

هندسه زیرسطحی حوضه حوض سلطان و بخش شمال غربی حوضه زاویه، حوضه رسوبی ایران مرکزی

گلناز عباسی، علی سلگی*؛ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زمین‌شناسی، تهران
 محسن پور کرمانی؛ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، گروه زمین‌شناسی،
 حسین معتمدی؛ شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف، اداره زمین‌شناسی، تهران
 علی‌رضا فرخ‌نیا؛ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زمین‌شناسی

پذیرش ۹۸/۱۰/۰۷

دریافت ۹۷/۱۱/۲۵

چکیده

در این پژوهش از خطوط لرزه‌ای، اطلاعات چاه‌های اکتشافی و مشاهدات صحرایی به منظور توصیف هندسه ساختاری زیرسطحی و تاریخچه زمین‌شناسی دو حوضه رسوبی واقع در بخش شمال غربی حوضه ایران مرکزی (حوضه‌های رسوبی حوض سلطان و زاویه)، در بازه زمانی الیگوسن پسین-پلیوسن بهره گرفته شده است. در حوضه رسوبی حوض سلطان، ضخامت سازند قم و بخش زیرین سازند قرمز بالایی به وسیله دو گسل عادی دوباره فعال شده یعنی گسل‌های جنوب مره کوه و حوض سلطان کنترل شده است. در دیواره شمالی این حوضه (در ناحیه مره کوه) نیز تغییر رخساره مشخصی در توالی رسوبی میوسن پیشین، از فرادیواره تا فرودیواره گسل معکوس شمال مره کوه وجود دارد. این روند تغییرات از رسوبات کربناته سازند قم (در فرادیواره) به رسوبات غالباً تخریبی سازند قرمز بالایی (در فرودیواره) مشخص می‌کند که گسل شمال مره کوه یک گسل عادی است که بعدها دچار فعالیت مجدد شده است. در حوضه رسوبی زاویه، توالی الیگوسن-میوسن پیشین به سمت مرزهای شمالی و جنوبی حوضه نازک شده و بازتاب‌دهنده‌های لرزه‌ای بخش زیرین توالی، الگوی پیش‌رونده^۱ را با دیواره حوضه نشان می‌دهند. پدیده‌ای که نشان‌دهنده نهشته شدن رسوبات روی سطح ناهموار و شیب‌دار دیواره حوضه است. از زمان میوسن پسین یک فاز دگرریختی فشارشی موجب چین‌خوردگی و گسلس توالی سنگی حوضه‌های حوض سلطان و زاویه شد. رسوب‌گذاری بخش بالایی سازند قرمز بالایی و واحد پلیوسن هم‌زمان با این دگرریختی است.

واژه‌های کلیدی: حوضه رسوبی ایران مرکزی، حوضه حوض سلطان، حوضه زاویه، مره کوه، سازند قم

مقدمه

حوضه‌های رسوبی حوض سلطان و زاویه در بخش شمال غربی حوضه رسوبی ایران مرکزی قرار دارند (شکل ۱). روند حوضه‌های مذکور شمال غرب-جنوب شرق است و منطبق بر فروافتادگی‌های عهد حاضر است (شکل ۱ ب). حوضه رسوبی ایران مرکزی در بردارنده ذخایر مهم نفت و گاز در مناطق کاشان و قم (میدان‌های هیدروکربوری البرز، سراج و آران) است. هدف اصلی اکتشافی در حوضه رسوبی ایران مرکزی توالی سنگی سازند قم است [۱]. واحد اصلی سنگ پوش در این حوضه رسوبات تبخیری یا مادستونی قاعده سازند قرمز بالایی است. واحدهای مادستونی غنی از مواد آلی متعلق به عضوهای E و C سازند قم به‌عنوان سنگ منشأ احتمالی (به‌ویژه در حوضه قم) پیشنهاد شده است [۲]، [۳].

با وجود آن که بررسی سبک ساختاری زیرسطحی حوضه‌های رسوبی گامی ضروری در اکتشاف ذخایر هیدروکربوری است اما چهارچوب ساختاری و تکامل زمین‌شناسی حوضه‌های رسوبی زاویه و حوض سلطان کم‌تر شناخته شده است. در این نوشتار به سبک ساختاری و تاریخچه زمین‌شناسی حوضه‌های مذکور در دوره زمانی الیگوسن پسین - پلیوسن می‌پردازیم.

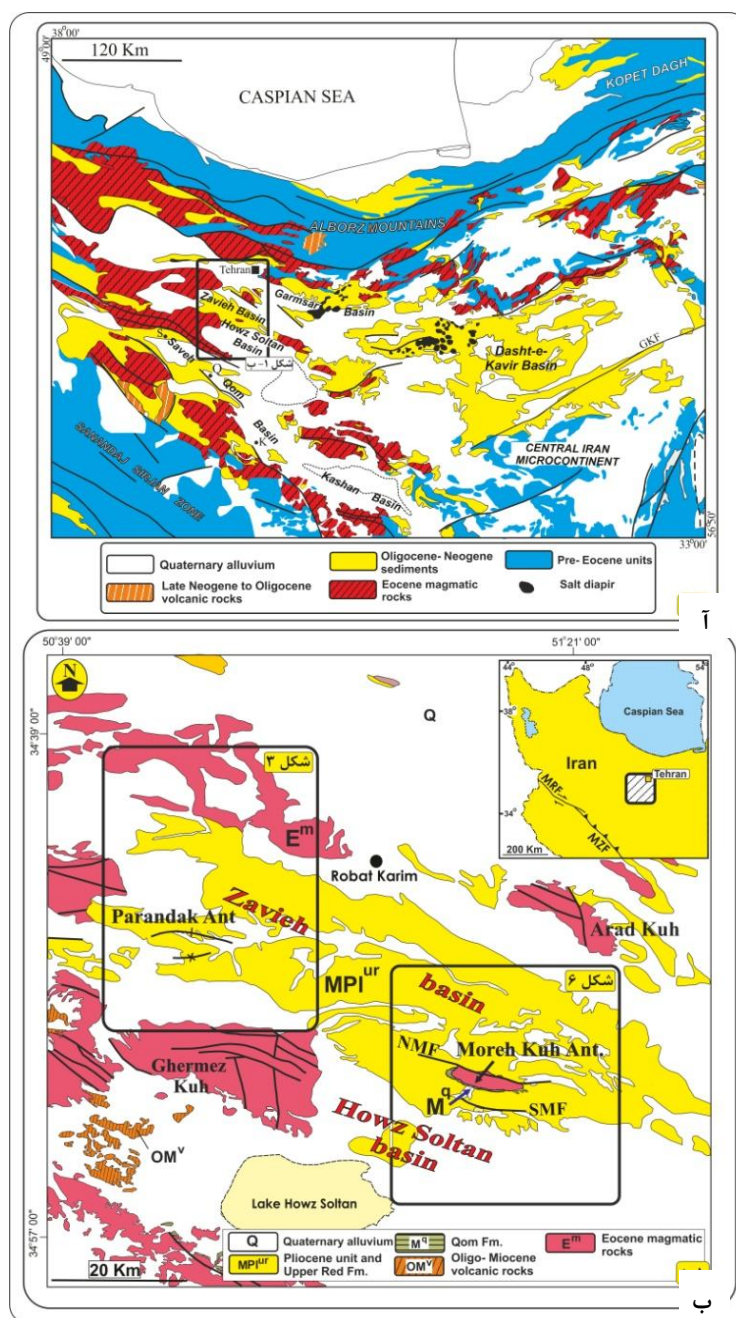
روش انجام پژوهش

بخش اصلی پژوهش حاضر شامل تفسیر خطوط لرزه‌ای و ترسیم برش‌های ساختاری به‌منظور توصیف هندسه زیرسطحی حوضه‌های زاویه و حوض سلطان است. تفسیر خطوط لرزه‌ای در نرم‌افزار PETREL و ترسیم برش‌های ساختاری در نرم‌افزار MOVE انجام شده است. خطوط لرزه‌ای استفاده شده در این مقاله با مساعدت شرکت ملی نفت ایران اجازه انتشار یافته است. نمودار انطباقی چاه‌ها نیز در نرم‌افزار PETREL ترسیم شده و برای تهیه آن از اطلاعات چاه‌های اکتشافی و تولیدی ناحیه (چاه‌های یورت شاه ۲ و البرز ۶) استفاده شده است. نقشه‌های ارائه شده در این مقاله در نرم‌افزار Arc Map تهیه شده است. برای آماده‌سازی آن‌ها از تصاویر ماهواره‌ای، اطلاعات نقشه‌های زمین‌شناسی موجود شامل نقشه‌های مغناطیس‌هوایی (تهران، قم، آران)، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (تهران، ساوه، آران)، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (زاویه، رباط کریم) و داده‌های صحرایی گردآوری شده استفاده شده است.

