چشمه‌های منطقه خارج می‌شود. همچنین آبخوان آبرفتی لامرد و گله‌دار با مساحت حدود ۸۸۰ کیلومتر مربع در شمال تاقدیس سادول و حدفاصل تاقدیس سادول و تاقدیس وراوی واقع شده است. حجم تخلیه سالانه از آبخوان لامرد و مهر حدود ۵۸/۲ میلیون متر مکعب است که از این مقدار حدود ۵۴/۷ میلیون متر مکعب از طریق چاه‌ها و حدود ۳/۵ میلیون متر مکعب از طریق چشمه ها تخلیه می‌شود. بدیهی است بخشی از آب‌های تخلیه شده از دشت لامرد و گله‌دار از طریق تاقدیس وراوی تغذیه می‌شود. موقعیت دشت‌های لامرد، گله‌دار و گاوبندی در شکل (۱-۳) آورده شده است.

فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین درباره تخلیه آبخوان‌های کارستی به دریا

همزمان با رشد جمعیت، کمبود آب به یک دغدغه اصلی تبدیل شده است. هیدروژئولوژیست‌ها به منظور برطرف کردن این نیاز بشریت همواره به دنبال کشف منابع آبی جدید بوده‌اند. یکی از منابع غیرقابل چشم پوشی، آب‌های زیرزمینی تخلیه شده از آبخوان‌های کارستی ساحلی به دریا می‌باشد (Bakalowicz 2018). اگرچه در طول قرن‌ها انسان‌ها از این منابع برای تأمین آب استفاده نموده‌اند، ولی تخلیه آب‌های زیرزمینی به دریا از اواسط دهه ۱۹۹۰ میلادی به صورت علمی مورد بررسی قرار گرفته است (Sanger et al. 1990).

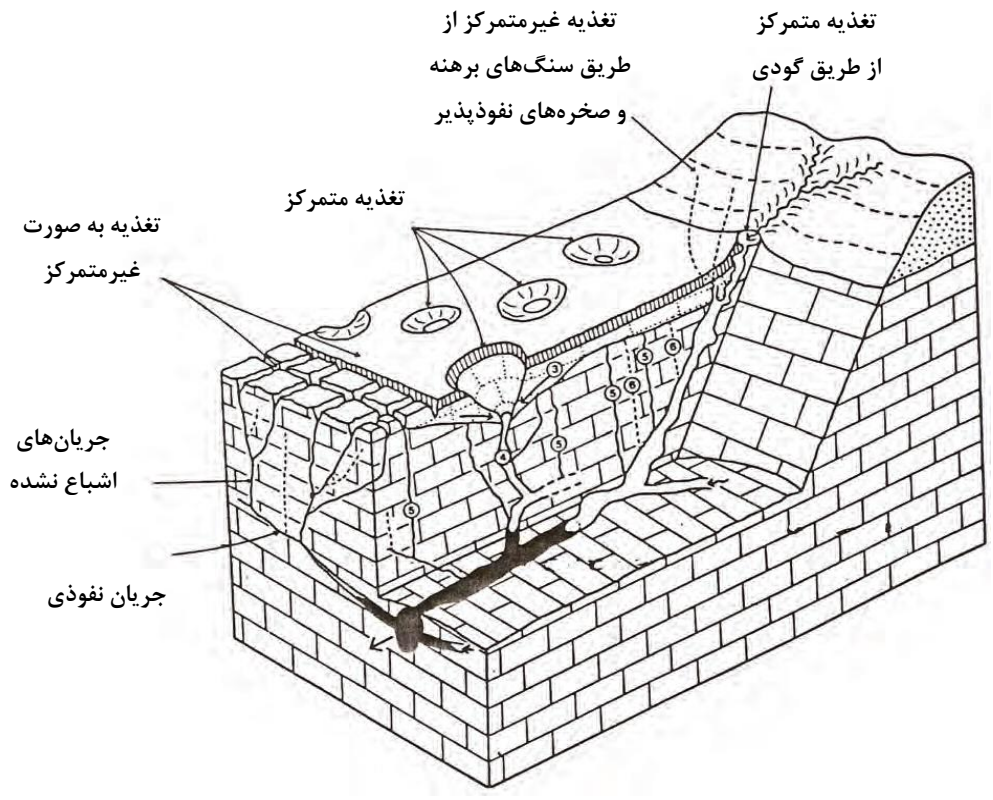
مطالعات متعددی روی تخلیه آب‌های زیرزمینی از آبخوان‌های کارستی به دریا انجام شده است. این مطالعات نشان می‌دهند که عمدتاً حجم آب‌های تخلیه شده به دریا بسیار زیاد است؛ به نحوی که در برخی مقالات حجم آب‌های زیرزمینی تخلیه شده از آبخوان‌های کارستی به دریا تا چندین میلیون مترمکعب در روز نیز گزارش کرده‌اند (Kareh 1967). ویژگی بارز این مناطق، وجود یک سیستم کارستی عظیم، بدون خروجی سطحی قابل توجه است (Mejias 2012).

شرط لازم برای تخلیه آب‌های زیرزمینی از آبخوان‌های کارستی به دریا، وجود ارتباط هیدرولیکی و همچنین داشتن بار هیدرولیکی مناسب است (Mejias 2012). به طور خلاصه می‌توان چنین اظهار نظر نمود که بخشی از آب‌های تغذیه شده توسط آبخوان‌های کارستی

که در مجاورت دریا واقع شده‌اند از طریق درز و شکستگی‌ها و همچنین مجاری کارستی به دریا تخلیه می‌شود.

۲-۱- تغذیه در کارست

یکی از پارامترهای مهم برای مطالعه و مدیریت منابع آب، به ویژه در آبخوان‌های کارستی مقدار تغذیه است. عوامل مختلفی تنوع مکانی و زمانی تغذیه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، عواملی مانند بارش، لیتولوژی، مقدار شیب و جهت شیب توپوگرافی، وجود یا عدم وجود پوشش خاک و یا عوارض کارستی مهم در منطقه، درزه‌ها و شکستگی‌ها و آبراهه‌ها از مهم‌ترین این عوامل هستند (نجفی ۱۳۹۴). تغذیه در آبخوان‌های کارستی می‌تواند به شکل متمرکز یا غیرمتمرکز باشد. در کارست‌هایی با توسعه زیاد، درصد تغذیه سالانه زیاد و به صورت متمرکز است. شکل (۲-۱) شکل شماتیکی از تغذیه در یک آبخوان کارستی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱: مقطع عرضی یک آبخوان کارستی و انواع تغذیه در آن **(Carles 2012)**.

مقدار تغذیه در آبخوان‌های کارستی بسیار متفاوت است به طوری که مقدار این پارامتر با توجه به توسعه یافتگی کارست از حدود ۱۲ درصد در منطقه سند هیل آمریکا (Szilagyi 2011) تا بیش از ۸۰ درصد در منطقه مونته نگرو (Radulovic et all. 2011) متغیر می‌باشد.

۲-۲- استفاده از GIS در برآورد تغذیه در کارست

امروزه با توجه به رشد جمعیت و نیاز به منابع آب بیشتر و با در نظر گرفتن محدودیت منابع آب در آبرفت‌ها و از طرف دیگر، کیفیت بسیار مطلوب آب آبخوان‌های کارستی، اهمیت مطالعه آب‌های کارستی بر همگان روشن است.

مدیریت مناسب آبخوان‌های کارستی نیازمند تخمین مقدار تغذیه سالانه در این آبخوان‌ها است. روش‌های مختلفی جهت برآورد تغذیه معرفی شده است، از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های فیزیکی (اندازه‌گیریی مستقیم)، ردیابی و ایزوتوپی، بررسی هیدروگراف‌ها، روش بررسی نوسانات سطح آب (پاسخ آبخوان)، روش های مختلف بیلان و مدلسازی اشاره کرد. استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با توجه به فراگیر بودن (جمع‌آوری یکجای اطلاعات مکانی و توصیفی در زمینه‌های مختلف) و هوشمندی نسبی آن (انتخاب، تلفیق و تحلیل داده‌های مختلف)، این روش را از سایر روش‌ها متمایز می‌کند (نجفی ۱۳۹۴).

بالوشا و همکاران (Baalousha et al. 2018) با استفاده از روش GIS حجم تغذیه سالانه به آبخوان کارستی قطر را ۱۴ میلیون مترمکعب در سال برآورد کرده است.

کارتر و دریسکول (Carter and Driscoll 2005) در نواحی کوهستانی با رخنمون آهکی در ناحیه بلک هیل (Black Hill) در غرب ایالت داکوتای جنوبی، با استفاده از GIS مقدار تغذیه را ۰/۹ میلیون مترمکعب بر ثانیه تخمین زدند.

آنـدرو و همکـاران (Andreo et al. 2008) هشـت آبخـوان کارسـتی در جنـوب اسـپانیا را بررسـی کردنـد کـه از لحـاظ شـرایط آب و هـوایی و زمـین شناسـی دارای تنـوع هسـتند و بـه منظـور بـرآورد نفـوذ از روش APLIS (ارتفـاع، شـیب، لیتولـوژی، عـوارض سـطحی و نـوع خـاک) اسـتفاده کرده‌انـد. مقـدار تغذیـه در ایـن آبخوان‌هـا از ۳۳ تـا ۵۵ درصـد از بـارش سـالانه تخمـین زده شـده است.

شـعبان و همکـاران (Shaban et al. 2004) در غـرب لبنـان، کـه بـیش از ۷۰ درصـد ایـن نـواحی از سنگ کربناته تشکیل شده اسـت، مطالعـه‌ای بـه منظـور تعیـین نـواحی بـا پتانسـیل تغذیـه بـالا، از سنجش از دور و GIS اسـتفاده کرده‌انـد کـه نتـایج نشـان می‌دهـد کـه سـالانه ۲۴ درصـد از کـل میزان بارش تغذیه می‌شود که معادل ۱۱۸۷ میلیون مترمکعب در سال است.

رادولـووی و همکـاران (Radulovic et al. 2011) بـرای ارزیـابی توزیـع مکـانی تغذیـه در منطقـه کارسـتی مونتـه نگـرو، از سیسـتم اطلاعـات جغرافیـایی اسـتفاده کردنـد. میـزان تغذیـه در ایـن منطقه بین ۶۰ تا ۸۰ درصد از بارش سالانه برآورد شده است.

۲-۳- کاربرد بیلان برای بررسی تخلیه آبخوان های کارستی ساحلی به دریا

بررسی و مطالعه تبادلات آب در یک محدوده یـا منطقـه کـه اسـاس آن بـر اصـل بقـاء مـاده اسـت، بیلان نامیده می‌شود. طبـق ایـن تعریـف، بـیلان مطالعـه کلیـه آب‌هـایی اسـت کـه در زمـان معـین وارد یـک محـدوده خـاص می‌شـوند یـا بـه روش‌هـای مختلفـی از محـدوده خـارج می‌شـوند و می‌تواننـد موجـب تغییـر در ذخیـره شـوند. بـیلان را می‌تـوان بـرای یـک حوضـه آبگیـر، دشـت، ارتفاعـات، یـک سـفره آب زیرزمینـی و هـر محـدوده‌ای کـه ورودی و خروجـی و حجـم ذخیـره مشخصی دارد بـه کـار بـرد. بـه مقطـع زمـانی کـه در طـول آن کلیـه عوامـل بـیلان مـورد ارزیـابی قرار می‌گیرند دوره بیلان می‌گویند. بـیلان آبـی را می‌تـوان بـرای یـک مـاه، یـک فصـل، یـک سـال آبی و یا چندین سال آبی تهیه کرد (کرمی ۱۳۹۶).

برنـت و همکـاران (Burnett et al. 2006) معادلـه بـیلان بـرای یـک آبخـوان کارسـتی سـاحلی را به صورت زیر بیان کرده‌اند:

تخلیه زیرسطحی به دریا = حجم آب تغذیه شده – (تخلیه از طریق چاه‌ها و چشمه‌ها)

آنها ذکر کرده‌اند که تغییرات ذخیره در طول یک سال بسیار ناچیز است و می‌توان از آن چشم‌پوشی کرد. بنابراین برای محاسبه حجم آب تخلیه شده از آبخوان‌های کارستی به دریا نیاز به دانستن مقادیر دقیق بارش، درصد تغذیه، حجم آب تخلیه شده از طریق چاه‌ها و چشمه‌های منطقه می‌باشد. بر اساس گفته برنت و همکاران (Burnett et al. 2006) حجم آب تخلیه شده از آبخوان کارستی به دریا می‌تواند بسیار متفاوت باشد (از چند سانتی مترمکعب در روز تا چندین متر مکعب بر ثانیه).

برآورد حجم آب تخلیه شده از آبخوان های کارستی به دریا در برخی نقاط جهان انجام شده است. به طور مثال مویر (Muir 1976) حجم آب تخلیه شده از آبخوان کارستی به دریا، در سانتابارتا، ایالت کالیفرنیا را ۱۲۰ هزار متر مکعب در سال برآورد کرده است.

سلودیک و ورتاسنیک (Sekulic and Vertacnik 1996) با استفاده از بیلان، حجم آب تخلیه شده به دریای آدریاتیک، از آبخوان کارستی‌های مجاور را ۱۷۰ میلیارد مترمکعب در سال برآورد کرده است.

فصل سوم: روش انجام کار

هدف اصلی این تحقیق، بررسی احتمال زهکشی آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به خلیج فارس است. به منظور انجام این مطالعه موارد زیر انجام شده‌اند:

- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مرتبط با موضوع تحقیق
- بازدید صحرایی و بررسی عوارض کارستی، عوارض مؤثر بر تغذیه و وضعیت هیدروژئولوژی منطقه
- تهیه نقشه‌های پایه زمین‌شناسی و نیمرخ‌های زمین‌شناسی
- تهیه لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر تغذیه با استفاده از نرم‌افزارهای Arc GIS و Google Earth
- تهیه نقشه هم‌پتانسیل دشت‌های شمالی و جنوبی تاقدیس
- بررسی پارامترهای بیلان در منطقه
- تعیین مسیرهای احتمالی زهکشی سازندهای منطقه به داخل دریا

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز

به منظور بررسی احتمال انتقال آب زیرزمینی از تاقدیس سادول به خلیج‌فارس و همچنین مطالعه مسیرهای احتمالی انتقال آب زیرزمینی، جمع‌آوری آمار و اطلاعات مرتبط با موضوع اولین و مهم‌ترین قدم در مطالعه و بررسی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در سه استان فارس، هرمزگان و بوشهر واقع شده است و جهت تهیه اطلاعات به آب منطقه‌ای هر سه استان مراجعه شده است. مهم‌ترین آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده شامل آمار هواشناسی

منطقـه (دمـا و مقـدار بـارش)، آمـار دبـی چشـمه‌ها ، مقـدار تخلیـه سـالانه توسـط چاه‌هـا و سـطح آب پیزومترهای منطقه می‌باشد. ایـن آمـار بـرای تعیـین اقلـیم منطقـه، مقـدار تغذیـه و تخلیـه آب زیرزمینـی و محاسـبه بـیلان مـورد اسـتفاده قـرار گرفتـه اسـت. آمـار و اطلاعـات مربـوط بـه پارامترهای فوق‌الذکر به صورت کامل در فصل چهار ارائه شده‌اند.

۳-۲- بازدید صحرایی

بازدیـد صـحرایی بهتـرین روش جهـت شناسـایی و ارزیـابی عـوارض مختلـف زمین‌شناسـی می‌باشـد. در بازدیـد صـحرایی کـه از منطقـه انجـام شـد، از محورهـای مختلـف تاقـدیس سـادول بازدیـد بـه عمـل آمـد و رخنمـون واحـدهای سـنگی مختلـف، وضـعیت اپی‌کارسـت، سـنگ‌های برهنـه و سـایر عـوارض کارسـتی مـورد ارزیـابی قـرار گرفـت (شـکل‌های ۳-۱ و ۳-۲). از دیگـر مـوارد بررسـی شـده در منطقـه وضـعیت چشـمه‌ها، گسـل‌های مهـم و دره‌هـای خشـک منطقـه می‌باشد (شکل ۳-۳).

شکل ۳-۱: رخنمون سازندهای آسماری-جهرم و پابده‌گورپی در منطقه (دید به سمت جنوب غربی)

شکل ۳-۲: کارن‌های نسبتاً بزرگ در آهک‌های آسماری-جهرم عسلویه (دید به سمت شمال)

شکل ۳-۳: چشمه کارستی چک‌چک اسیر، غرب مهر (دید به سمت جنوب شرقی)

۳-۳- تهیه نقشه پایه زمین‌شناسی و نیمرخ‌های زمین‌شناسی

نقشه پایه زمین‌شناسی و نیمرخ‌های زمین‌شناسی ابزارهای مهمی برای رسیدن به نتایج دقیق می‌باشند. در نقشه‌های زمین‌شناسی، ساختارهای زمین‌شناسی و لیتولوژی ، عوامل مهم و مؤثر بر جریان آب‌های زیرزمینی مورد بررسی قرار می‌گیرند. از نیمرخ‌های زمین‌شناسی می‌توان برای بررسی وضعیت قرارگیری واحدهای سنگی مختلف نسبت به هم استفاده نمود. برای تعیین واحدهای لیتولوژی از نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ بیرم (اکتشافات زمین‌شناسی شرکت ملی نفت ایران ۱۳۷۳) استفاده شده است. اصلاحات نقشه با توجه به بازدید صحرایی و استفاده از نرم‌افزار Google earth انجام گردید. برای تهیه نیمرخ‌های زمین‌شناسی از نقشه زمین‌شناسی، توپوگرافی و اطلاعات به دست آمده از بازدیدهای صحرایی منطقه استفاده شده است.

