

رخساره، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی اوایل کرتاسه بالایی در فروافتادگی دزفول شمالی، جنوب غرب ایران

امید کاک‌م^۱، محمدحسین آدابی*^۲، عباس صادقی^۳ و محمود جلالی^۴

۱- دانشجوی دکترا رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲ و ۳- استاد گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران

نویسنده مسئول: m-adabi@sbu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۶/۲۲ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۸

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

سازند سروک (و معادل‌های آن) به سن کرتاسه بالایی (آلبین- تورونین) دومین مخزن مهم کربناته در ایران است که در شرایط آب و هوای گرم و حاره‌ای بر روی صفحه عربی توسعه یافته است. این سازند در میداین نفتی امید، منصوری و اهواز دارای سنگ‌شناسی غالب سنگ‌آهک بوده و به صورت هم‌شیب رسوبات شیلی سازند کژدمی را پوشانده و خود توسط سازند ایلام پوشیده شده است. مطالعات دقیق پتروگرافی منجر به شناسایی ۱۲ ریزرخساره کربناته شد که بررسی زیرمحیط رسوبی مربوط به آن‌ها موید نهشت بر روی یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ هموکلینال است. پلاتفرم رمپ کربناته شناسایی شده از چهار کمربند رخساره‌ای اصلی شامل رمپ داخلی، میانی و خارجی و یک حوضه اینتراشلف تشکیل شده است. زون‌های بایواستراتیگرافی موجود، آنالیز رخساره‌ای، محیط‌های نهشتی و لاگ‌های الکتریکی منجر به تقسیم پالتوجغرافیای منطقه مورد مطالعه به چهار توالی سکانسی درجه سوم شده است. مرز بالایی سکانس‌های نهشتی سوم و چهارم در هر سه میدان با توجه به وجود شواهد انحلال گسترده و دیگر شواهد دیاژنز متئوریک از نوع مرز فرسایشی بوده و در نتیجه رخنمون پلاتفرم کربناته ایجاد شده است. دیگر مرزهای سکانسی تعیین شده از نوع پیوستگی معادل ناپیوستگی هستند. سکانس‌ها و مرزهای سکانسی شناسایی شده برای توالی رسوبی سازند سروک قابل انطباق با مرزهای سکانسی تعیین شده در سایر مناطق در حوضه زاگرس و به سمت غرب در صفحه عربی بوده که بر همین اساس مرز بالایی سکانس اول معادل K120 SB صفحه عربی و سطح بیشینه پیشروی آب دریا در آن معادل سطح بیشینه K110 صفحه عربی بوده که به ترتیب به سمت بالا ادامه یافته و در مرز فرسایشی سکانس نهشتی چهارم معادل K150 SB صفحه عربی و سطح بیشینه پیشروی آب دریا در آن معادل سطح K140 در صفحه عربی خواهد بود. این انطباق می‌تواند چارچوب مناسبی برای انطباق مخزنی و مدل‌سازی مخزن را فراهم کند.

واژگان کلیدی: ریزرخساره، رمپ کربناته، حوضه اینتراشلف، توالی سکانسی، سازند سروک

پیشگفتار

مورد بررسی قرار گیرند. سازندهای میشریف^۱، احمدی و رمیلا^۲ در عربستان، سازند ناتیح^۳ در عمان، سازند دردر^۴ در جنوب شرقی ترکیه، میشریف در عراق و سازند سروک در ایران سازندهای معادل هم در صفحه عربی هستند که در بازه زمانی سنومانین - تورونین در پلاتفرم‌های کربناته کم عمق و حوضه‌های درون شلفی در حاشیه غیرفعال صفحه عربی (زاگرس مرکزی و شرقی) نهشته شده‌اند (الشرحان و نایرن، ۱۹۸۶؛ قزبان، ۲۰۰۷؛ رازین و همکاران، ۲۰۱۰؛ ون‌بوخم و همکاران، ۲۰۱۱؛ پیریایی و همکاران،

