

تکوین زمین‌ساختی و مدل ساختاری پنجره زمین‌ساختی آق‌دربند

نویسنده: دکتر سهراب شهریاری*، دکتر فرزین قائمی**، دکتر سید رضا موسوی حرمی** و دکتر عبدالله سعیدی***

Tectonic Evolution and Structural Model of Aghdarband Tectonic Window

By: Dr. S. Shahriari*, Dr. F. Ghaemi*, Dr. R. Moussavi-Harami* & Dr. A. Saeedi

چکیده

پی‌سنگ حوضه رسوبی کُپه داغ از واحدهای سنگی پیش از ژوراسیک تشکیل شده است. این نهشته‌ها که در منطقه آق‌دربند رخمون دارند، در کوهزایی‌های هرسی‌نین، سیمیرین و آلپین به شدت دگر شکل شده‌اند (شکل ۱). کوهزایی هرسی‌نین سبب دگرگونی تا حد رخساره شیست سبز همراه با گسلش شدید در سنگها شده، در حالی که، کوهزایی سیمیرین در تریاس منطقه را تحت تاثیر فعالیت گسلهای راندگی قرار داده است. در پایان، کوهزایی آلپین از زمان پالئوژن تا عهد حاضر سبب چین خوردگی نهشته‌های حوضه کُپه داغ را باعث شده که در ابتدا گسلش راندگی و به دنبال آن گسلش مورب لغز (امتداد لغز با مؤلفه معکوس) را در منطقه ایجاد کرده است و هنوز فعالیت این گسلهای مورب لغز ادامه دارد.

واحدهای سنگی موجود در پی‌سنگ، شامل سنگهای رسوبی و آذرین است. سنگهای رسوبی، بیشتر شامل واحدهای آواری، کنگلومرا، ماسه‌سنگ و شیل با سن احتمالی دونین تا تریاس می‌شود که بیشتر آنها از یک منشأ آذرین تغذیه شده‌اند. بیشترین پوشش نهشته‌های این منطقه، شامل نهشته‌های تریاس است. سنگهای آذرین که رخمون کوچکی در جنوب باختری پنجره آق‌دربند دارند را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد:

- ۱- مجموعه اُفیولیت دره انجیر که بیشتر شامل سنگهای اولترامافیک و گابروبی است.
- ۲- توفهای اسیدی. این مجموعه به صورت ورقه‌های نازک توسط گسلهای راندگی بر روی مجموعه اُفیولیتی رانده شده و با آن درهم آمیخته است.

کلید واژه‌ها: پنجره تکتونیک آق‌دربند، حوضه کُپه داغ، بلوک توران، پالئوتتیس، کوهزایی‌های هرسی‌نین، سیمیرین و آلپین، گسل راندگی.

Abstract

The basement of Kopet-Dagh basin is formed of pre-Jurassic rock units. The exposed units in Aghdarband area were strongly deformed during Hercynian, Cimmerian and Alpin orogenies. Hercynian orogeny generated metamorphism of green schist facies with strong faulting, whereas Cimmerian orogeny caused Triassic thrust faulting. Alpine orogeny (Paleogene to Recent) caused the folding of sediments of the Kopet-Dagh basin and had formed initially thrust faults and then, oblique slip faults (strike slip with reverse movement) in the region. These faults are still active.

Rock units in the basement contain sedimentary and igneous rocks. The sedimentary rocks are composed mainly of volcanogenic siliciclastic sediments, including conglomerate, sandstone and shale (Devonian to Triassic age).

The small outcrops of igneous rocks are exposed in the southwest of the Aghdarband area and include two rock units:

- 1-Darreh Anjir ophiolite complex that contains gabbro and ultramafic rocks.
- 2-Acid tuffs.

These rocks were mixed with ophiolitic rocks by thrust faults and appeared in the form of thin nappes.

Keywords: Aghdarband tectonic window, Kopet-Dagh basin, Turan block, Paleotethys, Hercynian-Cimmerian and Alpine orogeny, Thrust fault.

مقدمه

سواحل دریای خزر در خاک ترکمنستان آغاز و تا انتهای شمال خاور ایران و اندکی نیز در خاک افغانستان ادامه می‌یابد. ضخامت این نهشته‌ها

حوضه رسوبی کُپه داغ در شمال خاور ایران، در بر دارنده نهشته‌های ژوراسیک تا ائوسن است که با یک روند ساختاری WNW-ESE از

ب) کنگلومرای آتشفشان‌زاد تیره رنگ (PzC) که با همبندی گسلی در کنار واحد اول قرار گرفته است،

ج) آهک متبلور ضخیم لایه تا توده‌ای (PzL) که دایکهای دیابازی به شدت بر آن اثر کرده‌اند.

با توجه به وجود آثار فسیلی موجود در سنگ آهکها، یک بازه سنی کربنifer تا پرمین برای این گروه در نظر گرفته شده است (افتخارنژاد و بهروزی، ۱۹۹۱؛ روتنر، ۱۹۹۱).

۲- دومین گروه سنگی معرفی شده توسط روتنر، شامل واحدهای I تا V سیلیسی آواری و سازند قره‌قیطان (TrQ) است. واحدهای I تا V بیشتر از کنگلومرای آتشفشان‌زاد قاره‌ای به همراه لایه‌هایی از ماسه‌سنگ، آرکوز و شیل تشکیل شده است که به صورت ورقه‌های متعدد رورانده در دیواره جنوبی معدن آق در بند و در شمال گسل شاه‌توتک رخنمون دارند.

واحدهای I تا V از نظر ویژگیهای سنگ‌شناسی بسیار شبیه به سازند قره‌قیطان است که به آن اشاره خواهد شد، اما دگرگونی به نسبت بیشتری را متحمل شده‌اند، بنابراین، مجموعه فوق، به احتمال زیاد نشان دهنده بخشهای قدیمی‌ترین سازند است.

سازند قره‌قیطان بیشتر شامل مجموعه‌ای از نهشته‌های سیلیسی-آواری سرخ رنگ است که در یک سامانه رودخانه‌ای بر جای گذاشته شده‌اند. این مجموعه بیشتر از ماسه‌سنگ، سیلتستون و شیل تشکیل شده است و بیشترین رخنمونهای سنگی را به‌ویژه در بخش جنوبی منطقه تشکیل می‌دهد. تعیین سن جدیدترین قلوه‌های آهکی موجود در آن، بیان‌کننده سن پرمین پسین است. بنابراین سن تقریبی این مجموعه، تریاس (اسکیتین پیشین) در نظر گرفته شده است (افتخارنژاد و بهروزی، ۱۹۹۱). روتنر این مجموعه را معادل مولاس هرسی‌نین در نظر گرفته که توسط زمین‌شناسان روسی در منطقه قفقاز بررسی شده است (روتنر، ۱۹۹۱).

۳- سومین گروه سنگی از مجموعه آق در بند، در ابتدا با نام گروه یا سازند آق در بند معرفی شد (روتنر، ۱۹۸۴)، اما سپس، به چهار سازند مختلف تقسیم شد (روتنر، ۱۹۹۱) که به ترتیب عبارتند از:

الف) سازند آهکی سفید کوه (TrSK)، با ضخامت حدود ۲۰۰ متر که با یک بخش نازک توف و کنگلومرای تیره رنگ آغاز شده و شامل آهکهای ضخیم لایه، آهک زرد توده‌ای و آهک نازک لایه خاکستری است. این سازند، ویژگی‌های ته‌نشینی در آبهای کم ژرفا را نشان می‌دهد. براساس مطالعات فسیلی، سن این واحد اسکیتین پسین تعیین شده است (کریستین و تاتزرایتر، ۱۹۹۱؛ روتنر، ۱۹۹۱).

ب) سازند نظر کرده (TrN) که رخنمونهای محدود و ضخامت کمی دارد و ابتدا به عنوان افق فسیلی ۱ و بخش بالایی سازند سفید کوه در نظر گرفته شده است. این واحد از یک سنگ آهک چرتی نازک لایه تشکیل شده است که به سمت بالا به سنگ آهک گرهرکی همراه با درون‌لایه‌هایی

حدود ۵ تا ۷ هزار متر است که چین خوردگی آرامی را به همراه مجموعه کم تراکمی از راندگی‌های رو به جنوب باختر نشان می‌دهند (افشار حرب، ۱۳۷۳). پی‌سنگ این حوضه، در داخل خاک ایران، فقط در منطقه آق در بند رخنمون دارد. این ناحیه در فاصله صد کیلومتری خاور- جنوب خاور مشهد، در شمال جاده مشهد - صالح آباد و در حاشیه جنوبی رودخانه کشف رود قرار گرفته است (شکل ۱).

این مجموعه پی‌سنگی، نخستین بار توسط گلدشمیت در سال ۱۹۵۶ معرفی شد و با یک ناپوستگی دگرشیب در زیر سازند کشف رود با سن ژوراسیک قرار گرفته است. اشوتکلین (۱۹۶۸ و ۱۹۷۲) در این محدوده چند مقطع چینه‌شناسی تهیه کرد. کامل‌ترین مطالعات زمین‌شناسی در این منطقه، توسط روتنر بین سالهای ۱۹۷۵ تا ۱۹۷۶ و به منظور بررسی ذخایر ذغال سنگ ناحیه معدنی آق در بند که نهشته‌های تریاس دیده می‌شود، در منطقه معدنی آق در بند انجام شده. در این مطالعه، نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰ از محدوده معدنی در شمال پنجره آق در بند تهیه شد و سپس براساس نمونه برداریهای انجام شده توسط وی، مطالعات دیگری صورت گرفت که منجر به ارائه مقاله‌های گردید (۱۹۸۰، ۱۹۸۴، ۱۹۹۱، ۱۹۹۳). به دنبال آن، در تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تربت جام، این منطقه توسط افتخارنژاد و بهروزی (۱۹۹۱، ۱۳۶۳) بررسی شد. روتنر (۱۹۸۰) این منطقه را به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند که توسط گسل شاه‌توتک از هم جدا می‌شوند و مطالعات وی بیشتر به بخش شمالی محدود می‌شود. باو و استامفلی (۱۹۸۹) که در این منطقه مطالعاتی انجام داده‌اند، ناحیه آق در بند را به عنوان یک مجموعه پشت کمانی معرفی کرده‌اند. علوی و دیگران (۱۹۹۷) به مقایسه ناحیه آق در بند و منطقه نخلک در ایران مرکزی پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که مجموعه‌های نخلک و آق در بند در یک حوضه زمین‌ساختی- رسوبی مشابه در حاشیه شمالی اقیانوس دیرینه تیس و جنوب صفحه توران تشکیل شده‌اند و به دنبال آن، در اثر چرخش پادساعتگرد ۱۳۵ درجه‌ای ریز قاره ایران مرکزی در (داوود زاده و دیگران، ۱۹۸۱)، نهشته‌های پرموتریاس نخلک در موقعیت امروزی قرار گرفته‌اند.