چینه‌شناسی ناحیه‌ای

توالی چینه‌شناسی سنوزوئیک حوضه‌های زاویه و حوض سلطان از سه واحد سنگی رسوبی تشکیل شده است که به‌ترتیب از جدید به قدیم عبارتند از واحد کنگلومرای پلیوسن، سازند قرمز بالایی (متعلق به اواخر میوسن پیشین - میوسن پسین) و سازند قم (الیگوسن پسین - میوسن پیشین). پوشش رسوبی مذکور روی مجموعه ماگمایی ائوسن نهشته شده است. واحدهای ماگمایی ائوسن در مناطق مرتفع اطراف حوضه‌های رسوبی رخنمون دارد (شکل ۱ ب) و به‌طور عمده از بازالت، ایگنمبریت، تراکی آندزیت و توف تشکیل شده است [۴].

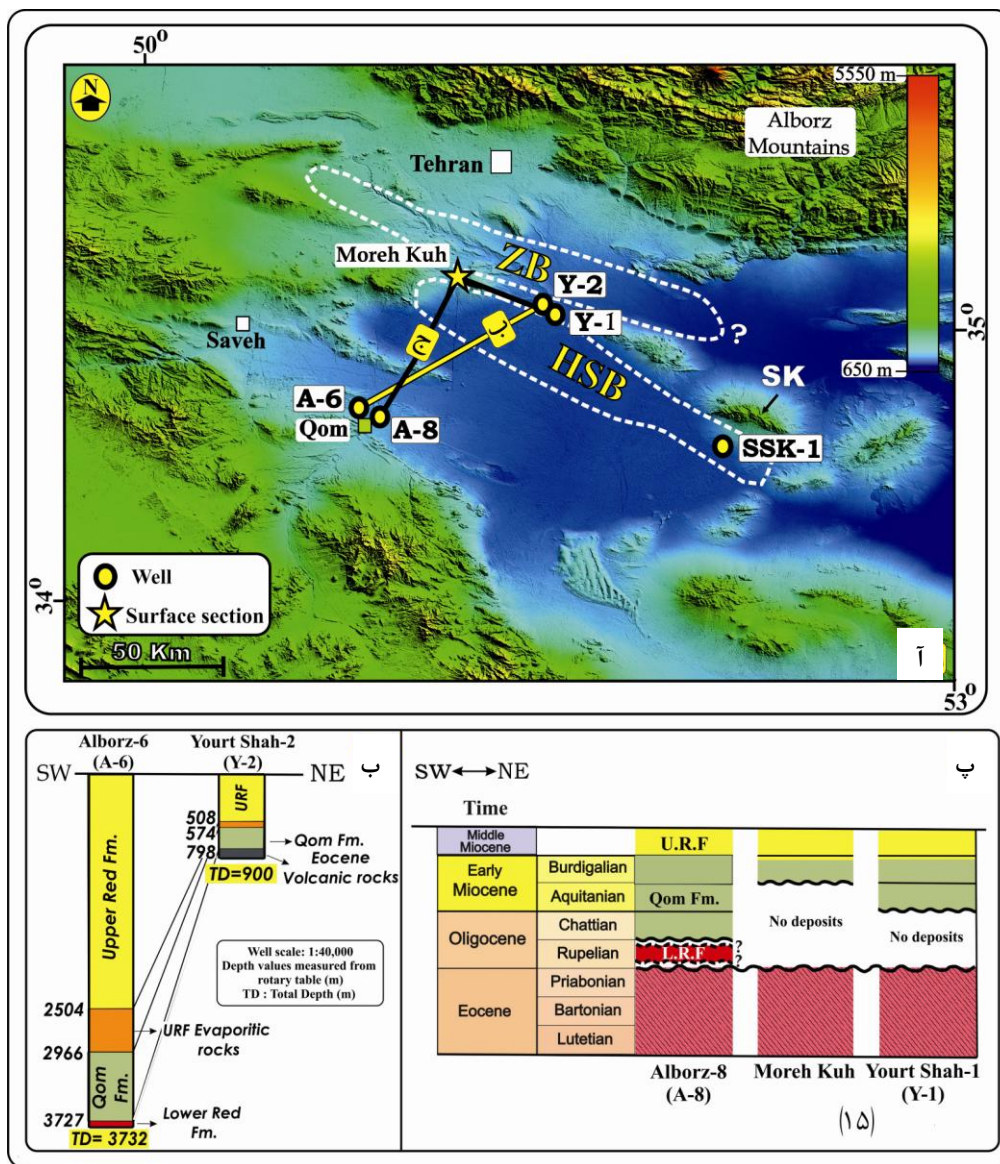
با هدف بررسی تغییرات ضخامت و سن واحدهای رسوبی ناحیه، دو نمودار تطبیق چینه‌شناسی با استفاده از داده‌های اکتشافی و تولیدی و هم‌چنین برش‌های چینه‌شناسی موجود تهیه شده است (شکل ۲، آ، ب، پ). نمودارهای مذکور راستای شمال‌شرق - جنوب‌غرب دارند و از حوضه قم آغاز شده و تا ناحیه یورت شاه ادامه می‌یابند (شکل ۲ آ). چاه‌های حفر شده روی تاقدیس البرز (مانند چاه‌های البرز ۶ و ۸) در بخش مرکزی حوضه قم حفاری شدند در حالی که چاه‌های یورت چاه ۱ و ۲ در دیواره شمالی حوضه حوض سلطان حفاری شدند. بر اساس داده‌های چاه‌های حفاری شده در ناحیه یورت شاه، سازند قرمز زیرین در این ناحیه وجود نداشته و سازند قم به‌صورت مستقیم روی سنگ‌های آتشفشانی ائوسن قرار دارد (شکل ۲ ب). توالی سنگی سازند قم در ناحیه یورت شاه از آهک ماسه‌ای، انیدریت و آهک رسی تشکیل شده است. مجموعه مذکور به عضوهای E, D, C4 و F سازند قم منتسب شده است [۱۲]. توالی سازند قم در ناحیه یورت شاه، در مقایسه با حوضه قم ضخامت کم‌تری دارد. ضخامت حفاری شده این واحد در چاه یورت شاه ۲، حدود ۲۲۴ متر است در حالی که ضخامت آن در چاه البرز ۶، حدود ۷۶۱ متر است (شکل ۲ ب). کاهش ضخامت سازند قم به‌سمت ناحیه یورت شاه نشان‌دهنده آن است که این محل در زمان رسوب‌گذاری سازند قم در موقعیت مرتفع‌تری نسبت به حوضه قم قرار داشته است.