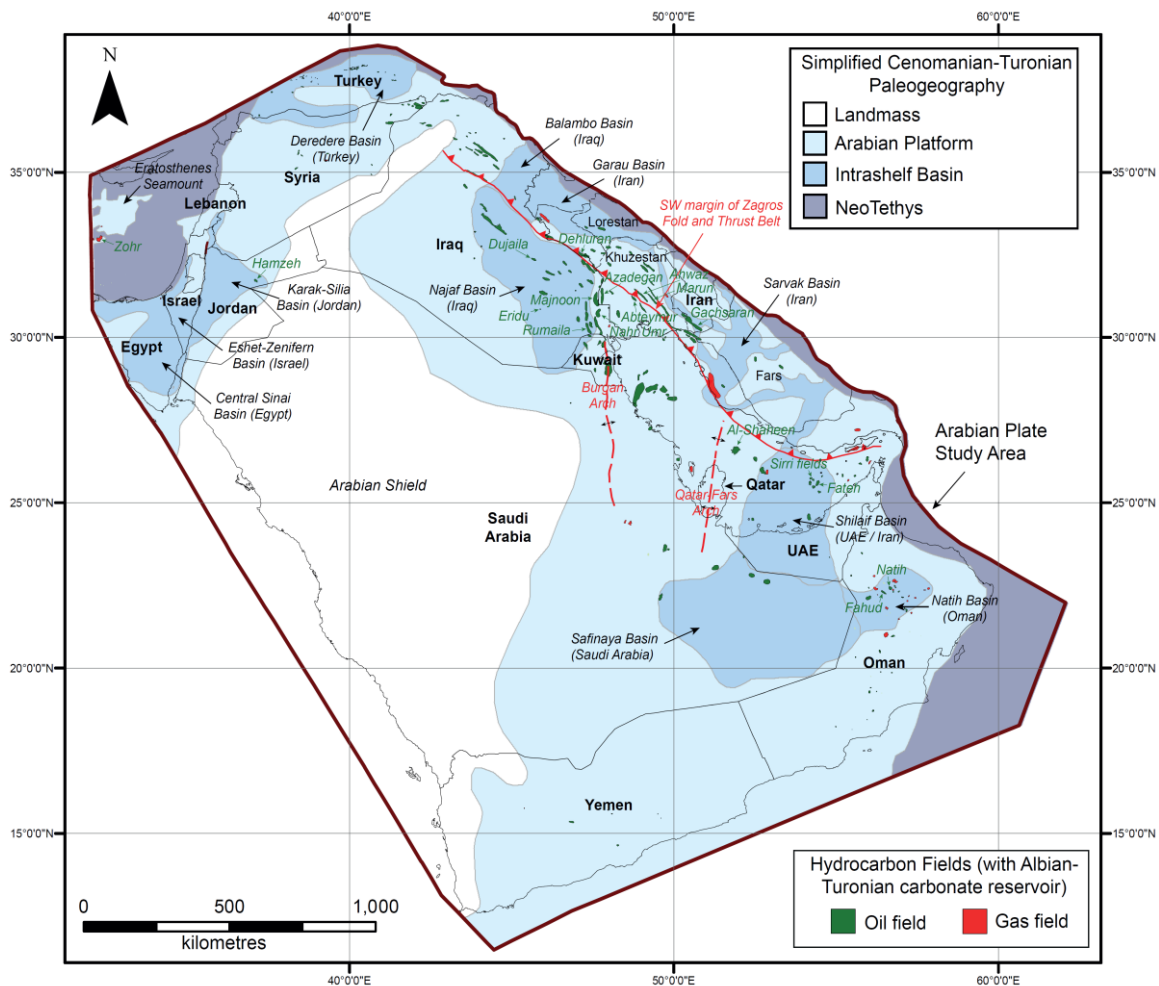
توالی چینه‌شناسی آلبین- تورونین دربرگیرنده برخی از مهم‌ترین مخازن صفحه عربی و مناطق هیدروکربن‌دار حوضه زاگرس می‌باشد که به طور غالب در کربنات‌های کم عمق سازند سروک ایران و واحدهای رسوبی معادل آن در کشورهای همجوار از عمان تا جنوب شرق ترکیه واقع شده است (شکل ۱). بیشتر تجمع هیدروکربن در این مناطق در تله‌های ساختمانی صورت گرفته است اما تله‌های چینه‌شناسی نیز در آینده می‌توانند برای اهداف اکتشافی