چینه‌شناسی مجموعه آق در بند

روتنر سه گروه از سنگهای رسوبی را در منطقه معرفی کرده است (شکل ۲).
۱- نخستین گروه سنگی شامل پی‌سنگ کمی دگرگون شده هرسی‌نین است. و واحدهای سنگی شناخته شده در این مجموعه عبارتند از:

الف) توالی آتشفشان‌زاد لایه‌های شیل، ماسه‌سنگ و آهک نازک لایه (PzS) که نشانگر نهشته‌های پلاژیک است و ساختارهای موجود در جریانهای توریدیتی درون آنها قابل مشاهده است،

ساختارها با فعالیتهای زمین‌ساختی و کوهزایی گوناگون مورد بررسی قرار گرفته است. برای رسیدن به این هدف، از مطالعات صحرایی، بررسی عکسهای هوایی و همچنین پردازش عکسها و اطلاعات رقومی ماهواره‌ای استفاده شده است و سرانجام نقشه ساختاری پنجره زمین‌ساختی آق‌دربند تهیه شده است (شکل ۳).

ساختارهای زمین‌شناسی در پنجره زمین‌ساختی آق‌دربند

با توجه به این که این منطقه دست کم، دو رخداد کوهزایی را پشت سر گذاشته است، به شدت تحت تاثیر فعالیتهای زمین‌ساختی قرار گرفته، به گونه‌ای که ارتباط واحدهای سنگی بیشتر توسط گسلها کنترل می‌شود. شدت این گسلش‌ها با یک نگاه اجمالی به نقشه ساختاری منطقه مشخص خواهد شد. در ابتدا، به اختصار به بررسی چینها و سپس به بررسی کامل گسلها می‌پردازیم.

الف) چینها

چین‌خوردگی‌های زیادی بیشتر در ارتباط با گسلها، با اندازه‌های مختلف در این سنگها تشکیل شده است. به بیان دیگر، این چینها در مراحل تکاملی تشکیل گسلهای راندگی ایجاد شده و در رده چینهای پیشروی گسل (Fault-propagation folds) قرار می‌گیرند. برای بررسی دقیق‌تر این چینها، محور آنها در ۲۴ نقطه اندازه‌گیری شده و نتیجه آن در شکل ۴ به صورت منحنی‌های تجمعی در استریوگرام نشان داده شده است. براساس این نتایج، محور میانگین چینها ۱۷- S66E و در رده دوم ۳۵- S50E تعیین شده است. موازی بودن تقریبی راستای محور چینها با روند بیشتر گسلهای راندگی، تأییدی بر ارتباط و همزادی چینها و گسلهای موجود در این منطقه است. بر همین اساس، راستای تنش اصلی ایجادکننده دگرشکلی‌ها در منطقه حدود S 25W - N25E است.

ب) گسلها

گسلهای منطقه را می‌توان به دو رده اصلی تقسیم کرد که شامل گسلهای راندگی و گسلهای امتداد لغز است. امتداد گسلهای راندگی، بیشتر NW-SE، در حالی که راستای گسلهای امتداد لغز در جهت‌های گوناگونی است.

اکنون براساس زمان فعالیت، رده‌های گوناگون گسلها در منطقه بررسی می‌شود.

۱- گسلهای موجود در پی‌سنگ هرسی‌نین

مجموعه سنگهای پالئوزویسک در پنجره آق‌دربند بر اثر کوهزایی هرسی‌نین، دگرگونی را در حد رخساره شیبست سبز تحمل کرده‌اند، که

از مارن توفی، شیل و یا ماسه‌سنگ تبدیل می‌شود. سن این واحد، آنیزین پیشین تعیین شده است (کریستین و تاتزرایتر، ۱۹۹۱).

ج) سازند آتشفشان‌زاد سینا (TrS) از توالی ماسه‌سنگ و شیل توفی، مارن و آهک توفی با لایه‌بندی نازک تشکیل شده است. قله‌های سیلیسی آواری، اصلی‌ترین اجزای این سازند را تشکیل می‌دهند و به رنگ سبز و با ضخامت ۴۰۰ تا ۷۰۰ متر دیده می‌شود.

این سازند به دو بخش تفکیک شده است:

۱- بخش ماسه‌سنگی زیرین

۲- بخش شیل توفی بالایی

براساس مطالعات فسیلی، سن احتمالی این سازند، لادینین پسین تا کارنین پیشین پیشنهاد شده است (اوبرهاوزر، ۱۹۹۱؛ کریستان-تولمن، ۱۹۹۱a، ۱۹۹۱b).

د) آخرین واحد گروه آق‌دربند، سازند میانکوهی (TrM) است که بیشتر شامل شیل‌های قهوه‌ای رنگ است و در بین آن لایه‌هایی کم ضخامت از ماسه‌سنگ دیده می‌شود. در قاعده این سازند، یک لایه زغالی وجود دارد که وجود بقایای گیاهی، سن نورین را برای آن مطرح می‌کند (روتتر، ۱۹۹۱). در حال حاضر، از این لایه زغالی مورد بهره‌برداری می‌شود.

جوان‌ترین نهشته‌های تریاس، شامل لایه‌های شیلی قلعه‌گبری است که در انتهای شمال خاوری منطقه با ضخامت ۱۰ تا ۲۰ متر رخمون دارد و شامل ماسه‌سنگ کوارتزی سفیدرنگ است که با یک ناپوستگی دگرشیب و به صورت افقی بر روی سازند آهک سفید کوه دیده می‌شود. وجود فسیل گیاهی، سن رتین را برای این مجموعه مطرح می‌کند (روتتر، ۱۹۹۱).

افزون بر واحدهای رسوبی اشاره شده، در جنوب باختری پنجره آق‌دربند، مجموعه‌ای از سنگهای مجموعه آفیولیتی به نام دره‌انجیر (افتخارنژاد و بهروزی، ۱۳۷۰، ۱۹۹۱) به صورت آمیزه زمین‌ساختی همراه با توفهای اسیدی دیده می‌شود. مجموعه آفیولیت دره‌انجیر، بیشتر شامل متاپریدوتیت، سرپانتینیت و متاگابرو به همراه اسلیت و میان‌لایه‌های ماسه‌سنگ دگرگون‌شده است که توسط گسلهای راندگی متعدد با توفهای اسیدی مخلوط شده‌اند.

مجموعه سنگهای پنجره آق‌دربند، توسط نهشته‌های حوضه رسوبی کپه داغ پوشیده شده و شروع این رسوبگذاری با نهشته‌های سیلیسی-آواری قاعده سازند کشف‌رود (JK) است که به سمت بالا به تدریج به نهشته‌های دریایی تبدیل می‌شود که در یک دریای برقراره‌ای بر جای گذاشته شده است.

در این پژوهش، سعی شده است ساختارهای اصلی زمین‌شناسی موجود در منطقه معرفی شود. علاوه بر این، ساختارهای زمین‌شناسی، به ترتیب زمان فعالیت و در امتدادهای گوناگون جدا شده‌اند. همچنین ارتباط این

بقیانوس دیرینه تئیس فعال بوده‌اند و باید آنها را جزو گسل‌های هرسی‌نین در نظر گرفت. با توجه به شباهت زیاد ویژگی‌های این دو رده گسل، آنها را به سختی می‌توان از هم تفکیک کرد.

۳- گسل‌های راندگی مرحله دوم (TB)

این سری گسل‌ها با امتداد تقریبی شمال باختر - جنوب خاور، دارای شیب به نسبت کمی به سوی جنوب باختر و راندگی به سمت شمال خاور دارند (روتر، ۱۹۹۱). جهت راندگی را به خوبی می‌توان با خطوط لغزش و بویژه چین‌های پیشروی گسل که گاه با اندازه‌های بسیار بزرگ و برگشتگی به سمت شمال خاور در لایه‌های موجود بر روی گسل‌ها شکل گرفته‌اند، تعیین کرد. این سری گسل‌ها نیز به نسبت رفتار شکل‌پذیر نشان می‌دهند (شکل‌های ۱۳ تا ۱۸).

نکته جالب توجه در منطقه مورد مطالعه این است که در سمت شمال معدن آق‌دربند، گسل‌ها بیشتر از رده TA و در سمت جنوب معدن بیشتر از رده TB هستند و به سمت جنوب با گذشتن از گسل شاه‌توتک، تعداد گسل‌های هر دو رده بسیار کاهش می‌یابد. گسل‌هایی که در این رده قرار می‌گیرند نیز توسط ناپیوستگی دگرشیب موجود در قاعده واحدهای سنگی ژوراسیک بریده شده‌اند. ورقه‌های رورانده‌ای متشکل از مجموعه‌های سنگی پرمین تا تریاس پسین توسط این گسل‌ها حمل شده‌اند. بنابراین، سن نسبی آنها نزدیک به رده TA و همزمان با کوهزایی سیمین است.

۴- گسل‌های راندگی مرحله سوم (TC)

این رده، جوان‌ترین گسل‌های راندگی در منطقه را شامل می‌شوند. روند آنها مانند گسل‌های TB، شمال باختری - جنوب خاوری است و شیبی متفاوت از بسیار کم تا متوسط رو به شمال خاوری دارند (شکل‌های ۱۹ تا ۲۲). چین‌های پیشروی گسل موجود بر روی این راندگی‌ها، تمایل و برگشتگی به سمت جنوب خاور را نشان می‌دهند که بیان‌کننده جهت راندگی به سوی جنوب خاور است. این گسل‌ها، بیشتر شکل‌پذیر عمل کرده‌اند. این راندگی‌ها، گسل‌های قدیمی‌تر را بریده و در جنوب ناحیه، سبب رانده شدن سازند قره‌قپطان روی مجموعه اُفیولیتی شده‌اند. افزون بر آن، همین گسل‌ها، مجموعه سازند قره‌قپطان و اُفیولیت را روی واحدهای سنگی جوان‌تر از تریاس حوضه کُبه‌داغ در جنوب پنجره آق‌دربند رانده‌اند. در مطالعات پیشین، پنجره آق‌دربند تنها به‌عنوان هسته فرسایش یافته یک تاق‌دیس در نظر گرفته شده بود، در حالی که در بخش جنوبی، مجموعه پی‌سنگ پیش از ژوراسیک، روی نهشته‌های جوان‌تر، رانده شده است. بنابراین، پنجره آق‌دربند را باید به‌عنوان رخنمون فرسایش‌یافته‌ای از یک چین پیشروی گسل بسیار بزرگ بر روی یک ورقه رورانده در نظر

به دلیل شدت کم این دگرگونی، برخی ساختارهای اولیه و حتی فسیل‌های موجود در سنگ‌ها هنوز حفظ شده‌اند.

