

## بررسی آبخوان کارستی ادیو شمال شرق استان خوزستان

عباس چرچی<sup>۱</sup>، نصراله کلانتری<sup>۲</sup>، محمدرضا کشاورزی<sup>۳</sup>

۱- استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- کارشناسی ارشد گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۵/۵

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۸۸/۸/۱۵

### چکیده

پهنه آهکی سازند آسماری در تاقدیس پابده و بخصوص بخش جنوب شرقی آن (کوه ادیو) در شمال شرق استان خوزستان، تحت تأثیر نیروهای تکتونیکی بطور گسترده‌ای گسله، دارای درزه و شکاف شده و شرایط تشکیل آبخوان کارستی را فراهم آورده است. پدیده‌های ژئومورفولوژیکی مانند چشمه کارستی بی‌بی تلخون، دره تکتونیکی - کارستی تالوک و کارن‌ها نشان از توسعه کارست و آبخوان کارستی منطقه می‌باشد. مطالعات زمین‌شناسی ساختاری، ژئومورفولوژی و هیدروژئولوژی منطقه نشان می‌دهد که: (۱) کوه ادیو با کارست‌شدگی بیشتر نسبت به گریوه بخش اصلی ذخیره آب کارستی را تشکیل می‌دهد، (۲) سازند مارنی پابده در زیر آهک آسماری بصورت آب‌بند عمل نموده و قاعده کارست‌شدگی است، (۳) گسل‌های (و شکستگی‌های) عرضی و مورب باعث افزایش خردشدگی آهک شده‌اند و نقش مهمی در ارتباط کانال‌های انحلالی ایفا می‌نمایند، (۴) تراکم درزه‌ها و شکستگی‌ها نواحی زیر سطحی با پتانسیل بالای نفوذپذیری و انتقال جریان آب را نشان می‌دهد، (۵) چشمه بی‌بی تلخون در کمترین ارتفاع رخنمون آهک آسماری، اصلی‌ترین خروجی آب زیرزمینی منطقه است و (۶) جریان آب در آبخوان کارستی منطقه غالباً در دو جهت NE به SW و SE به NW می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** کوه ادیو، تکتونیک، آبخوان کارستی، چشمه بی بی تلخون.

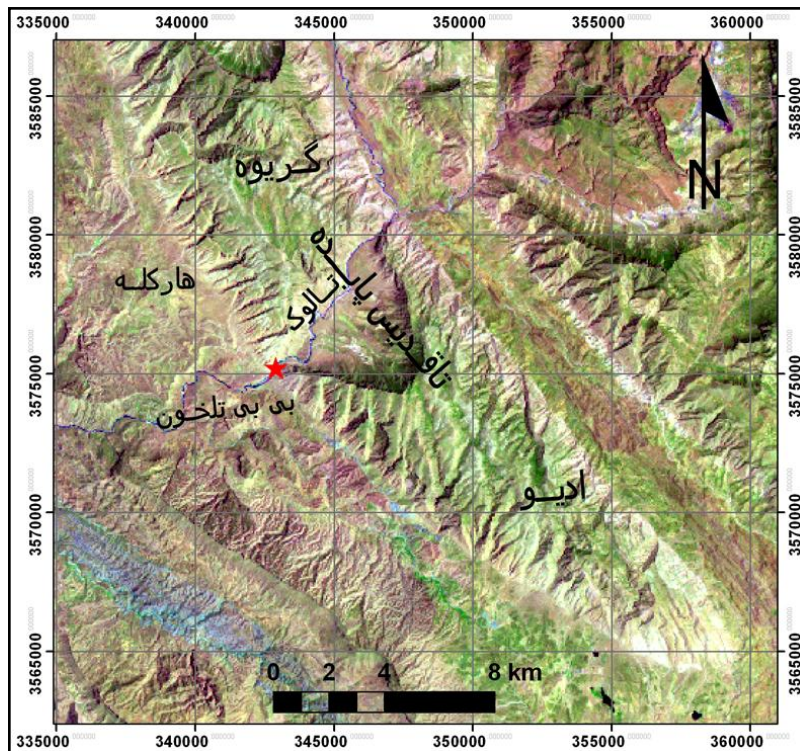
## مقدمه

عوامل ساختاری نقش بسیار موثری در فرآیند کارستی شدن، هیدروژئولوژی آبخوان کارستی، تشکیل چشمه‌ها و افزایش ضرائب هیدرودینامیکی دارند. در هر منطقه کارستی شدت فرآیند کارستی شدن در ارتباط مستقیم با توسعه چشمه‌ها و میزان دبی آنها می‌باشد. بطور کلی چشمه‌ها محل تخلیه طبیعی آبخوانهای کارستی هستند و آبدهی آنها و تغییرات آن در ارتباط مستقیم با پتانسیل آبخوان و گسترش کارست-شدگی در سازند آهکی می‌باشد (افراسیابیان و رضایی، ۱۳۷۸). گسل‌ها و شکستگی‌ها از عوامل ساختاری کنترل کننده مسیرهای انحلالی و در تشکیل پدیده‌های کارستی حایز اهمیت می‌باشند. بطور کلی شکستگی‌ها و تقاطع آنها در سازندهای سخت محل ذخیره آب زیرزمینی را نشان می‌دهند (داس، ۱۹۹۰ و فتر، ۱۹۹۹) و نقش موثری در حرکت آب زیرزمینی دارند (سوبا راثو، ۲۰۰۶). نقش شکستگی‌ها در هیدروژئولوژی سازندهای آهکی توسط (کلانتری و فرزاد ۲۰۰۱؛ رهنمایی ۲۰۰۵) نیز مورد بررسی قرار گرفته است. هر چند که عوامل متعددی در تشکیل آبخوان کارستی ادیو و سیستم زیر سطحی تامین کننده چشمه کارستی بی‌بی‌تلخون سهیم می‌باشند ولی در این منطقه نیز همانند بقیه مناطق کارستی عملکرد عوامل تکتونیکی به نحو بارزی مشاهده می‌شود و شواهد ساختاری منطقه نشان می‌دهد که تکتونیک در تکوین آبخوان کارستی و برونزد چشمه کارستی رکن اساسی را ایفا می‌نماید. در این تحقیق سعی شده است توسعه آبخوان کارستی ادیو (تاقدیس پابده) با تأکید بر مطالعات زمین شناسی مورد بررسی قرار گیرد.