³ Nattih
⁴ Derder

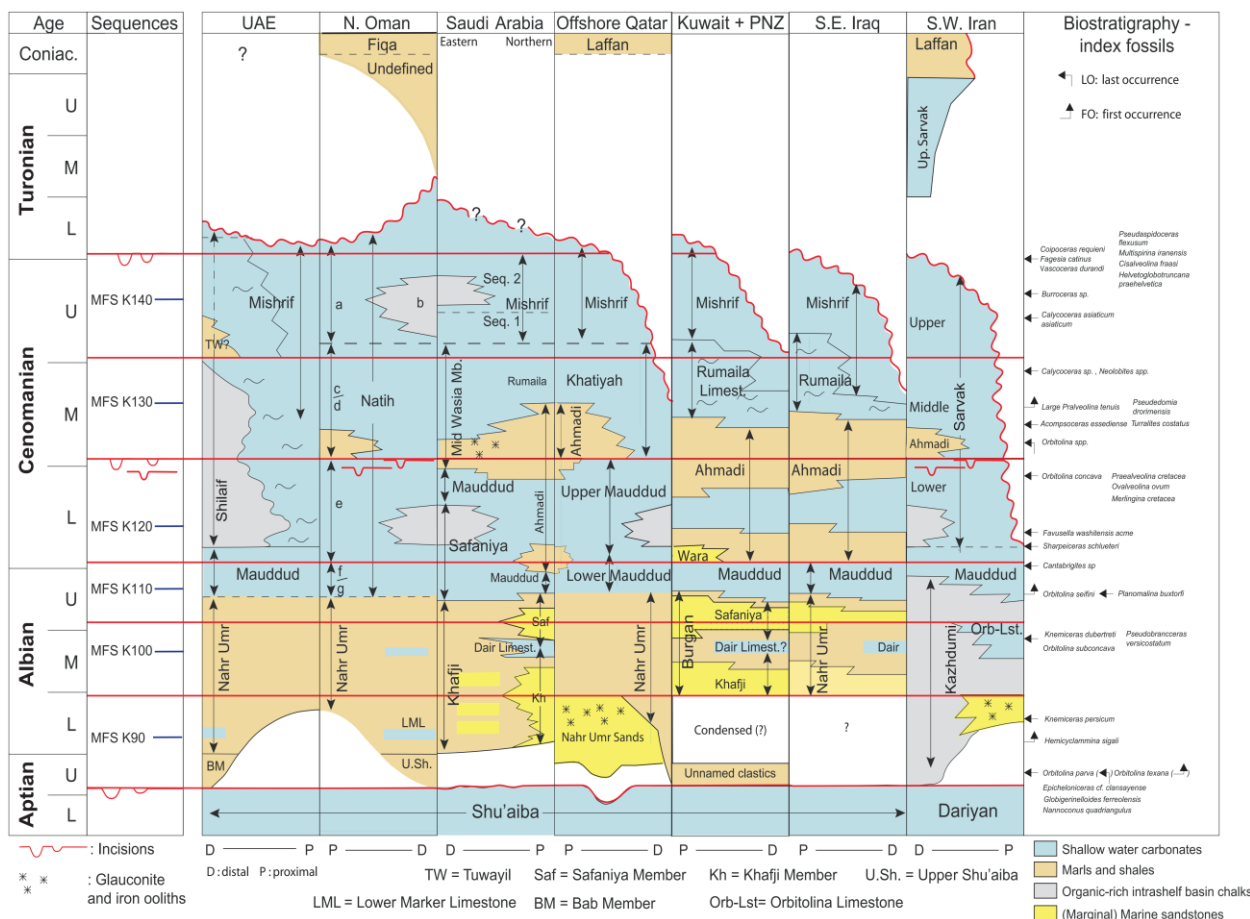
¹ Mishrif
² Rumaila

سطح آب دریا و ناپیوستگی‌های مرتبط با رخنمون‌های تحت‌الجوی سبب تغییرات قابل‌توجهی در میزان کیفیت مخزنی این سازند چه در جهت عمودی و چه در جهت جانبی شده است. در این راستا منطقه فروافتادگی دزفول از جمله مناطقی است که سازند سروک از گسترش وسیعی در آن برخوردار است. فاکتورهای دیاژنتیکی و فعالیت‌های تکتونیکی ناشی از دیاپیرسم نمک و شروع بسته شدن نفوتیس در سنومانین بالایی-تورونین پایینی سبب گردیده است تا تغییرات رخساره‌ای و خصوصیات مخزنی متغیری برای این سازند ایجاد شود و بالطبع آن پتانسیل هیدروکربنی متفاوتی را در نواحی مختلف فروافتادگی دزفول به وجود بیاورد (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱؛ اهرنبرگ و همکاران، ۲۰۰۸، پیریایی و همکاران، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱؛ رازین و همکاران، ۲۰۱۰؛ الشرحان، ۲۰۱۴؛ مهدی و اکراوی، ۲۰۱۷؛ رازین و همکاران، ۲۰۱۷).

(شکل ۲). غلبه آب و هوای حاره‌ای مرطوب در کرتاسه میانی در خاورمیانه (فلوتیو و همکاران، ۲۰۰۷؛ هالیس، ۲۰۱۱) منجر به توسعه پلاتفرم‌های کربناته شاخص مناطق گرمسیری و مجموعه‌های رخساره‌ای همراه با ویژگی‌های دیاژنتیکی مرتبط، به ویژه توسعه کارست‌های وسیع شده است (هالیس، ۲۰۱۱). این وضعیت، همراه با نوسانات متناوب سطح آب دریا، منجر به دیاژنز ائوژنتیک گسترده و توسعه مخازن نفتی در توالی‌های رسوبی در سراسر خاورمیانه شده است (برای مثال ایمنهاورز و همکاران، ۲۰۰۱؛ تقوی و همکاران، ۲۰۰۶؛ بوردناو و هگر، ۲۰۱۰؛ هالیس و شارپ، ۲۰۱۱؛ الشرحان، ۲۰۱۴). پس از سازند آسماری، سازند سروک به عنوان دومین مخزن کربناته از جمله سازندهایی است که با دورخساره کم‌عمق و عمیق در گستره وسیعی از حوضه زاگرس نهشته شده است (مطیعی، ۱۹۹۳). عوامل مختلفی نظیر تغییرات رخساره‌ای، عملکرد فرآیندهای دیاژنتی، تغییرات نسبی



شکل ۱. نقشه صفحه عربی همراه با مشخصات پالئوجغرافیایی، زمین‌شناسی و موقعیت میدان‌های نفتی و گازی که برداشت اصلی از آن‌ها از توالی کربناته آلبین-تورونین صورت می‌گیرد (برگرفته از برومهد و همکاران، ۲۰۲۲).