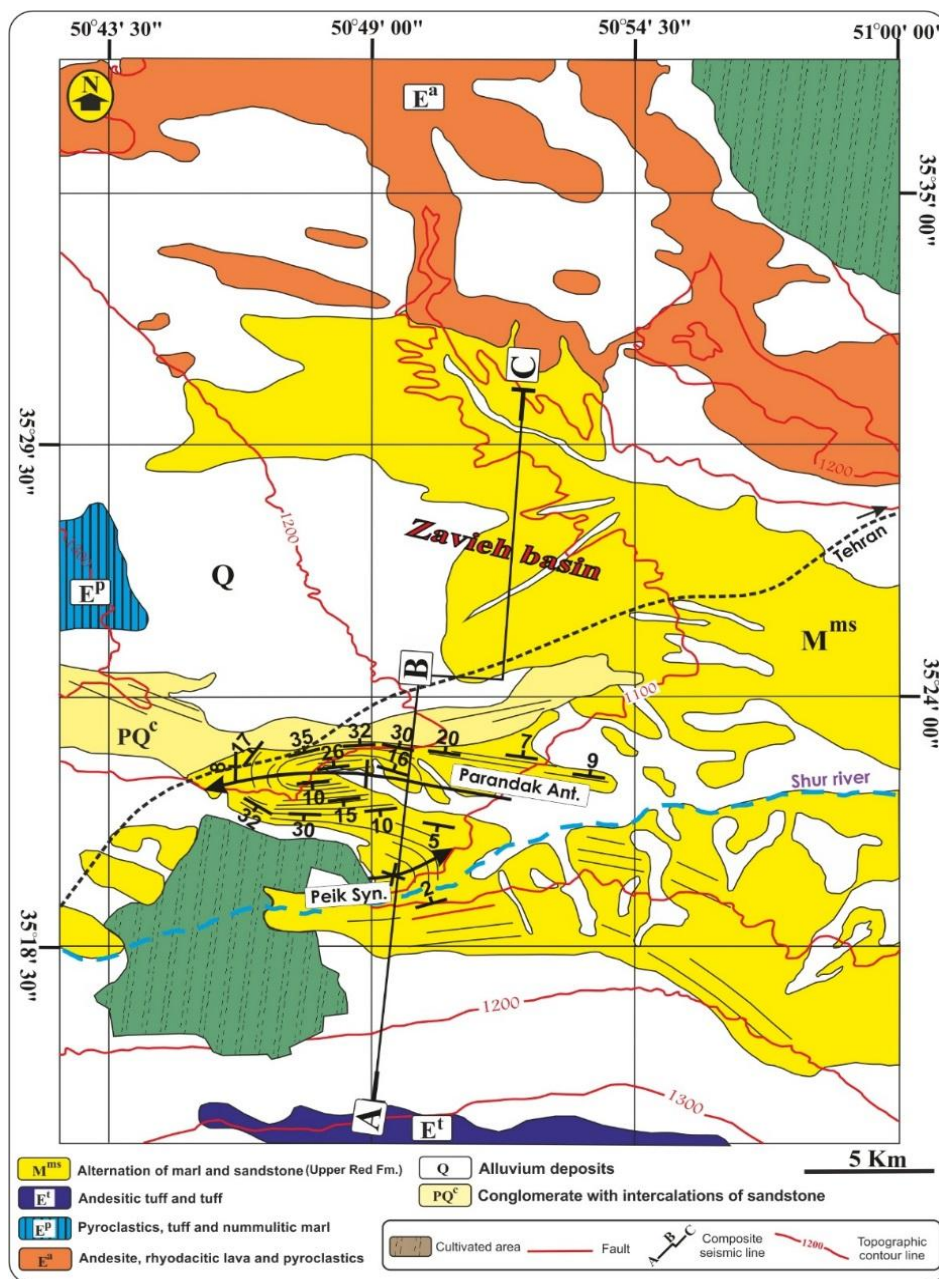
شکل ۱. آ) نقشه زمین‌شناسی حوضه رسوبی ایران مرکزی و زیرحوضه‌های اصلی آن (ترسیم مجدد از [۵]، [۶]، [۷]) حوضه‌های رسوبی زاویه و حوض سلطان در بخش شمال‌غربی حوضه رسوبی ایران مرکزی قرار دارند. علائم اختصاری: GKF: گسل کویر بزرگ، Q: قم، S: ساوه، K: کاشان. ب) نقشه زمین‌شناسی از محدوده حوضه‌های زاویه و حوض سلطان (باز ترسیم از [۸]، [۴]، [۹]، [۱۰]، [۱۱]) علائم اختصاری: SMF: گسل جنوب مره کوه، NMF: گسل شمال مره کوه، MZF: گسل اصلی زاگرس، MRF: گسل جوان زاگرس

علاوه بر چاه‌های حفاری شده در ناحیه یورت شاه و حوضه قم، سازند قم در یال جنوبی تاق‌دیس مره‌کوه نیز قابل بررسی است (شکل ۱ ب). سازند قم در این محل از آهک متوسط تا ضخیم لایه کرم‌رنگ تشکیل شده است. [۱۳] ضمن بررسی سازند قم در دماغه شمال‌غربی تاق‌دیس مره‌کوه ضخامت آن را حدود ۹۲ متر گزارش کرده است. ضخامت این واحد به سوی شرق کاهش می‌یابد تا حدی که در دماغه شرقی مره‌کوه به صفر می‌رسد. این پدیده نشان می‌دهد

که پیش‌روی دریای قم روی دماغه شرقی تاق‌دیس انجام نشده است. به‌جز تغییرات ضخامتی، سن سازند قم نیز تغییرات چشم‌گیری را در مقیاس ناحیه‌ای نشان می‌دهد. سن سازند قم در ناحیه یورت شاه و مره‌کوه میوسن پیشین است [۱۵]، [۱۳]، در شرایطی که سن این واحد سنگی در حوضه قم الیگوسن پسین- میوسن پیشین است (شکل ۲ پ).



شکل ۲. آ) محدوده تقریبی حوضه‌های زاویه (ZB) و حوض سلطان (HSB) که روی نقشه مدل ارتفاعی رقومی مشخص شده است. موقعیت برخی از چاه‌های اکتشافی و تولیدی ناحیه نشان داده شده است، دیگر علائم اختصاری: SK: تاق‌دیس سیاه کوه، SKK-1: چاه جنوب سیاه کوه - ۱، Y-1: چاه یورت شاه - ۱، Y-2: چاه یورت شاه - ۲، A-6: چاه البرز - ۶، A-8: چاه البرز - ۸. ب) نمودار انطباقی سازندها ترسیم شده بین چاه‌های البرز - ۶ و یورت شاه - ۲. ضخامت واحدهای سنگی قرمز بالایی و قم به‌وضوح به سمت ناحیه یورت شاه کاهش یافته است. پ) نمودار کروئواستراتیگرافی بر اساس برش‌های سطح‌الارضی و داده‌های چاه البرز - ۸ تهیه شده است. سازند قم در ناحیه یورت شاه و مره کوه دارای سن میوسن پیشین است در حالی که در حوضه رسوبی قم، وجود بخش الیگوسن پسین در چاه‌های ناحیه البرز گزارش شده است.



شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی از بخش شمال غربی حوضه زاویه (تهیه شده بر اساس مشاهدات صحرایی و تصاویر ماهواره‌ای). محل گذر خط لرزه‌ای ترکیبی ABC در شکل نشان داده شده است. چین خوردگی‌های امین‌آباد و پرندک دو تاق‌دیس اصلی توسعه یافته در این حوضه رسوبی به‌شمار می‌آیند.

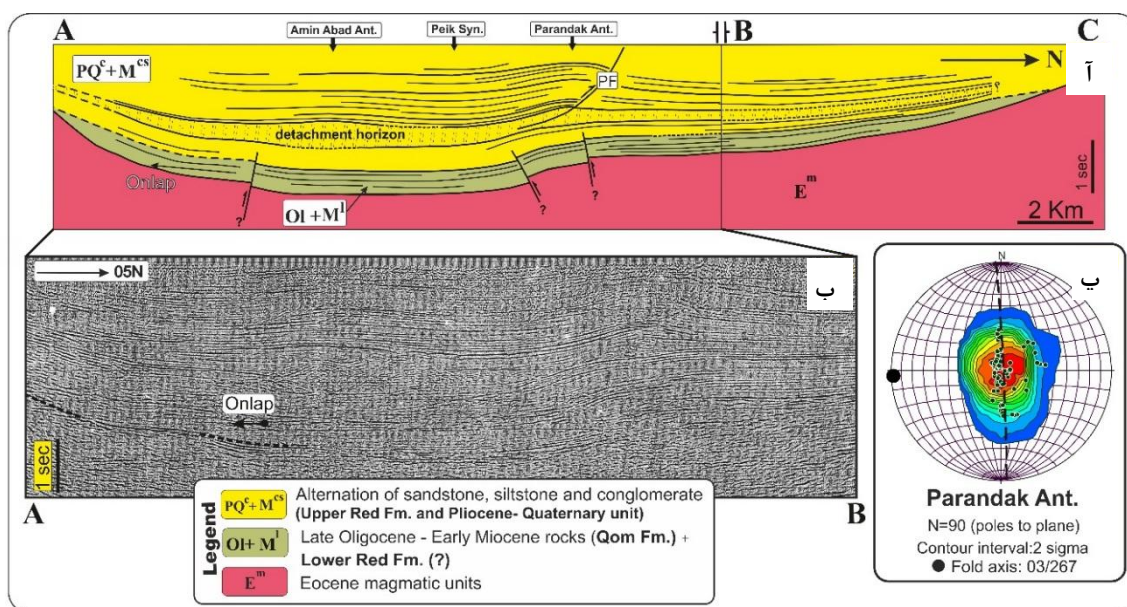
سازند قرمز بالایی رخنمون‌های وسیعی را در ناحیه بررسی شده تشکیل داده است. این واحد سنگی در چاه یورت شاه ۲، به‌طور عمده از ماسه سنگ و سیلتستون تشکیل شده و ضخامت حفاری شده آن حدود ۵۷۴ متر است. واحد قرمز بالایی در ناحیه مره‌کوه از تناوب مارن و ماسه سنگ تشکیل شده است. اما مقدار مواد تخریبی در یال شمالی تاق‌دیس بیش‌تر از یال جنوبی است [۴]. ماهیت تخریبی سازند قرمز بالایی و کمبود میکرو فسیل‌های شاخص در این سازند، تعیین سن آن را مشکل کرده است. نتایج بررسی مگنتواستراتیگرافی در ناحیه ایوانکی (جنوب تهران) مشخص نمود که سازند قرمز بالایی در محدوده زمانی ۷/۶ تا ۱۷/۵ میلیون سال (اواخر بوردیگالین تا میوسن پسین) نهشته