## وضعیت عمومی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (تاقدیس پابده) در ۱۵۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان اهواز و ۳۰ کیلومتری شرق شهر لالی در استان خوزستان قرار دارد. شکل ۱ تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. تاقدیس پابده موازی با ساختار اصلی رشته کوه‌های زاگرس دارای طولی حدود ۲۷ کیلومتر و پهنایی حدود ۸ کیلومتر است که سازند آسماری پوشش سطحی آن را بطور کامل تشکیل داده است (کشاورزی و همکاران، ۱۳۸۶). ارتفاع حداکثر و حداقل تاقدیس به ترتیب حدود ۱۷۰۰ m و ۴۱۰ m از سطح دریا می‌باشد. فعالیت‌های تکتونیکی، چین-خوردگی و عملکرد گسل‌های طولی و عرضی موجب خرد شدگی، افزایش نفوذپذیری و توسعه آبخوان کارستی در آهک‌های آسماری این منطقه شده است. سنگ‌های آهکی بر روی طبقات نفوذ ناپذیر سازند مارنی پابده قرار گرفته و در نتیجه نفوذ آب به درون سازند آهکی، فرآیند کارستی شدن تا لایه نفوذ ناپذیر مارن ادامه یافته است. دره تکتونیکی- کارستی تالوک که رودخانه تالوک در آن جریان دارد، تاقدیس پابده را به دو بخش تقسیم نموده است که بخش شمال غربی آن کوه گریوه و بخش جنوب شرقی آن کوه ادیو گفته می‌شود. تنگه بابا احمد در ورودی دره تکتونیکی تالوک از تنگه‌های مهم تاقدیس پابده می‌باشد. در شکل ۲ نمایی از تنگه بابا احمد، کوه ادیو، گریوه و چشمه بی‌بی‌تلخون ارائه شده است. آبخوان کارستی ادیو در لایه‌های آهکی و چین-خورده سازند آسماری توسعه یافته است که عمده آبهای این آبخوان کارستی از طریق چشمه بی‌بی-تلخون در ابتدای دره تالوک (تنگه بابا احمد) تخلیه می‌گردد. در گستره آهکی منطقه مورد مطالعه فرآیند کارستی توسعه یافته و از لحاظ موفولوژی سطحی کارن‌ها و حفرات انحلالی کوچک مشاهده می‌شود ولی حفرات انحلالی

بزرگ، دولین و فروچاله در لایه‌های آهکی این تاقدیس محدود است و گسترش ندارد.



شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه، ترکیب باند ۷۴۱ (از سنجنده لندست، ۲۰۰۲)



شکل ۲- نمایی از تنگه بابا احمد، کوه ادیو، کوه گریوه و چشمه بی بی تلخون (دید به سمت شمال شرق)

ساختاری گسل‌ها، شکستگی‌ها و درزه‌های محدوده مورد مطالعه از نقشه زمین‌شناسی و تصویر ماهواره‌ای منطقه لالی (سنجنده لندست ۲۰۰۲) استخراج گردید. از اطلاعات بدست آمده طی مطالعات صحرایی نیز در تهیه نقشه‌های مورد نظر، استفاده شده است.

### روش مطالعه

با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ شرکت نفت ملی ایران (۱۳۴۵) و تصویر ماهواره ای منطقه، نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه ترسیم شده است (شکل ۳). با بکارگیری توانایی‌های سنجنش از دور و GIS سیمای

## موقعیت تکتونیکی و توالی چینهای

منطقه مورد مطالعه از لحاظ تکتونیکی بر اساس تقسیم بندی اشتوکلین (۱۹۶۸) در ناحیه زاگرس چین خورده و محل خمش جبهه کوهستان (MFF)<sup>۱</sup> واقع شده است (چرچی، ۱۳۸۶). شکل ۳ نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه را نشان می دهد. سازندهای قابل مشاهده در این محدوده به ترتیب سنی از قدیم به جدید عبارت از: آهک های ایلام- سروک، لایه های مارنی پابده-گورپی، آهک آسماری، لایه های گچی و مارنی گچساران، مارن میشان، ماسه سنگ آغا جاری، لهبری، کنگلومرای بختیاری و نهشته های کواترنری می باشد. تمام پوشش سطحی تاقدیس پابده از آهک های آسماری تشکیل شده است و سیستم های درز و شکاف و سیماهای کارستی نظیر کارن، حفرات انحلالی مختلف و دره های خشک کارستی در این سازند بخوبی گسترش دارد. از این رو این سازند به عنوان مهمترین واحد لیتولوژیکی کارستی در منطقه مورد مطالعه به حساب می آید. در شکل ۴ مقطع زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در جهت شرقی- غربی ارائه شده است. قرار داشتن بخش مارنی گچساران و میشان (در یال جنوب غربی تاقدیس پابده) در مجاورت آهک های کارستی ادیو به صورت یک سد هیدرولیکی برای آبخوان کارستی کوه ادیو عمل نموده و مانع از زهکشی ذخایر آب کارست به کنگلومرای بختیاری و آبرفت موجود در غرب و جنوب کوه ادیو شده است. بنابراین لایه های مارنی سازند گچساران و میشان در نگهداری آب در آبخوان کارستی سازند آهکی آسماری (تاقدیس پابده) و ظهور چشمه بی بی تلخون تأثیر مثبتی داشته است.