شکل ۲. تطابق سنگ‌چینه‌ای و زمان‌چینه‌ای سازند سروک در حوضه زاگرس و هم‌ارزهای آن در کشورهای عربی همجوار (برگرفته از ون‌بوخم و همکاران، ۲۰۱۱).

سکانسی بر روی سازند سروک توسط تعدادی از پژوهشگران بر روی رخنمون‌های سطحی و پراکنده در بخش‌های مختلف زاگرس و نیز ورقه عربی صورت گرفته که در آن به تحلیل سکناس‌ها و سطوح سکانسی پرداخته شده است. همچنین در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری با تمرکز بر ژئوشیمی رسوبی، دیاژنز و رخساره و نیز کیفیت مخزنی به بررسی این سازند پرداخته‌اند (برای مثال ون بوخم و همکاران، ۱۹۹۶، ۲۰۰۲، ۲۰۱۱؛ پیریایی و همکاران، ۲۰۱۰؛ رازین و همکاران، ۲۰۱۷؛ غلامی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۹؛ ملک‌زاده و همکاران، ۲۰۲۰؛ محرابی و همکاران، ۲۰۲۲، صبوحی و همکاران، ۲۰۲۲؛ محرابی و باقرپور، ۲۰۲۲). در این پژوهش رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند سروک در تمام طول توالی ضخیم آن با ضخامت ۸۳۱، ۷۳۵ و ۷۵۴ متر به ترتیب در سه میدان اهواز، منصوری و امید بررسی شده است. مطالعات جامع رخساره‌ای و زیرمحیط‌های رسوبی و تعیین سکناس‌های رسوبی می‌تواند در جهت شناسایی واحدهای

مطالعات قابل توجهی تاکنون در زمینه‌های مختلف از جمله فسیل‌شناسی و رسوب‌شناسی، ژئوشیمی رسوبی و کیفیت مخزنی در ناحیه فروافتادگی دزفول صورت گرفته است اما این مطالعات بیشتر بر روی سازند آسماری به عنوان اولین مخزن کربناته ایران متمرکز بوده است و مطالعاتی که بر روی سازند سروک صورت گرفته به آن گستردگی نبوده است. با توجه به مراتب فوق و با عنایت به اهمیت مخزنی این سازند و به منظور تکمیل زنجیره مطالعاتی سازند سروک در ناحیه فروافتادگی دزفول بخش شمالی این ناحیه در این پژوهش انتخاب گردیده است تا در آن سازند سروک در محدوده سه میدان نفتی اهواز، منصوری و امید از لحاظ رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی مورد مطالعه قرار گیرد. این میادین در محدوده فروافتادگی دزفول برشی از سازند سروک در حوضه زاگرس را در معرض دید قرار می‌دهند که به ترتیب از میدان اهواز به سمت منصوری و امید در جهت بخش نزدیک به خشکی صفحه عربی گسترش دارند. مطالعات جامع چینه‌نگاری

امید برای نیل به اهداف مورد نظر این پژوهش استفاده شده است (شکل ۳). میدان نفتی اهواز در محدوده شهر اهواز، منصوری در حدود ۵۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر اهواز و میدان امید در ۶۰ کیلومتری این شهر واقع شده است. این میادین با میادین بندکرخه، مارون، دارخوین، آب تیمور و شادگان هم‌جوار هستند. میادین نفتی اهواز، منصوری و امید هم‌سو با روند ساختمانی دیگر میادین حوضه‌ی نفتی زاگرس و هم راستا با روند کلی چین‌خوردگی در این حوضه بوده و یک روند شمال غربی- جنوب شرقی را دنبال می‌کنند (شکل ۳).

روش پژوهش

جهت مطالعه رخساره‌ها، بافت و محتوای فسیلی، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی سازند سروک، تعداد یک حلقه چاه در هر کدام از میادین اهواز، منصوری و امید انتخاب گردیده است. مغزه‌گیری چاه اهواز به صورت کامل^۱ صورت گرفته که کل ضخامت سازند سروک را پوشش می‌دهد. در میدان منصوری ۵۰۰ متر از ۷۳۵ متر ضخامت سازند سروک دارای مغزه و ۲۳۵ متر باقیمانده دارای خرده حفاری بوده است. در مورد چاه واقع در میدان امید بخش‌هایی از آن دارای مغزه بوده و بقیه توالی دارای مقاطع تهیه شده از خرده‌های حفاری است. این پژوهش براساس مطالعات پتروگرافی مجموع ۱۳۸۰ عدد برش نازک تهیه شده از مغزه و خرده‌های حفاری به دست آمده از سازند سروک شامل ۵۶۳ برش نازک در میدان اهواز، ۳۴۳ برش نازک در میدان منصوری و ۴۷۴ برش نازک در میدان امید انجام شده است. تهیه برش‌های نازک میکروسکوپی در این چاه‌ها با فواصل یک تا سه فوت صورت گرفته است. کلیه برش‌های نازک تهیه شده از چاه‌های مورد بررسی توسط میکروسکوپ پلاریزان نوری مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. برای مطالعه سنگ‌آهک‌ها از طبقه‌بندی دانه‌ام (۱۹۶۲) و امبری و کلوان (۱۹۷۱) و در توصیف رخساره‌ها و تعیین محیط رسوبی از تقسیم‌بندی فلوگل (۲۰۱۰)، بورچت و رایت (۱۹۹۲) استفاده شده است. برش‌های نازک با ترکیبی از محلول آلزاین قرمز و فروسیانیدپتاسیم رنگ‌آمیزی شدند. رنگ‌آمیزی به منظور تشخیص دولومیت و کلسیت به روش دیکسون (۱۹۶۵) انجام گردید. در مطالعات چینه‌نگاری سکانشی با بررسی برش‌های نازک