شده است [۱۴]. در ناحیه بررسی شده رسوبات پلیوسن از کنگلومرا با میان لایه‌های ماسه سنگ و سیلتستون تشکیل شده که به صورت تدریجی روی سازند قرمز بالایی رسوب کرده است.

هندسه زیرسطحی حوضه‌های زاویه و حوض سلطان

حوضه رسوبی زاویه

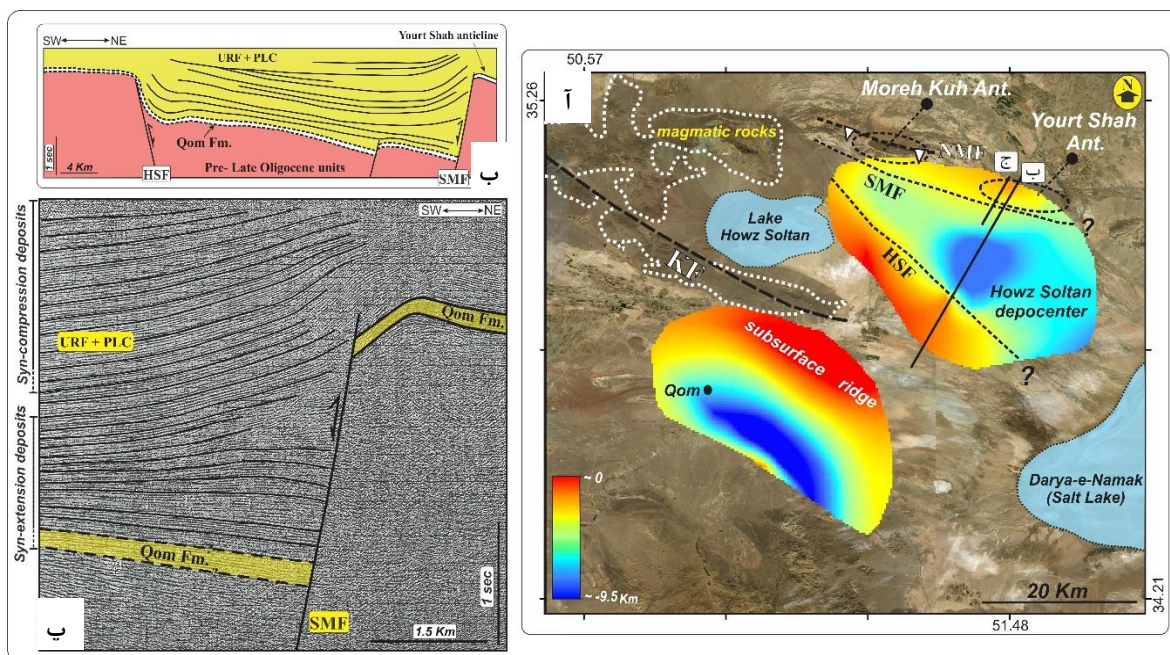
حوضه رسوبی زاویه دربردارنده رخنمون‌های وسیعی از سازند قرمز بالایی است و از اطراف به وسیله مجموعه‌های ماگمایی ائوسن محدود شده است (شکل ۱ ب). تنها یک خط لرزه‌ای با راستای شمالی-جنوبی از این حوضه گذر کرده است (شکل ۳) که دارای کیفیت متوسط است. چین خوردگی‌های امین‌آباد و پرندک دو تاقدیس اصلی توسعه یافته در این حوضه رسوبی به‌شمار می‌آیند (شکل ۳). با توجه به خط لرزه‌ای ABC (شکل ۴ آ)، چین خوردگی‌های مذکور روی لایه نامقاوم بخش میانی سازند قرمز بالایی ایجاد شده است و بنابراین در گروه چین‌های جدایشی قرار می‌گیرند. تاقدیس پرندک دارای راستای اثر سطح محوری 280° - 260° است. به‌طور کلی در این تاقدیس، شیب یال‌ها کم تا متوسط است و بین 35° - 10° درجه متغیر هستند (شکل ۳). موقعیت محور چین بر اساس چگونگی توزیع فضایی قطب‌های لایه‌بندی، $03/267$ محاسبه شده است (شکل ۴ پ). به‌سمت جنوب، ناودیس پیک جدا کننده تاقدیس‌های پرندک و امین‌آباد از یکدیگر است. یال شمالی تاقدیس امین‌آباد شیب ۲ تا ۴ درجه دارد در حالی که یال جنوبی آن فاقد رخنمون است. در بخش‌های عمقی مقطع لرزه‌ای، سازند قم و بخش زیرین سازند قرمز بالایی تحت تأثیر گسل‌های پرشیب با جابه‌جایی شیبی کم قرار گرفته است. این گسل‌ها در بخش‌های زیرین سازند قرمز بالایی از بین می‌روند.



شکل ۴. آ) خط لرزه‌ای تفسیر شده (ABC) که از بخش میانی حوضه رسوبی زاویه عبور کرده است. تاقدیس‌های امین‌آباد و پرندک چین‌های جدایشی هستند که روی افق جدایشی بخش میانی سازند قرمز بالایی تشکیل شده است. علامت اختصاری: PF: گسل پرندک، ب) خط تفسیر نشده از بخش AB شکل آ (امانت گرفته شده از شرکت ملی نفت ایران)، پ) تصویر شبکه هم مساحت از قطب‌های لایه‌بندی برداشت شده از تاقدیس پرندک

حوضه رسوبی حوض سلطان

حوضه رسوبی حوض سلطان در جنوب حوضه رسوبی زاویه قرار دارد و از سمت شمال شرق به وسیله تاقدیس‌های یورت شاه، مره کوه و سیاه کوه محدود شده است (شکل ۲ آ). بر اساس نقشه‌های پی سنگ مغناطیسی، حوضه حوض سلطان از جنوب غرب به وسیله یک برجستگی زیرسطحی محدود می‌شود (شکل ۵ آ). به سمت جنوب شرق به دلیل نبود داده‌های لرزه‌ای و مغناطیس‌های هوایی امکان پیگیری دقیق مرزهای حوضه وجود ندارد (شکل ۵ آ). محدوده حوضه حوض سلطان در بخش شمال غربی، به وسیله دو گسل جنوب مره کوه (SMF) و حوض سلطان (HSF) مشخص می‌شود (شکل ۵ آ و ب). عملکرد گسل‌های مذکور به‌وضوح در نقشه پی سنگ مغناطیسی قابل مشاهده هستند.