۳-۴- تهیه لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر تغذیه

به منظور بررسی میزان تغذیه در واحدهای سنگی منطقه، لایه‌های اطلاعاتی عوامل مؤثر بر تغذیه در سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. اطلاعات فوق‌الذکر با استفاده از نقشه زمین‌شناسی، مشاهدات صحرایی، داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و گزارش‌های زمین‌شناسی و آب‌شناسی منطقه تهیه‌شده است. نحوه تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در این مطالعه در زیر شرح داده شده است. قدم اول پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، جهت تهیه لایه‌های اطلاعاتی در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تبدیل آن‌ها به فرمتی قابل قبول برای نرم‌افزار است. اطلاعات به صورت فایل‌هایی با فرمت XLS, TIFF, JPEG ، از فرمت‌های مورد استفاده در نرم‌افزار است. این داده‌ها پس از وارد شدن به نرم‌افزار پردازش شده به نحوی که قابل استفاده در محاسبات باشند.

ایـن لایـه‌های اطلاعـاتی شـامل بارنـدگی، لیتولـوژی، عـوارض کارسـتی و شـیب می‌باشـند. سـپس این لایه‌های اطلاعاتی وزن‌دهی و هم‌پوشانی شدند.

۳-۴-۱- لایه لیتولوژی

لیتولوژی‌هـای گونـاگون، نفوذپـذیری‌های مختلفـی را شـامل می‌شـوند. در تاقـدیس سـادول بـا توجـه بـه سنگ‌شناسـی بسـیار متنـوع، لیتولـوژی در نفـوذ آب بیشـترین اهمیـت را دارد. دسته‌بندی لیتولـوژی منطقـه بـا توجـه بـه بازدیـد صـحرایی و نقشـه ۱:۲۵۰۰۰۰ بیـرم (اکتشـافات زمین‌شناسی شرکت نفت ۱۳۷۳) انجام شـده اسـت. بـه ایـن ترتیـب کـه در منطقـه مـورد مطالعـه، لیتولـوژی بـه واحـدهای سـنگی آهـک، دولومیـت، آهـک دولـومیتی، شـیل، مـارن و کنگلـومرا تقسیم شده است.

۳-۴-۲- لایه عوارض کارستی

تاقدیس سادول فاقـد عـوارض کارسـتی شـاخص (پلیـه کارسـتی، دولـین، فروچالـه، چـاه کارسـتی) می‌باشد. مهم‌تـرین عارضـه کارسـتی در کـوه سـادول شـامل سـنگ‌های برهنـه آهکـی و دولـومیتی برهنه می‌باشـد کـه نقـش مهمـی در تغذیـه آبخـوان را شـامل می‌شـوند. در لایـه عـوارض کارسـتی علاوه بر سنگ‌های برهنه، مناطق دارای واریزه و مناطق دارای اپی‌کارست زیاد ارائه شده‌اند.

۳-۴-۳- لایه شیب

تمامی نـزولات آسـمانی در منطقـه مـورد مطالعـه بـه صـورت بـارش اسـت و ایـن موضـوع اهمیـت شیب را در محاسـبه مقـدار تغذیـه آبخـوان زیـاد می‌کنـد. اگـر چـه شـیب در دامنـه‌های جنـوبی و شمالی تاقدیس سادول بسـیار زیـاد اسـت امـا در ارتفاعـات تاقـدیس سـادول دشـت‌های کـم شـیب متعددی وجود دارد که باعث افـزایش مقـدار نفـوذ می‌شـود. بـرای مثـال دشـت کَـل‌شـنبه (سـرکوه

تابنـاک) بـا وسـعت ۵۷ کیلومترمربـع بـر روی ارتفاعـات قـرار گرفتـه اسـت. در هـر حـال، لایـه اطلاعـاتی شـیب بـا اسـتفاده از نقشـه رقـومی ارتفـاعی DEM در محـیط نرم‌افـزار GIS تهیـه شـده است. در این لایه اطلاعاتی با توجـه بـه ایـن کـه شـیب منطقـه از ۰ تـا ۶۳ درجـه می‌باشـد، شـیب در سه بخش ۰تا ۱۰ – ۱۰ تا ۲۰ و بیشتر از ۲۰ درجه تقسیم‌بندی شده‌اند.

۳-۴-۴- لایه بارندگی

مقـدار بـارش منطقـه بـا افـزایش ارتفـاع زیـاد می‌شـود و بیشـترین مقـدار بارنـدگی منطقـه در ارتفاعـات سـادول رخ می‌دهـد. بـه ایـن ترتیـب کـه بیشـترین بارنـدگی منطقـه در ایسـتگاه لاور گنـدمزار برابـر ۳۶۰ میلی‌متـر انـدازه‌گیری شـده اسـت. بـا توجـه بـه ایـن کـه بارنـدگی سـالیانه در منطقه بین ۱۵۰ تا ۴۶۰ میلی‌متر متغیـر اسـت، لایـه اطلاعـاتی بـارش بـه سـه دسـته بـارش کمتـر از ۲۰۰ میلی‌متر، بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر و بیشتر از ۳۰۰ میلی‌متر تقسیم شده است.

۳-۵- تهیه نقشه‌های هم‌پتانسیل

به منظور بررسی ارتبـاط تاقـدیس بـا دشـت‌های مجـاور تاقـدیس، نقشـه هم‌پتانسـیل ایـن دشـت‌ها شامل دشـت‌های لامـرد و گلـه‌دار (در شـمال) و پارسـیان-عسـلویه (در جنـوب) تهیـه شـده اسـت. دشـت جنـوبی تاقـدیس سـادول دارای ۳۰ پیزومتـر و دشـت شـمالی تاقـدیس دارای ۵۱ پیزومتـر است که با پراکندگی مناسب در هر دو دشت قرار گرفته‌اند.

۳-۶- بررسی مؤلفه‌های بیلان در منطقه

اقـدام نهـایی در بررسـی احتمـال زهکشـی آب‌هـای زیرزمینـی از تاقـدیس سـادول بـه خلیج‌فـارس محاسبه بیلان اسـت. مؤلفـه‌های مـؤثر در بـیلان آب زیرزمینـی شـامل مقـدار نفـوذ آب از تاقـدیس سادول، مقدار تخلیه سالانه از چشمه‌های منطقه و تخلیه از چاه‌ها است.

با توجه به این که تاقدیس سادول از زمین‌های مجاور بالاتر است، هیچ‌گونه جریان ورودی سطحی و زیرسطحی را شامل نمی‌شود. بنابراین تنها پارامتر ورودی معادله بیلان در تاقدیس سادول بارندگی است. به منظور بررسی مقدار بارندگی از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه استفاده شده است. خروجی‌های تاقدیس سادول شامل تبخیر و تعرق، خروجی سطحی و خروجی زیرسطحی می‌باشد. از آنجایی که در تاقدیس سادول چاه پمپاژ وجود ندارد، تغییرات ذخیره (Δs) در طول یک سال آبی در این تاقدیس قابل اغماض است.

۳-۷- مسیرهای احتمالی تخلیه آب زیرزمینی به دریا

پس از محاسبات انجام شده در خصوص مولفه‌های بیلان در منطقه، در صورتی که مقدار تغذیه در تاقدیس کارستی مورد نظر در مقایسه با مقدار تخلیه از آن به طور قابل توجهی بیشتر باشد، می‌توان نتیجه گرفت که بخشی از آب‌های تغذیه شده در کارست‌های مورد نظر از زیر به دریا تخلیه می‌شوند. بنابراین با توجه به سازندهایی که پتانسیل ایجاد فضاها و مجاری کارستی را دارند و همچنین مسیر دره‌ها و گسل‌هایی که این قبیل سازندها را قطع می‌کنند. مسیرهای احتمالی تخلیه آب زیرزمینی به دریا مورد شناسایی قرار گرفته‌اند.

فصل چهارم: بررسی احتمال زهکشی آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به خلیج‌فارس

در این فصل، به منظور بررسی احتمال انتقال آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به خلیج‌فارس و شناسایی مسیرهای احتمالی جریان آب زیرزمینی، از روش بیلان استفاده شده است. در این روش باید مقادیر ورودی و خروجی در معادله بیلان محاسبه می‌شوند. یکی از اطلاعات مهم معادله بیلان مقدار تغذیه سالانه در منطقه می‌باشد. به منظور به دست آوردن درصد تغذیه سالانه در منطقه مورد مطالعه، ابتدا ژئومورفولوژی تاقدیس سادول در بازدیدهای صحرایی مورد ارزیابی قرار گرفته است، سپس با استفاده از نتایج به‌دست آمده از بازدیدهای صحرایی لایه‌های اطلاعاتی مربوط به پارامترهای مؤثر بر تغذیه در محیط GIS تهیه گردید. با همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی مقدار تغذیه سالانه در منطقه برآورد شده است. با توجه به مقادیر تغذیه سالانه منطقه و مقدار تخلیه از تاقدیس سادول به آبخوان‌های آبرفتی مجاور، احتمال زهکشی تاقدیس مذکور به خلیج فارس مورد بررسی قرار گرفته است.

۴-۱- ارزیابی خصوصیات ژئومورفولوژیکی تاقدیس سادول

ژئومورفولوژی آبخوان‌های کارستی دارای طیف گسترده‌ای از لندفرم‌ها است که ساده‌ترین آن‌ها کارن‌ها و توسعه یافته‌ترین آن‌ها غارها و پلیه‌ها هستند (Cooper et al. 2010). منابع آبی کارستی در ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند به همین دلیل شناخت پدیده‌های

ژئومورفولـوژیکی منـاطق کارسـتی، در شـناخت وضـعیت هیـدرولوژیکی سـنگ‌های کربناتـه و تبخیـری و نقـش آن‌هـا در ارتبـاط بـا تخلیـه حوضـه‌های کارسـتی از اهمیـت ویـژه‌ای برخـوردار اسـت (کریمـی وردنجـانی ۱۳۸۹). از آنجـایی کـه درجـه توسـعه یـافتگی کارسـت حاصـل انحـلال مسـتقیم سـنگ‌های کربناتـه توسـط آب می‌باشـد، بنـابراین، درک کامـل ژئومورفولـوژی آبخوان‌هـای کارسـتی پیش‌نیـاز حـل مسـائل هیـدروژئولوژیکی اسـت (Milanovic 1981). توسعه کارست بـه معنـی تمرکـز فضـاهای انحلالـی در منـاطق یـا مسـیرهای خاصـی از سـازندهای کارسـتی اسـت. از مهم‌تـرین شـواهد توسـعه کارسـت می‌تـوان بـه عـوارض ژئومورفولـوژیکی از قبیل کارن‌های عمیـق، فروچالـه‌ها، گودال‌هـای مسـدود، پلیـه‌ها، پانرهـا، غارهـا، چاه‌هـای کارسـتی و دره‌های خشک اشاره کرد. وجـود تعـدادی از ایـن عـوارض در یـک منطقـه مـی‌توانـد دلیـل قابـل اسـتناد بـر توسـعه‌یـافتگی کارسـت در آن محـدوده باشـد (کرمـی ۱۳۹۴). بـه منظـور بررسـی میزان توسـعه‌یافتگی کارسـت، در آبخـوان کارسـتی سـاحلی سـادول ابتـدا بـا اسـتفاده از نقشـه‌های زمین‌شناسـی و تصـاویر مـاهواره‌ای، منـاطق مختلـف بـا خصوصـیات ژئومورفولـوژیکی مختلـف مـورد شناسـایی قـرار گرفـت. سـپس عـوارض شناسـایی شـده در بازدیـدهای صـحرایی بـه طـور دقیـق مـورد ارزیـابی قـرار گرفتنـد. در ادامـه بـه بررسـی پدیـده‌ها و عـوارض کارسـتی موجـود در تاقدیس سادول پرداخته شده است.

۴-۱-۱- سنگ‌های برهنه

عمـده رخنمون‌هـای سـازندهای منطقـه مـورد مطالعـه مربـوط بـه سـازندهای آسـماری-جهـرم، گچسـاران، گـروه بنگسـتان و گـروه خـامی می‌باشـد. بـه جـز در منـاطقی کـه سـازند گچسـاران رخنمـون دارد، پهنـه‌های وسـیعی بـا مورفولـوژی سـنگ‌های برهنـه بـه وفـور یافـت می‌شـود. هرچنـد سـازند گچسـاران نیـز در منطقـه مـورد مطالعـه دارای ژئومورفولـوژی خاصـی اسـت و بخش‌هـایی از ایـن سـازند دارای سـنگ‌های برهنـه اسـت. در ایـن منـاطق عـلاوه بـر سـنگ‌های

برهنه دیگر پدیده‌های انحلالی کارستی قابل مشاهده هستند. همچنین در سمت شرق منطقه مورد مطالعه (کوه بوچیر) بخش عمده رخنمون سازندهای گروه بنگستان و گروه خامی رخنمون دارند. در این محدوده تقریباً تمام کوه دارای مورفولوژی سنگ‌های برهنه است. شکل (۴-۱) نمایی از سنگ‌های برهنه را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

شکل ۴-۱: نمایی از سنگ‌های برهنه در ارتفاعات عسلویه (دید به سمت شرق)

۴-۱-۲- فضاهای انحلالی

فرایند انحلال آثار متعددی را بر روی سنگ‌های کربناته ایجاد می‌کند. آثار انحلال در سنگ‌های کربناته نشانه‌ای بر توسعه یافتگی کارست است. حفرات چاله مانند از آثاری است که توسط پدیده انحلال بر روی سنگ‌های کربناته قابل مشاهده است (شکل ۴-۲).

شکل ۴-۲: حفرات انحلالی موجود در سازند آسماری-جهرم، شرق پارسیان (دید به سمت شمال)

۴-۱-۳- کارن‌ها

کارن‌ها شیارهای انحلالی هستند که عمدتا در امتداد درزه‌ها و شکستگی‌های موجود در سنگ‌های کربناته (به ویژه سنگ های آهکی) ایجاد می‌شوند (کرمی ۱۳۹۴).

درز و شکستگی و خطواره‌های حاصل از فعالیت تکتونیکی می‌تواند شرایط اولیه‌ای را برای ایجاد کارن فراهم کنند. به نحوی که آب با جریان یافتن در میان این درز و شکستگی‌ها و انحلال سنگ‌های کربناته باعث عریض‌تر شدن شکستگی‌ها و ایجاد کارن می‌شود. کارن‌ها دارای ابعاد متفاوتی هستند و یکی از اولین آثار حاصل از پدیده انحلال در سنگ‌های آهکی هستند. کارن‌های ایجاد شده در سنگ‌های آهکی به طور قابل توجهی طویل‌تر و عریض‌تر از کارن‌های ایجاد شده در سنگ‌های دولومیتی می‌باشند. در سنگ‌های آهکی رخنمون یافته در منطقه، کارن‌ها به وفور یافت می‌شوند. شکل‌های (۴-۳ و ۴-۴) نمایی از کارن‌های موجود در منطقه را نشان می‌دهند.

شکل ۴-۳: نمایی از کارن های موجود در ارتفاعات کوه تابناک، جنوب لامرد

شکل ۴-۴: کارن‌های موجود در سازند آسماری-جهرم، غرب عسلویه (دید به سمت شمال)

۴-۱-۴- دره‌های خشک کارستی

تقریباً در تمامی گستره‌های کارستی، دره‌هایی مشاهده می‌شوند که فاقد جریان سطحی هستند که به آن‌ها دره‌های خشک کارستی (Karst dry valleys) گفته می‌شود. بسیاری از این دره‌های خشک در گذشته مسیر عبور جریان‌های زیرسطحی بوده‌اند که به مرور زمان سقف آن‌ها در اثر ریزش ناگهانی (Collapse) فرو ریخته است. سیستم درز و شکستگی‌ها (به ویژه گسل‌ها) نقش مهمی در شکل‌گیری دره‌های خشک کارستی ایفا می‌نمایند (کرمی ۱۳۹۴).

این دره‌ها معمولاً در سنگ‌های کربناته با نفوذپذیری خوب و سایر سنگ‌های نفوذپذیر، نظیر ماسه سند ایجاد می‌شوند. دره‌های خشک زاگرس که گاهی به عنوان تنگه شناخته می‌شوند را می‌توان به عنوان دره خشک نام برد (کریمی وردنجانی ۱۳۸۹). تاقدیس سادول دارای دره‌های خشک متعددی است. شکل‌های (۴-۵ و ۴-۶) نمایی از دره‌های خشک کارستی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند.