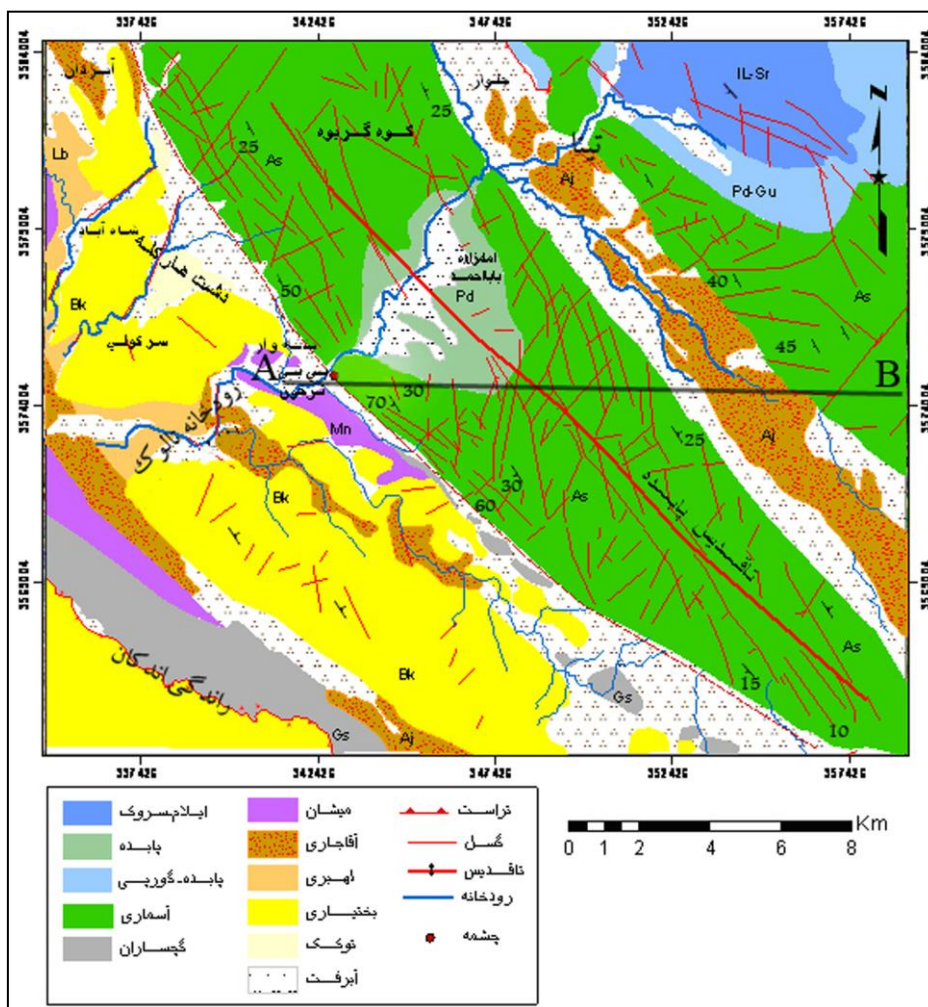
## چشمه ها

چشمه ها در مناطق آهکی معیار مناسبی برای تعیین درجه کارستیفیکاسیون هستند. کاهش تعداد چشمه ها در حواشی منطقه کارستی و تمرکز آنها با افزایش آبدهی در یک ناحیه مشخص، نشان دهنده توسعه و گسترش فرآیندهای کارست شدگی در عمق لایه های آهکی می باشد. در منطقه کارستی چنین شرایطی مشاهده می شود. در یال شمال شرقی و شمال غربی تاقدیس پابده چشمه کارستی در آهک آسماری مشاهده نمی شود و چشمه های بی بی- تلخون، تالوک و گریوه در محل ورودی به دره تالوک ظهور یافته اند. این چشمه ها از نوع کارستی هستند و در تمام طول فصل سال فعال می باشند.