همزمان با این فعالیت کوهزایی، گسل‌های مختلفی در منطقه فعال شده‌اند که بیشتر به صورت راندگی با امتداد NW-SE و جهت حرکت به سمت جنوب خاور دیده می‌شوند. افزون بر این، گسل‌هایی با امتداد NNE-SSW و گروهی دیگر با امتداد NNW-SSE در منطقه قابل دیدن است. در مطالعات گذشته، هیچ اشاره‌ای به این گسل‌ها نشده است. این سری گسل‌ها با رسیدن به واحدهای سنگی جوان‌تر از پرمین بریده می‌شوند.

گسل‌های بالا در شرایطی بیشتر شکل‌پذیر عمل کرده‌اند، به گونه‌ای که در سطح گسل‌ها زون برشی به همراه چین پیشروی گسل، ایجاد شده است و خردشدگی در سطح گسل‌ها دیده نمی‌شود. این گسل‌ها حتی دوپلکس‌هایی ایجاد کرده‌اند که در اندازه‌های کوچک در درون سنگ‌ها قابل دیدن است. نمونه‌ای از آن در شکل ۵ دیده می‌شود.

دگرگونی و به‌هم‌ریختگی این مجموعه‌های سنگی توسط گسل‌های جوان‌تر سبب شده که مطالعه دقیق‌تر این گسل‌ها امکان‌پذیر نباشد. نمونه‌ای از این گسل‌ها در شکل‌های ۶، ۷ و ۸ دیده می‌شوند.

۲- گسل‌های راندگی مرحله اول (TA)

این گسل‌ها بیشتر دارای امتداد NW-SE و گاه نزدیک به E-W و شیبی بسیار تند و گاهی نزدیک به قائم در جهت شمال خاوری هستند و نخستین بار توسط روتنر (۱۹۸۴) معرفی شده‌اند. با توجه به وجود خطواره‌های لغزشی و چین‌های پیشروی گسل با برگشتگی به سمت جنوب باختری، جهت راندگی این گسل‌ها نیز به سوی جنوب باختری است. این گسل‌ها در ابتدا شیب کمی داشته و سپس در اثر فعالیت گسل‌های جوان‌تر، شیب آنها افزایش یافته است. فعالیت این گسل‌ها نیز به صورت تقریباً شکل‌پذیر است و بیشتر تراکم آنها را می‌توان در شمال پنجره آق‌دربند دید که به سمت جنوب از تعداد آنها کاسته می‌شود. با توجه به بریده شدن مجموعه‌های سنگی پرموتریاس بوسيله این گسل‌ها و از سویی دیگر، بریده شدن این گسل‌ها توسط ناپیوستگی موجود در بخش زیرین رسوبات ژوراسیک، فعالیت آنها را باید همزمان با کوهزایی سیمین دانست. در شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ نمونه‌هایی از این گسل‌ها را می‌توان دید. مرز بین واحدهای پالتوزوییک بیشتر توسط این گسل‌ها مشخص می‌شوند.

مرزبندی بخش‌های گوناگون مجموعه اُفیولیت دره‌انجیر و توفهای اسیدی توسط گسل‌هایی با ویژگی‌های بالا انجام شده است که بیشتر در رده راندگی‌های TA قرار می‌گیرند.

باید توجه داشت که تعدادی از این گسل‌ها بسیار قدیمی بوده و سطح آنها به شدت سرپانتینی شده است (شکل ۱۲). این گسل‌ها احتمالاً در منشور افزایشی (Accretionary wedge) موجود در زمین درز (Suture zone)

هستند، در سمت خاور ناحیه مورد مطالعه دچار تغییر در روند شده و امتداد آنها به سمت جنوب خاوری متمایل می‌شود. همین امر سبب می‌شود تا این گسلها، مؤلفه شیب‌لغز معکوس پیدا کرده و راندگی در جهت شمال خاور نشان دهند. مجموعه گسلهای امتدادلغز رده FC و FD را می‌توان فراوان‌ترین گسلهای امتداد لغز در منطقه دانست.

ه) گسلهای FE با امتداد شمالی - جنوبی: این گسلها نیز چپ‌لغز بوده و طول به نسبت کوتاهی دارند، اما یکی از موثرترین گسلها در تعیین الگوی آبراه‌های موجود در منطقه هستند.

قابل توجه است که الگوی آبراه‌ها در کل منطقه، بویژه در پوشش رسوبی حوضه کُبه‌داغ (جوان‌تر از تریاس)، متأثر از گسلهای امتدادلغز است. حتی رودخانه کشف‌رود نیز مسیر اصلی خود را به پیروی از این الگوی گسلی انتخاب کرده است.

تاریخچه زمین‌ساختی و زمان فعالیت انواع گسلها

پس از شناسایی و توصیف ساختاری، در این بخش تاریخچه زمین‌ساختی و تکوین ساختاری منطقه بررسی قرار خواهد شد.

همان‌گونه که پیش از این اشاره شد، گسلهای موجود در پی‌سنگ هرسی‌نین با رسیدن به واحدهای سنگی اواخر پرمین (سازند قره‌قپطان) و تریاس بریده شده و ادامه نمی‌یابد. بنابراین، گسلهای بالا، در نهایت از اواخر پرمین غیرفعال بوده و زمان فعالیت آنها مربوط به کوهزایی هرسی‌نین است. این کوهزایی از حدود ۳۷۰ میلیون سال پیش آغاز شده (دونین پسین) و ۲۶۰ میلیون سال پیش، پس از برخورد دو ابر‌قاره لوراسیا و گندوانا پایان یافت. (کری و واین، ۱۹۹۰). باید توجه داشت که در این زمان همچنان پوسته اقیانوسی دیرینه تئیس در بین ایران و توران باقی مانده و برخوردی صورت نگرفته است. بولن (۱۹۸۸) که کوهزایی هرسی‌نین را در شمال افغانستان مطالعه کرده است، این کوهزایی را در شمال افغانستان و شمال ایران، از نوع فرورانش پوسته اقیانوسی دیرینه تئیس به زیر پوسته قاره‌ای توران در نظر می‌گیرد و کوهزایی سیمیرین را حاصل برخورد دو قاره می‌داند. در شمال افغانستان مراحل تکامل کوهزایی هرسی‌نین به شرح زیر است:

- ۱- رسوبگذاری واحدهای سنگی پالئوزویک زیرین تا دوتین پسین.
 - ۲- رخداد تغییرات شدید ساختاری و فعالیت آتشفشانی از نوع کلسیمی - قلیایی در کرینفر زیرین.
 - ۳- کوهزایی و دگرگونی در پرمین و به دنبال آن فرسایش بیرون‌زدگیها (بولن، ۱۹۸۸ و ۱۹۹۱؛ بروک فیلد و حشمت، ۲۰۰۱).
- در ناحیه آق‌در بند نیز همین توالی وجود دارد، با این تفاوت که فعالیت آتشفشانی کرینفر در این منطقه مشاهده نشده است. اما وجود نهشته‌های

گسل شاه‌توتک که توسط روتنر به‌عنوان مرز بخش‌های شمالی و جنوبی پنجره آق‌در بند در نظر گرفته شده است، در این رده گسلی جای می‌گیرد. این رده گسلی که در نواحی مختلف حوضه کُبه‌داغ دیده می‌شوند (قائمی و طاهری، ۱۳۷۴؛ قائمی، ۱۳۷۸)، حتی واحدهای سنگی سنوزویک را نیز قطع کرده‌اند.

۵- گسلهای امتداد لغز

این رده شامل جوان‌ترین گسلهای فعال در منطقه آق‌در بند است که تمامی واحدهای سنگی و گسلهای دیگر را بریده و جا به جا کرده‌اند. این جا به جایی حتی بر نهشته‌های کواترنر نیز اثر کرده و در حال حاضر نیز فعالیت آنها ادامه دارد. این مجموعه راستاهای متفاوتی دارند که به آنها اشاره می‌شود.

الف) گسلهای FA با امتداد NNE-SSW: نوع حرکت آنها راستالغز راستگرد بوده و مهم‌ترین گسل در این رده، گسل کُل ملک آباد است که مرز باختری پنجره زمین‌ساختی آق‌در بند را تشکیل می‌دهد. شکلهای ۲۳ و ۲۴ نمایی از آن را نشان می‌دهند. جا به جایی اندازه‌گیری شده روی این گسل، حدود ۳۰۰ متر است که با لغزش شیپی بسیار کمی همراه بوده و سبب بالا آمدگی قطعه خاوری شده است.

ب) گسلهای FB با امتداد NW-SE: جا به جایی این گسلها نیز راستالغز راستگرد بوده و بیشتر به‌صورت گسلهای کوتاه با جا به جایی کم دیده می‌شوند.

ج - گسلهای FC با امتداد WNW-ESE: این گسلها تقریباً به موازات گسلهای راندگی قدیمی تشکیل شده با این تفاوت که دارای شیب بسیار زیاد و معمولاً خردشدگی در سطح گسل هستند که سبب تشکیل برش گسلی در سطح گسل شده است. شکلهای ۲۵ تا ۲۸ نمونه‌هایی از این گسل‌ها را نشان می‌دهد. از مهم‌ترین گسلها در این رده می‌توان به گسل چشمه آزاد اشاره کرد که در نقشه خلاصه‌شده پیشین منطقه (روتنر، ۱۹۹۱؛ اقتباس از افتخارنژاد و به‌روزی، ۱۹۹۱)، به‌عنوان بخش خاوری گسل شاه‌توتک در نظر گرفته شده است، در حالی که در این گسل، افزون‌بر حرکت امتداد لغز، لغزش شیپی معکوس به سمت شمال خاور دیده می‌شود. این در حالی است که جهت راندگی روی گسل شاه‌توتک به سمت جنوب باختری است (شکل ۲۹). این رده گسلی، فراوانی به نسبت زیادی در منطقه دارد.

د) گسلهای FD با امتداد WSW-ENE و گاه E-W: این گسلها نیز راستالغز چپگرد و به نسبت طویل هستند. گسلهای FD در حقیقت ادامه باختری گسلهای رده FC هستند و به عبارت دیگر گسلهای امتدادلغزی که در بخش باختری منطقه با امتداد تقریباً نزدیک به خاوری - باختری فعال

آتشفشان‌زاد در منطقه (نخستین مجموعه سنگی معرفی شده توسط روتتر)، نشان‌دهنده فعالیت‌های ماگمایی در این زمان است. افزون بر این سنگهای موجود، یک دگرگونی کم شدت در حد رخساره شیست سبز را تحمل کرده‌اند و گسل‌های راندگی نیز باعث در هم ریختگی شدید در آنها شده است.