شکل ۴-۵: نمایی از دره خشک در شرق پارسیان (دید به سمت شمال غربی)

شکل ۴-۶: نمایی از یک دره خشک در غرب عسلویه (دید به سمت شمال غربی)

۴-۱-۵- غارها

به مجاری کارستی افقی یا نیمه افقی (Horizontal or Subhorizontal karst conduits) غار اطلاق می‌شود. غارها تحت فرآیندهای زمین‌شناسی گوناگونی مانند فرآیندهای شیمیایی و انحلال توسط آب و نیروهای تکتونیکی ایجاد می‌شوند (کرمی ۱۳۹۴). غارها در اندازه‌های مختلفی دیده می‌شوند. در سازندهای کربناته، غارها عمدتاً بر اثر انحلال توسط آب ایجاد می‌شوند. آبخوان کارستی تاقدیس سادول نیز از این قضیه مستثنی نیست و در سطح منطقه مورد مطالعه می‌توان غارهای متعددی که بر اثر انحلال ایجاد شده‌اند را مشاهده کرد (شکل ۴-۷). غار شوتاریکون را می‌توان به عنوان بزرگ‌ترین غار موجود در منطقه مورد نظر معرفی کرد. این غار در امتداد یک گسل با انحلال سنگ‌های آهکی توسط آب ایجاد شده است. غار مذکور با داشتن چندین چشمه کوچک و همچنین حوضچه‌های متعدد دارای طولی نزدیک به ۲۰۰ متر است که در شرق پارسیان واقع شده است (شکل ۴-۸).

شکل ۴-۷: غار چکچک شمالی، غرب پارسیان (دید به سمت شمال)

شکل ۴-۸: نمایی از درون غار شوتاریکون، شمال غربی پارسیان (دید به سمت جنوب)

۴-۱-۶- چشمه‌های کارستی

چشمه‌های کارستی مهم‌ترین عوارض هیدروژئولوژیکی کارست می‌باشند. چشمه‌های کارستی دارای آبدهی‌های متفاوتی هستند و برخی از آن‌ها دائمی و برخی نیز به صورت فصلی فعال می‌باشند. با این حال، مشخصه مشترک تمام چشمه‌های کارستی وابستگی مستقیم آبدهی آن‌ها با بارش و نزولات جوی است. اکثر چشمه‌های کارستی منطقه مورد مطالعه حاصل مجاورت آهک و یک سازند نفوذناپذیر است. منطقه مورد مطالعه دارای چشمه‌های متعدد کوچکی است که تقریباً تمامی آن‌ها در ارتفاعات قرار دارند و آب‌های تخلیه شده از این چشمه‌ها با طی یک مسافت کم روی زمین، مجدداً به درون زمین نفوذ می‌کنند. در میان چشمه‌های منطقه، بیشترین آبدهی مربوط به چشمه "درزو اخند" می‌باشد که آبدهی آن حدود ۲۰ لیتر بر ثانیه است (شکل ۴-۹).

شکل ۴-۹: چشمه درزو اخند (ارتفاعات روستای اخند)

۴-۲- برآورد تغذیه سالانه در منطقه کارستی سادول

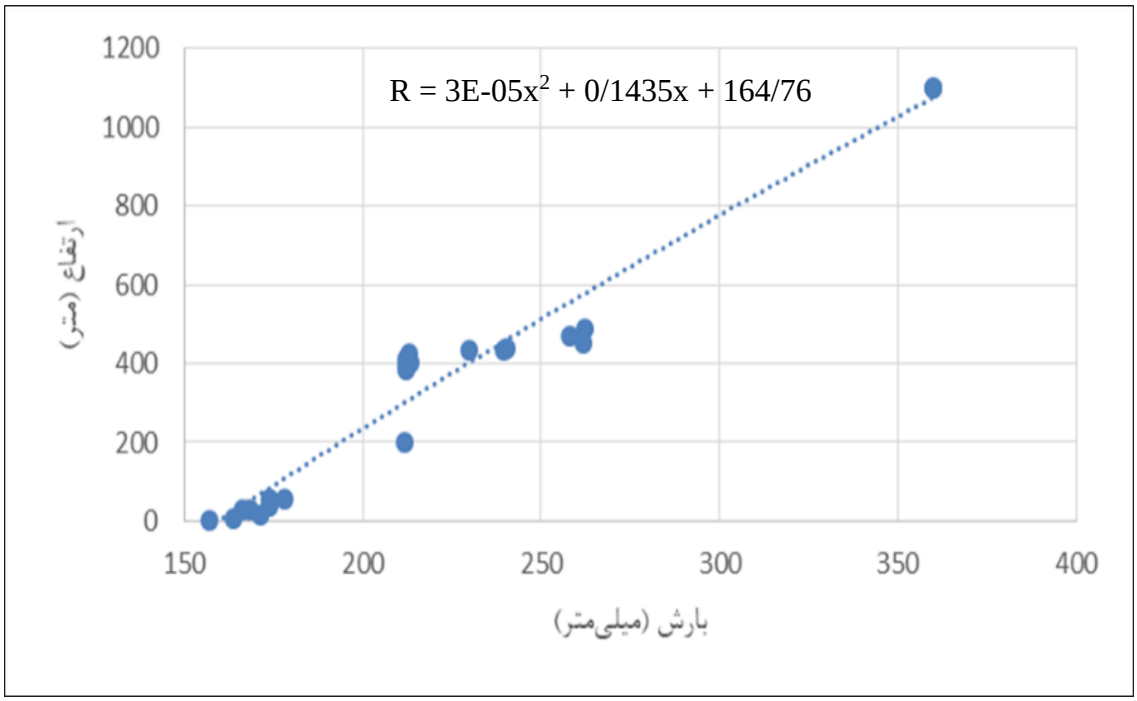
در این بخش ابتدا با استفاده از بازدیدهای صحرایی، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغذیه مورد بررسی قرار گرفته‌اند و سپس با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) لایه‌های اطلاعاتی عوامل مذکور تهیه و تلفیق شده‌اند. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغذیه در منطقه مورد مطالعه شامل بارندگی، لیتولوژی، عوارض کارستی و شیب توپوگرافی می‌باشد که نحوه تهیه آن‌ها به ترتیب توضیح داده می‌شود.

۴-۲-۱- لایه اطلاعاتی بارندگی

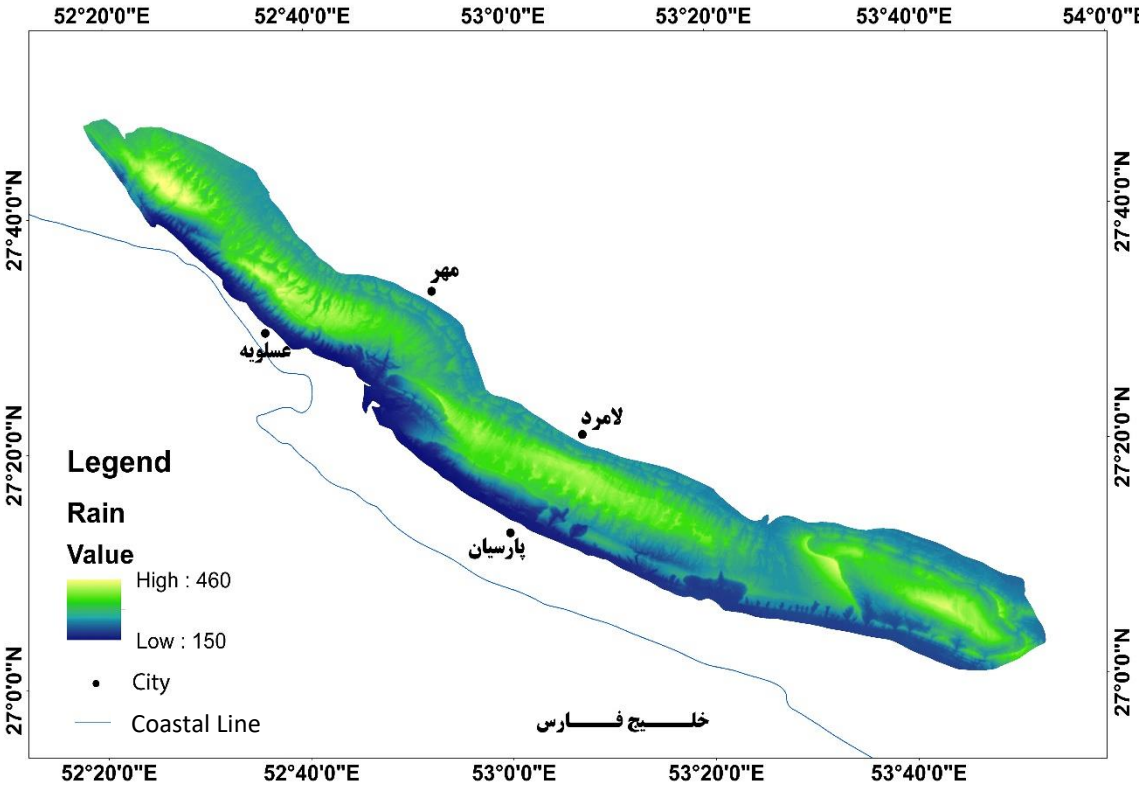
به منظور تهیه لایه اطلاعاتی بارندگی ابتدا با استفاده از آمار و اطلاعات بارندگی ایستگاه‌های منطقه، نقشه هم‌باران منطقه تهیه شده است. جدول (۴-۱) آمار بارش ایستگاه‌های منطقه را نشان می‌دهد.

برای تهیه نقشه هم‌باران منطقه مورد مطالعه، ابتدا نمودار بارش-ارتفاع منطقه با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه (جدول ۴-۱) تهیه شده است. شکل (۴-۱۰) نمودار بارش ارتفاع منطقه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۴-۱۰) مشاهده می‌دهد، در منطقه مورد مطالعه مقدار بارش با ارتفاع رابطه خوبی را نشان می‌دهد. بنابراین، برای ترسیم نقشه هم‌باران لازم است از رابطه بارش-ارتفاع استفاده شود. در نهایت با استفاده از نقشه رقومی ارتفاعی و معادله نمودار بارش-ارتفاع، نقشه هم‌باران منطقه ترسیم شده است. شکل (۴-۱۱) نقشه هم‌باران منطقه را نشان می‌دهد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیشترین مقادیر بارش مربوط به محدوده محور تاقدیس است که دلیل آن بالا بودن ارتفاع در این محدوده می‌باشد.



شکل ۴-۱۰: نمودار بارش-ارتفاع تاقدیس سادول



شکل ۴-۱۱: نقشه هم‌بارش منطقه

جدول ۴-۱: مختصات جغرافیایی، ارتفاع و مقدار بارش از ایستگاه‌های مختلف منطقه

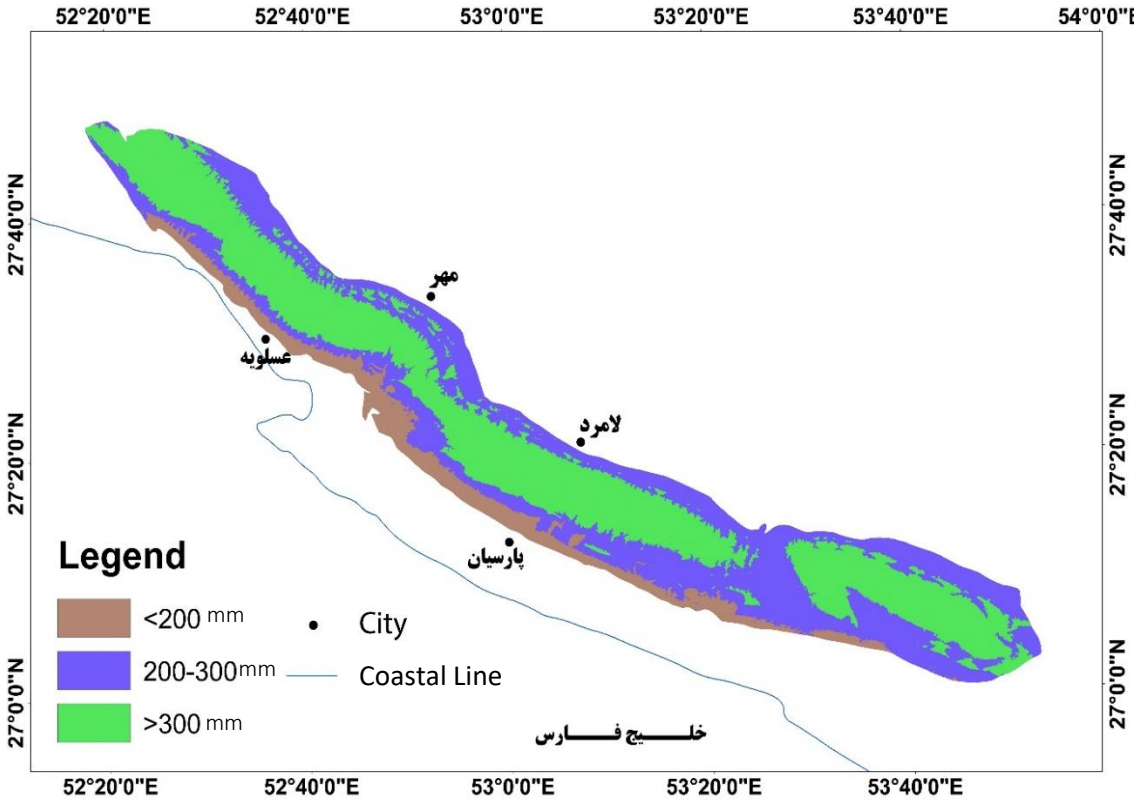
نام ایستگاه	مشخصات جغرافیایی		ارتفاع (متر)	بارش (میلی‌متر)
	طول	عرض		
چهواز بالا	۵۳۲۷۰۰	۲۷۱۲۰۰	۲۰۰	۲۱۱/۹
کال	۵۳۴۸۳۲	۲۷۱۴۳۰	۳۸۶	۲۱۲/۱
اشکنان	۵۳۳۶۱۲	۲۷۱۳۵۷	۳۹۶	۲۱۲/۲
خشت	۵۳۲۵۰۵	۲۷۱۴۰۷	۴۰۰	۲۱۲/۴
اهل لامرد	۵۳۴۲۰۰	۲۷۱۱۰۰	۴۰۱	۲۱۳/۴
فرودگاه لامرد	۵۳۱۵۰۰	۲۷۲۲۰۰	۴۱۱	۲۱۲/۰
حاجی‌آباد مهر	۵۲۵۵۰۰	۲۷۳۰۰۰	۴۲۴	۲۱۳/۰
جهاد کشاورزی	۵۳۱۱۰۰	۲۷۲۰۰۰	۴۳۵	۲۳۰/۰
وراوی	۵۳۰۲۲۵	۲۷۲۸۱۲	۴۳۵	۲۳۹/۵
لامرد	۵۳۰۹۴۲	۲۷۲۰۱۸	۴۴۰	۲۴۰/۵
مهر	۵۲۵۳۰۹	۲۷۳۳۱۷	۴۴۵	۲۵۰/۸
لشکوه	۵۳۰۲۳۰	۲۷۲۲۵۵	۴۵۰	۲۶۱/۸
مهر	۵۲۵۲۰۰	۲۷۳۵۰۰	۴۶۰	۲۴۶/۲
گله‌دار	۵۲۳۹۳۹	۲۷۳۹۳۸	۴۷۰	۲۵۸/۰
کارون	۵۲۳۸۳۴	۲۷۴۱۰۷	۴۸۶	۲۶۲/۴
عسلویه	۵۲۳۶۴۰	۲۷۲۸۳۷	۴	۱۵۷/۰
بندر مقام	۵۳۲۸۴۳	۲۶۵۸۰۳	۸	۱۶۳/۹
عسگری	۵۲۴۵۰۰	۲۷۲۴۳۶	۱۷	۱۷۱/۲
کوشکنار	۵۲۵۰۰۰	۲۷۱۳۰۰	۳۰	۱۶۸/۳
میلکی گاوبندی	۵۳۰۰۰۰	۲۷۱۵۰۰	۳۰	۱۶۶/۴
برکه دکا	۵۲۵۵۰۰	۲۷۱۵۰۰	۴۰	۱۷۴/۱
دشتی	۵۳۰۰۰۰	۲۷۱۰۰۰	۵۴	۱۷۸/۱
گاوبندی	۵۳۰۰۱۹	۲۷۱۴۲۸	۵۴	۱۷۴/۰
پارسیان	۵۳۰۱۰۰	۲۷۱۳۰۰	۵۹	۲۰۵/۸
بوجیر	۵۳۳۶۰۰	۲۷۰۴۰۰	۲۴۰	۲۴۶/۴
لاور گندم‌زار	۵۳۲۴۲۰	۲۷۲۳۳۵	۱۱۰۰	۳۶۰/۰

با توجه به این که حداقل و حداکثر بارندگی در منطقه به ترتیب ۱۵۰ و ۴۶۰ میلی‌متر می‌باشد. از آنجایی که بارش‌های بیش از ۳۰۰ میلی‌متر مساحت اندکی را شامل می‌شود، منطقه مورد مطالعه به لحاظ مقدار بارندگی به سه دسته تقسیم بندی می‌شود. دسته اول مناطقی با مقدار بارش کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر، دسته دوم مناطقی با مقدار بارش ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر و دسته سوم مناطقی با بارش بیش از ۳۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده‌اند. با توجه به نمودار بارش-ارتفاع می‌توان چنین اظهار داشت: مناطق با ارتفاع کمتر از ۲۲۰ متر دارای میزان بارندگی کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر؛ مناطق با ارتفاع ۲۲۰ تا ۶۹۰ متر دارای مقدار بارندگی بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر و مناطق با ارتفاع بیش از ۶۹۰ متر، دارای بارندگی بیش از ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشند. منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه رقومی-ارتفاعی (DEM)، به سه بخش با مقادیر بارندگی فوق‌الذکر تقسیم شده است (شکل ۴-۱۲). همچنین امتیاز هر بخش در جدول (۴-۲) ارائه شده است.