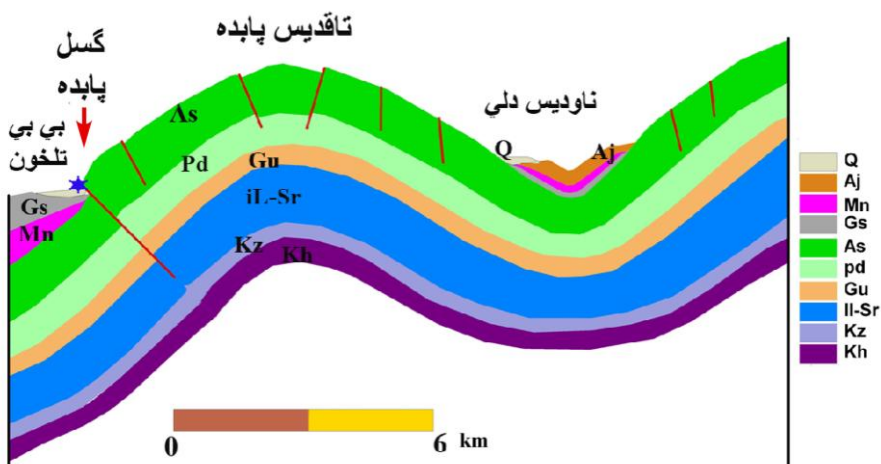
## چشمه بی بی تلخون

چشمه بی بی تلخون در سمت چپ رودخانه تالوک با آبدهی حداقل حدود  $1/5 \text{ m}^3/\text{s}$  در فصل خشک دبی پایه رودخانه تالوک را تأمین می کند (شکل ۲). کوه ادیو منبع اصلی تأمین کننده آب چشمه بی بی تلخون می باشد، از طرفی در فصل زمستان نفوذ آب از رودخانه تالوک در تغذیه آبخوان کارستی ادیو موثر است. هرچند دو دهنه اصلی چشمه در کنار هم قرار دارند، اما مظهر چشمه به صورت یک نقطه متمرکز نیست و آب در یک فاصله ۷۰ متری از حدود ۲۰ نقطه ظاهر می شود (کریمی، ۱۳۸۰ و آبشیرینی، ۱۳۸۴). با توجه به بازدیدهای صحرائی به احتمال زیاد مسیر اصلی جریان چشمه در سازند آهکی کوه ادیو قبل از رسیدن به دره تالوک به صورت یک مجرای بزرگ گسله و انحلالی می باشد.

<sup>۱</sup>- Mountain Front Flexure



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه و راستای مقطع (A-B)



شکل ۴- مقطع زمین‌شناسی (A-B) منطقه مورد مطالعه در جهت شرق- غرب

### چشمه تالوک

چشمه تالوک ۲۳۰ متر بالاتر از چشمه بی‌بی-تلخون میان رسوبات بستر موجود در دره تالوک و بین دو کوه ادیو و گریوه در راستای یکی از گسل‌های طولی ظاهر شده است و در رده گسلی-بستری قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه این چشمه در بستر رودخانه تالوک ظهور یافته است، نام تالوک برای آن انتخاب گردید. هر چند مظهر این چشمه کارستی به کوه ادیو نزدیک‌تر می‌باشد، اما بر اساس بازبینی‌های صحرایی و مطالعات زمین‌شناسی و به ویژه مشابه بودن کیفیت شیمیایی آب آنها احتمالاً چشمه تالوک با بی‌بی تلخون دارای ارتباط هیدرولیکی است و از کوه ادیو تغذیه می‌گردد.

### چشمه گریوه

چشمه کارستی گریوه در فاصله ۲۰۰ متری بالاتر از چشمه بی‌بی تلخون در آهک کوه گریوه در سمت راست رودخانه ظهور یافته است (شکل ۵). چند گسل طولی با روند شمال غرب-جنوب شرق و شیب ۴۵ درجه در جهت شمال شرق در محدوده ورودی دره وجود دارد. مظهر چشمه گریوه در داخل سنگ‌های کوچک و بزرگ و واریزه‌های آهکی در کرانه راست رودخانه تالوک قرار دارد. یک گسل در مجاورت چشمه گریوه وجود دارد که عملکرد و فعالیت آن موجب خرد شدگی و ایجاد درزه و شکاف‌های فراوانی شده است. همین زون شکسته شده در تشکیل چشمه گریوه موثر واقع شده است و تجمع بیشتر واریزه-های آهکی در محدوده این چشمه نیز ناشی از فعالیت این گسل می‌باشد، بنابراین این چشمه کارستی از نوع چشمه گسلی می‌باشد.

در محل ظهور چشمه باز شدگی قابل توجه لایه-های سازند آسماری و درزه‌های عرضی و مورب فراوانی با بازشدگی زیاد (حدود ۱۰ سانتی‌متر) به وضوح مشاهده می‌شود. واریزه‌های کوچک و بزرگ آهکی در محل تقاطع این مجرای کارستی با دره تالوک موجب پخش آب و تشکیل دهانه‌های زیاد این چشمه شده است. یکی از مواردی که در مطالعات مناطق کارستی مورد توجه قرار می‌گیرد بررسی حوضه آبریز چشمه‌ها می‌باشد. با توجه به متوسط بارندگی منطقه مورد مطالعه (۶۵۰ میلی‌متر)، میانگین آبدهی چشمه بی‌بی تلخون و میزان تخلیه آن ناشی از بارندگی در یک سال (QB) و درصد نفوذ بارندگی (I) با استفاده از رابطه  $Q_B = IAP$ ، با در نظر گرفتن ضریب نفوذ ۴۰ درصد (با توجه به تراکم درزه و شکستگی‌ها و ژئومورفولوژی منطقه)، مساحت حوضه آبریز این چشمه (A) حدود ۱۵۷ کیلومتر مربع برآورد شده است. از اینرو با توجه عملکرد گسل‌ها و شکستگی‌ها در تاقدیس پابده که در ادامه به آن پرداخته شده است، تمام پوشش کوه ادیو (بخش جنوب شرقی تاقدیس) به مساحت حدود ۱۱۰ کیلومتر مربع متشکل از آهک‌های درزه و شکافدار سازند آسماری منبع اصلی تأمین کننده آب چشمه بی‌بی تلخون می‌باشد. چشمه بی‌بی تلخون به عنوان مهمترین تخلیه کننده آبخوان کارستی تاقدیس پابده، دارای آبی از نوع سولفات-کلسیک است. هدایت الکتریکی، مجموع املاح و دمای اندازه گیری شده آب چشمه بی‌بی تلخون به ترتیب برابر ۱۲۶۰ میکروموس بر سانتیمتر، ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ۲۳/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.