با کیفیت مخزنی مطلوب و نیز تفسیر جغرافیای دیرینه کاربرد داشته باشد که به همین منظور سکانشی‌های سازند سروک در برش‌های مورد بررسی با برش‌های دیگری به سمت خشکی صفحه عربی در دشت آبادان، عراق و عربستان مقایسه شده است.

زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی

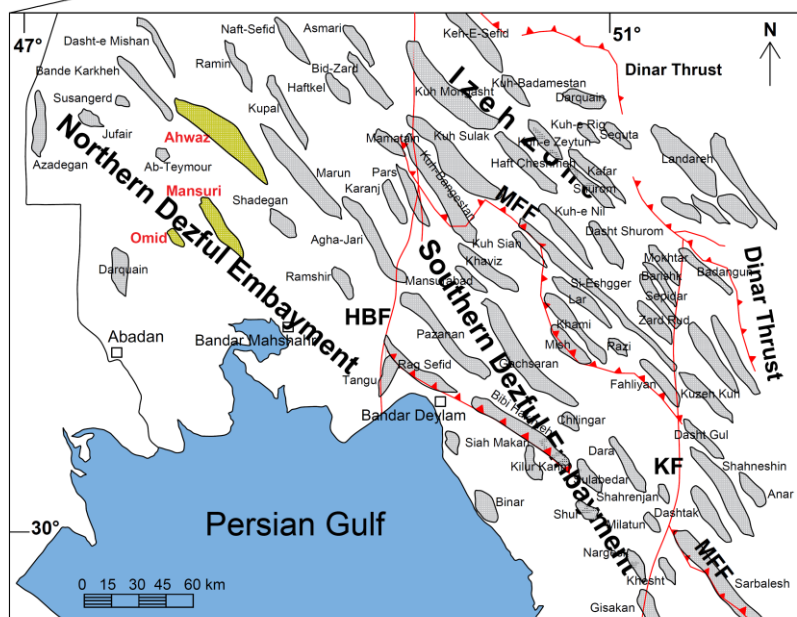
رسوبات سازند سروک به عنوان یک چرخه رسوبی از سازندهای گروه بنگستان بر روی یک پلاتفرم و حوضه درون شلفی کربناته بر روی حاشیه غیرفعال صفحه عربی به سن کرتاسه میانی تا بالایی (دارای سن سنومانین- تورونین در فروافتادگی دزفول) با ناهمگنی بالا در جهت عمودی و جانبی نهشته شده و توسط فراوانی کربنات‌های دریایی کم‌عمق مشخص می‌شوند (رازین و همکاران، ۲۰۱۰؛ شارپ و همکاران، ۲۰۱۰؛ حاجی‌کاظمی و همکاران، ۲۰۱۲؛ رحیم‌پوریناب و همکاران، ۲۰۱۲؛ اسدی مهماندوستی و همکاران، ۲۰۱۳؛ کوثری و همکاران، ۲۰۱۷). نام این سازند از تنگ سروک واقع در شمال غرب بهبهان در استان خوزستان اقتباس شده است. مقطع نمونه این سازند در تنگ سروک، واقع در یال جنوبی تاقدیس کوه بنگستان واقع در ۴۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان بهبهان اندازه‌گیری شده است (قزبان، ۲۰۰۷). حد پایینی سازند سروک با سازند کژدمی به صورت هم‌شیب و تدریجی می‌باشد، که در بعضی نقاط این مرز تماس به واسطه سنگ‌شناسی مشخص دو سازند کاملاً مشخص است. در مقطع تیپ، حد فوقانی آن با مارن‌ها و شیل‌های سازند گورپی واضح است (مطیعی، ۱۹۹۳). در برخی از میادین نفتی که رسوبات کربناته ایلام بر روی سازند سروک قرار دارند، تعیین مرز بالایی این سازند با مشکلاتی مواجه است که مورد بحث بسیاری از پژوهشگران می‌باشد (مطیعی، ۱۹۹۳). در مرز بالایی، سنگ‌آهک‌های سروک فرسوده و آغشته به ترکیبات آهن هستند و می‌توانند معرف ناپیوستگی فرسایشی باشند (جیمز و وایند، ۱۹۶۵).