جدول ۴-۲: ارزش دهی به لایه بارندگی

ردیف	مقدار بارش (mm)	ارتفاع (m)	امتیاز
۱	کمتر از ۲۰۰	۰ تا ۲۲۰	۱
۲	۲۰۰ تا ۳۰۰	۲۲۰ تا ۶۹۰	۲
۳	بیشتر از ۳۰۰	۶۹۰ تا ۱۵۵۱	۳

لازم به ذکر است تقسیم‌بندی های انجام شده در محیط GIS و با استفاده از ابزار Classify و همچنین استفاده از نقشه‌های رقومی ارتفاعی (DEM) انجام شده است.



شکل ۴-۱۲: لایه اطلاعاتی بارندگی

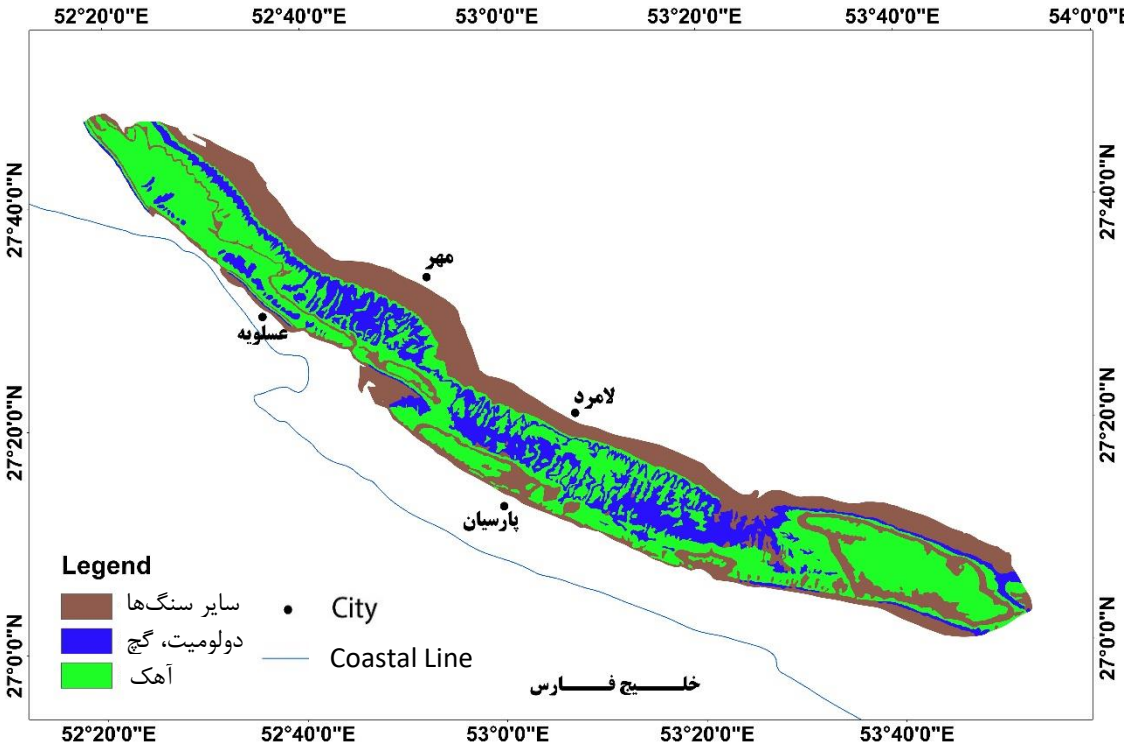
۴-۲-۲- لایه اطلاعاتی لیتولوژی

واحـــدهای ســـنگی بـــا جنس‌هـــای متفـــاوت دارای نفوذپـــذیری گونـــاگونی می‌باشـــد. در نقشـــه زمـــین‌شناســـی منطقـــه مـــورد مطالعـــه بـــا توجـــه بـــه تنـــوع زیـــاد سنگ‌شناســـی، تراوایـــی متفـــاوت هـــر واحـــد و تـــأثیر آن‌هـــا بـــر میـــزان نفـــوذ آب بـــاران، می‌تـــوان آن‌هـــا را تقســـیم‌بنـــدی و بـــر اســـاس ارزش آن‌هـــا در تغذیـــه امتیـــازدهی کـــرد. بـــا توجـــه بـــه بازدیـــدهای صـــحرایی و بـــا اســـتفاده از نقشـــه زمین‌شـــناســـی ۱/۲۵۰۰۰۰ بـــایرام (اکتشـــافات زمین‌شـــناس شـــرکت ملـــی نفـــت ایـــران) مهم‌تـــرین لیتولوژی‌هـــای موجـــود در منطقـــه، آهـــک، دولومیـــت، آهـــک دولـــومیتی، آهـــک مـــارنی، گـــچ، شـــیل و کنگلـــومرا تشـــخیص داده شـــد. ارزش‌هـــای اعمـــال شـــده بـــر لیتولـــوژی در جـــدول (۴-۳) آورده شده است.

جدول ۴-۳: ارزش لایه‌های سنگ‌شناسی مختلف

ردیف	جنس سنگ	امتیاز
۱	آهک	۶
۲	آهک مارنی، دولومیت، گچ	۲
۳	سایر سنگ‌ها	۱

در این لایه اطلاعاتی واحدهای آهکی دارای بیش‌ترین ارزش و مناطق شیلی، مارنی و گچی دارای کمترین ارزش هستند. شکل (۴-۱۳) لایه اطلاعاتی لیتولوژی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۳: لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی

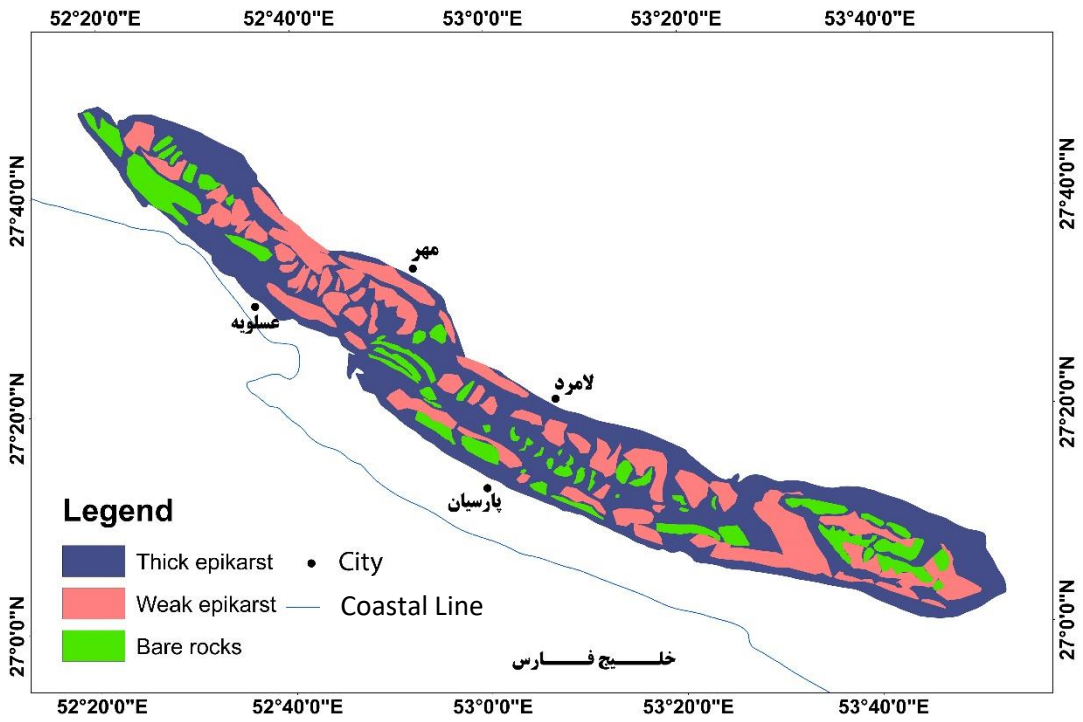
۴-۲-۳- تهیه لایه اطلاعاتی عوارض کارستی

به دلیل میانگین دمای بالای منطقه، تمامی بارش‌های منطقه مورد مطالعه به صورت باران رخ می‌دهند. این مسئله موجب شده است که درجه توسعه‌یافتگی کارست‌های منطقه نسبتاً اندک باشد. به این ترتیب که عوارض معرف توسعه یافتگی بالای کارست (مانند: فروچاله، پلیه، گودی‌های مسدود و چاه‌های کارستی) در منطقه حضور ندارند. مهم‌ترین عوارض کارستی موجود در منطقه شامل سنگ‌های برهنه و کارن‌های کوچک و متوسط می‌شوند. شکل‌هـــای (۴-۱۴ و ۴-۱۵) به ترتیب نمایی از سنگ‌های برهنه و کارن‌های منطقه را نشان می‌دهد.

با توجه به بازدیدهای صحرایی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه از نظر عوارض کارستی به سه گروه سنگ‌های برهنه، سطوح با اپی‌کارست ضعیف و سطوح با اپی‌کارست ضخیم دسته‌بندی شد (شکل ۴-۱۶). ارزش‌های اعمال شده برای عوارض کارستی در جدول (۴-۴) آورده شده است.

شکل ۴-۱۴: نمایی از سنگ‌های برهنه (بوچیر)

شکل ۴-۱۵: عوارض کارستی در سازندهای آهکی منطقه (عسلویه)



شکل ۴-۱۶: لایه اطلاعاتی عوارض کارستی

جدول ۴-۴: ارزش‌گذاری عوارض کارستی

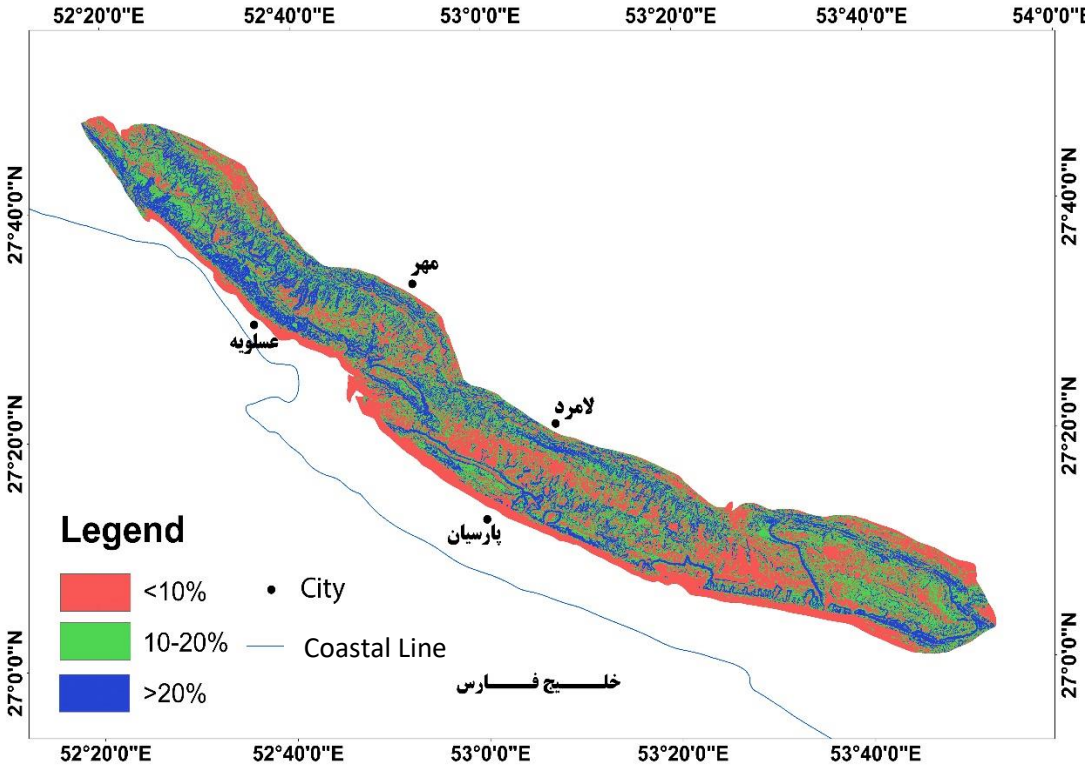
ردیف	عوارض کارستی	امتیاز
۱	سنگ‌های برهنه	۳
۲	با اپی‌کارست ضعیف	۲
۳	با اپی‌کارست ضخیم	۱

۴-۲-۴- لایه شیب توپوگرافی

یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در نفوذ آب و در نتیجه تغذیه، شیب توپوگرافی می‌باشد. با کاهش شیب توپوگرافی، آب فرصت بیش‌تری برای نفوذ یافته و تغذیه افزایش می‌یابد. از سوی دیگر با افزایش شیب به علت جاری شدن آب به صورت رواناب بر سطح تاقدیس میزان نفوذ و تغذیه کاهش می‌یابد. بر همین اساس می‌توان با توجه به اهمیت شیب در مقدار تغذیه، شیب‌ها را دسته بندی و ارزش‌گذاری کرد. بدین صورت که شیب‌های بیشتر با مقدار نفوذ کمتر دارای امتیاز کمتر و شیب‌های کمتر با مقدار نفوذ بیشتر، دارای امتیاز بیشتر می‌باشند. جدول (۴-۵) مقادیر شیب و اهمیت آن‌ها را در لایه اطلاعاتی نشان می‌دهد. به منظور تهیه لایه اطلاعاتی شیب توپوگرافی از نقشه رقومی-ارتفاعی (DEM) استفاده شده است. شکل (۴-۱۷) نقشه پراکندگی شیب را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۵: مقادیر شیب و ارزش آن‌ها در تغذیه

ردیف	مقدار شیب (درصد)	امتیاز
۱	کمتر از ۱۰	۳
۲	۱۰ تا ۲۰	۲
۳	بیشتر از ۲۰	۱



شکل ۴-۱۷: لایه اطلاعاتی شیب توپوگرافی

۴-۲-۵- همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر تغذیه

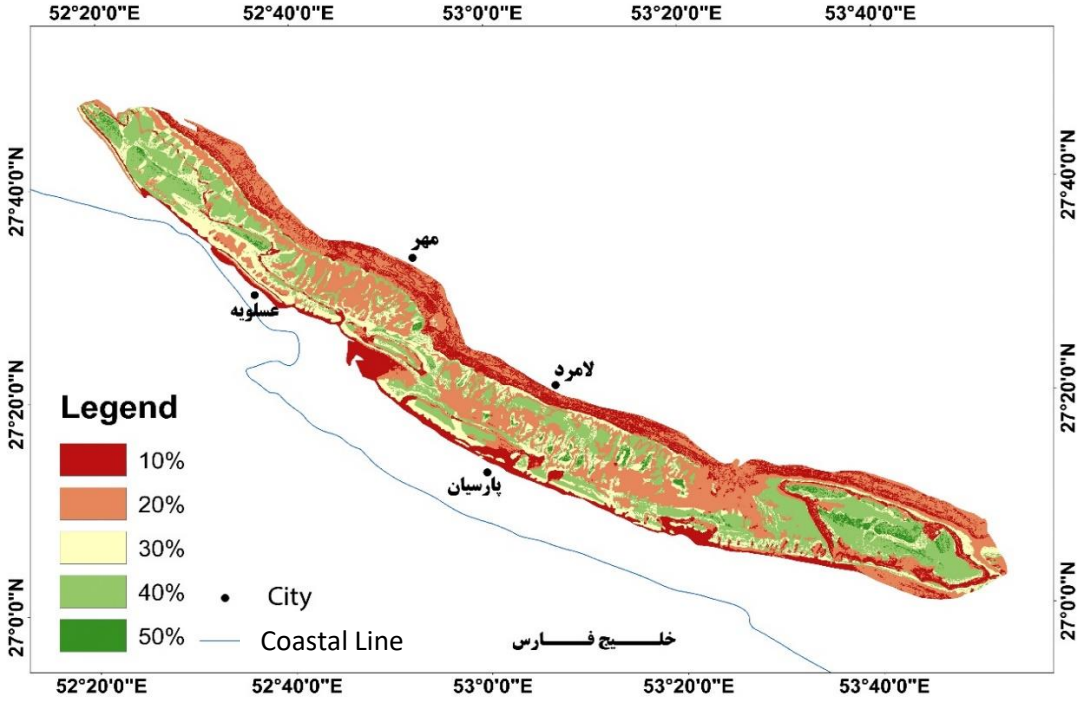
همان‌طور که پیش از این بیان شد، لازم است برای هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی، ارزش‌ها بر اساس مقیاسی مشترک تعیین گردند. به منظور تعیین تغذیه در منطقه، لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر تغذیه شامل بارندگی، لیتولوژی، عوارض کارستی و شیب توپوگرافی با استفاده از روش اصولی هم مقیاس شده‌اند. در این روش ارزش‌های عددی بین ۰ تا ۹ قابل تغییر می‌باشند. هر عامل مؤثر در نفوذ می‌تواند اهمیت متفاوتی داشته باشد. در این روش به هر لایه اطلاعاتی با توجه به مقدار اهمیت آن در تغذیه یک وزن (Weight) داده می‌شود. این وزن‌ها به نحوی انتخاب می‌شوند که با واقعیت روی زمین شباهت داشته باشند. لازم به ذکر است که مجموع وزن‌ها در این روش باید عدد ۱۰۰ باشد. به منظور تلفیق و تحلیل داده‌ها از روش همپوشانی وزن‌دار (Weighted overlay) استفاده شده است. استفاده از این

روش وابسته به نظر کارشناسی است که با توجه به بازدیدهای صحرایی و شناخت منطقه به‌دست می‌آید. در این روش، با ضرب کردن وزن هر لایه در تک تک پیکسل‌های آن لایه و سپس جمع کردن مقادیر پیکسل‌های هم موقعیت، نقشه رستری نهایی حاصل می‌گردد. جدول (۴-۶) وزن لایه‌های اطلاعاتی که بر اساس نظر کارشناسی تعیین شده است را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۶: وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر تغذیه

لایه اطلاعاتی	بارندگی	لیتولوژی	عوارض کارستی	شیب
وزن	۱۰	۲۰	۴۰	۳۰

پس از اعمال وزن و امتیاز به لایه‌های اطلاعاتی و اجرای دستور همپوشانی توسط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS نقشه رستری حاصل شد (شکل ۴-۱۸) که نشان‌دهنده مقدار تغذیه در منطقه مورد مطالعه است



شکل ۴-۱۸: نقشه نهایی تغذیه در منطقه

شـکل (۴-۱۸) مقـادیر نفـوذ را در سـطح منطقـه مـورد مطالعـه نشـان می‌دهد.بیشـترین مقـدار نفوذ در منطقه ۵۰ درصـد اسـت و در ارتفاعـات بـالایی سـازندهای آهکـی و کمتـرین نفـوذ مربـوط به سـازندهای شـیلی و مـارنی واقـع در ارتفاعـات کـم مشـاهده می‌شـود. مقـادیر به‌دسـت آمـده بـا مشاهدات صحرایی مطابقت دارد. در جدول (۴-۷) مساحت هر بخش آورده شده است.