شکل ۵- چشمه گریوه در جناح راست رودخانه تالوک (دید بسمت شمال)

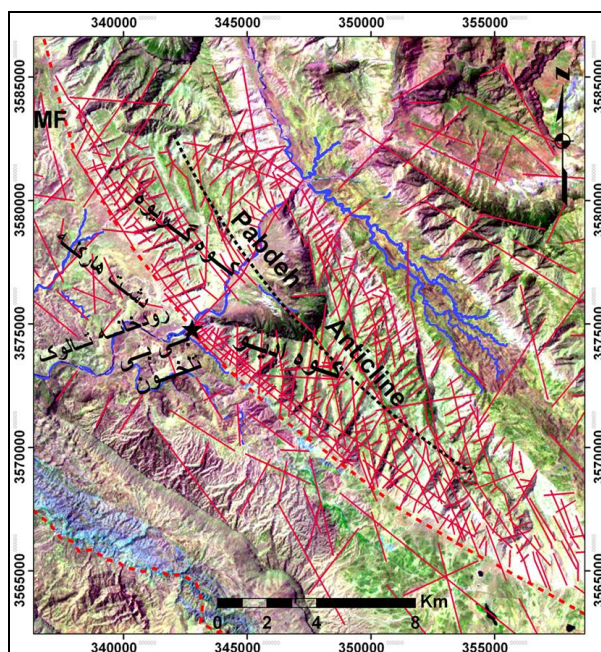
خطواره‌های با طول زیاد نیز در یال جنوب غربی کوه ادیو مشاهده می‌شود که موجب سهولت حرکت آب به چشمه بی‌بی تلخون هستند. با توجه به رز دیاگرام (شکل ۸) روند اصلی شکستگی‌های عرضی (عمود بر محور تاقدیس)، شمال شرق- جنوب غرب می‌باشد و دارای امتداد  $N 25 E$  تا  $N 50 E$  درجه هستند. شکستگی‌های طولی هم‌جهت با محور تاقدیس با روند شمال غرب- جنوب شرق دارای امتداد  $N 40 W$  تا  $N 60 W$  درجه هستند. بر این اساس در کوه ادیو دو جهت جریان غالب در سیستم کارستی وجود دارد، بطوری که آب زیرزمینی در جهت عرضی از NE به SW و در جهت طولی از SE به سمت NW به سمت مجاری اصلی چشمه بی‌بی تلخون حرکت می‌کند. از طرف دیگر مطالعه نقشه زمین‌شناسی و بازدید صحرایی از چشمه‌های بی‌بی تلخون، تالوک و گریوه و سیماهای انحلالی موجود در محدوده و محل ظهور آنها نشان می‌دهد که موقعیت تشکیل چشمه‌ها متأثر از روند خطی شکستگی‌ها می‌باشد.

**نقش شکستگی‌ها در توسعه آبخوان کارستی**  
شکستگی عبارت از یک ناپیوستگی مکانیکی مسطح در سنگ است که در نتیجه شکست سنگ شکننده تحت فشار کم و درجه حرارت معمولی پوسته زمین ایجاد می‌شود. شکستگی‌ها فضاهای بازی هستند که تخلخل ثانویه نامیده می‌شوند. از دیدگاه هیدروژئولوژی تشخیص شکستگی‌ها در رابطه با پتانسیل آبی حائز اهمیت می‌باشد. در شکل ۶ نمایی از سیستم شکستگی- های آهک آسماری در یال شرقی کوه ادیو مشاهده می‌شود.

تراکم درزه و شکستگی‌ها در کوه ادیو نشان دهنده نفوذ پذیری بیشتر و زون‌های دارای پتانسیل آبی می‌باشد. برای استخراج شکستگی‌ها و خطواره‌های منطقه مورد مطالعه از تصویر ماهواره‌ای ترکیب باند ۷۴۱ منطقه، نقشه زمین‌شناسی و داده‌های برداشتی عملیات صحرایی استفاده شده است. همان‌طور که در نقشه شکستگی‌ها (شکل ۷) مشاهده می‌شود، سطح تاقدیس پابده کاملاً خرد و شکسته شده و دارای درزه، شکستگی و گسل‌های فراوان است که تماماً به عنوان خطواره<sup>۱</sup> در نظر گرفته می‌شوند. خطواره‌ها پدیده‌های خطی هستند که بواسطه نیروهای تکتونیکی توسعه یافته و شکستگی‌های زیر سطحی و تخلخل ثانویه را آشکار می‌کنند (سوبا راثو، ۲۰۰۶). فراوانی خطواره‌ها در کوه ادیو بیشتر است، از طرفی

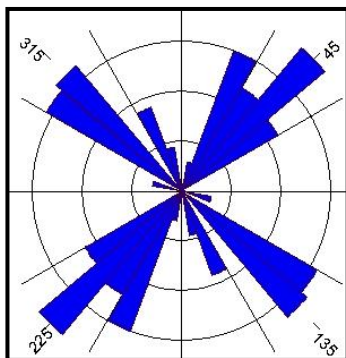


شکل ۶- سیستم شکستگی‌های آهک آسماری در کوه ادیو (دید بسمت غرب)



شکل ۷- نقشه شکستگی‌های محدوده مورد مطالعه

بر روی تصویر ماهواره‌ای



شکل ۸- رز دیاگرام شکستگی‌ها

در طول دره تالوک از سمت هسته تاقدیس به سمت چشمه بی‌بی تلخون (در جهت شمال شرق) شیب لایه‌بندی به طور ناگهانی تغییر می‌یابد، بطوری که شدت آن به سمت چشمه افزایش یافته و شیب لایه‌های آهکی کوه ادیو با شکستگی‌های فراوان به ۸۰ درجه می‌رسد، که نشان دهنده عملکرد گسل پابده می‌باشد. اشکال ۹، ۱۰ و ۱۱