محدوده مورد مطالعه، در فروافتادگی دزفول شمالی در زاگرس چین‌خورده قرار دارد که از جنوب به خلیج فارس، از شمال به زون ایذه و از شرق به گسل منگارک محدود می‌شود (شکل ۳). در این مطالعه از اطلاعات موجود از چاه‌های حفاری شده در سه میدان نفتی اهواز، منصوری و

¹ Full core

توالی و در نهایت لاگ‌های الکتریکی در امتداد این سطوح انجام شده است. سن بیان شده برای سکنس‌های چینه‌ای سازند سروک براساس بایوزون‌های تعیین شده برای این سازند در گزارش پالئولاگ مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران (۱۳۸۶) و نیز بر اساس موقعیت استراتیگرافی هر سکنس از پایین به سمت بالا و انطباق آن‌ها با سکنس‌های ورقه عربی صورت گرفته است.

میکروسکوپی و نمودارهای چاه‌پیمایی (به ویژه لاگ گاما)، سطوح لایه‌بندی، سیستم تراکت‌ها و سکنس‌های رده سوم موجود در توالی رسوبی سروک در چاه‌های مورد مطالعه بر اساس روش کاتینینو و همکاران (۲۰۰۹) و کاتینینو (۲۰۲۲) شناسایی و توصیف شده‌اند. تشخیص سطوح لایه‌بندی با توجه به تغییرات رخساره‌ای شناسایی شده، فسیل‌ها و وضعیت قرارگیری آن‌ها نسبت به هم در طول



شکل ۳. نقشه زیرزون‌های ساختاری حوضه زاگرس و گسل‌های اصلی (علوی، ۲۰۰۷) به همراه موقعیت جغرافیایی میادین نفتی اهواز، منصوری و امید در فروافتادگی دزفول شمالی، حوضه رسوبی زاگرس (زیبگلر، ۲۰۰۱).

هر سه چاه اهواز، منصوری و امید مشاهده شده‌اند. در جدول ۱ تمام مشخصات رسوبی و محیط نهشت ریزرخساره‌ها به اختصار بیان شده است. تصاویر میکروسکوپی ریزرخساره‌ها در شکل ۴ آورده شده است. ریزرخساره‌های شناسایی شده به ترتیب از سمت ساحل به سمت بخش‌های دریای باز پلاتفرم کربناته عبارتند از:

آنالیز رخساره‌ای

مطالعه فونا، فلورا، اجزاء غیرزیستی و بافت و ساخت رسوبی در برش‌های نازک سازند سروک در میادین نفتی مورد مطالعه منجر به شناسایی دوازده ریزرخساره کربناته گردید که در زیرمحیط‌های لاگون محدود و نسبتاً محدود، پشته کربناته بایوکلستی، بایوستروم رودیستی، دریای باز کم عمق و عمیق نهشته شده‌اند. تمامی این ریزرخساره‌ها در

۱- ریزرخساره‌های رمپ داخلی

لاگون محدود^۱

LF1: مادستون / وکستون حاوی میلیولید^۲: میلیولید با فراوانی کمتر از ۱۰ درصد تا حدود ۲۰ درصد در نمونه‌های مختلف فونای غالب را تشکیل می‌دهند. فرامینیفرهای بنتیک از جمله *Nezzazata*, *chrysalidina*, *lithocodium* و *Valvulinid pseudorhipidionina* از اجزای فرعی تشکیل دهنده این ریزرخساره می‌باشند که در یک زمینه میکریتی قرار گرفته‌اند. گاهی سوزن اسفنج با فراوانی قابل توجه نیز دیده می‌شود (Lf1 در شکل ۴). آثار آشفته‌گی زیستی و به ندرت فابریک فنسترال از جمله ساخت‌های رسوبی مشاهده شده در این ریزرخساره هستند. تنوع و فراوانی کم فونای زیستی از ویژگی‌های این ریزرخساره می‌باشد. در قسمت‌های بالای توالی رسوبی سازند سروک این ریزرخساره به صورت مادستون/وکستون حاوی سوزن اسفنج نیز مشاهده می‌شود (Lf1 در شکل ۴). از فرآیندهای دیاژنتیکی که این رخساره را تحت تاثیر قرار داده است، می‌توان شکستگی، دولومیتی شدن (از نوع دولومیکریت) و فرآیند آهن‌دارشدن را نام برد.

تفسیر: غلبه گل کربناته در این ریزرخساره و تنوع کم فونای زیستی و نیز حضور فونای محدود لاگونی به همراه جلبک لیتوکودیوم و در برخی از نمونه‌ها سوزن اسفنج نشان می‌دهد که محل نهشت این ریزرخساره، محیط اینترتایدال تا بخش بالایی ساب‌تایدال واقع در رمپ داخلی بوده است (ویلنسن و همکاران، ۲۰۱۰؛ مهدی و اکراوی، ۲۰۱۴؛ بهره و همکاران، ۲۰۲۰).