شکل ۵. آ) نقشه رأس پی سنگ مغناطیسی در محدوده حوض سلطان و قم (ترسیم مجدد با کمک داده‌های [۱۶]، [۱۷]، [۱۸]). ب) خط لرزه‌ای تفسیر شده که از بخش میانی حوض سلطان عبور کرده است (شکل ب در شکل ۵ آ ساده‌سازی شده از [۱۹]) افزایش ضخامت بخش زیرین سازند قرمز بالایی در فرادیواره گسل‌های جنوب مره کوه و حوض سلطان نشان‌دهنده عملکرد عادی این گسل‌ها در زمان رسوب‌گذاری این واحد سنگی است، پ) خط لرزه‌ای از دیواره شمالی حوض سلطان در ناحیه یورت شاه (شکل پ در شکل ۵ آ، امانت گرفته شده از شرکت ملی نفت ایران)، کاهش ضخامت بخش بالایی سازند قرمز بالایی و واحدهای جوان‌تر به سمت دیواره حوضه رسوبی متأثر از عملکرد دگر بختی فشارشی در دوره زمانی بعد از میوسن میانی است. علائم اختصاری: NMF: گسل شمال مره کوه، SMF: گسل جنوب مره کوه، HSF: گسل حوض سلطان، KF: گسل کوشک نصرت

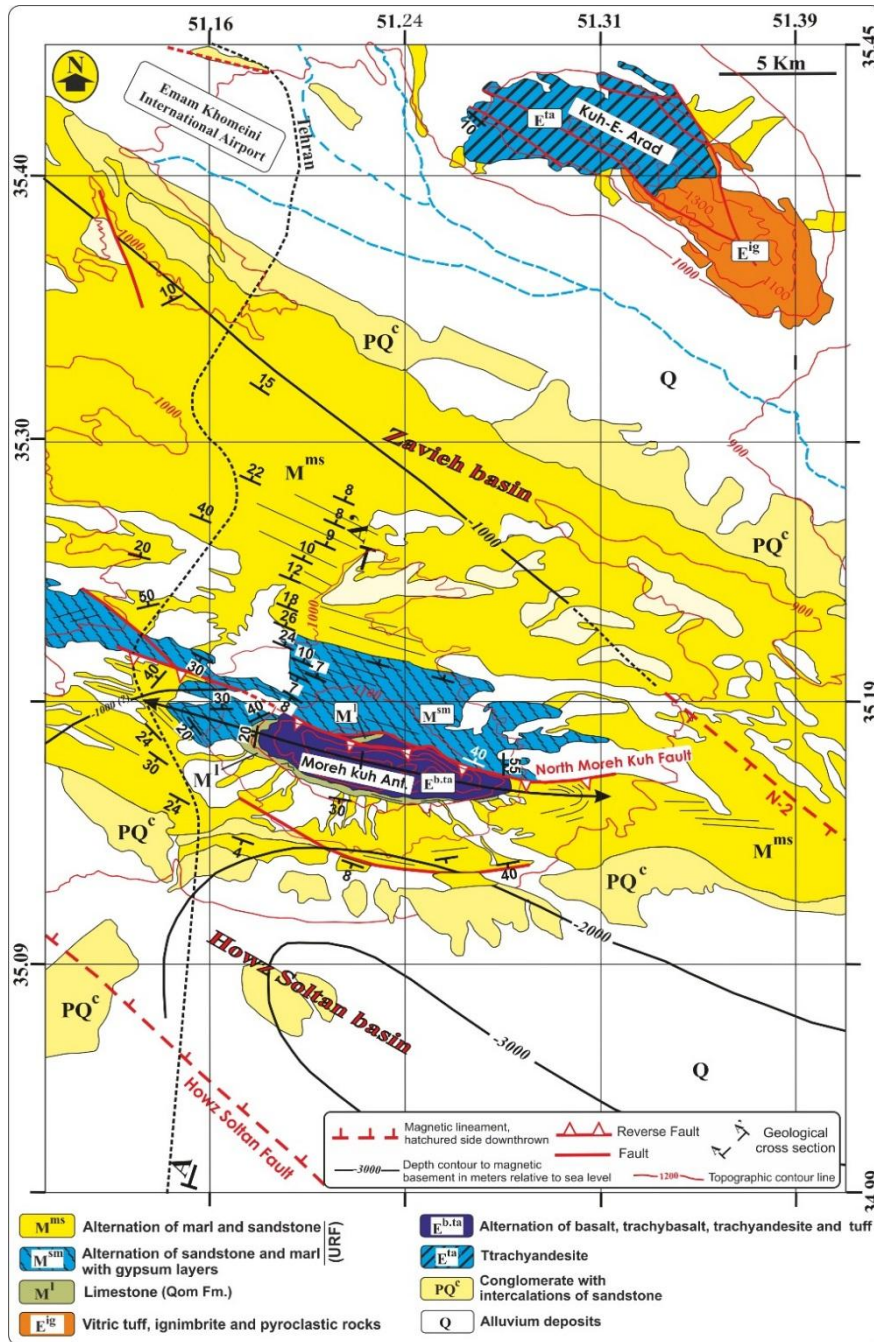
شکل ۵ ب، خط لرزه‌ای از دیواره شمالی حوض سلطان در ناحیه یورت شاه را نشان می‌دهد. در این ناحیه، ضخامت بخش زیرین سازند قرمز بالایی به سمت فرادیواره گسل جنوب مره کوه افزایش چشم‌گیری یافته و الگوی رشدی مشخصی را نشان می‌دهد. این پدیده بیان‌گر آن است که گسل جنوب مره کوه در زمان اواخر میوسن پیشین - میوسن میانی سازوکار عادی داشته و رسوب‌گذاری بخش زیرین سازند قرمز بالایی را کنترل کرده است. به گونه‌ای مشابه، افزایش ضخامت بخش زیرین سازند قرمز بالایی در فرادیواره گسل حوض سلطان نیز نشان‌دهنده سازوکار عادی این گسل در این دوره زمانی است (شکل ۵ ب). در زمان رسوب‌گذاری بخش بالایی سازند قرمز بالایی و واحدهای جوان‌تر،

حوضه حوض سلطان تحت عملکرد دگرریختی فشارشی قرار گرفته است. شاهد این پدیده الگوی نازک شونده توالی رسوبی مذکور به سمت مرزهای حوضه است (شکل ۵ ب و پ). طی دگرریختی فشارشی پیش‌رونده، گسل‌های حوض سلطان و جنوب مره‌کوه به تدریج توانایی خود را برای تطبیق با مؤلفه شیب لغز فشارشی از دست داده و در زیر رسوبات جوان‌تر مدفون می‌شوند (شکل ۵ پ).