شواهد مشابهی را نیز می‌توان در بلوک توران مشاهده کرد که در این جا به آنها اشاره می‌شود:

در بخش خاوری کُپه داغ در خاک ترکمنستان، اطلاعات حفاریهای منتشر نشده حاکی از تأثیر کوهزایی هرسی‌نین در این منطقه است (لایبریس و مَنبای، ۱۹۹۹). در ناحیه قزل‌کایا (ترکمنستان)، در پالئوزویک زیرین، فعالیت کوهزایی همراه با دگرگونی رخساره شیست سبز و فعالیت ماگمایی گزارش شده است و اوج این فعالیت با توجه به شواهد موجود، در حدود کرنیفر میانی در نظر گرفته شده است (گارزانتی و قیطانی، ۲۰۰۲). این دو زمین‌شناس، این رویداد کوهزایی را نتیجه آغاز برخورد قطعات قاره‌ای قَره‌بغاز و قَره‌قوم می‌دانند. افزون بر این، یک دسته سنگهای آتشفشان‌فلسیک در ترکمنستان بیرون‌زدگی دارند که شامل سریهای کلسیمی-قلیایی پر پتاسیم است و تأیید کننده جایگزینی در پوسته قاره‌ای است (لی مایر و دیگران، ۱۹۹۷، ۱۹۹۸). سن این فعالیتها، پرمین تعیین شده است (لی مایر و دیگران، ۱۹۹۷؛ گارزانتی و قیطانی، ۲۰۰۲). در همین زمان، در منطقه آق‌در بند، کنگلومرای قره قیطان نهشته شده که بیشتر قُلوه‌های موجود در آن، از ماگمای مشابهی منشأ گرفته‌اند.

بنابراین، شواهد بالا تأثیر کوهزایی هرسی‌نین را در لبه جنوبی لوراسیا بیان می‌کند که سبب فعالیت‌های زمین‌ساختی و دگرگونی در منطقه آق‌در بند شده است.

گسل‌های راندگی رده‌های TA و TB همه واحدهای سنگی تریاس را بریده و جا به جا کرده‌اند، ولی خود در زیر نهشته‌های سلازند کشف رود (ژوراسیک زیرین) مدفون شده‌اند. بنابراین فعالیت آنها در تریاس و هم‌زمان با کوهزایی سیمین صورت گرفته است و از اواخر ژوراسیک غیرفعال شده‌اند. در بین این دو رده گسلی نیز در برخی نقاط می‌توان بریده شدن گسل‌های TA توسط گسل‌های TB را مشاهده کرد. بنابراین رده گسلی TB به‌طور نسبی جوان‌تر از رده TA است.

باید توجه داشت که کوهزایی سیمین نتیجه برخورد صفحه ایران و توران و بسته شدن اقیانوس دیرینه تیس در این زمان است (تولن، ۱۹۸۸؛ علوی، ۱۹۹۱).

در تریاس، ماگمایی که شامل سنگهای آتشفشانی اسیدی تا حد واسط بوده، دچار نفوذ باتولیت‌های گرانیتویدی شده است (وایپر، ۱۹۶۴؛ نقل از بروک فیلد و حشمت، ۲۰۰۱). این گرانیتویدها شامل بخش قدیمی تر از

نوع A، با سن رتین و بخش جوان‌تر از نوع S با سن ژوراسیک زیرین است و این شواهد، نشان دهنده وجود یک کمان از نوع آندی روی لبه جنوبی سکوی افغان شمالی است (بروک فیلد و حشمت، ۲۰۰۱). گرانیت نوع I در مرحله فرورانش، و گرانیت نوع S پس از برخورد قاره‌ای تشکیل شده‌اند.

در همین زمان، در محدوده آق‌در بند، نهشته‌های آتشفشان‌زاد سازند سینا بر جای گذاشته شده که بیشتر از فرسایش سنگهای ماگمایی سرچشمه گرفته‌اند.

در ناحیه ترکمن باسی (کراسنوسک) در خاور دریای خزر نیز وجود توفها و آندزیت‌های تریاس گزارش شده است (لای بریس و مَنبای، ۱۹۹۹). پس از برخورد قاره‌ای بین ایران و توران در کوهزایی سیمین، آغاز فرسایش منطقه کوهزایی، باعث تشکیل نهشته‌های مولاس در ابتدای رسوبگذاری سازند کشف‌رود شده است که بیان کننده پایان فعالیت‌های زمین‌ساختی شدید است. بدنبال آن به تدریج و با فرونشست کف بستر، حوضه دریایی کُپه داغ شکل می‌گیرد.

این مسئله به همراه وجود ناپیوستگی دگرشیب در اوایل تا اواسط ژوراسیک، در نواحی مشابه مجاور مانند شمال افغانستان، بلوک توران در نواحی کراسنوسک، بالکان بزرگ و کُپه‌داغ ترکمنستان گزارش شده است (گارزانتی و قیطانی، ۲۰۰۲؛ بروک فیلد و حشمت، ۲۰۰۱؛ لای بریس و مَنبای، ۱۹۹۹).

پس از کوهزایی سیمین، با فرورانش لبه توران و گُند شدن فعالیت زمین‌ساختی در منطقه، حوضه بر قاره‌ای کُپه‌داغ شکل گرفته که رسوبات دریایی کم عمق و به نسبت ادامه‌داری تا ائوسن در آن نهشته شده‌اند (افشار حرب، ۱۳۷۳).

در این زمان، کوهزایی آلپ، به تدریج سبب خارج شدن حوضه کُپه داغ از آب شده و از این پس، تنها نهشته‌های قاره‌ای بر جای گذاشته شده است (افشار حرب، ۱۳۷۳؛ علوی، ۱۹۹۱). فعالیت گسل‌های راندگی رده TC، به احتمال زیاد، از این زمان آغاز شده است. شروع این کوهزایی را در البرز نمی‌توان بی‌تأثیر از برخورد عربستان با صفحه ایران و بسته شدن اقیانوس نوتیس در منطقه زاگرس دانست. این برخورد از کرتاسه پسین آغاز و به احتمال زیاد تا ائوسن ادامه داشته است (برای مثال: جیمز و وایند، ۱۹۶۵؛ اشتوکلین، ۱۹۶۸، ۱۹۷۴؛ ریکو، ۱۹۶۸؛ فالکن، ۱۹۷۴؛ نوروزی، ۱۹۷۲؛ علوی، ۱۹۸۰). به علاوه از میوسن، ناحیه شمال باختری هند با آسیا شروع به برخورد می‌کند و دگر شکلهای بزرگی را در تین‌شان و افغانستان و حتی ایران ایجاد می‌کند (برتمن و مولنار، ۱۹۹۳؛ بروک فیلد، ۱۹۹۴).

رده TC از گسل‌های راندگی را در تمامی کوههای کُپه داغ، بینالود و البرز می‌توان مشاهده کرد. باید توجه داشت که تراکم این گسلها در کُپه داغ بسیار کمتر از بینالود و البرز است. به این دلیل که این کوهها از خط

گسلها امروزه در رخنمونهای پالئوزویک دگرگون‌شده در شمال آق‌در بند دیده می‌شوند. این گسلها به احتمال زیاد در فاصله زمانی دوتین پسین تا پرمین پسین فعال بوده‌اند.

۲- ساختارهای حاصل از کوهزایی سیمین

کوهزایی سیمین که حاصل برخورد ریز قاره‌های ایران و توران و بسته شدن اقیانوس دیرینه تتیس است، با تشکیل دو مرحله گسل راندگی TA و TB در منطقه مشخص است که مرحله اول (TA)، راندگی به سمت جنوب باختر و مرحله دوم (TB)، راندگی به سمت شمال خاور را نشان می‌دهند. زمان فعالیت این گسلها به احتمال زیاد از پرمین تا اواخر تریاس است.

۳- ساختارهای کوهزایی آلپ

کامل شدن برخورد صفحه عربستان و ایران در محل کوههای زاگرس در پالئوژن به همراه تنش‌های دیگری مانند فشارش حاصل از صفحه هند، در مجموع سبب خروج حوضه رسوبی کُپه داغ از آب و فعالیت‌های زمین‌ساختی در این منطقه شده است. این فعالیتها، در ابتدا به صورت گسلهای راندگی TC با شیب رو به شمال خاور و راندگی به سمت جنوب باختری ایجاد شده و سپس گسلهای اریبلغز (امتداد لغز با مؤلفه شیبی معکوس) را ایجاد کرده است، که فعالیت آنها هنوز ادامه دارد. فعالیت گسلهای راندگی TC و به دنبال آن گسلهای اریبلغز و امتدادلغز به احتمال فراوان از ائوسن تا اوایل آلیگوسن، شروع شده است، یعنی زمانی که حوضه دریایی کُپه داغ بسته شده است.

برخورد دیرینه تتیس دورتر می‌شوند. تأثیر کمتری یافته‌اند و بسیاری از این گسلها ممکن است همان گسلهای قدیمی باشند که دوباره فعال شده‌اند. تأثیر برخورد صفحه هند با آسیا، حدود ۵ میلیون سال پیش، باعث فعال شدن یک زمین‌ساخت امتداد لغز شدید (Wrench tectonics) در تین‌شان چین، افغانستان و ایران مرکزی شده است. در شمال افغانستان، بیشتر دگرشکلیها در ۵ میلیون سال گذشته تحت تأثیر این حرکات امتدادلغز قرار گرفته است (پرتمن و مولنار، ۱۹۹۳؛ بروک فیلد، ۱۹۹۴؛ بروک فیلد، ۲۰۰۰؛ بروک فیلد و حشمت، ۲۰۰۱). در کوهزایی خاور ایران و پیرامون ایران مرکزی نیز این حرکت امتداد لغز، شدید دیده می‌شود (سافل و دیگران، ۱۹۷۵؛ ساफल و فورستر، ۱۹۸۰ و ۱۹۸۳؛ اشمیت و ساफल، ۱۹۸۴).