LF2: وکستون حاوی فرامینیفرای بنتیک با دیواره آگلوتینه و فرامینیفرای بدون‌منفذ^۳: میلیولید، برش‌های طولی و عرضی از جلبک سبز داسی‌کلاداسه‌آ و فرامینیفر بنتیک *Pseudolituonella* با دیواره آگلوتینه فونای زیستی تشکیل دهنده این ریزرخساره می‌باشند (Lf2 در شکل ۴). فرامینیفرهای بنتیک با دیواره آگلوتینه از جمله *Dictyoconus*, *Nezzazata* sp., *Merlingina cretacea* و *Praechrysalidina infracretacea* sp. همراه با فرامینیفر بنتیک *Alveolinidae* با دیواره پورسلانوز و پلیوید از اجزای فرعی مشاهده شده در این ریزرخساره می‌باشند. از جمله فرآیندهای دیاژنتیکی در

این رخساره می‌توان به دولومیتی‌شدن، میکریتی‌شدن و انحلال اشاره کرد.

تفسیر: این ریزرخساره مانند ریزرخساره قبلی بوده با این تفاوت که دارای تنوع و فراوانی بیشتری از اجزاء اسکلتی بوده که نشان‌دهنده واقع شدن آن در بخش‌های داخلی‌تر و دورتر از ساحل محیط لاگونی می‌باشد. ریزرخساره با مشخصات مشابه از نظر تغییر در تنوع و فراوانی فونا و فلورا در محیط‌های بسیار کم عمق و محدود توسط ستراسر (۲۰۱۵) و سکویرو (۲۰۱۸) معرفی شده‌اند.

LF3: پکستون حاوی فرامینیفرای بنتیک با دیواره آگلوتینه و فرامینیفرای بدون‌منفذ دریایی محافظت شده^۴: فرامینیفرهای بنتیک با دیواره آگلوتینه مانند *Nezzazata*, *Chrisalidina gradata*, *Nezzazatinella picardi* sp., *Pseudolituonella reicheli* همراه با برش‌های طولی و عرضی از جلبک سبز داسی‌کلاداسه‌آ از اجزای اصلی تشکیل دهنده این ریزرخساره هستند (Lf3 در شکل ۴). پلیوید، اکینودرم همراه با فرامینیفرهای بنتیک با دیواره آگلوتینه از جمله *Biplanata peneropliformis*, *Cuneolina* sp. و فرامینیفرهای بنتیک با دیواره پورسلانوز مانند *Alveolinidae*, *Peneroplis* sp. از دیگر اجزای تشکیل دهنده این ریزرخساره هستند. آثار آشفته‌گی زیستی، تراکم و میکریتی شدن اجزای بایوکلاستی به ویژه فرامینیفرها از فرآیندهای دیاژنتی معمول در این ریزرخساره می‌باشد. معادل این ریزرخساره در تاقدیس بنگستان توسط غبیشاوی و همکاران (۲۰۰۹، ۲۰۱۰)، در میدان نفتی آب تیمور توسط رحیم‌پوربناب و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است.

تفسیر: بافت ماتریکس پشتیبان و غالب بودن مجموعه فرامینیفر بنتیک نشان‌دهنده ته‌نشینی تحت شرایط انرژی پایین، با اکسیژن نسبتاً کم و شوری بالا در محیط دریایی محافظت شده می‌باشد (باخمن و هیرش، ۲۰۰۶؛ آمانو و همکاران، ۲۰۱۶). شرایط کم عمق قسمت بالایی زون نوری با یک بستر نرم گلی، مناسب برای نهشته شدن این مجموعه رخساره‌ای می‌باشد (سامانکاسو و همکاران، ۲۰۰۳؛ کوردا و برانانو، ۲۰۰۳؛ کلمبیه و ستراسر، ۲۰۰۵؛ کاک‌مم و همکاران، ۲۰۱۶).

⁴ Restricted marine imperforate and agglutinate benthic foraminifera packstone

¹ Restricted lagoon

² miliolids mudstone / wackestone

³ Imperforate and agglutinate benthic foraminifera wackestone

جدول ۱. ریزرخساره‌های شناسایی شده در توالی رسوبی سروک همراه با ویژگی‌های دانه‌ها و انرژی نسبی زیرمحیط رسوبگذاری هر ریزرخساره.