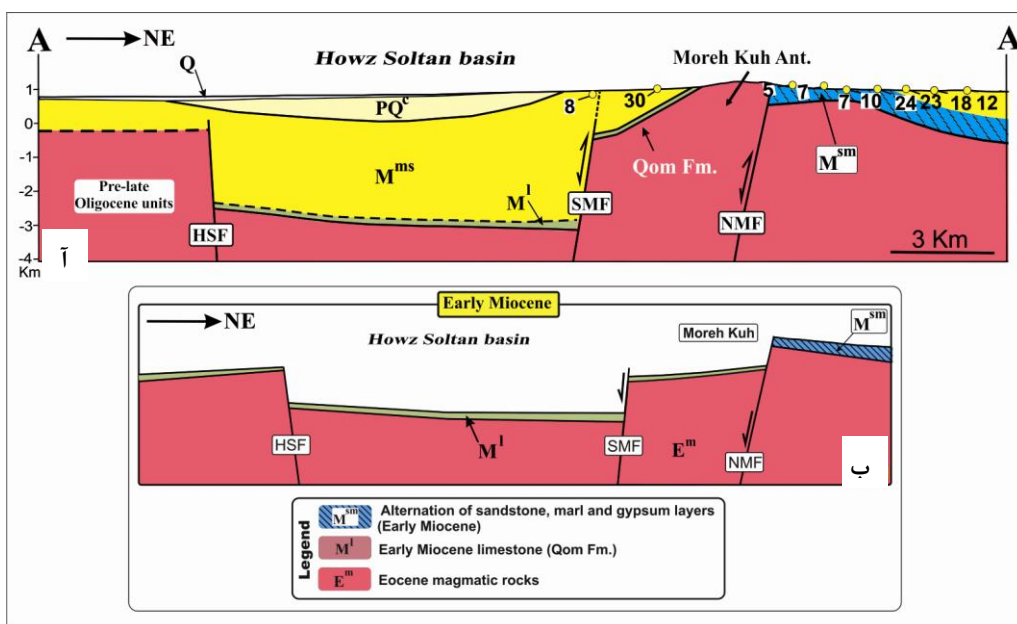
حوضه حوض سلطان به سمت شمال به وسیله تاق‌دیس مره‌کوه محدود می‌شود (شکل ۵ آ و شکل ۶). تاق‌دیس مره‌کوه حدود ۵۰ کیلومتری جنوب‌غرب شهر تهران قرار دارد و کهن‌ترین واحد سنگی رخنمون یافته در آن متعلق به مجموعه گدازه‌ای و آذرآواری‌های ائوسن است (شکل ۶). راستای اثر سطح محوری تاق‌دیس مره‌کوه 290° است. شیب یال جنوبی تاق‌دیس مره‌کوه، حدود ۳۰ درجه در رخنمون سازند قرمز بالایی است. شکل ۷ آ، مقطع ساختاری از تاق‌دیس مره‌کوه و حوضه حوض سلطان است که بر اساس داده‌های زمین‌شناسی سطحی و داده‌های مغناطیس‌هوایی تهیه شده است. بر اساس داده‌های مغناطیس‌هوایی، وجود یک ساختار بزرگ ناودیسی در جنوب ساختمان مره‌کوه مشخص شده است که منطبق با محل حوضه رسوبی حوض سلطان است (شکل ۶ و شکل ۷ آ). در صورتی که هندسه پی‌سنگ مغناطیسی را با هندسه رأس واحد ماگمایی ائوسن قابل انطباق دانسته و افق رأس واحد ائوسن را ترسیم نماییم، مشاهده می‌شود که اختلاف عمق چشم‌گیری میان رأس واحد ائوسن در یال جنوبی تاق‌دیس مره‌کوه با رأس این واحد در بستر حوضه رسوبی حوض سلطان وجود دارد (شکل ۷ آ). محل این اختلاف عمق، بر اثر سطحی گسل جنوب مره‌کوه منطبق است. یال شمالی تاق‌دیس مره‌کوه به وسیله یک گسل معکوس با راستای شمال‌غرب-جنوب‌شرق بریده شده است. این گسل که تحت عنوان گسل شمال مره‌کوه نام‌گذاری می‌شود، شیب زیاد رو به جنوب دارد و عملکرد آن موجب رانده شدن مجموعه‌های آتشفشانی ائوسن روی بخش زیرین سازند قرمز بالایی شده است (شکل ۶ و ۷ آ). از سمت فرادیواره گسل شمال مره‌کوه به سمت فروددیواره آن تغییر رخساره مشخصی در توالی سنگی میوسن پیشین قابل مشاهده است (شکل ۷ آ). در فرادیواره گسل، سازند قم با رخساره کربناته نهشته شده در حالی که در فروددیواره آن مجموعه‌های تخریبی بخش زیرین سازند قرمز بالایی رسوب‌گذاری کرده است (شکل ۶، شکل ۷ آ). این تغییر رخساره نشان‌دهنده سازوکار عادی گسل شمال مره‌کوه است. به عبارت دیگر در جنوب گسل، محیط دریایی حاکم است و در اثر پیش‌روی کوتاه مدت دریا، ضخامت محدودی از سازند قم نهشته شده است. در حالی که در شمال، شرایط قاره‌ای-رودخانه‌ای غلبه داشته و بخش زیرین سازند قرمز بالایی نهشته شده است (شکل ۷ ب).

با توجه به نبود داده‌های لرزه‌ای و پی‌سنگ مغناطیسی در بخش جنوب‌شرقی حوضه حوض سلطان، امکان مشخص کردن مرزهای آن به صورت دقیق امکان‌پذیر نیست. در جنوب دریاچه نمک، رخنمون‌های محدودی از مجموعه‌های آتشفشانی ائوسن در محلی معروف به جزیره سرگردانی قابل مشاهده هستند (شکل ۸ آ). افشار حرب [۲۰] در شمال‌شرق جزیره سرگردانی، گودال‌های حفاری شده در طی عملیات برداشت خط لرزه‌ای AA' را بررسی کرده است. بررسی توالی سنگی داخل گودال‌ها نشان داد که سنگ‌های آذرین و ضخامت نازکی از سازند قم در زیر نهشته‌های رسوبی دریاچه وجود دارند. شکل ۸ ب، یک مقطع زمین‌شناسی است که بر پایه داده‌های چینه‌شناسی به‌دست آمده از گودال‌ها ترسیم شده است. چنان‌که مشاهده می‌شود سازند قم به سمت جنوب کاهش ضخامت دارد و عمق دسترسی به آن به طرف شمال افزایش می‌یابد. از سوی دیگر داده‌های به‌دست آمده از حفاری چاه اکتشافی جنوب

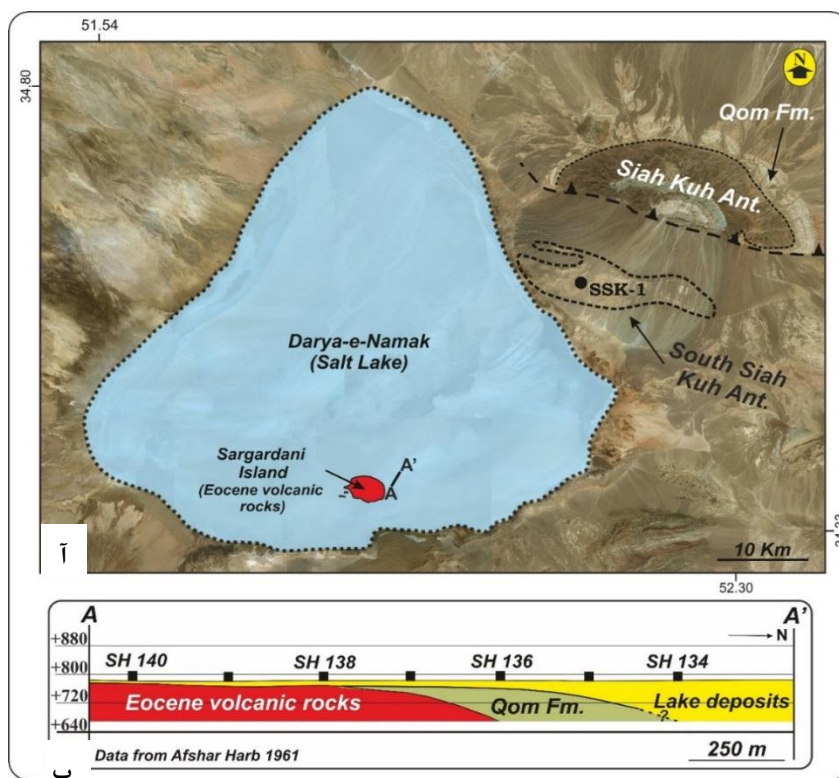
سیاه کوه ۱ (SSK-1 در شکل ۸ آ) نشان می‌دهد که رأس سازند قم در این چاه با ضخامتی بیش از ۴۰۰۰ متر از رسوبات سازند قرمز بالایی پوشیده شده است. با توجه به این شواهد احتمال آن وجود دارد که ادامه حوضه رسوبی حوض سلطان به سمت جنوب شرق، از شمال شرق جزیره سرگردانی آغاز شده و تا جنوب تاقدیس سیاه کوه ادامه داشته باشد (شکل ۸ آ). پیش‌بینی می‌شود که در این محدوده، رأس سازند قم در عمقی بیش از ۴۵۰۰ متر زیر سطح دریا قرار داشته و روی آن ضخامت چشم‌گیری از رسوبات سازند قرمز بالایی نهشته شده است.



شکل ۶. نقشه زمین‌شناسی از بخش شمالی حوضه‌های زاویه و حوض سلطان، تهیه شده بر اساس تصاویر ماهواره‌ای، مشاهدات صحرائی، نقشه مغناطیس هوایی تهران [۱۶] و داده‌های منتشر شده در برگه زمین‌شناسی رباط کریم با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ [۴]. محل مقطع ساختمانی AA' (شکل ۷ آ) در نقشه مشخص شده است.