جدول ۴-۷: مقادیر نفوذ و مساحت

درصد تغذیه سالانه	مساحت (km^2)
۱۰	۵۳۰
۲۰	۹۶۴
۳۰	۴۵۵
۴۰	۷۲۳
۵۰	۵۳

مسـاحت کـل منطقـه حـدود ۲۷۰۰ کیلومترمربـع اسـت. درصـد تغذیـه سـالانه در منطقـه بـه روش میانگین وزنی برای کل منطقه مورد مطالعه محاسبه شده است که ۲۶ درصد می‌باشد.

۴-۲-۶- محاسبه تغذیه سالانه در سازندهای منطقه

بـا انطبـاق نقشـه تغذیـه سـالانه بـا نقشـه زمین‌شناسـی در محـیط GIS، مقـدار متوسـط درصـد تغذیه در هر سازند برآورده شـده اسـت. سـپس بـا کمـک نقشـه هیپسـومتری میـانگین ارتفـاع هـر سازند به طور جداگانه محاسبه می‌شود.

بـا داشـتن درصـد تغذیـه سـالانه و مقـدار متوسـط بـارش در محـدوده هـر سـازند می‌تـوان حجـم تغذیه سالانه را بـرآورد کـرد. جـدول (۴-۸) اطلاعـات مربـوط بـه بـارش، مسـاحت، درصـد تغذیـه و حجم آب تغذیه شده برای هر سازند را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۸: اطلاعات مقدار تغذیه به هر سازند

ردیف	نام سازند	متوسط ارتفاع	متوسط بارش سالانه (میلی‌متر)	متوسط درصد سالانه تغذیه	مساحت (km^2)	حجم تغذیه (Mm^3)
۱	نهشته‌های کواترنری	۳۶۰	۲۲۰	۱۴	۳۲۰	۱۰/۳
۲	بختیاری	۵۴۰	۲۵۰	۱۵	۱۳۳	۵/۱
۳	آقاجاری	۵۵۰	۲۵۰	۱۵	۱۳۱	۴/۰
۴	میشان	۶۲۰	۲۷۰	۱۴	۲۲۶	۸/۶
۵	گچساران	۷۰۰	۲۸۰	۲۱	۵۲۶	۳۰/۷
۶	عضو گوری	۸۰۰	۳۰۰	۳۵	۱۳۱	۱۳/۸
۷	آسماری جهرم	۸۰۰	۳۰۰	۳۶	۵۹۴	۶۴/۳
۸	پابده گورپی	۶۳۰	۲۷۰	۱۵	۱۷۰	۶/۹
۹	گروه بنگستان	۹۰۰	۳۲۰	۳۸	۳۷۸	۴۶/۲
۱۰	گروه خامی	۵۷۰	۲۶۰	۳۶	۱۲۹	۱۰/۷
مجموع					۲۷۳۸	۲۰۰/۶

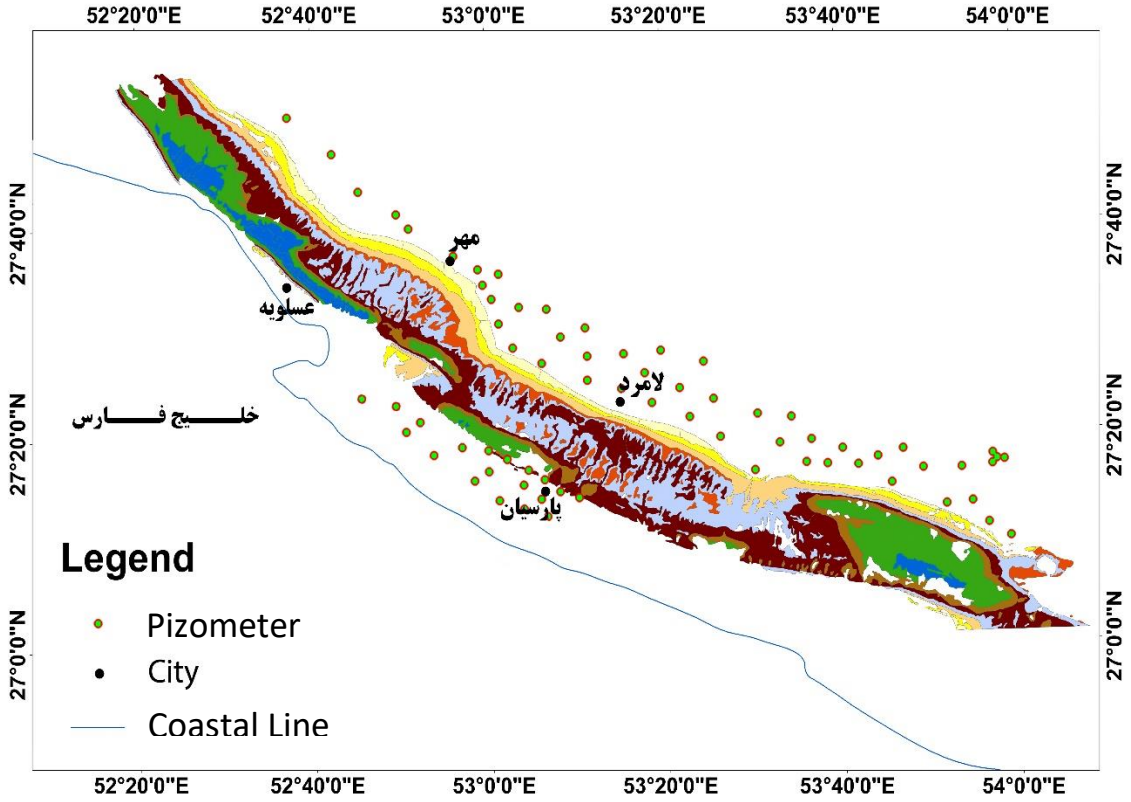
۴-۳- بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل و هیدروگراف معرف در منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی و مطالعه وضعیت هیدرولیکی دشت های مجاور تاقدیس لازم است نقشه‌های هم‌پتانسیل سطح آب زیرزمینی و هیدروگراف‌های معرف دشت ترسیم شود.

۴-۳-۱- نقشه‌های هم‌پتانسیل دشت‌های مجاور تاقدیس

نقشه هم‌پتانسیل سطح ایستابی به منظور تعیین جهت عمومی جریان آب زیرزمینی، شیب هیدرولیکی، مناطق تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی و نیز وضعیت تبادل آب زیرزمینی با منابع

آب سطحی و تشکیلات زمین‌شناسی پیرامون دشت ترسیم می‌شوند. امکان تشخیص گسل‌ها و تغییر تراوایی سفره آب زیرزمینی نیز از دیگر کاربردهای این گونه نقشه‌ها می‌باشد. دشت لامرد-گله‌دار در سمت شمال تاقدیس و دشت پارسیان-عسلویه در سمت جنوب تاقدیس سادول قرار گرفته است. به منظور ترسیم نقشه هم‌پتانسیل دشت لامرد-گله‌دار و پارسیان-عسلویه، ابتدا اطلاعات مربوط به موقعیت مکانی و سطح آب پیزومترهای موجود در هر دو دشت، از شرکت‌های آب منطقه فارس و هرمزگان دریافت شد. موقعیت قرارگیری پیزومترها را در شکل (۴-۱۹) آورده شده است. سطح آب زیرزمینی در فروردین ماه به دلیل برداشت آب کمتر، در بالاترین سطح خود قرار دارد. برای ترسیم نقشه هم‌پتانسیل سطح آب پیزومترها در فروردین‌ماه سال آبی ۹۴-۹۵ و ۹۵-۹۶ انتخاب شده است.



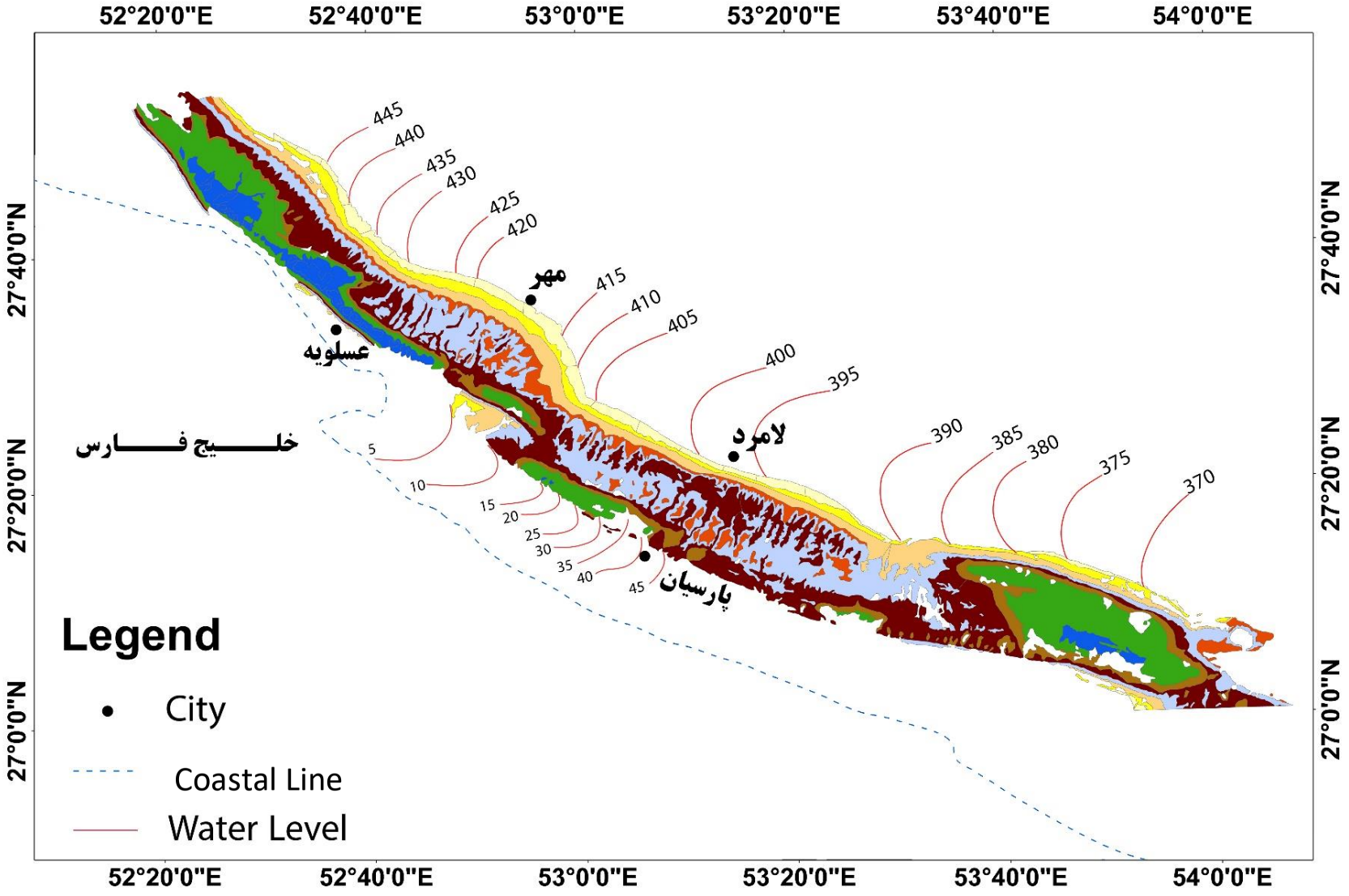
شکل ۴-۱۹: موقعیت پیزومترهای منطقه

الف: دشت لامرد-گله‌دار

دشت لامرد-گله دار با وسعت حدودی ۸۸۰ کیلومترمربع در سمت شمال تاقدیس قرار دارد. به منظور تعیین ارتباط کارست با دشت لامرد-گله‌دار ابتدا اطلاعات مربوط به سطح آب پیزومترها از شرکت آب منطقه‌ای فارس تهیه گردید. موقعیت پیزومترهای موجود در منطقه مورد مطالعه در شکل (۴-۱۹) نشان داده شده است. سپس با استفاده از نرم‌افزار GIS و همچنین نظر کارشناسی که بر آن‌ها انجام شد، نقشه هم‌پتانسیل دشت لامرد-گله‌دار برای فروردین‌ماه سال آبی ۹۴-۹۵ ترسیم گردید (شکل ۴-۲۰). بررسی نقشه هم‌پتانسیل دشت لامرد-گله‌دار نشان می‌دهد ارتباط هیدروژئولوژیکی شاخصی بین تاقدیس سادول و دشت مذکور وجود ندارد و می‌توان از آن چشم‌پوشی کرد. زمین‌شناسی تاقدیس سادول نیز این مهم را تأیید می‌کند، به این ترتیب که آب‌های تغذیه شده از سازندهایی با نفوذپذیری زیاد، برای رسیدن به دشت لامرد-گله‌دار باید از چندین لایه ناتراوا و کم‌تراوا (گچساران، میشان و آقاجاری) عبور کنند که چنین ارتباط هیدرولیکی به صورت گسترده وجود ندارد. لازم به ذکر است که مقدار تغذیه نسبتاً کمی از سازند بختیاری به دشت شمالی تاقدیس انجام می‌شود.

ب: دشت پارسیان عسلویه

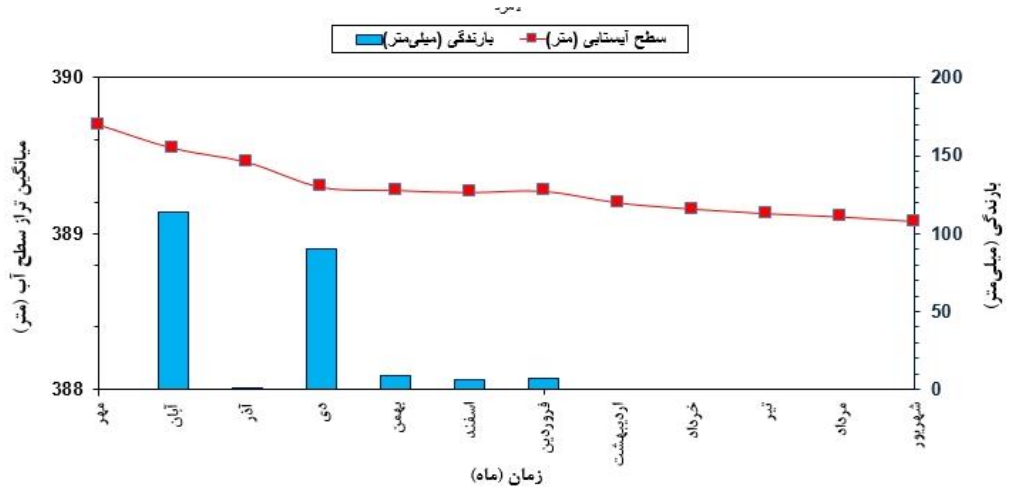
دشت پارسیان-عسلویه، دشت طویلی است با مساحت حدود ۷۸۰ کیلومترمربع که در جنوب تاقدیس سادول قرار دارد. عرض این دشت در حدفاصل روستای پرک تا بیدخون بسیار کم است. به منظور بررسی ارتباط هیدروژئولوژیکی تاقدیس سادول با دشت پارسیان-عسلویه، ابتدا اطلاعات مربوط به سطح آب پیزومترهای منطقه از اداره آب منطقه‌ای هرمزگان تهیه گردید. موقعیت پیزومترهای موجود در منطقه مورد مطالعه (دشت لامرد-گله‌دار و دشت پارسیان-عسلویه) در شکل (۴-۱۹) نشان داده شده است. سپس با استفاده از نرم‌افزار GIS و همچنین نظر کارشناسی که به آن‌ها اعمال شده، نقشه هم‌پتانسیل دشت پارسیان-عسلویه برای فروردین‌ماه سال آبی ۹۵-۹۶ ترسیم گردید (شکل ۴-۲۰). بررسی نقشه هم‌پتانسیل نشان می‌دهد دشت پارسیان-عسلویه از تاقدیس سادول تغذیه می‌شود. جهت جریان در دشت پارسیان- عسلویه از جنوب شرق به شمال غرب می‌باشد.