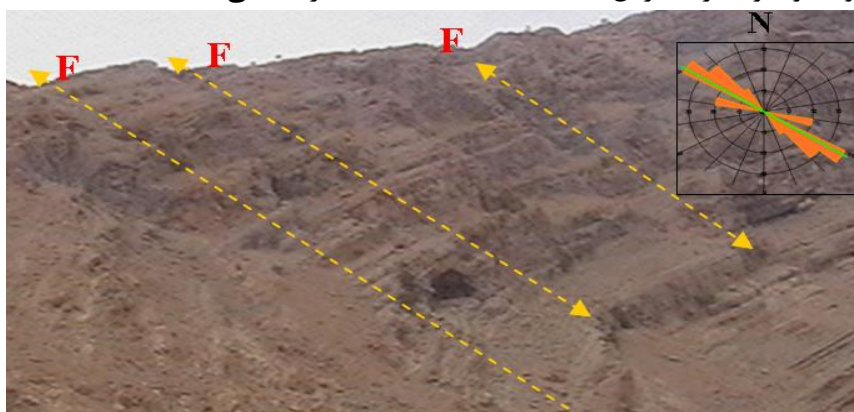
گسل پابده در محل خمش جبهه کوهستان با روند شمال غرب- جنوب شرق و طول حدود ۳۰ کیلومتر به موازات محور تاقدیس پابده منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. تشخیص این گسل از روی تصویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی محدوده مورد مطالعه با توجه به روند خطی آن و بازدیدهای صحرائی به سهولت امکان پذیر است.

### گسل‌های طولی



آسماری در سازند پابده که قاعده آبخوان کارستی به حساب می‌آید، نیز گسترش یافته‌اند (شکل ۱۱). بخشی از مسیر رودخانه تالوک در بالا دست چشمه بی‌بی تلخون فقط در فصل زمستان دارای آب است اما این رودخانه از محل چشمه به پایین دست به یک رودخانه دائمی تبدیل می‌شود. از طرفی در فصل زمستان بخشی از آب جاری در رودخانه تالوک در بالا دست چشمه از طریق این گسل‌ها و شکستگی‌های مورب در مسیر رودخانه، وارد آبخوان کارستی می‌شود (شکل ۱۰). با توجه به رز دیاگرام (شکل ۸)، گسل‌های طولی تاقدیس پابده در یال جنوبی کوه ادیو دارای امتداد ۱۲۰ تا ۱۳۵ درجه می‌باشند.

تعدادی از گسل‌های طولی تاقدیس پابده را نشان می‌دهند که امتداد آنها به دره تالوک می‌رسد. گسل‌های طولی در طول تاقدیس پابده نقش موثری در تسهیل انتقال آب به آبخوان کارستی دارند. طی پیمایش صحرایی در امتداد دره تالوک تعداد زیادی گسل با شیب بین ۴۵ تا ۸۰ درجه در تاقدیس پابده مشاهده گردید (شکل ۹). شیب این گسل‌ها در یال شمال شرقی عمدتاً به سمت جنوب غرب (به سمت هسته تاقدیس) و در یال جنوب غربی به سمت شمال شرق می‌باشد. شکل ۹ نمایی از عملکرد گسل در لایه‌های آهک آسماری را نشان می‌دهد، تعدادی از این گسل‌ها عمقی هستند و علاوه بر خرد کردن آهک‌های



شکل ۹- نمایی از گسل‌های طولی در دره تالوک و رزدیاگرام گسل‌ها (دید به سمت شمال)



شکل ۱۰- رودخانه تالوک و نفوذ آب به آهک از طریق گسل

شکل ۱۱- گسل ایجاد شده در لایه‌های مارنی پابده

آبخوان کارستی و ظهور چشمه بی‌بی‌تلخون را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

۱- گسل‌های عرضی و مورب منجر به توسعه سیستم درزه و شکستگی‌های تاقدیس پایده و بویژه کوه ادیو شده که به نوبه خود پتانسیل کارست‌شدگی منطقه را افزایش داده است.

۲- گسل‌های عرضی عمیق با قطع نمودن گسل‌های طولی (موازی محور چین) و لایه‌بندی آهک آسماری موجب توسعه مجاری و حفرات انحلالی کارست شده است. این گسل‌های عرضی موجب ارتباط ذخایر آبی به موازات محور تاقدیس پایده شده که در نهایت موجب گسترش آبخوان کارستی کوه ادیو که چشمه بی‌بی‌تلخون را تغذیه می‌کند شده است.

۳- مجراهای عرضی شبکه کارستی (مجاری عمود بر محور چین) به واسطه عملکرد همین شکستگی‌ها و گسل‌های عرضی در یال‌های تاقدیس تشکیل شده‌اند. حجم قابل توجهی از ذخایر آب سیستم کارستی در داخل همین مجراها ذخیره شده و موجب تغذیه چشمه بی‌بی‌تلخون می‌شود.

بطور کلی گسل‌ها و شکستگی‌های عرضی شرایط ارتباط هیدرولیکی آبخوان‌های کارستی تشکیل شده در یال شمال شرقی با ذخایر آب سیستم کارستی یال جنوب‌غربی را فراهم آورده‌اند. بالا بودن آبدی چشمه کارستی بی‌بی‌تلخون می‌تواند نشان‌دهنده ارتباط هیدرولیکی آبخوان‌های کارستی در دو یال تاقدیس پایده (کوه ادیو) از طریق گسل‌های عرضی و شکستگی‌ها و داشتن حوضه آبگیر وسیع باشد. مساحت یال جنوب‌غربی تاقدیس پایده (بخش ادیو) حدود ۵۵ کیلومتر مربع است در حالیکه مساحت حوضه آبگیر چشمه بی‌بی‌تلخون حدود ۱۵۷ کیلومتر مربع برآورد گردید که می‌تواند تأییدی بر ارتباط هیدرولیکی آبخوان‌های کارستی در دو یال تاقدیس پایده باشد.