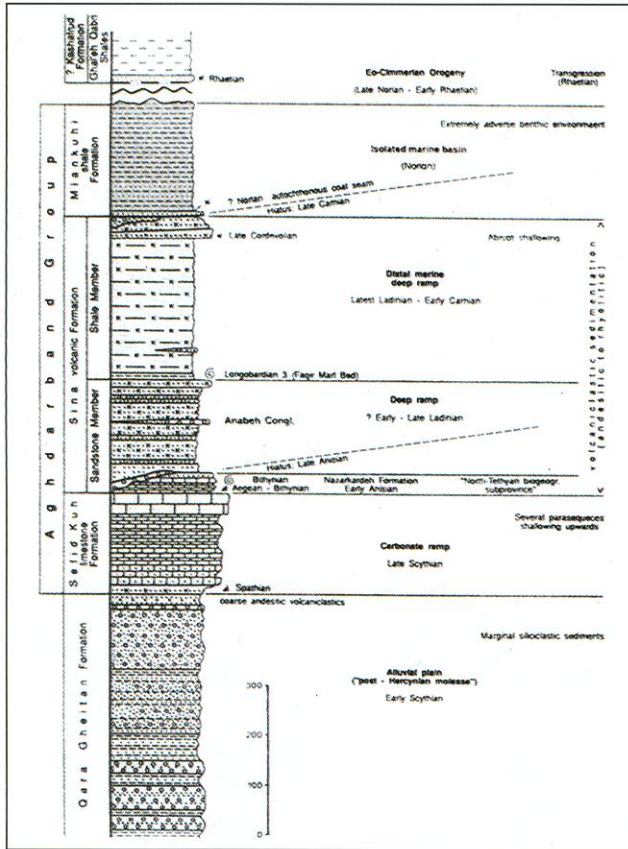
همین امر سبب فعال شدن گسلهای امتدادلغز و مورب‌لغز در پنجره زمین‌ساختی آق‌در بند شده که گسلش گسترده‌ای را در این منطقه ایجاد کرده است.

نتیجه‌گیری

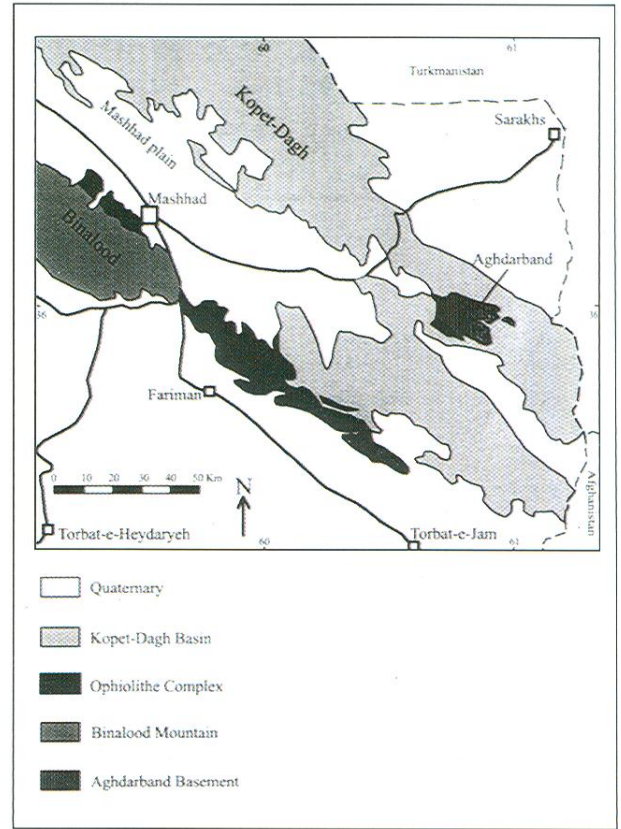
با توجه به مطالبی که بیان شد، می‌توان ساختارهای گسلی موجود در پنجره زمین‌ساختی آق‌در بند را به رده‌های زیر تقسیم کرد:

۱- ساختارهای حاصل از کوهزایی هرسی‌نین

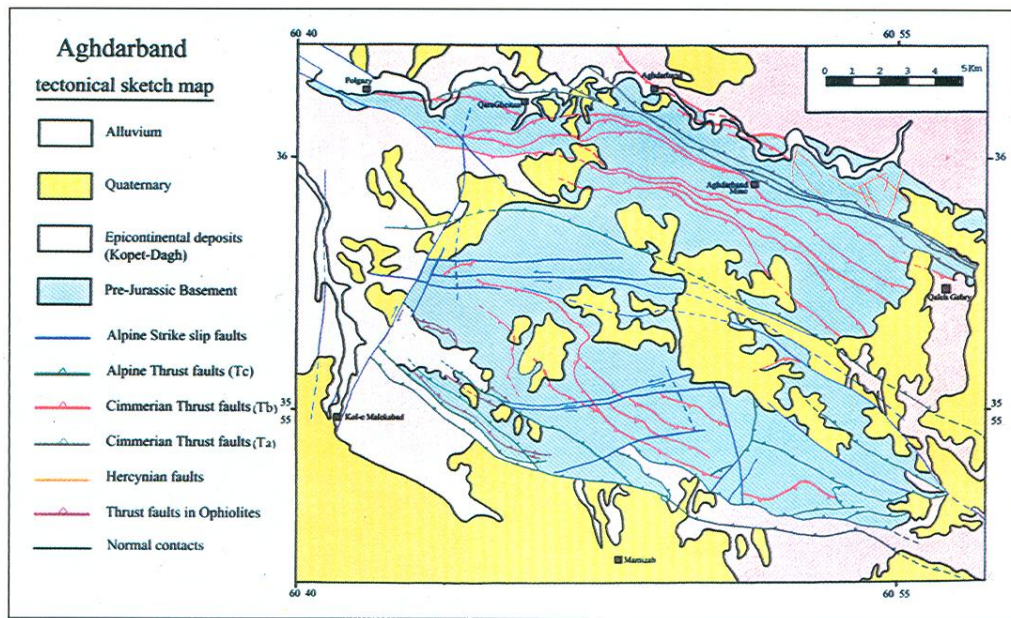
کوهزایی هرسی‌نین که در جنوب اوراسیا فعال بوده، سبب تشکیل گسلهایی در حاشیه فعال موجود در جنوب خُرد قاره توران شده است، این



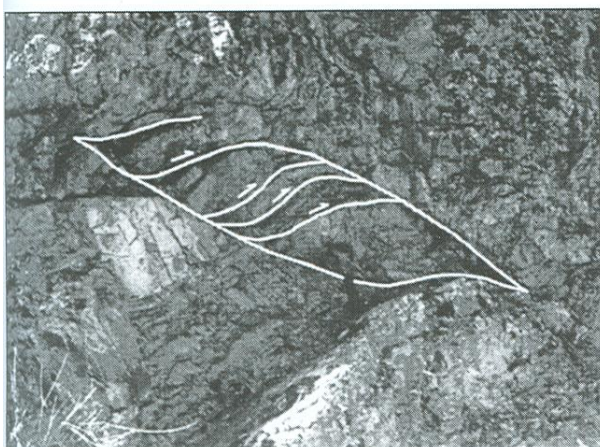
شکل ۲- ستون چینه‌شناسی نهشته‌های تریاس آق در بند (روتتر، ۱۹۹۳).



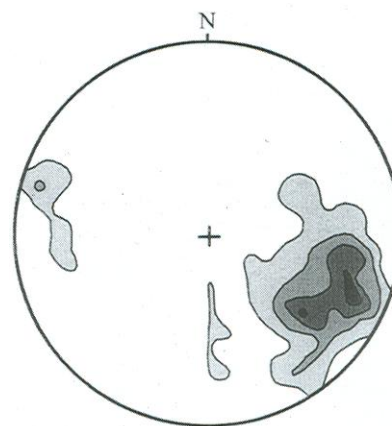
شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی عمومی بخش خاوری کپه‌داغ و محل رخنمون آق در بند.



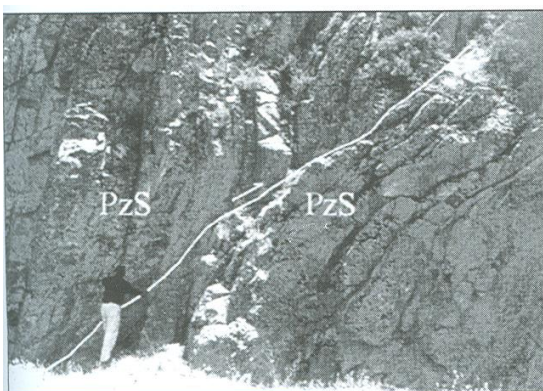
شکل ۳- نقشه خلاصه شده ساختاری و گسل‌های اصلی منطقه آق در بند.



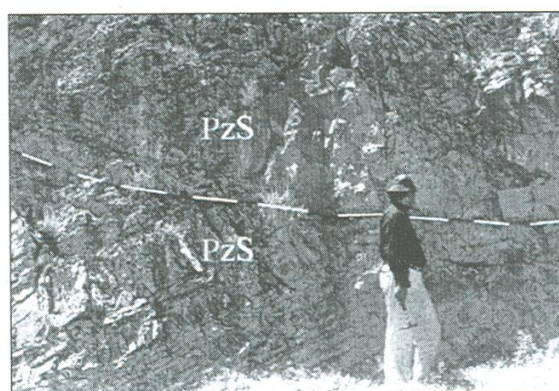
شکل ۵- ساختار دوپلکس در اندازه‌های کوچک در ماسه‌سنگهای دونین - کرنیفر (نگاه به سمت جنوب خاوری).



شکل ۴- منحنی‌های انباشتی در استریوگرام، که نشان‌دهندهٔ محور چینهای موجود در منطقه است.

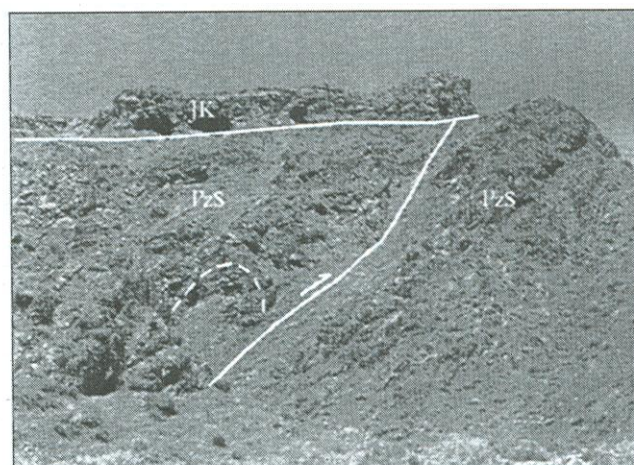


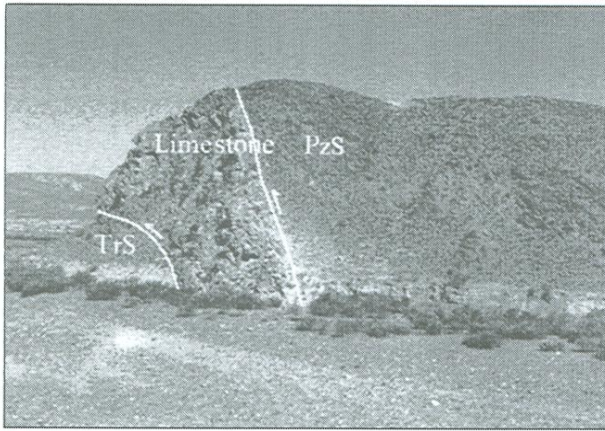
شکل ۷- یک گسل راندگی که واحدهای ماسه‌سنگی و آهکی دونین - کرنیفر (PzS) را بریده است (نگاه به سمت خاور)، ۲/۵ کیلومتری جنوب خاور روستای آق‌دربند و حاشیه جنوبی رودخانه کشف رود.