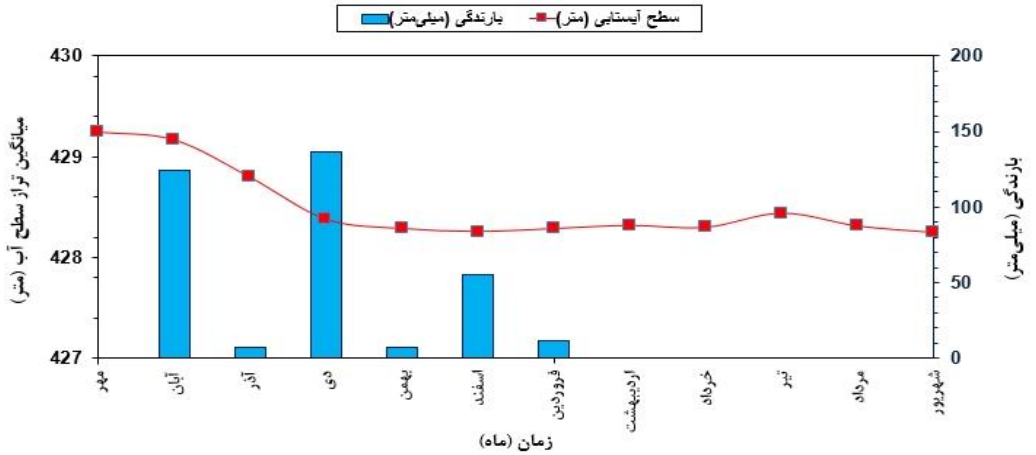
شکل ۴-۲۰: نقشه هم‌پتانسیل دشت لامرد-گله‌دار و پارسیان-عسلویه (در دشت شمالی تغذیه از تاقدیس وراوی و در دشت جنوبی تغذیه از تاقدیس خلفانی نیز بر خطوط جریان تاثیر گذاشته است)

۴-۳-۲- هیدروگراف معرف دشت‌های مجاور تاقدیس

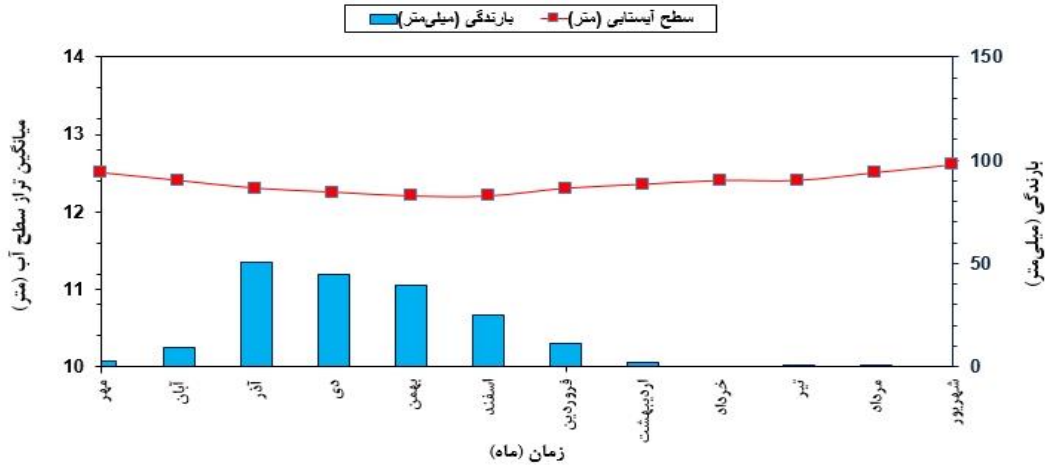
همچنین یکی از روش‌های بررسی رفتار آبخوان‌های آبرفتی مجاور تاقدیس سادول ترسیم هیدروگراف‌های معرف است. هیدروگراف معرف دشت، میانگینی از سطح ایستابی در مناطق مختلف دشت می‌باشد. دو عامل عمده می‌تواند بر سطح ایستابی دشت و به تبع آن بر روی هیدروگراف دشت تأثیرگذار باشند. این دو عامل شامل تغییرات اقلیمی و نیز برداشت از آب‌های زیرزمینی می‌شوند. با توجه به قرارگیری منطقه مورد مطالعه در سه استان و دشواری و عدم همکاری سازمان‌های مربوطه، سطح آب پیزومترهای دشت پارسیان-عسلویه فقط برای سال آبی ۹۵-۹۶ و اطلاعات سطح پیزومترهای دشت لامرد-گله دار برای سال آبی ۹۴-۹۵ در تهیه گردید. در نهایت میانگین سطح آب زیرزمینی دشت‌های مذکور به روش تیسن محاسبه شد. شکل (۴-۲۱ و ۴-۲۲ و ۴-۲۳) به ترتیب هیدروگراف‌های معرف دشت لامرد، گله‌دار و دشت پارسیان-عسلویه را نشان می دهند. بر اساس هیدروگراف‌های معرف دشت لامرد و گله‌دار (شکل‌های ۴-۲۱ و ۴-۲۲) ملاحظه می‌شود که سطح آب زیرزمینی در این دشت در پاییز به طور قابل توجهی افت می‌نماید. دلیل این امر به احتمال زیاد به خاطر برداشت قابل توجه از آب‌های زیرزمینی برای آبیاری باغات و زمین‌های کشاورزی است. با توجه به کاهش فعالیت‌های کشاورزی در بهار و تابستان و همچنین تمرکز بارش‌ها در ماه‌های آذر تا فروردین روند کاهشی سطح آب زیرزمینی در زمستان، بهار و تابستان تقریباً متوقف می‌شود. بر اساس هیدروگراف معرف دشت پارسیان-عسلویه (شکل ۴-۲۳) ملاحظه می‌شود که سطح آب زیرزمینی در این دشت تغییرات قابل توجهی را شامل نمی‌شود. دلیل این امر به احتمال زیاد به خاطر تغذیه نسبتاً زیاد دشت به وسیله تاقدیس سادول می‌باشد.



شکل ۴-۲۱: هیدروگراف واحد دشت لامرد



شکل ۴-۲۲: هیدروگراف واحد دشت گله‌دار



شکل ۴-۲۳: هیدروگراف واحد دشت پارسیان

۴-۴- بررسی بیلان هیدروژئولوژیکی تاقدیس سادول

بیلان هیدروژئولوژِکی موازنه کلیه آب‌های ورودی و خروجی از یک منطقه دلخواه و همچنین تغییر در ذخیره منابع آب سطحی و زیرزمینی در آن منطقه می‌باشد. مؤلفه‌های معادله بیلان را می‌توان برای هر منطقه‌ای مورد ارزیابی قرار داد. در این بخش مؤلفه‌های بیلان هیدروژئولوژیکی در تاقدیس سادول مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

همان‌طور که در فصلِ سوم اشاره شد، تاقدیس سادول از مناطق مجاور بالاتر است و هیچ نوع جریان ورودی سطحی و زیرسطحی به این تاقدیس وجود ندارد، بنابراین تنها ورودی آب این منطقه بارندگی می‌باشد. خروجی‌های تاقدیس سادول شامل تبخیر و تعرق، خروجی سطحی و خروجی زیرسطحی می‌باشد. از آن جایی که در تاقدیس سادول چاه پمپاژ وجود ندارد، تغییرات ذخیره (Δs) در طول یک سال آبی در این تاقدیس قابل چشم‌پوشی است. بنابراین می‌توان معادله بیلان را برای تاقدیس مورد نظر به صورت زیر خلاصه نمود:

بارش= تبخیر و تعرق + خروجی سطحی + خروجی زیرسطحی به دشت‌های مجاور + خروجی زیرسطحی به دریا

برای بررسی وجود یا عدم وجود خروجی زیرسطحی به دریا لازم است که مجموع خروجی‌های زیرسطحی به دشت‌های مجاور و تاقدیس سادول و خروجی از چشمه‌های منطقه با مقدار تغذیه سالانه تاقدیس مزبور مقایسه شوند. در صورتی که مجموع خروجی زیرسطحی به دشت‌های مجاور و خروجی از چشمه، با مقدار تغذیه سالانه تاقدیس کم و بیش برابر باشد، می‌توان این گونه نتیجه گرفت که تقریباً هیچ خروجی زیرسطحی به دریا از طریق تاقدیس سادول وجود ندارد. برعکس اگر مجموع تخلیه از چاه‌ها و چشمه‌ها در مقایسه با مقدار تغذیه سالانه تاقدیس به طور قابل توجهی کمتر باشد، می‌توان نتیجه گرفت که بخشی از

آب‌های تغذیه شده به تاقدیس مزبور از طریق گسل‌ها به دریا (خلیج فارس) تخلیه می‌شود.

۴-۴-۱- برآورد تغذیه به تاقدیس سادول

همان‌طور که در بخش ۴-۱ به صورت مفصل توضیح داده شد، درصد تغذیه سالانه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS محاسبه شد. با داشتن اطلاعات بارندگی و درصد تغذیه سالانه و ضرب این دو، حجم تغذیه در هر سازند محاسبه می‌شود. حاصل جمع این مقادیر، کل حجم آب تغذیه شده در تاقدیس سادول را نشان می‌دهد. همان‌گونه که نقشه‌های هم‌پتانسیل دشت لامرد-گله‌دار نشان می‌دهد، حجم آب قابل توجهی از تاقدیس سادول به دشت لامرد-گله‌دار تخلیه نمی‌شود. به منظور بررسی دقیق‌تر ییلان و احتمال زهکشی آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به خلیج فارس، مقدار تغذیه از سازندهای آهکی و سازندهای غیرآهکی واقع شده در جنوب خط تقسیم آب (TWD) در نظر گرفته شده است (جدول ۴-۱۰). علت در نظر گرفتن تمام سازندهای آهکی برای محاسبه حجم آب تخلیه شده به خلیج فارس به شرح زیر است:

- گرادیان هیدرولیکی بالای آبخوان در مقایسه با خلیج فارس.
- وجود لایه‌های ناتراوا و کم‌تراوا در یال شمالی تاقدیس.
- لایه‌های آهکی با توجه به پتانسیل کارستی شدن زیاد، آب را سریعاً انتقال می‌دهند و آب فرصت کافی برای عبور از لایه‌های کم تراوا و ناتراوای موجود در یال شمالی تاقدیس را شامل نمی‌شوند.
- وجود گسل‌های عرضی عمیق و طویلی که تاقدیس را قطع کرده‌اند باعث انتقال آب به سمت دریا می‌شوند.

جدول ۴-۹: ارتفاع، بارش، درصد تغذیه، مساحت و حجم تغذیه در سازند های منطقه

ردیف	نام سازند	علامت سازند	متوسط ارتفاع (m)	متوسط بارش (mm)	متوسط درصد تغذیه	مساحت (km^2)	حجم تغذیه (Mm^3)
۱	نهشته‌های کواترنری	Q	۳۶۰	۲۲۰	۱۴	۳۲۰	۱۰/۳
۲	بختیاری	PL bk	۵۴۰	۲۵۰	۱۵	۱۳۳	۵/۱
۳	آغاجاری	MPI aj	۵۵۰	۲۵۰	۱۵	۱۳۱	۴/۰
۴	میشان	M mn	۶۲۰	۲۷۰	۱۴	۲۲۶	۸/۶
۵	گچساران	M gs	۷۰۰	۲۸۰	۲۱	۵۲۶	۳۰/۷
۶	عضو گوری	M grm	۸۰۰	۳۰۰	۳۵	۱۳۱	۱۳/۸
۷	آسماری-جهرم	OME as-ja	۸۰۰	۳۰۰	۳۶	۵۹۴	۶۴/۳
۸	پابده-گورپی	EK pd-gu	۶۳۰	۲۷۰	۱۵	۱۷۰	۶/۹
۹	گروه بنگستان	K bgp	۹۰۰	۳۲۰	۳۸	۳۷۸	۴۶/۲
۱۰	گروه خامی	KJ kgp	۵۷۰	۲۶۰	۳۶	۱۲۹	۱۰/۷
۱۱	North Mgs		۷۴۰	۲۸۰	۲۱	۲۴۳	۱۴/۲
۱۲	South Mgs		۶۸۰	۲۸۰	۲۱	۲۸۳	۱۶/۵
۱۳	North OME as-Ja		۸۱۰	۳۰۰	۳۶	۲۲۹	۲۵/۶
۱۴	South OME as-ja		۷۸۰	۳۰۰	۳۶	۳۶۵	۳۸/۷

حجم آب تغذیه شده از سازندهای آهکی و سازندهای غیرآهکی موجود در جنوب خط تقسیم آب تاقدیس سادول برابر با ۱۴۴/۶ میلیون مترمکعب می‌باشد.

۴-۴-۲- برآورد تخلیه از تاقدیس سادول

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول از طریق چاه‌های پمپاژ، چشمه‌ها و زهکشی به دریا، تخلیه می‌شود. پارامترهای معلوم شامل مقدار تخلیه سالانه از طریق چاه‌ها و چشمه‌ها است و در نهایت تخلیه آب‌های زیرزمینی به دریا به عنوان مؤلفه مجهول با استفاده از بیلان هیدروژئولوژیکی برآورد می‌شود

الف)تخلیه از طریق چاه‌های پمپاژ

در دشت شمالی تاقدیس سادول (دشت لامرد-گله‌دار) تعداد ۷۵۵ حلقه چاه پمپاژ وجود دارد که سالانه ۵۴/۷ میلیون مترمکعب آب را از سفره‌های آب زیرزمینی برداشت می‌کنند. تقریباً تمام چاه‌های موجود به صورت دهانه گشاد و کم عمق هستند. همچنین از دشت پارسیان عسلویه سالانه ۵۶/۱ میلیون مترمکعب آب از طریق ۱۸۶۷ حلقه چاه تخلیه می‌شود که ۳۷/۱ میلیون مترمکعب آن مربوط به دشت پارسیان-عسلویه است. عمده این چاه‌ها دهانه گشاد و کم عمق هستند.

ب) تخلیه از طریق چشمه‌ها

در منطقه مورد مطالعه تعداد ۲۸ چشمه وجود دارد. از این تعداد چشمه، ۲۵ چشمه در سمت شمال و ۳ چشمه در سمت جنوب تاقدیس سادول واقع شده است.مجموع تخلیه سالانه از چشمه‌های موجود در منطقه نسبت به حجم تغذیه سالانه از تاقدیس سادول بسیار ناچیز است. اطلاعات مربوط به چشمه‌های موجود در منطقه در جدول (۴-۱۱) آورده شده است. حجم تخلیه سالانه از طریق چشمه‌های تاقدیس سادول تقریبا برابر با ۴/۱ میلیون مترمکعب است. از این مقدار تقریبا ۳/۵ میلیون مترمکعب از چشمه‌های دامنه شمالی و ۰/۶ میلیون مترمکعب از طریق دامنه جنوبی تاقدیس تخلیه می‌شود.