روند این گسل‌ها نشان می‌دهد که یک جهت جریان غالب در آبخوان کارستی ادیو از سمت دماغه جنوب شرقی تاقدیس پایده به سمت چشمه بی‌بی‌تلخون وجود دارد و آب ذخیره شده در آبخوان کارستی را به چشمه هدایت می‌کنند. عملکرد گسل‌های طولی و راندگی در طی فعالیت‌های تکتونیکی و چین‌خوردگی در محدوده تاقدیس پایده موجب خرد شدگی، افزایش نفوذپذیری و توسعه آبخوان کارستی آهک‌های آسماری شده است. ریزش‌های جوی بر روی سطح تاقدیس پایده (بخصوص کوه ادیو) از سیستم درزه و شکستگی‌ها به درون آهک و کارست نفوذ می‌کند و از طریق گسل‌های طولی و مجاری انحلالی آبخوان کارستی به سمت نقاط خروجی (چشمه بی‌بی‌تلخون) حرکت می‌کند.

### گسل‌ها و شکستگی‌های عرضی و مورب

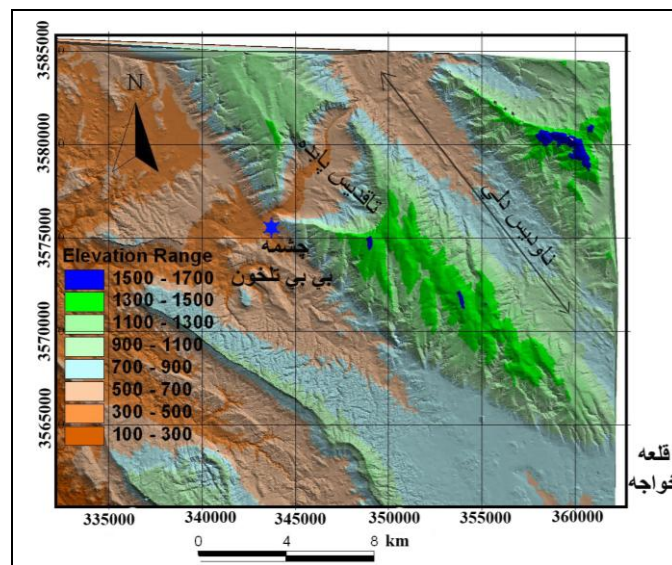
گسل‌های عرضی و مورب با قطع نمودن لایه‌بندی‌ها و برخورد با گسل‌های طولی، در افزایش خرد شدگی‌ها و سیستم شکستگی‌ها موثرند و موجب ارتباط کانال‌های طولی آبخوان کارستی شده‌اند. این گسل‌ها در فرآیندهای هیدروژئولوژیکی کارست همچون تسهیل جریان آب زیرزمینی، انحلال و توسعه کارست نیز حائز اهمیت هستند. چند گسل عرضی و مورب در تاقدیس پایده از هسته تاقدیس عبور کرده و امکان ارتباط هیدرولیکی بخش‌های آهکی آسماری یال شمال شرقی و یال جنوب‌غربی تاقدیس پایده را فراهم آورده است. عمق تأثیر تعدادی از گسل‌ها به درون سازند پایده در زیر آهک آسماری می‌رسد. عملکرد این گسل‌های عرضی و مورب در بخش کوه ادیو به خوبی که به نوبه خود در تسهیل جریان آب از بخش‌های یال شمال شرقی به یال جنوب‌غربی تاقدیس پایده که محل ظهور چشمه بی‌بی‌تلخون است موثر واقع شده است. نقش گسل‌های عرضی در ایجاد و توسعه

بیشتر توده‌های آهکی حوضه کارستی زاگرس، اختلاف ارتفاع موجب شده است که توسعه سیستم کارست در ساختارهای نامتقارن به صورت غیر یکنواخت باشد. بخشی از گستره آهکی که دارای ارتفاع کمتری است و به نقاط خروجی آبخوان و به سطح اساس فرسایش نزدیک‌تر است، دارای پتانسیل بیشتری برای تشکیل و توسعه کارست شدگی می‌باشد. چنین مشخصه-ای در تاقدیس آهکی پابده که یک تاقدیس نامتقارن است به خوبی مشاهده می‌شود. نقشه رقوم ارتفاعی تاقدیس پابده و مناطق مجاور آن در شکل ۱۲ ارائه شده است.

فعالیت‌های تکتونیکی در سنگ‌های کربناته تاقدیس پابده نقش موثری در تشکیل کارست و توسعه کارست‌شدگی ایفا نموده است و ظهور چشمه‌های کارستی بی‌بی‌تلخون و گریوه در زون گسله تنگ بابا احمد خود تأییدی بر تأثیر عملکرد نیروهای تکتونیکی در ایجاد منابع آب کارستی می‌باشد.

### نقش توپوگرافی در توسعه کارست منطقه

توپوگرافی یکی از متغیرهای کنترل‌کننده فرآیندهای کارستی می‌باشد (وایت، ۱۹۸۸). در بعضی مناطق کارستی توپوگرافی می‌تواند در انتخاب مسیر جریان آب تأثیر گذار باشد. در



شکل ۱۲- نقشه رقوم ارتفاعی تاقدیس پابده و مناطق مجاور آن

به سمت یال جنوب غربی و چشمه بی‌بی‌تلخون وجود دارد و از دیدگاه توپوگرافی یال جنوب غربی کوه ادیو و محدوده چشمه بی‌بی‌تلخون بیشترین پتانسیل کارست‌شدگی را دارد. در واقع ظهور چشمه‌های بی‌بی‌تلخون، گریوه و تالوک در محدوده تنگ بابا احمد موید نقش توپوگرافی به عنوان یک عامل موثر در تشکیل و توسعه آبخوان کارستی می‌باشد.