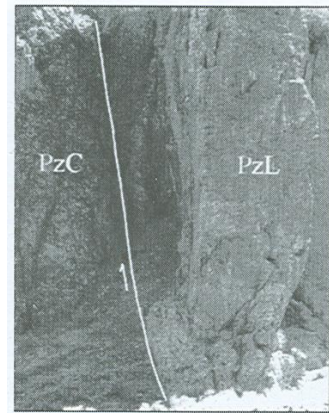
شکل ۶- یک گسل راندگی در واحد ماسه‌سنگی دونین - کرنیفر (PzS) در ۲ کیلومتری جنوب خاوری روستای آق‌دربند و حاشیهٔ جنوبی رودخانه کشف‌رود (نگاه به سمت جنوب).

شکل ۸- گسل راندگی قدیمی با شیب رو به جنوب، در توالیهای شیل و ماسه‌سنگی دونین - کرنیفر (PzS). چین پیشروی گسل، به خوبی در شکل مشخص است. در قسمت بالا نیز سازند کشف رود (Jk) به صورت ناپیوستگی دگرشیب این واحد رسوبی و گسل را پوشانده است. ورودی کال فقیر در جنوب رودخانه کشف رود (نگاه به سمت باختر).

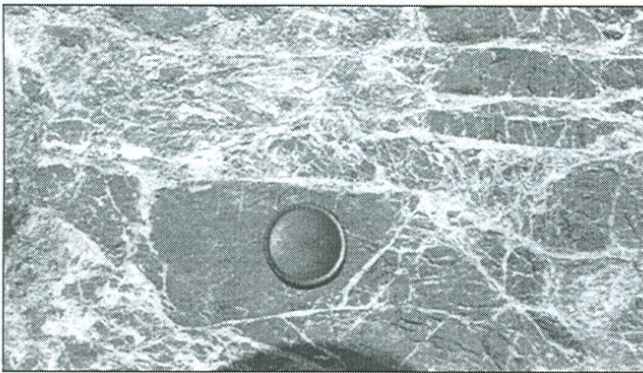




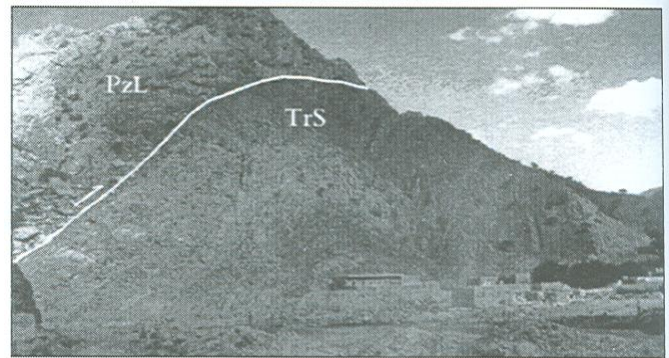
شکل ۱۰- دو گسل راندگی با شیب تند و فاصله کم در حد بین واحد شیل و ماسه‌سنگی دونین - کرینفر در سمت راست (PzS)، مرمر با سن احتمالی پالتوزویک در وسط (Limestone) و سازند سینا (TrS) در سمت چپ. ۱/۵ کیلومتری جنوب خاوری روستای قره قیطان و حاشیه شمالی رودخانه کشف رود (نگاه به سمت باختر).



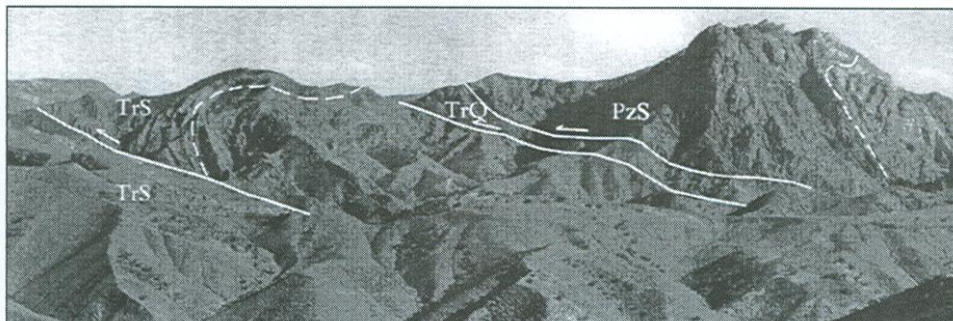
شکل ۹- گسل راندگی بین کنگلومرای پالتوزویک (PzC) در سمت چپ و مرمر پالتوزویک (PzL) در سمت راست. شیب این شکل گسلها به صورت ثانویه افزایش یافته و نزدیک به قائم شده است. ورودی دره شمالی معدن آق‌دربند (نگاه به سمت خاور).



شکل ۱۲- پهنه گسلی به شدت سرپانتینی شده در مجموعه اُفیولیتی دره انجیر، جنوب پنجره آق‌دربند (نگاه به سمت شمال).



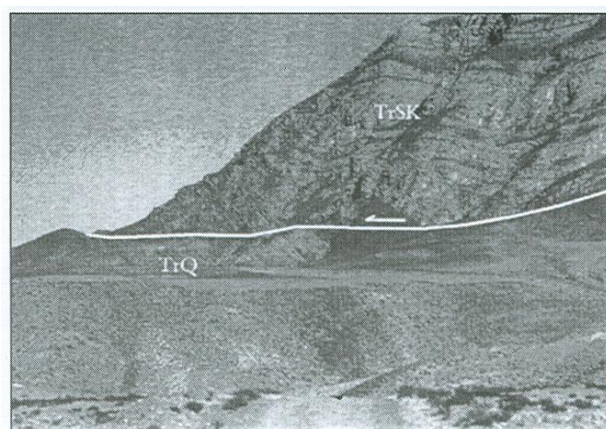
شکل ۱۱- گسل راندگی با شیب زیاد در حد بین مرمر پالتوزویک در سمت چپ و سازند سینا در سمت راست =TrS= سازند سینا، =PzL= مرمر پالتوزویک. شمال مجتمع معدنی آق‌دربند (نگاه به سمت خاور).



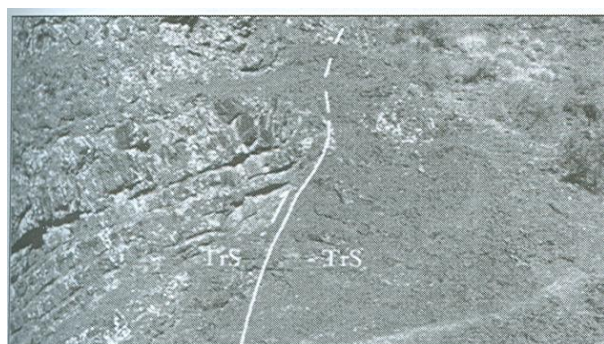
شکل ۱۳- نمای کلی خاوری معدن آق‌دربند. گسلهای راندگی با شیب به سمت جنوب و چینهای پیشروی گسل به خوبی مشخص هستند (نگاه به سمت خاور و جنوب خاور). TrS=سازند سینا، TrSk=آهک سفید کوه، =PzL= مرمر پالتوزویک.



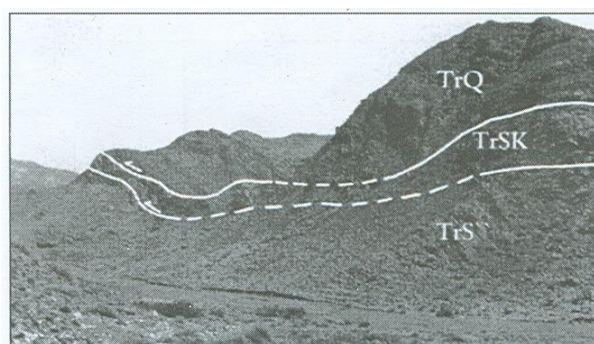
شکل ۱۵- گسل راندگی در حد بالایی سازند آهکی سفید کوه (TrSk)، در برش نمونه سفید کوه که سبب رانده شدن سازند سینا (TrS) بر روی این واحد شده است. ۳/۵ کیلومتری جنوب خاوری روستای قره قیطان (نگاه به سمت جنوب خاور).



شکل ۱۴- برش نمونه سازند آهکی سفید کوه (TrSk) در محل سفید کوه (۳ کیلومتری خاور روستای قره قیطان). قاعده راندگی با شیب کم رو به جنوب در حد زیرین این واحد و بر روی سازند سرخ رنگ قره قیطان (TrQ) دیده می‌شود (نگاه به سمت خاور).

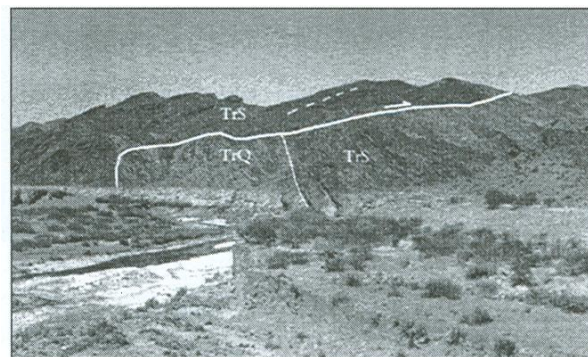


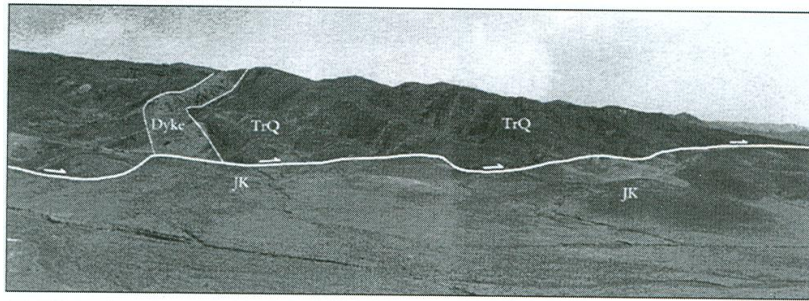
شکل ۱۷- یک راندگی با شیب به سمت جنوب که سبب راندن توالی شیل و ماسه‌سنگی سازند سینا (TrS) بر روی نهشته‌های مشابه آن شده است. ۲ کیلومتری خاور روستای پل گزی وحاشیه جنوبی رودخانه کشف رود (نگاه به سمت باختر).