جدول ۴-۱۰: اطلاعات مربوط به چشمه‌های موجود در منطقه

ردیف	نام چشمه	UTM x	UTM y	یال	حجم تخلیه سالانه (مترمکعب)
۱	چاه شنبه	۶۹۷۷۰۱	۳۰۲۱۶۶۲	شمالی	۱۷۳۴۴
۲	چشمه سار تنگ برند	۷۴۸۴۱۳	۳۰۰۱۷۲۸	شمالی	۷۰۹۵۶
۳	لاور چاهو ۱	۷۴۷۹۶۹	۳۰۰۱۸۱۷	شمالی	۳۳۱۱۲
۴	کوله ورد	۷۵۴۶۵۲	۳۰۰۴۰۴۱	شمالی	۸۶۷۲۴
۵	کولو	۷۵۶۸۶۹	۳۰۰۵۲۰۶	شمالی	۹۴۶۰۸
۶	آب سردو	۶۵۲۸۰۸	۳۰۶۹۹۳۱	شمالی	۱۸۹۲۱
۷	نرگسی	۶۴۹۲۱۳	۳۰۶۹۰۷۲	شمالی	۲۳۶۵۲
۸	چشمه گزی	۶۵۰۵۶۰	۳۰۶۹۲۴۵	شمالی	۱۲۶۱۴
۹	ناچار	۶۵۱۶۴۹	۳۰۶۸۶۴۰	شمالی	۱۰۲۴۹۲
۱۰	بندو۲	۶۵۳۰۵۵	۳۰۶۶۵۵۰	شمالی	۳۳۱۱۲۸
۱۱	بنوکورو	۶۵۴۷۵۹	۳۰۶۵۲۷۸	شمالی	۵۰۴۵۷
۱۲	توکلی	۶۵۵۲۶۱	۳۰۶۳۲۸۷	شمالی	۲۶۰۱۷۲
۱۳	حاجی مورو	۶۵۵۷۱۸	۳۰۶۱۲۳۰	شمالی	۷۸۸۴۰
۱۴	تنگ کارون	۶۵۸۵۲۷	۳۰۶۰۳۳۴	شمالی	۵۵۱۸۸
۱۵	میان گر	۶۶۲۸۷۹	۳۰۵۶۰۷۹	شمالی	۷۸۸۴۰
۱۶	تل درویش	۶۶۵۳۷۱	۳۰۵۳۱۰۳	شمالی	۷۸۸۴۰
۱۷	خوشک	۶۶۹۰۰۰	۳۰۵۳۵۰۶	شمالی	۹۴۶۰
۱۸	تنب زیغان	۶۷۱۱۸۸	۳۰۵۰۶۷۳	شمالی	۳۳۹۰۱۲
۱۹	تنگ شول	۶۷۶۴۲۲	۳۰۴۹۳۴۰	شمالی	۹۴۶۰۸
۲۰	فاریاب	۶۸۵۳۱۰	۳۰۳۷۱۷۰	شمالی	۸۱۹۹۳۶
۲۱	دروی (شیخ حسین)	۶۸۳۹۳۳	۳۰۴۴۸۹۱	شمالی	۳۶۲۶۶۴
۲۲	حاج یعقوب	۶۸۱۹۹۸	۳۰۴۵۵۸۲	شمالی	۲۸۳۸۲۴
۲۳	درو	۶۸۳۹۱۶	۳۰۴۴۹۴۳	شمالی	۶۳۰۷۲
۲۴	دیوونی	۶۸۲۲۸۸	۳۰۴۵۷۰۴	شمالی	۴۷۳۰۴
۲۵	فومستون	۷۰۳۶۷۳.۲۶	۳۰۱۶۰۹۱.۸۲	جنوبی	۱۲۶۱۴۴
۲۶	چشمه کلات	۶۷۱۶۶۱.۹۷	۳۰۴۰۴۶۵.۵۲	جنوبی	۲۵۲۲۸۸
۲۷	بنو	۷۷۴۵۱۵.۶۴	۳۰۰۲۶۱۹.۲	جنوبی	۱۸۹۲۱۶

۴-۴-۳- مقایسه تغذیه و تخلیه در تاقدیس سادول

با ا ستفاده از روش بیلان آب و مقایسه مقادیر تغذیه و تخلیه در تاقدیس سادول می‌توان حجم تخلیه آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به دریا را برآورد کرد. با معلوم شدن درصد تغذیه سالانه از بخش بالایی و یال جنوبی تاقدیس و همچنین مقادیر تخلیه از طریق چاه‌ها و چشـــمه‌های موجود در جنوب تاقدیس، برای محاسبه مقدار تخلیه آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به دریا از معادله زیر استفاده می‌شود:

$$A_{SGD} = A_R - (D_S + D_W)$$ معادله (۴-۱)

در معادله بالا A_{SGD} تخلیه آب های زیرزمینی تاقدیس سـادول به دریا، A_R تغذیه سـالانه به تاقدیس، D_S تخلیه از طریق چشمه‌ها، D_W تخلیه از طریق چاه‌های منطقه می‌باشد.

مؤلفـه‌های دخیـل در محاسـبه مقـدار تخلیـه زیرسـطحی بـه دریـا شـامل حجـم تغذیـه سـالانه، حجـم خروجـی آب از چاه‌هـا و چشـمه‌های موجـود در منطقـه مـورد مطالعـه اسـت کـه قبـل‌تر توضیح داده شده‌اند. اطلاعات مربوطه به مولفه‌های بیلان در جدول (۴-۱۲) ارائه شده است.

بـر اسـاس معادلـه (۴-۱)، مقـدار تخلیـه سـالانه تاقـدیس بـه دریـا تقریبـاً برابـر بـا ۸۸ میلیـون مترمکعب برآورد می‌شود که مقدار قابل توجهی است.

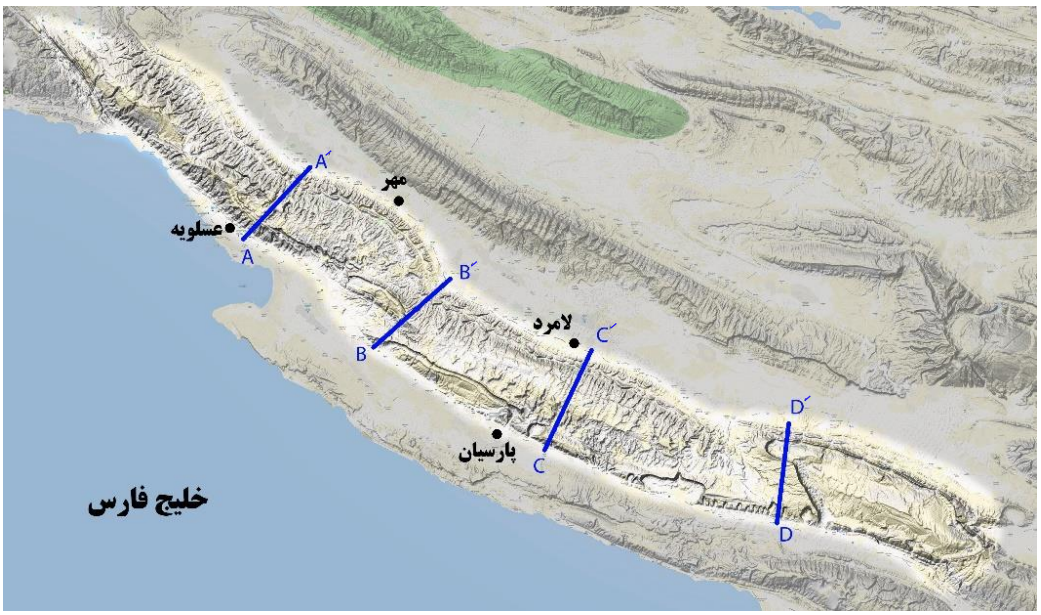
جدول ۴-۱۱: مولفه های بیلان در منطقه

محدوده	حجم تغذیه سالانه (Mm^3)	حجم تخلیه سالانه از چاه‌های منطقه (Mm^3)	حجم تخلیه سالانه از چشمه‌های منطقه (Mm^3)
دامنه شمالی تاقدیس	۵۶/۰	۵۴/۷	۳/۵
ارتفاعات و دامنه جنوبی تاقدیس	۱۴۴/۶	۵۶/۱	۰/۶
کل تاقدیس	۲۰۰/۶	۱۱۰/۸	۴/۱

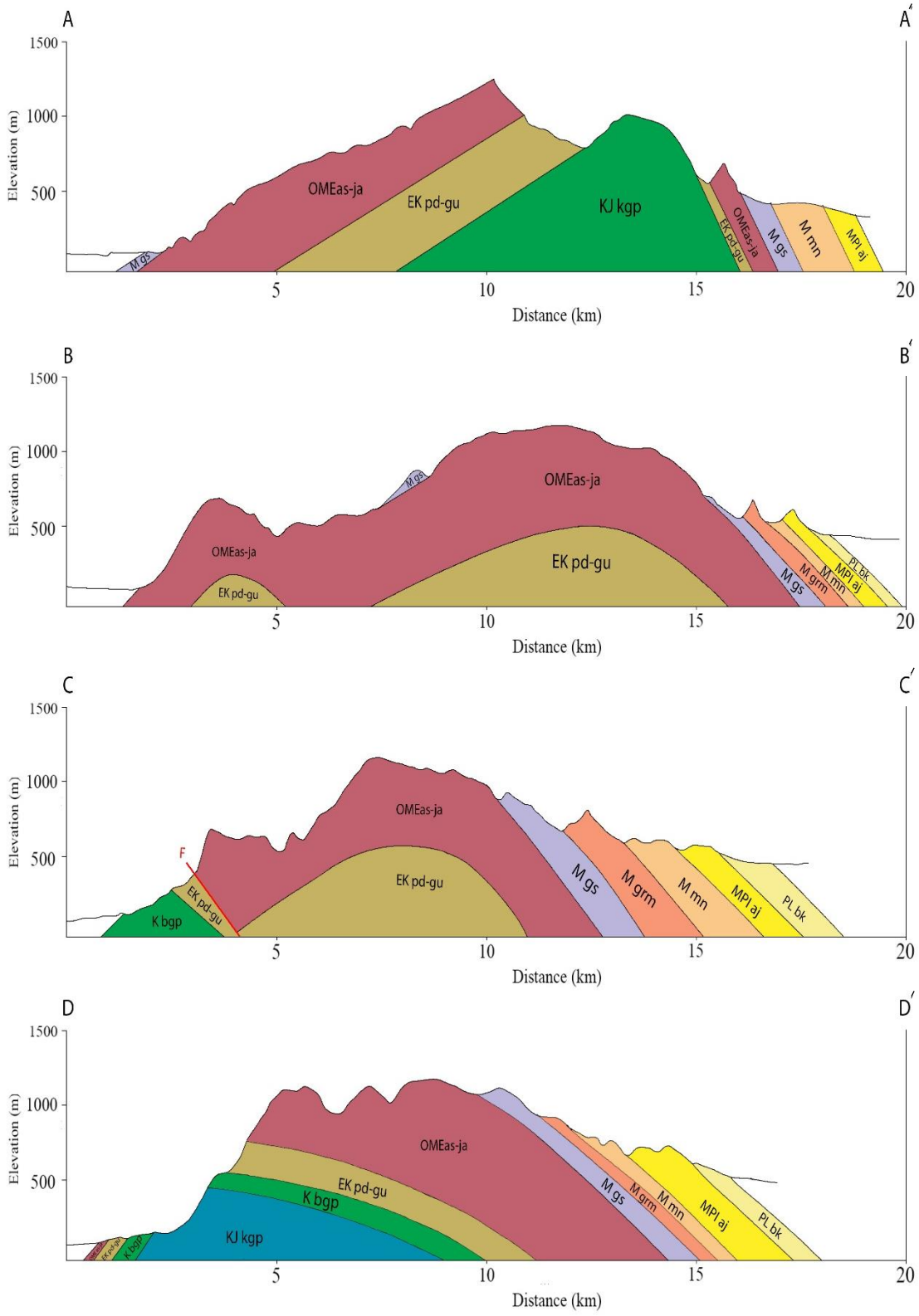
۴-۵- بررسی مسیرهای احتمالی زهکشی تاقدیس سادول به خلیج فارس

تخلیه سالانه آب زیرزمینی از تاقدیس سادول در مقایسه با تغذیه آن (حتی تغذیه دامنه جنوبی) به طور قابل توجهی کم‌تر است، بنابراین می‌توان این‌چنین اظهار نظر نمود که بخش قابل توجهی از آب‌های تغذیه شده در این تاقدیس به خلیج‌فارس تخلیه می‌شوند.

زمین‌شناسی تاقدیس سادول دارای توالی لایه‌های تراوا و ناتراوا است. به نحوی که آب‌های تغذیه شده برای حرکت در عرض تاقدیس و رسیدن به دشت‌های اطراف باید از لایه‌های ناتراوا عبور کنند. به منظور بررسی دقیق‌تر چند نیمرخ زمین شناسی از تاقدیس سادول تهیه شده است. موقعیت نیمرخ ها در شکل (۴-۲۴) آورده شده است. شکل (۴-۲۵) نیمرخ‌های زمین‌شناسی را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. بررسی نیمرخ‌ها نشان می‌دهد آب‌های زیرزمینی موجود در تاقدیس برای رسیدن به دشت شمالی تاقدیس باید از لایه‌های ناتراوایی مانند میشان و آغاجاری عبور کنند. از آنجایی که تاقدیس سادول شامل تعدادی گسل عرضی مهم می‌شود، احتمال انتقال آب‌های زیرزمینی موجود در این تاقدیس از طریق این گسل‌ها به خلیج فارس وجود دارد.

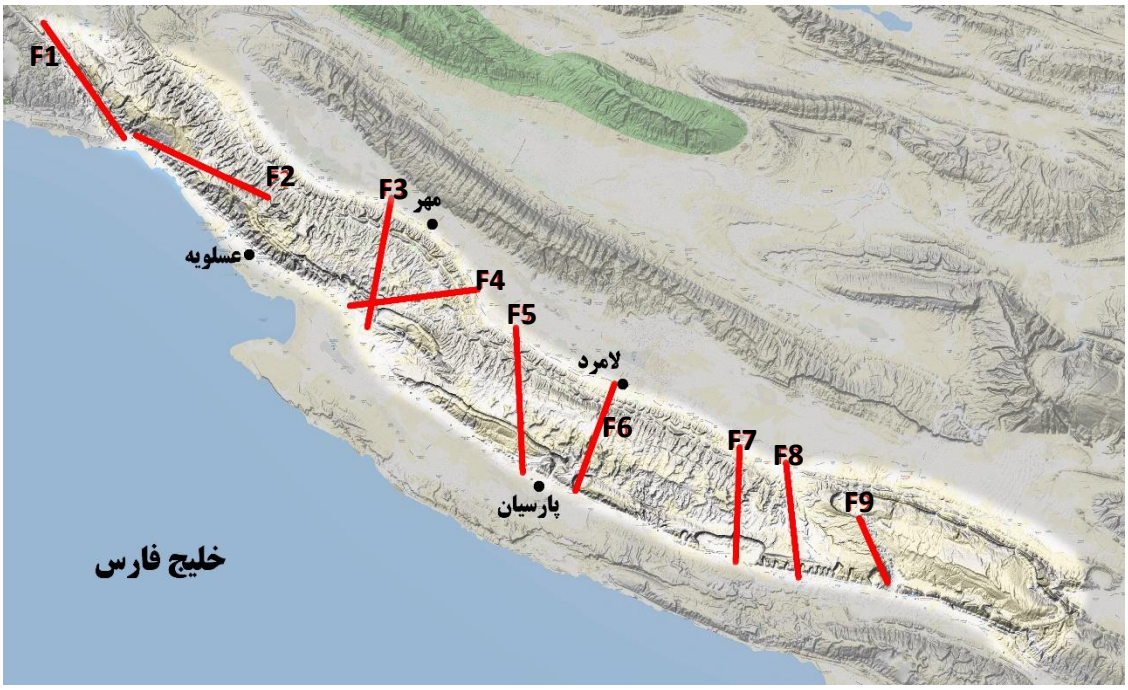


شکل ۴-۲۴: موقعیت نیمرخ‌های زمین‌شناسی



شکل ۴-۲۵: نیمرخ‌های زمین‌شناسی تاقدیس سادول

با توجه به شواهد صحرایی و بررسی تصاویر ماهواره‌ای می‌توان گسل‌های موجود در منطقه را شناسایی کرد. همان‌طور که قبلاً گفته شد، گسل‌های عرضی که لایه‌های تراوا و ناتراوا را قطع می‌کنند می‌توانند مسیرهای احتمالی برای تخلیه آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به آبرفت‌های مجاور یا خلیج فارس باشند. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گسل‌های عرضی مهم منطقه شناسایی و در شکل (۴-۲۶) ارائه شده است.



شکل ۴-۲۶: موقعیت گسل‌های عرضی مهم در تاقدیس سادول

گسل F1 و F2 : گسل‌های مذکور که در نزدیکی روستای پرک همدیگر را قطع می‌کنند و طور واضحی بر روی تصاویر هوایی قابل تشخیص هستند. گسل F2 با قطع کردن لایه‌های آهکی و غیرآهکی، پتانسیل انتقال آب را از تاقدیس سادول به دریا دارد. تقاطع دو گسل F1 و F2 می‌تواند محل مناسبی برای تخلیه آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به آبرفت های مجاور و خلیج فارس باشد (شکل ۴-۲۷).