شکل ۷. برش ساختاری از انتهای شمال غربی حوضه حوض سلطان و ناحیه مره کوه، ترسیم شده بر اساس داده‌های سطحی، داده‌های پی سنگ مغناطیسی و الگوی مشاهده شده در خطوط لرزه‌ای مناطق مجاور (مانند ناحیه یورت شاه)، محل برش در شکل ۶ مشخص شده است، (ب) شکل شماتیک از بازسازی حوضه حوض سلطان در زمان میوسن پیشین، علائم اختصاری: NMF: گسل شمال مره کوه، SMF: گسل جنوب مره کوه، HMF: گسل حوض سلطان



شکل ۸. آ تصویر ماهواره‌ای از دریاچه نمک. تنها رخنمون سطحی از واحدهای ماگمایی ائوسن در جزیره سرگردانی واقع در جنوب دریاچه نمک قابل مشاهده است. (ب) برش زمین‌شناسی در ناحیه شمال شرق جزیره سرگردانی. تهیه شده براساس داده‌های [۲۰]. عمق دسترسی به سازند قم رو به شمال شرق افزایش می‌یابد.

بحث

تاریخچه ائوسن - الیگوسن پیشین حوضه‌ها

پوشش رسوبی حوضه‌های زاویه و حوض سلطان روی پی سنگ ماگمایی نهشته شده‌اند که نتیجه فعالیت ماگمایی گسترده در زمان ائوسن است. در حوضه رسوبی قم، توالی الیگوسن پیشین از مجموعه‌های تبخیری-تخریبی سازند قرمز زیرین تشکیل شده است. سازند قرمز زیرین در رخنمون‌های مناطق مره‌کوه، زاویه و هم‌چنین در چاه‌های اکتشافی حفر شده در دیواره حوضه حوض سلطان (مانند یورت شاه ۱ و ۲) وجود ندارد. رسوب‌گذاری سازند قرمز زیرین در بخش‌های عمیق حوضه‌های زاویه و حوض سلطان بدلیل نبود حفاری چاه اکتشافی قابل رد یا تأیید نیست.

تاریخچه الیگوسن پسین - میوسن میانی حوضه‌ها

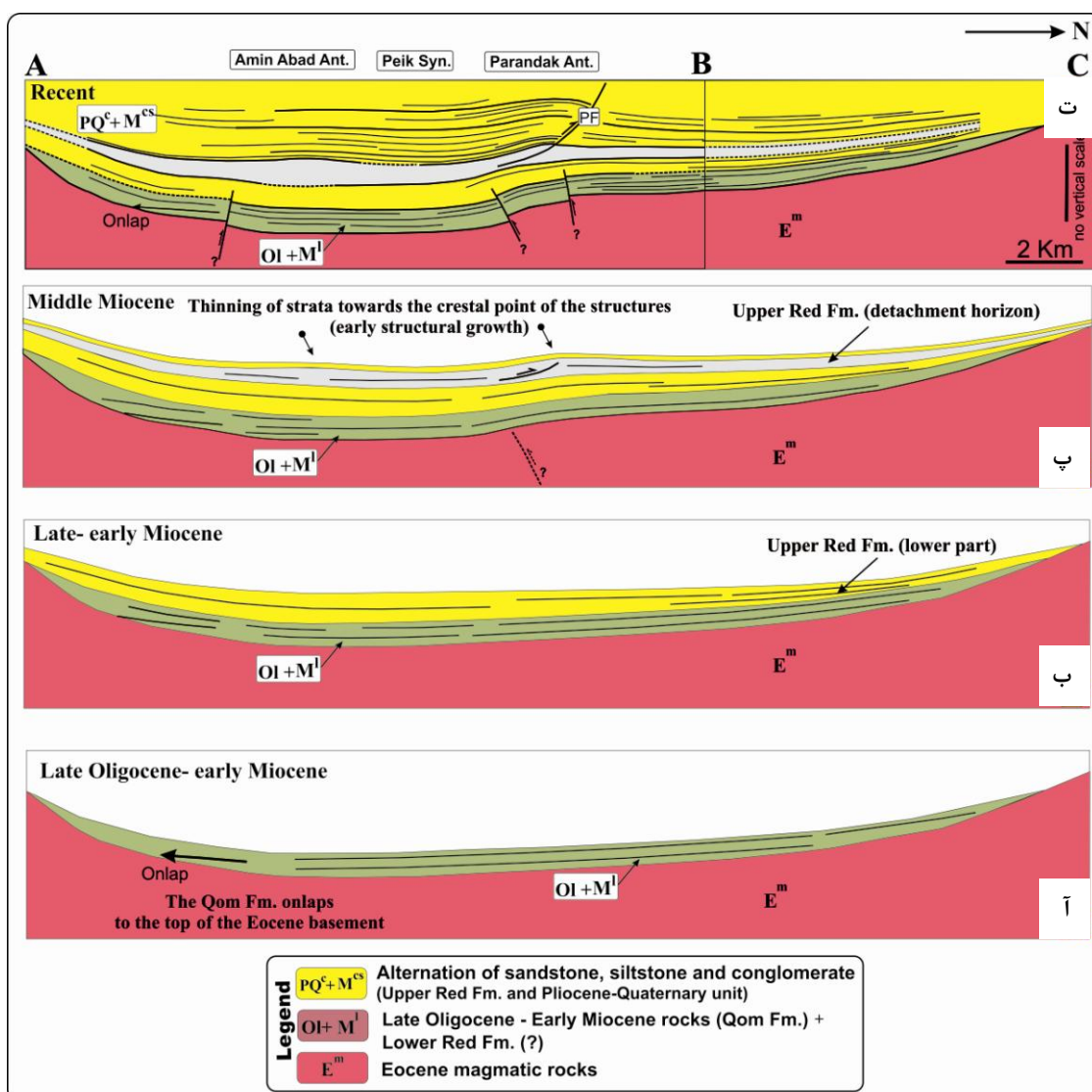
در این دوره زمانی دو عنصر ساختاری اصلی یعنی گسل‌های پرشیب با مؤلفه شیبی عادی و توپوگرافی شکل گرفته در زمان ائوسن، الگوی رسوب‌گذاری سازند قم و بخش زیرین سازند قرمز بالایی را کنترل کرده است. پیش‌تر شواهد عملکرد گسل‌های کششی در دوره زمانی الیگوسن پسین - میوسن پیشین در مناطقی مانند غرب دریاچه نمک (ناحیه قم‌رود) و در محدوده تاقدیس البرز گزارش شده است [۱۹]. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گسل‌های کششی مشابه در مناطق مره‌کوه و حوض سلطان نیز گسترش دارد. عامل شکل‌گیری گسل‌های مذکور به‌صورت دقیق مشخص نشده است. شکل‌گیری حوضه پشت کمانی متأثر از فرورانش لیتوسفر اقیانوسی نئوتتیس بر زیر خرده قاره ایران مرکزی، به‌عنوان عاملی برای رخداد دگرریختی کششی معرفی شده است [۲۱]، [۲۲]، [۲۳]. از دیدگاه دیگر، [۱۹] عامل رخداد دگرریختی کششی را با پدیده پس‌غلش صفحه زیر رانده^۱ مرتبط می‌داند.

الگوی رسوب‌گذاری توالی الیگوسن - میوسن پیشین در حوضه رسوبی زاویه می‌تواند به‌عنوان مثالی از برهم‌کنش رسوب‌گذاری و توپوگرافی قدیمی کف حوضه در نظر گرفته شود. شکل (۹)، شمایی از تکامل حوضه رسوبی زاویه در ناحیه پرندهک را نشان می‌دهد. توالی الیگوسن - میوسن پیشین به‌سمت مرزهای حوضه نازک شده و بازتاب دهنده‌های لرزه‌ای در بخش زیرین این توالی الگوی هم‌پوشانی را از سمت شمال به‌طرف دیواره جنوبی حوضه نشان می‌دهد. این پدیده مشخص می‌کند که دیواره حوضه رسوبی در زمان پیش‌روی رسوبات الیگوسن دارای شیب کم بوده است.