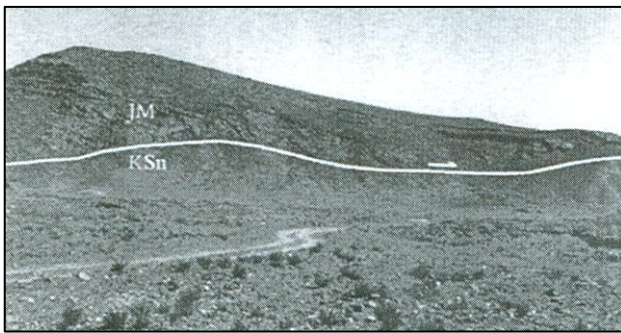
شکل ۱۶- دو راندگی با فاصله بسیار کم و شیب به سوی جنوب. در زیر راندگی اول سازند سبز رنگ سینا (TrS)، روی آن به احتمال فراوان آهک سفید کوه (TrSk) و روی راندگی دوم سازند سرخ رنگ قره قیطان (TrQ) دیده می‌شود. دره جنوبی روستای قره قیطان (نگاه به سمت خاور تا شمال خاور)

شکل ۱۸- گسل راندگی با شیب کم به سمت جنوب که سازند سینا (TrS) را بر روی مجموعه سازندهای قره قیطان (TrQ) و سینا (TrS) رانده است. ۲/۸ کیلومتری خاور روستای پل گزی وحاشیه شمالی رودخانه کشف رود (نگاه به سمت باختر).

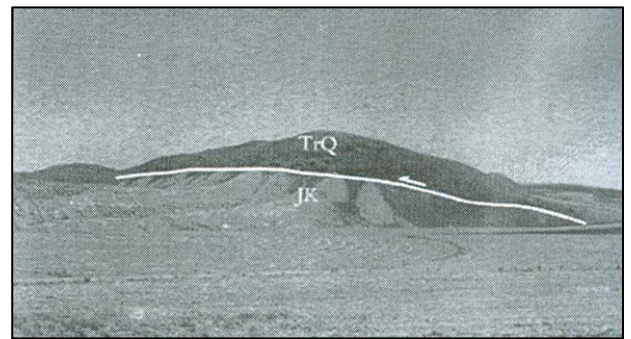




شکل ۱۹- گسل راندگی با شیب بسیار کم و نزدیک به افقی که حد جنوبی پنجره آق‌دربند را تشکیل می‌دهد. این گسل سبب راندن سازند سرخ رنگ قره‌قیطان (TrQ) بر روی سازند کشف رود (JK) شده است. در مطالعات پیشین، این مرز به صورت ناپوستگی گزارش شده که سازند کشف رود بر روی سازند قره‌قیطان قرار گرفته است. در سمت چپ، تصویر یک دایک دیابازی سبز رنگ (Dyke) دیده می‌شود که در سازند قره‌قیطان نفوذ کرده و خود توسط یک گسل راندگی بریده شده است. ۱/۵ کیلومتری جنوب خاوری روستای شاه توت (نگاه به سمت خاور).

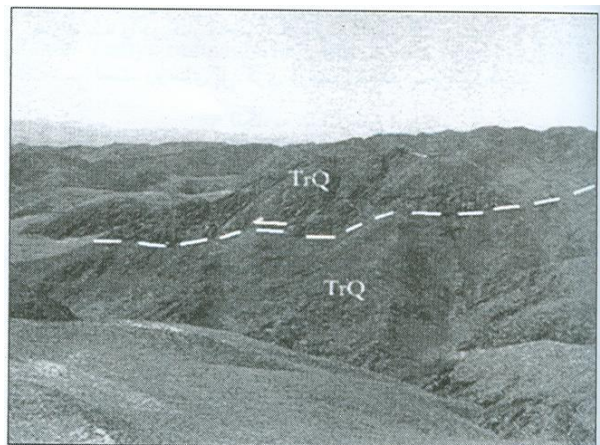


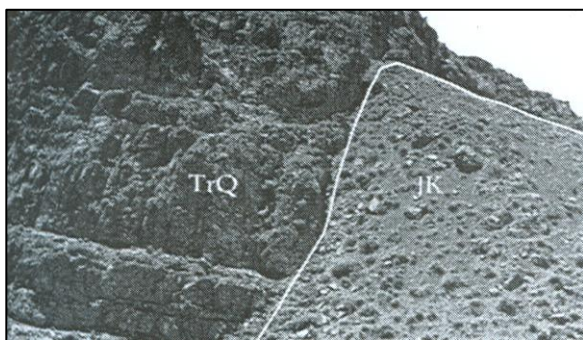
شکل ۲۱- یک گسل راندگی درون پوشش رسوبی ژوراسیک حوضه کپه داغ که سبب رانده شدن بخشی از سازند مزدوران (JM) بر روی سازندهای سرچشمه و سنگانه (KSn) در حاشیه جنوب باختری پنجره آق‌دربند شده است. ۴ کیلومتری باختر روستای چشمه آزاد (نگاه به سمت شمال).



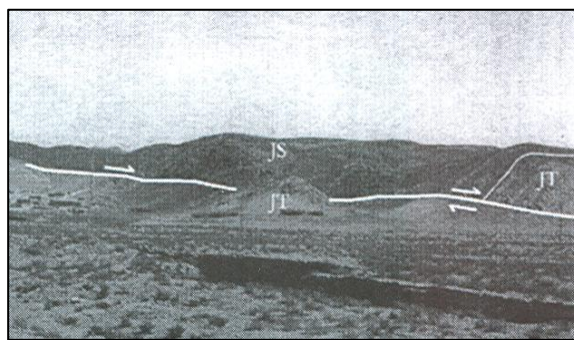
شکل ۲۰- از راندگی‌های کم شیب در مرز جنوبی پنجره آق‌دربند که سازند سرخ رنگ قره‌قیطان (TrQ) را بر روی طبقات تقریباً افقی سازند کشف رود (JK) رانده است. ۳/۵ کیلومتری شمال باختری روستای چشمه آزاد (نگاه به سمت باختر).

شکل ۲۲- کلیپ تکتونیکی که در اثر فرسایش یک راندگی کم شیب ایجاد شده و بخشی از سازند قره‌قیطان (TrQ) را بر روی سازند مشابهی رانده است. ۰/۵ کیلومتری شمال روستای چشمه تیموری (نگاه به سمت جنوب باختر).

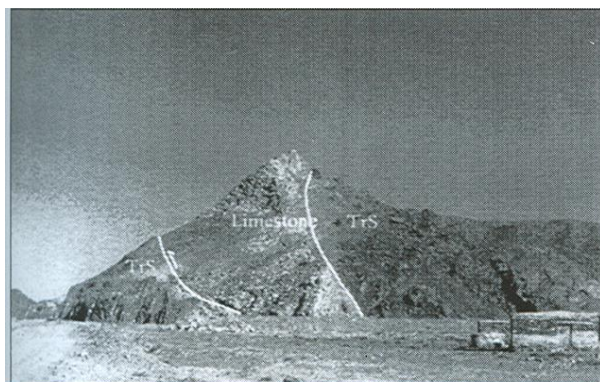




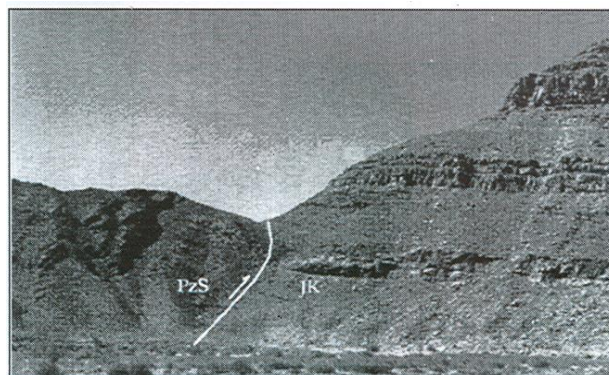
شکل ۲۴- بخشی دیگر از گسل امتداد لغز کُل ملّک آباد در فاصله حدود ۶ کیلومتری شمال روستای کُل ملّک آباد که سازند کشف رود (JK) در سمت راست (دارای پوشش آبرفتی) را در برابر سازند قره‌قیطان (TrQ) در سمت چپ قرار داده است (نگاه به سمت جنوب).



شکل ۲۳- گسل امتداد لغز کُل ملّک آباد با امتداد شمالی جنوبی که در این شکل سازندهای کرتاسه حوضه کُپه داغ را بریده است. واحد قرمز رنگ شوربچه (JS) و واحد کرم رنگ، تیرگان (JT) است. روستای کُل ملّک آباد (نگاه به سمت شمال خاور).



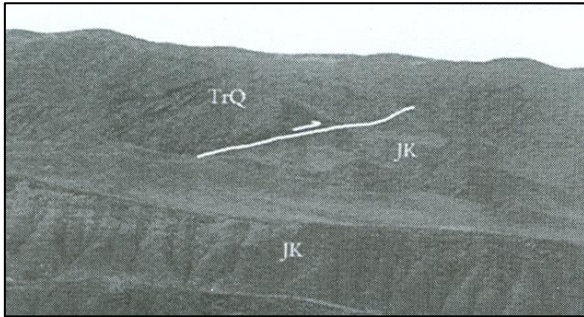
شکل ۲۶- در این شکل دو گسل دیده می‌شود. گسل قدیمی‌تر یک راندگی با شیب به سمت جنوب از رده TB است که در سمت چپ، واحد آهک با سن نامشخص (Limestone) را بر روی سازند سینا (TrS) حمل کرده است. و در سمت راست، گسل امتداد لغز حاوی برش گسلی با امتدادی مشابه با گسل پیشین که واحد کنگلومرای و لکانوزنیک متعلق به سازند سینا را در کنار واحد آهکی قرار داده و گسل پیشین را نیز بریده است. روستای پُل‌گزی در شمال باختر پنجره آق‌دربند (نگاه به سمت خاور).