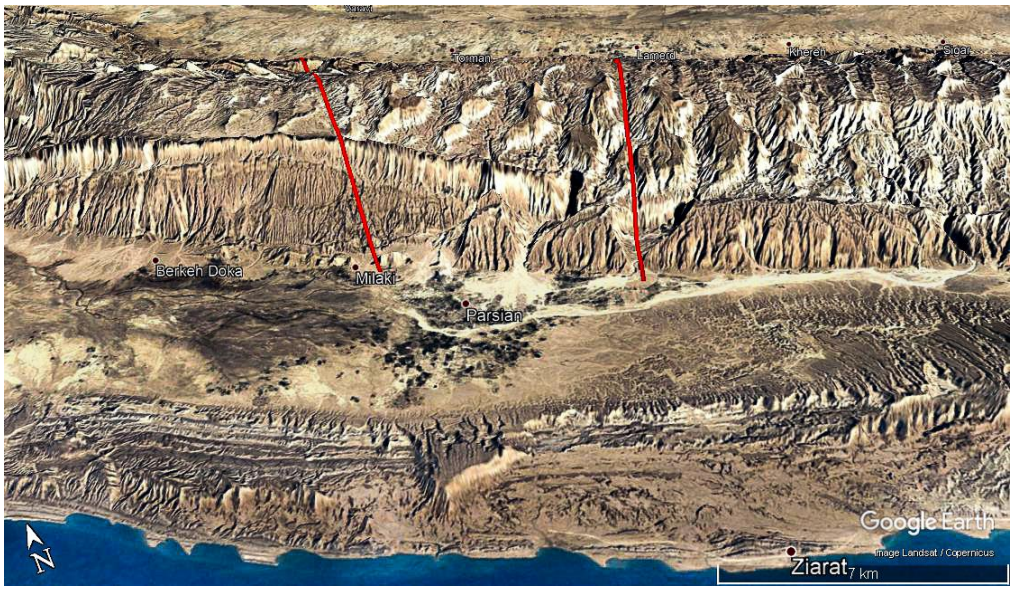
شکل ۴-۲۷: موقعیت گسل‌های F1 و F2

گسل F3 و F4: پیچ‌خوردگی تاقدیس سادول و وجود دره‌های عمیق حاصل فعالیت دو گسل F3 و F4 در منطقه است. گسل F3 حدفاصل روستای قلعه محمدعلی تا بستانو، دره عمیقی با صخره‌های بلند را ایجاد کرده است (تنگ درزو) که دره‌ای عمیق و طولانی با دیواره های عمودی بسیار بلند است. همچنین دره "تنگ فاریاب" نیز از آثار فعالیت گسل F4 است که دارای دو چشمه کوچک است که یکی از آن‌ها هیدروترمال است و چشمه دوم نیز با هدایت الکتریکی ۲۳۰۰ در نزدیکی چشمه هیدروترمان واقع شده است. منطقه "گود اخند" و صخره‌های مرتفع "پوزه کل" از عوارض ایجاد شده توسط این گسل می‌باشند. همچنین به نظر می‌رسد خلیج نایبند در ادامه فعالیت این گسل ایجاد شده است. گسل‌های مذکور با توجه به این که عرض تاقدیس را قطع کرده‌اند، شرایط مناسبی را برای جمع‌آوری آب‌های تغذیه شده از تاقدیس سادول و انتقال آن به خلیج فارس دارند (شکل ۴-۲۸).

شکل ۴-۲۸: موقعیت گسل‌های F3 و F4

گسل F5: این گسل در حدفاصل نورآباد-پارسیان واقع شده است. وجود لایه گچساران روی گسل مذکور باعث شده تشخیص این گسل روی زمین دشوار باشد. دشت "لاور ستلو" واقع در ارتفاعات کوه تابناک در اثر فعالیت این گسل ایجاد شده است (شکل ۴-۲۹). آثار وجود این گسل را می‌توان روی فروافتادگی فومهستان (شمال غرب پارسیان) مشاهده کرد. چشمه فومهستان نیز بر روی این گسل واقع شده است.

گسل F6: گسل F6 با قطع کردن عرض تاقدیس و لایه‌های مختلف زمین‌شناسی می‌تواند یکی از مسیرهای احتمالی جمع‌آوری و هدایت آب از تاقدیس سادول به دشت جنوبی تاقدیس و دریا باشد (شکل ۴-۲۹). این گسل از لامرد شروع شده و تا جنوب تاقدیس ادامه دارد. در سمت جنوب تاقدیس دره عمیق "تنگ بردول" را با دیواره‌های بلند ایجاد کرده. در دو سمت گسل ارتفاعاتی با شیب بسیار زیاد وجود دارد. در شرق پارسیان و ابتدای تنگ بردول یک فروافتادگی بزرگ مشاهده می‌شود که توسط گسل مذکور ایجاد شده است.



شکل ۴-۲۹: موقعیت گسل‌های F5 وF6

گسل F7: گسل F7 نیز با قطع کردن عرض تاقدیس و لایه‌های مختلف زمین‌شناسی می‌تواند یکی از مسیرهای احتمالی جمع‌آوری و هدایت آب از تاقدیس سادول به دشت جنوبی تاقدیس و دریا باشد (شکل ۴-۳۰). دره‌ای طویل در ارتفاعات تاقدیس و ناپیوستگی بزرگی که در شمال گود کناردان وجود دارد تایید کننده رخداد این گسل می‌باشد.

گسل F8: دشت "لاور خشت" از آثار فعالیت گسل F8 است. همچنین آثار فعالیت این گسل بر روی تاقدیس وراوی نیز قابل مشاهده است. گسل مذکور نیز احتمالاً می‌تواند آب‌های زیرزمینی را از تاقدیس سادول به دشت جنوب تاقدیس انتقال دهد (شکل ۴-۳۰).

گسل F9: کوه مشرف به روستای بوچیر-هشتنیز به وسیله سازند نمکی هرمز به بالا رانده شده است. این بالا آمدگی گسل‌ها و شکستگی‌های بسیاری را ایجاد کرده است. آب‌های تغذیه شده در این بخش با توجه به وجود لایه‌های ناتراوا در شمال کوه و همچنین این گسل می‌تواند به دشت جنوبی تخلیه شوند. گسل F9 یکی از گسل‌هایی است که پتانسیل خوبی در انتقال آب‌های زیرزمینی از کوه بوچیر به دشت جنوبی کوه دارد (شکل ۴-۳۰).

دیـواره غربـی ایـن گسـل بـا ارتفـاع ۵۰۰ متـری نمـایی از سـازند هـای آسـماری جهـرم و پابده‌گورپی را نشان می‌دهد.

شکل ۴-۳۰: موقعیت گسل‌های F7 و F8 و F9

جمع بندی مسیرهای احتمالی

همـانطور کـه از شـکل (۴-۲۴) ملاحظـه می‌شـود، در محـدوده گسـل‌های F2 تـا F6 (بـه ویـژه گسل‌های F2 و F4) تاقدیس سـادول در محـدوده ایـن گسـل‌ها در مجـاورت بـا خلـیج فـارس قـرار گرفته است. بنابراین میتوان ایـن چنـین اظهـار نظـر نمـود کـه محتمـل تـرین مسـیرهای احتمـالی انتقـال آب‌هـای زیرزمینـی در تاقـدیس سـادول بـه خلـیج فـارس از طریـق گسـل‌های F2 و F4 انجام می‌شود.

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این فصل نتایج حاصل از کلیه مراحل مطالعه انجام شده در ارتباط با بررسی احتمال زهکشی آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول به خلیج فارس به صورت خلاصه ارائه می‌شوند. همچنین در انتها پیشنهادهایی جهت انجام مطالعات بعدی ارائه شده است.

۵-۱- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی احتمال زهکشی آب‌های زیرزمینی از تاقدیس سادول نشان می‌دهد که حجم آب تغذیه شده از تاقدیس مذکور، نسبت به تخلیه از طریق چاه‌ها و چشمه‌های موجود در دشت‌های مجاور به صورت قابل توجهی بیشتر است. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد به علت وجود سازندهای ناتراوا ارتباط هیدرولیکی قابل ملاحظه‌ای بین تاقدیس سادول و دشت لامرد-گله‌دار وجود ندارد. به طوری مجموعه نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهند که بخش قابل توجهی از آب‌های تغذیه شده از تاقدیس سادول، به خلیج فارس تخلیه می‌شود.

۵-۱-۱- تهیه نقشه هم‌باران

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که مقدار بارش در منطقه مورد مطالعه با ارتفاع رابطه مستقیمی را نشان می‌دهد. در نتیجه به منظور تهیه نقشه هم‌باران منطقه ابتدا نمودار بارش-ارتفاع منطقه با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های باران‌سنجی موجود در منطقه ترسیم شد. در نهایت، با استفاده از نقشه رقومی ارتفاعی و معادله بارش-ارتفاع، نقشه هم‌بارش منطقه ترسیم گردید.

۵-۱-۲- برآورد تغذیه سالانه در تاقدیس سادول

با توجه به بازدیدهای صحرایی و اعمال نظر کارشناسی، عوامل مؤثر بر تغذیه در منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند. سپس این عوامل به صورت لایه‌های اطلاعاتی جداگانه در محیط GIS تهیه و با توجه به تأثیرگذاری این عوامل در تغذیه، وزن‌دهی و امتیازدهی شدند. در نهایت با هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی عوامل مؤثر بر تغذیه، متوسط درصد تغذیه سالانه برای تاقدیس سادول حدودا ۲۶ درصد محاسبه شد. با توجه به مقدار بارش و مساحت منطقه حجم تغذیه سالانه در تاقدیس سادول حدود ۲۰۱ میلیون مترمکعب برآورد شده است.

۵-۱-۳- برآورد تخلیه تاقدیس به آبخوان‌های آبرفتی مجاور و از طریق چشمه‌ها

آب‌های زیرزمینی تغذیه شده از تاقدیس سادول، از طریق چاه‌های پمپاژ موجود در آبخوان‌های آبرفتی مجاور، چشمه‌ها و زهکشی به دریا تخلیه می‌گردد. اطلاعات موجود نشان می‌دهد در دشت لامرد-گله‌دار و دامنه شمالی تاقدیس به ترتیب مقدار ۵۴/۷ میلیون مترمکعب آب از طریق چاه‌های پمپاژ و ۳/۵ میلیون مترمکعب آب از طریق چشمه‌ها تخلیه می‌شود. همچنین در دشت پارسیان-عسلویه و دامنه شمالی تاقدیس مقدار ۵۶/۱ میلیون مترمکعب آب از طریق چاه‌های پمپاژ و ۰/۶ میلیون مترمکعب آب از طریق چشمه‌ها تخلیه می‌شود.

۵-۱-۴- ارزیابی احتمال زهکشی تاقدیس سادول به خلیج فارس

محاسبه بیلان هیدروژئولوژیکی برای منطقه نشان می‌دهد مقدار تغذیه سالانه به تاقدیس سادول حدود ۸۸ میلیون مترمکعب بیشتر از مقدار تخلیه از طریق چاه‌ها و چشمه‌های موجود در منطقه است. نظر به این که آب‌های زیرزمینی تمایل دارند به سمت سطح اساس

فرسایش حرکت کنند، و همچنین در دامنه شمالی تاقدیس وجود لایه‌های جوان‌تر ناتراوا مانع از تخلیه آب به دشت شمالی می‌شوند، به احتمال زیاد بخشی از آب‌های تغذیه شده از تاقدیس سادول به دریا تخلیه می‌شوند.

۵-۱-۴- بررسی مسیرهای احتمالی زهکشی تاقدیس سادول به دریا

با توجه به قرارگیری تاقدیس سادول در مجاورت خلیج فارس، بخشی از آب‌های تغذیه شده از این تاقدیس به این دریا تخلیه می‌شوند. گسل‌های عرضی موجود در تاقدیس سادول که لایه‌های زمین‌شناسی مختلف را قطع می‌کنند، می‌توانند آب‌های زیرزمینی را از تاقدیس مذکور به دشت‌های جنوبی و خلیج فارس زهکشی کنند. مهم‌ترین این گسل‌ها عرضی، گسل‌های F2 تا F6 (به ویژه گسل‌های F2 و F4) هستند. دلیل این مطلب از این قرار است که این گسل‌ها عرضی، گسل‌های بسیار بزرگی هستند که در محدوده آن‌ها تاقدیس سادول در مجاورت خلیج فارس قرار گرفته است.

۵-۲- پیشنهادها

به منظور انجام مطالعات بیشتر و کامل‌تر در منطقه مورد مطالعه، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

- انجام روش‌های مختلف ژئوفیزیکی در محدوده گسل‌هایی که به عنوان مسیرهای احتمالی معرفی شده‌اند.
- بررسی‌های دقیق هیدروژئوشیمیایی نمونه‌های آب خلیج فارس در محدوده گسل‌های فوق‌الذکر.
- حفر چاه و استحصال این آب‌ها برای مصارف مختلف به ویژه شرب، با توجه به حجم و کیفیت مناسب آن.

منابع:

- کرمی غ. (۱۳۹۶). "هیدرولیک آب‌های زیرزمینی" مباحث درسی.

- کرمی غ. (۱۳۹۴). "مکان‌یابی محل‌های مناسب و روش‌های استخراج آب‌های زیرزمینی از سازندهای سخت شمال شرق استان خراسان شمالی" شرکت مدیریت منابع آب ایران، شرکت آب منطقه ای خراسان شمالی، ص ۵۳-۶۰.

- کریمی وردنجانی ح. (۱۳۸۹). "هیدروژئولوژی کارست (مفاهیم و روش‌ها)" انتشارات ارم شیراز.

- نجفی ز، کرمی غ، طاهری ع. (۱۳۹۴). "برآورد تغذیه در آهک‌های کارستی بیستون با استفاده از روش مقایسه زوجی، جنوب روانسر" نوزدهمین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران و نهمین همایش زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، دانشگاه پیام نور.

- Andreo B, Vías J, Durán J.J, Jiménez P, López-Geta J.A and Carrasco F. (2008) “Methodology for groundwater recharge assessment in carbonate aquifers: application to pilot sites in southern Spain” Hydrogeology Journal, 16(5), 911-925.

- Baalousha H.M, Barth N, Ramasomanana F.H and Ahzi S. (2018) “Groundwater recharge estimation and its spatial distribution in arid regions using GIS: a case study from Qatar karst aquifer” Modeling Earth Systems and Environment, 4(4), 1319-1329.

- Bakalowicz M. (2018) “Coastal Karst Groundwater in the Mediterranean: A Resource to Be Preferably Exploited Onshore, Not from Karst Submarine Springs” Geosciences, 8(7), 258.

- Burnett W.C, Aggarwal P.K, Aureli A, Bokuniewicz H, Cable J.E, Charette M.A and Moore W.S. (2006) “Quantifying submarine groundwater discharge in the coastal zone via multiple methods” Science of the total Environment, 367(2-3), 498-543.

- Carter J.M, and Driscoll D.G. (2006) “Estimating recharge using relations between precipitation and yield in a mountainous area with large variability in precipitation” Journal of Hydrology, 316(1-4), 71-83.

- Cooper A.H, Farrant A.R and Price S.J. (2011). “The use of karst geomorphology for planning, hazard avoidance and development in Great Britain” *Geomorphology*, *134*(1-2), 118-131.

- Kareh R.P. (1967) “ Les sources sous-marines de la Chekka (Liban-Nord): exploitation d'une nappe karstique captive à exutoires sous-marins (Doctoral dissertation)”

- Mejías M, Ballesteros B.J, Antón-Pacheco C, Domínguez J.A, Garcia-Orellana J, Garcia-Solsona E and Masqué P. (2012) “Methodological study of submarine groundwater discharge from a karstic aquifer in the Western Mediterranean Sea” Journal of Hydrology, 464, 27-40.

- Milanovic P and Aghili B. (1990) “Hydrogeological characteristics and groundwater mismanagement of Kazerun karstic aquifer, Zagros, Iran” IAHS PUBLICATION, 163-163.

- MUIR K. (1968) “Groundwater reconnaissance of the Santa Barbara-Montecito Area, Santa Barbara County, California “USGS Water. Supply Pap., 1859, 28p.

- Radulovic M, Stevanovic Z and Radulovic M. (2012) “A new approach in assessing recharge of highly karstified terrains–Montenegro case studies” Environmental Earth Sciences, 65(8), 2221-2230.

- Sekulic B. (1996) “Balance of average annual fresh water inflow into the Adriatic Sea” International Journal of Water Resources Development, 12(1), 89-98.
- Senger R.K and Fogg G.E. (1990) “Stream functions and equivalent freshwater heads for modeling regional flow of variable-density groundwater: 1. Review of theory and verification” Water Resources Research, 26(9), 2089-2096.
- Shaban A, Khawlie M and Abdallah C. (2006) “Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zones: the case of Occidental Lebanon” Hydrogeology Journal, 14(4), 433-443.
- Szilagyi J, Zlotnik V.A, Gates J.B and Jozsa J. (2011) “Mapping mean annual groundwater recharge in the Nebraska Sand Hills, USA” Hydrogeology Journal, 19(8), 1503-1513.
- Taylor C.J and Greene E.A. (2008) “Hydrogeologic characterization and methods used in the investigation of karst hydrology” US Geological Survey.

Abstract

Nowadays, growing number of population leads to need more water resources, and finding new water resources is a good respond for this human's need. Round water drainage to the sea can be a good water resource, with nice quality and large volume. Sadul anticline which is the longest anticline beside Persian Gulf, is located at the border of three provinces, Fars, Hormozgan and Bushehr. Hydrological balance is used to see if it's possible to drain ground water from Sadul anticline to the Persian Gulf. In this method amount of ground water drainage and feeding is assessed. Providing information layers let us to know about effective factors on feeding and overlap of this layer in GIS environment and yearly feeding percentage in different parts. Precipitation map was prepared by using raining-water level graph. Due to the feeding percentage in different parts of area and by the use of isohyetal map, yearly feeding volume was measured. Furthermore, according to acquired result it can be met that yearly feeding volume in Sadul anticline is about 201 million cubic meter. Since the area's springs and pits yearly drainage volume is about 111 million cubic meter. So yearly feeding percentage is about 88 million cubic meter more than yearly drainage percentage. We can state that probably a part of feeded water of Sadul anticline drains into Persian Gulf, because it's beside this gulf and there are some transverse faults which cut Sadul anticline.

Keywords: Recharge, Evacuated to the sea, Karst, Sadul

Shahrood University of Technology

Faculty of Eart sciences

M.Sc. Thesis of Hydrogeology

Investigating the probability of groundwater drainage of Sadul anticline to Persian Gulf

By:
Adnan Bagheri

: Supervisor
Dr. Gholam Hossein Karami

January 2019