تراز سطح زمین در یال شمال شرقی تاقدیس پابده (ناودیس دلی) حدود ۱۵۰ متر بیشتر از یال جنوب غربی و مظهر چشمه بی‌بی‌تلخون است و تراز ارتفاعی لایه‌های آهکی آسماری در دماغه تاقدیس پابده در ناحیه قلعه خواجه حدود ۴۰۰ متر بیشتر از مظهر چشمه بی‌بی‌تلخون است. بنابراین شرایط توپوگرافی برای جریان آب از نواحی شرقی و دماغه جنوب شرقی تاقدیس پابده

## نتیجه گیری

فعالیت تکتونیکی منطقه و گسل خوردگی شدید آهک‌های سازند آسماری در تاقدیس پابده یک زون کاملاً شکسته و خرد شده را بوجود آورده است که همراه با انحلال منجر به توسعه آبخوان کارستی در این ناحیه شده است. کوه ادیو با کارست‌شدگی بیشتر نسبت به گریوه بخش اصلی ذخیره آب کارستی را دارد و سازند مارنی پابده در زیر آهک آسماری قاعده آبخوان کارستی می‌باشد. عملکرد گسل پابده موجب افزایش شیب لایه‌های آهکی (۸۰ درجه) در محدوده تنگ بابا احمد شده است. گسل‌ها و شکستگی‌های عرضی کوه ادیو با قطع نمودن گسل‌های طولی و لایه‌بندی باعث ارتباط مجاری انحلالی کارست و ذخایر آبی توسعه یافته در بخش‌های مختلف توده‌های آهکی کوه ادیو شده‌اند. چشمه بی‌بی‌تلخون با آبدهی نسبتاً زیاد (حداقل  $1/5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) مهمترین تخلیه کننده سیستم کارستی منطقه و منعکس کننده توسعه آبخوان کارستی آهک آسماری می‌باشد. بر اساس رز دیاگرام شکستگی‌ها، در آبخوان کارستی ادیو آب در دو جهت NE به SW و SE به NW به سمت مجاری اصلی چشمه بی‌بی‌تلخون جریان دارد. از دیدگاه توپوگرافی یال جنوب‌غربی تاقدس پابده (کوه ادیو) و محدوده تنگ بابا احمد با کمترین ارتفاع، بیشترین پتانسیل کارست‌شدگی را داشته است. ظهور چشمه گسلی- کارستی بی- بی‌تلخون، گریوه و تالوک در محدوده تنگه بابا احمد تأییدی بر تأثیر عملکرد نیروهای تکتونیکی و عامل توپوگرافی در تشکیل و توسعه آبخوان کارستی منطقه می‌باشد.

## تشکر و قدردانی

از اساتید و کارکنان گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید چمران که در انجام این پژوهش مساعدت کرده‌اند، سپاسگزاری می‌شود.

## منابع

- Kalantari N. and Farzad A., 2001. Groundwater occurrence in Fariab tectonic valley. *Journal of Applied Hydrology*, XIV, p. 18-23.
- Rahnemai, M., 2005. Application of spectral analysis of daily water level and spring discharge hydrographs data for comparing physical characteristics of karstic aquifers. *Journal of Hydrology* v. 311, p. 106-116.
- Stoclin, J., 1968. Structural history and tectonic of Iran, A review. *American of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 52 (7), p. 1229-1258.
- Subba Rao N., 2006. Groundwater potential index in a crystalline terrain using remote sensing data. *Environmental Geology*, v. 50, p. 1067-1076.
- White, W.B., 1988. *Geomorphology and hydrology of Karst Terrains*. Oxford Univ. Press, New York.
- آبشیرینی، ا.، ۱۳۸۴. کاربرد تکنیکهای سنجش از دور و GIS در شناخت و پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی کارست در تاق‌دیس پابده-لالی، پایان نامه کارشناسی ارشد آب شناسی، گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز.
- افراسیابیان، ا. و رضایی، م.، ۱۳۷۸. بررسی سازندهای آهکی حوضه آبریز خلیج فارس از نظر پتانسیل منابع آب کارستی. سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، شیراز.
- چرچی، ع.، ۱۳۸۶. تحلیل ساختاری منطقه فروافتادگی دزفول شمالی - استان خوزستان، پایان نامه دکتری تکتونیک، دانشگاه شهید بهشتی.
- شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۴۵. نقشه زمین-شناسی مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، برگه کوه کمستان، شماره E ۲۰۸۲۱.
- کریمی، ا.، ۱۳۸۰. مطالعه هیدرولوژی آبخوان کارستی تاق‌دیس پابده-لالی، پایان نامه کارشناسی ارشد آب شناسی، گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز.
- کشاورزی، م.، کلانتری، ن. و چرچی، ع.، ۱۳۸۶. ارزیابی آب چشمه بی‌بی‌تلخون در تأمین آب آبیاری دشت هارکله. یازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی، مشهد.
- Das, D., 1990. Satellite remote sensing in subsurface water targeting. *Proceeding ACSMASPRS. Annual Convention*, p. 99-103.
- Fetter, C. W., 1999. *Contaminant Hydrogeology*. Prentice Hall Inc., N.J.
- Ford, D.C. and Williams, P.W., 1988. *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman, USA.