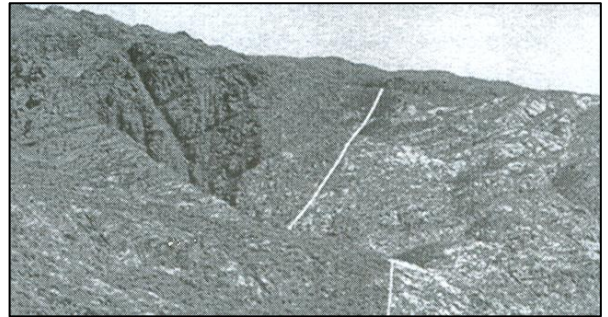
شکل ۲۵- گسل مورّب لغز تقریباً به موازات گسلهای راندگی که توالی شیل و ماسه‌سنگی دونین-کربونifer (PzS) رادر مقابل سازند کشف رود (JK) قرار داده است. شمال رودخانه کشف رود و ۲ کیلومتری خاور روستای آق‌دربند (نگاه به سمت باختر).

شکل ۲۷- گسل امتداد لغز با امتداد خاوری-باختری در حد جنوبی پنجره آق‌دربند که سازند کشف رود (JK) در سمت راست را در برابر سازند قره‌قیطان (TrQ) در سمت چپ قرار داده است. ۲/۵ کیلومتری شمال روستای ممیز آب (نگاه به سمت خاور).





شکل ۲۹- از گسل مورب لغز چشمه آزاد با شیب به سمت جنوب، در فاصله ۸ کیلومتری شمال باختری روستای چشمه آزاد (نگاه به سمت جنوب باختر). (TrQ)= سازند قره قیطان، (JK)= سازند کشف رود.



شکل ۲۸- گسل امتداد لغز خاوری- باختری در حد بین سازند قره قیطان قرمز رنگ در سمت چپ و بخش سفیدرنگ همین سازند در سمت راست. در فاصله ۸ کیلومتری شمال روستای ممیز آب (نگاه به سمت خاور).

کتابنگاری

- افتخارنژاد، ج.، بهروزی، ا.، ۱۳۶۳- نقشه زمین‌شناسی چهار گوش تربت جام با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰: تهران، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- افتخارنژاد، ج.، بهروزی، ا.، ۱۳۷۰- یافته‌های جدید از سنگهای آفیولیتی و سنگهای پالتوزوئیک پایانی در شمال خاوری خراسان (از جمله کپه داغ) و اهمیت ژئودینامیکی آنها، فصلنامه علمی علوم زمین، سال اول، شماره ۱، ص ۴-۱۵.
- افشار حرب، ع. ۱۳۷۳- زمین‌شناسی ایران: زمین‌شناسی کپه داغ، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران، تهران، سازمان زمین‌شناسی کشور، جلد ۱۱، ۲۷۵ صفحه.
- قائمی، ف.، طاهری، ج.، ۱۳۷۴- نقشه زمین‌شناسی چهار گوش مشهد با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰: تهران، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- قائمی، فرخ، ۱۳۷۸- نقشه زمین‌شناسی چهار گوش سفید سنگ با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰: تهران، سازمان زمین‌شناسی کشور.

References

- Afshar-Harb, A., 1979- The stratigraphy, tectonics, and petroleum geology of Kopeh Dagh region, northern Iran: London, Petroleum Geology Section, Royal School of Mines, Imperial College, 316p.
- Afshar-Harb, A., 1994 - Geology of the Kopeh Dagh: Tehran, Geological Survey of Iran, 275 p.
- Alavi, M., 1980- Tectonostratigraphic evolution of the Zagrosides of Iran, *Geology*, v.8, p.144-149.
- Alavi, M., 1991- Sedimentary and structural characteristics of the Paleo- Tethys remnants in northeastern Iran: *Geological Society of America Bulletin*, v. 103, p. 9183-9192.
- Alavi, M., Vaziri, H., Seyed-Emami, K., Lasemi, Y., 1997- The Triassic and associated rocks of the Naxhlak and Aghdarband areas in central and northeastern Iran as remnants of the southern Turanian active continental margin: *Geological Society of America Bulletin*, v. 109, p. 1563-1575.
- Baud, A., Stampfli, G., 1989- Tectonogenesis and evolution of a segment of the Cimmerides: The volcano-sedimentary Triassic of Aghdarband (Kopet-Dagh, northeast Iran), in Sengor, A.M.C., ed., *Tectonic evolution of the Tethyan region: Dordrecht, Netherlands, Kluwer Academic Publishers*, p. 265-275.

- Boulin, J., 1988- Hercynian and Eocimmerian events in Afghanistan and adjoining regions: *Tectonophysics*, v.148, p. 253-278.
- Boulin, J., 1991- Structures in Southwest Asia and evolution of the eastern Tethys: *Tectonophysics*, v.196, p. 211-268.
- Brookfield, M.E., 1994 - Great collisional transform faults and their effects, Abstracts of the geological Association of Canada Annual Meeting, Waterloo, Ontario, p.9.
- Brookfield, M.E., 2000- Geological development and Phanerozoic crustal accretion in the western segment of the southern Tien Shan (Kyrgyzstan, Uzbekistan and Tajikistan), *Tectonophysics*, v.328, p.1-14.
- Brookfield, M.E., Hashmat, A., 2001- The geology and petroleum potential of the North Afghan platform and adjacent areas (northern Afghanistan, with parts of southern Turkmenistan, Uzbekistan and Tajikistan): *Earth science Reviews*, v.55, p. 41-71.
- Burtman, V.S., Molnar, p., 1993- Geological and geophysical evidence for deep subduction of continental crust beneath the Pamir. Geological Society of America. Special paper 281, 76 p.
- Davoudzadeh, M., Soffel, H., Schmidt, K., 1981- On the rotation of the Central-East Iran microplate: *Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie, Abhandlungen, Monatshefte* 3, p. 180-192.
- Eftekharnejad, J., Behroozi, A., 1991- Geodynamic significance of recent discoveries of ophiolites and late paleozoic rocks in NE Iran (including Kopet Dag): *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, v.38, p.89-100.
- Falcon, N., 1974- Southern Iran: Zagros mountains. In: A. Spencer (Editor), *Time and place in Orogeny*. Geological Society of London., Special publication, v.3, p. 9-22.
- Garzanti, E., Gaetani, M., 2002- Unroofing history of late paleozoic magmatic arcs within the "Turan Plate" (Turkmenistan): *Sedimentary Geology*, v.151, p. 67-87.
- Goldschmid, K.T., 1956- Report on the coal deposit of Aghdarband: Iranian Oil Company, Tehran (unpublished).
- James, J.A., Wynd, J.G., 1965- Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v.49, p.2182-2245.
- Kearey, P., Vine, F., 1990- *Global Tectonics*: Blackwell Scientific Publication, 302 p.
- Kristan- Tollmann, E., 1991a- Echinoderms from the middle Triassic Sina formation (Aghdarband group) in NE-Iran: *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, v.38, p.175-194.
- Kristan- Tollmann, E., 1991b- Ostracods from the middle Triassic Sina formation (Aghdarband group) in NE-Iran: *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, v.38, p.195-200.
- Krystyn, L., Tatzreiter, F., 1991- Middle Triassic amonoids from Aghdarband (NE Iran) and their paleobiogeographical significance: *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, v.38, p.139-163.
- Lemaire, M.M., Westfall, M., Gurevitch, E.L., Nazarov, K., Feinberg, H., Pozzi, J.P., 1997- How far between Iran and Eurasia was the Turan Plate during Triassic-Jurassic times? : *Geol. Mijnbouw*, v.76, p.73-82.
- Lemaire, M.M., Westfall, M., Montigny, R., Gurevitch, E.L., Feinberg, H., Pozzi, J.P., Nazarov, K., 1998- Paleomagnetisme et evolution du bloc Scythe-Touran du Permien inferieur au Trias superieur. C. R. Academie des Sciences. v.327, p.441-448.
- Lyberis, N., Manby, G., 1999- Oblique to orthogonal convergence across the Turan block in the post-Miocene: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v.83, p.1135-1160.
- Nowroozi, A.A., 1972- Focal mechanism of earthquakes in Persia, Turkey, West Pakistan, and Afghanistan and plate tectonics of the Middle East. *Bulletin of Seismological Society Of America*, v.62, p.823-850.
- Oberhauser, R., 1991- Triassic foraminifera from the Faqir marl bed of the Sina formation (Aghdarband group, NE-Iran): *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, v.38, p.201-204.
- Ricou, L.E., 1968- Sur la mise en place au Cretace superieur d'importantes nappes a radiolarites et ophiolites dans les monts Zagros (Iran). C.R. Acad. Sci. Paris, Ser. D., v.267, p.2272-2275.
- Ruttner, A.W., 1980- Sedimentation und Gebirgsbildung in Ost-Iran: Erlautert an drei Beispielen, *Berliner geowiss, Abhandlungen*, v.20, p.3-20.
- Ruttner, A.W., 1984- The pre-Liassic basement of the eastern Kopet Dag range: *Neues Jahrbuch fur geologie und palantologie, Abhandlungen*, v.168, p.256-268.
- Ruttner, A.W., 1991- Geology of the Aghdarband area (Kopet-Dagh, NE Iran): *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, v.38, p.7-79.
- Ruttner, A.W., 1993- Southern borderland of Triassic Laurasia in northeast Iran: *Geologische Rundschau*, v.82, p.110-120.
- Schmidt, K., Soffel, H., 1984- Mesozoic-Cenozoic geological events in Central east Iran and their relation to paleomagnetic results: *Neues Jahrbuch fur Geologie und palaontologie, Abhandlungen*, v.168, p.173-181.
- Soffel, H., Forster, H.G., and Becker, H., 1975- Preliminary polar wander path of Central Iran: *Journal of geophysics*, v.41, p. 541-543.
- Soffel, H., Forster, H.G., 1980- Apparent polar wander path of Central Iran and its geotectonic interpretation: *Journal of Geomagnetism, supplement III*, p. 117-135.
- Soffel, H., Forster, H.G., 1984 - polar wander path of Central east Iran microplate including new results: *Neues Jahrbuch fur Geologie und palaontologie, Abhandlungen*, v.168, p. 165-172.
- Stocklin, J., 1968- Structural history and tectonic of Iran: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v.52, p. 1229 -1258.



- Stocklin, J., 1974 - in Possible ancient continental margin in Iran, Burk, G.D., and Darke, C.L., eds., Geology of continental margins: New York, Springer Verlag, p. 873-887.
- Weippert, D., 1964 - Zur Geologie der Gebietes Doab-Saighan-Hajar (Nord-Afghanistan). Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, V.70, p. 53-184.

* دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

** دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

*** سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

* Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

** Ferdowsi University, Mashhad, Iran

*** Geological Survey of Iran