تاریخچه میوسن پسین - پلیوسن حوضه‌ها

از زمان میوسن پسین، دگرریختی فشارشی در بخش غربی حوضه ایران مرکزی (حوضه‌های رسوبی قم و ساوه) آغاز می‌شود [۲]، [۱۹]. تأثیرگذاری این دگرریختی در محل حوضه‌های زاویه و حوض سلطان موجب چین‌خوردگی، گسلش معکوس و وارونگی سازوکار گسل‌های قدیمی‌تر (مانند گسل‌های جنوب مره‌کوه و حوض سلطان) شده است. رسوب‌گذاری بخش بالایی سازند قرمز بالایی و واحد پلیوسن هم‌زمان با رخداد این فاز فشارشی هستند. در حوضه رسوبی زاویه، کاهش ضخامت این توالی سنگی به‌سمت ناحیه لولایی تاقدیس‌های پرندهک و امین‌آباد، نشان‌دهنده رسوب‌گذاری هم‌زمان با برخاستگی و چین‌خوردگی است (شکل ۹). کاهش ضخامت واحدهای مذکور به‌سمت دیواره‌های حوضه حوض سلطان نیز نشان‌دهنده عملکرد فاز فشارشی در این ناحیه است (شکل ۵ ب و ۵ پ).

1. Slab rollback



شکل ۹. مدل پیشنهادی برای تکامل رسوبی - ساختاری حوضه رسوبی زاویه در ناحیه پرندک. (آ) رسوب گذاری توالی الیگوسن - میوسن پیشین روی پی سنگ ائوسن، (ب) رسوب گذاری بخش زیرین سازند قرمز بالایی در اواخر میوسن پیشین، (پ) رخداد دگر بختی فشارشی و فعال شدن افق جدایشی داخل سازند قرمز بالایی (مشخص شده با رنگ خاکستری)، (ت) هندسه کنونی حوضه رسوبی که در نتیجه افزایش دامنه چین‌ها، عملکرد گسل‌های معکوس عمقی و سطحی شکل گرفته است. علامت اختصاری: PF: گسل پرندک.

نتیجه‌گیری

حوضه‌های رسوبی حوض سلطان و زاویه در بخش شمال غربی حوضه رسوبی ایران مرکزی قرار دارند و روند شمال غرب- جنوب شرق دارند. پژوهش حاضر الگوی چین خوردگی واحدهای مختلف سنگی، آرایش گسل‌های مدفون و هم‌چنین تاریخچه تکاملی حوضه‌های مذکور را در زمان الیگوسن پسین- پلیوسن آشکار کرده است. بر این اساس تاریخچه زمین‌شناسی حوضه‌های زاویه و حوض سلطان به دو بخش قابل تقسیم است. در محدوده زمانی الیگوسن پسین (۴) تا میوسن میانی سازندهای قم و بخش زیرین سازند قرمز بالایی در داخل این حوضه‌ها نهشته شده‌اند. دو

عنصر اصلی ساختاری یعنی گسل‌های پرشیب دارای مؤلفه شیبی عادی (مانند گسل جنوب مره‌کوه و حوض سلطان) ضخامت توالی سنگی مذکور را در حوضه حوض سلطان کنترل کرده‌اند. در حوضه رسوبی زاویه نیز تغییرات ضخامت توالی سنگی الیگوسن پسین-میوسن میانی به‌وسیله توپوگرافی قدیمی بستر حوضه کنترل شده است. مرحله بعدی تکامل حوضه‌های رسوبی هم‌زمان با رخداد دگرریختی فشارشی است که از میوسن پسین آغاز شده و الگوی رسوب‌گذاری بخش بالایی سازند قرمز بالایی و واحد کنگلومرای پلیوسن را کنترل کرده است. دگرریختی مذکور موجب چین‌خوردگی ناحیه‌ای و وارونگی سازوکار گسل‌های قدیمی‌تر شده است. در حوضه زاویه، بخش میانی سازند قرمز بالایی به‌عنوان یک افق جدایشی تأثیرگذار عمل کرده و موجب شکل‌گیری چین‌های جدایشی مانند تاقدیس‌های پرندک و امین‌آباد شده است.

سیاسگزاری

از شرکت نفت مناطق مرکزی ایران، مدیریت اکتشاف شرکت نفت ایران و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات به جهت فراهم کردن این تحقیق قدردانی می‌کنیم.

منابع

1. Abaie I., Ansari J. J., Badakhshan A., Jaafari A., "History and development of the Alborz and Sarajeh fields of Central Iran", World Petroleum Congress Proceedings (1964) 697-713.
2. Morley C. K., Waples D., Boonyasaknanon P., Julapour A., Loviruchsutee P., "The origin of separate oil and gas accumulations in adjacent anticlines in Central Iran", Marine and Petroleum Geology, 44 (2013) 96-111.
3. National Iranian Oil Company-PEDEX., "Exploration study of hydrocarbon in Saveh-Qom-Kashan- Zavareh regions (the Central Iranian Basin)", National Iranian Oil Company Geological Report No. 2111 (2006) 156.
۴. بهارفیروزی خلیل، شافعی علی، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رباط کریم"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۷).
5. Huber H., "Tectonic Map of North-West Iran", scale: 1:250,000, National Iranian Oil Company (1976a).
6. Huber H., "Tectonic Map of South-West Iran", scale: 1:250,000, National Iranian Oil Company (1976b).
7. Huber H., "Tectonic Map of North-Central Iran", scale: 1:250,000, National Iranian Oil Company (1978).
۸. عمیدی سید مهدی، شهرابی مصطفی، نوایی ایرج، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ زاویه"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۴).
۹. عمیدی سید مهدی، نوگل سادات میرعلی اکبر، بهروزی ارژنگ، ناظر ناصرحسین، کایا س. دهلوی پرویز، مارتن ژانتین ب.، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ساوه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۶۳).

۱۰. امامی محمد هاشم، تکنواکسپرت، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ آران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۷۱).
۱۱. حقی پور عبداللطیف، تراز ه.، وحدتی دانشمند فرهاد، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۶۵).
12. National Iranian Oil Company., "Graphic well log Yort-e-shah-2", (1998) 9.
13. Narani H., "Geology of Parandak and Moreh Kuh area", National Iranian Oil Company Geological Report No.1608 (1965) 25.
14. Ballato P., Nowaczyk N. R., Landgraf A., Strecker M. R., Friedrich A., Tabatabaei S. H., "Tectonic control on sedimentary facies pattern and sediment accumulation rates in the Miocene foreland basin of the southern Alborz mountains, northern Iran", *Tectonics*, 27 (2008) doi: 10.1029/2008TC002278.
۱۵. جلالی محمود، صادقی عباس، آدابی محمدحسین، "ریز رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در چاه یورته شاه-۱ و برش سطحی موره کوه (جنوب تهران)"، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۶۶، (۱۳۹۶) ۴۸-۲۵.
۱۶. سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه مغناطیس هوایی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۶۵).
۱۷. سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه مغناطیس هوایی ۱:۲۵۰۰۰۰ آران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۶۵).
۱۸. سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه مغناطیس هوایی ۱:۲۵۰۰۰۰ قم، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۶۵).
19. Morley C. K., Kongwung B., Julapour A. A., Abdolghafourian M., Hajian M., Waples D., Warren J., Otterdoom H., Srisuriyon K., Kazemi H., "Structural development of a major late Cenozoic basin and transpressional belt in Central Iran: the Central Basin in the Qom- Saveh area", *Geosphere*, 5 (2009) 1- 38.
20. Afshar Harb H., Stratigraphy of Darya-i-Namak (Masileh) lake deposits and the nature of underlying bedrock. National Iranian Oil Company Geological Note No. 67 (1961) 5.
۲۱. بربریان مانوئل، یاسینی علی، "تغییرات، رخساره، گسترش و اصول اساس جغرافیای دیرینه ایران، در: بربریان، مانوئل، دگرریختی قاره ای فلات ایران"، گزارش سازمان زمین‌شناسی شماره ۵۲، (۱۳۶۲) ۷۳-۷۲.
22. Schuster F., Wielandt U., "Oligocene and Early Miocene coral faunas from Iran: Paleocology and paleobiogeography", *International Journal of Earth Sciences*, 88 (1999) 571-581.
23. Reuter M., Piller W. E., Harzhauser M., Mandic O., Berning B., Rogl F, Kroh A., Aubry M. P., Wielandt-Schuster U., Hamedani A., "The Oligo- Miocene Qom Formation (Iran): Evidence for an early Burdigalian restriction of the Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways", *International Journal of Earth Sciences* (2007) doi: 10.1007/s00531 007-0269-9.