کد	نام ریزرخساره	اجزاء اسکلتی غالب	ویژگی‌های دانه		انرژی محیط	زیرمحیط مجموعه رخساره‌های	محیط رسوبی
			اندازه ذرات	جورشدگی			
LF1	مادستون/وکستون حاوی میلیولید	میلیولید	ماسه بسیار ریز تا ریز	ضعیف	پایین	ابتدای لاگون یا بخش بالایی ساب تایدال	رمپ داخلی
LF2	وکستون حاوی فرامینیفرای بنتیک با دیواره آگلوتینه و فرامینیفرای بدون منفذ	میلیولید، جلبک سبز و Pseudolituonella	ماسه ریز	ضعیف	پایین	لاگون محدود	رمپ داخلی
LF3	پکستون حاوی فرامینیفرای بنتیک با دیواره آگلوتینه و فرامینیفرای بدون منفذ لاگونی	Nezzazata sp., Nezzazatinella picardi, Chrialidina gradata و Pseudolituonella reicheli جلبک سبز	ماسه ریز تا متوسط	ضعیف	پایین	لاگون محدود	رمپ داخلی
LF4	وکستون/فلوتستون حاوی فرامینیفرای بدون منفذ با دیواره آگلوتینه و رودیست	Rudist fragments, Alveolinids, Nummuloculina sp., miliolids	ماسه ریز تا درشت	ضعیف	پایین تا متوسط	لاگون باز یا نیمه محدود	رمپ داخلی
LF5	پکستون / گرینستون حاوی پلویید و بایوکلست	Nezzazata sp., Pseudolituonella reicheli, Biplanata, miliolids, Praechrysalidina infracretacea	ماسه متوسط	خوب	متوسط تا بالا	سمت خشکی پشته کرناته	رمپ داخلی
LF6	گرینستون حاوی بایوکلست	Nezzazata sp., Dictyoconus sp., Alveolinids, Nummuloculina sp., Orbitolina sp.,	ماسه درشت	خوب	بالا	پشته کرناته	رمپ داخلی
LF7	رودستون/گرینستون حاوی رودیست و بایوکلست	Rudists, Ellipsactinia sphaeractinoides, Basinella Orbitolina sp. irregularis,	ماسه درشت تا گراول	ضعیف تا خوب	متوسط تا بالا	بایواستروم رودیستی	رمپ داخلی
LF8	فلوتستون/پکستون حاوی رودیست و بایوکلست	Coarse fragmented rudists, Orbitolina sp., Dictyoconus sp.	ماسه درشت تا گراول	ضعیف تا متوسط	کم تا متوسط	دریای باز کم عمق	رمپ میانی
LF9	وکستون/پکستون حاوی رودیست- پلویید و بایوکلست	fragmented rudists, echinoid, peloids	ماسه متوسط تا ریز	ضعیف	پایین	دریای باز کم عمق	رمپ میانی
LF10	وکستون/پکستون حاوی رودیست میکرو بایوکلستی	Rudist fragments, echinoids, oligosteginids	ماسه ریز تا سیلت	ضعیف	پایین	دریای باز نسبتاً عمیق	رمپ خارجی
LF11	وکستون/پکستون حاوی الیگواستزینا، فرامینیفرای پلانکتون	Oligosteginids	-	-	پایین	دریای عمیق	حوضه
LF12	مادستون/وکستون حاوی فرامینیفرای پلانکتون	Planktic foraminifers (Hedbergella sp., Globigerinelloides sp.)	-	-	پایین	دریای عمیق	حوضه

Praealveolina simplex, *Ovalveolina* sp. و *Cisalveolina* sp. و *Ovalveolina ovum*) فرامینیفرای بدون منفذ با دیواره آگلوتینه و پورسلانوز از جمله *Chrisalidina gradate*, *Nummuloculina* sp. و میلیولید

لاگون نیمه محدود تا باز^۱

LF4: وکستون/فلوتستون حاوی فرامینیفرای بدون منفذ با دیواره آگلوتینه و رودیست^۲: خرده‌های رودیست، گونه‌های مختلف آلبیولینیده (*Simplealveolina simplex*).

² Rudist - agglutinate imperforate foraminifers wackestone / floatstone

¹ Semi-restricted to open lagoon

اجزای بایوکلاستی فرعی این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند که عبارتند از:

Reticulinella reicheli, *Trochospira* sp., *Cyclolina* sp., *Pseudolituonella* sp., *Praechrysalidina infracretacea*, *Cuneolina* sp., *Biplanata* sp.

فرامینیفرهای بنتیک با دیواره پورسلانوز از جمله *Praerhapydionina* sp.، *Nummoloculina* sp. نیز با فراوانی کم در این ریزرخساره حضور دارند. از جمله فرآیندهای دیاژنزی موجود در این رخساره میکربیتی شدن، انحلال، سیمانی شدن و استیلولیتی شدن که دارای تمرکز آهن و مواد نامحلول و همچنین دولومیت در امتداد آن است، می‌باشند. سیمان گرانولار و بلوکی در فضاهای خالی بین دانه‌ای در حد معمول وجود دارد. گل کربناته به صورت بخشی در تمام نمونه‌های این ریزرخساره حضور دارد. تخلخل بین دانه‌ای به صورت غالب دیده می‌شود. آلوک‌ها از جورشدگی خوبی برخوردار هستند که همگی حاکی از نهشت در یک محیط پرانرژی می‌باشد.

تفسیر: حضور فرامینیفرهای بنتیک با تنوع بالا در این رخساره نشان‌دهنده جریان آب دریا با شوری نرمال است که امکان تنوع زیستی را فراهم نموده است. وجود پلوییدها به مقدار زیاد با جورشدگی و گردشگی بالا در اندازه ماسه ریز تا متوسط و فرامینیفرهای موجود در این ریزرخساره، بافت گرینستون، حضور سیمان، بافت دانه‌پشتیبان و تخلخل‌های بین‌دانه‌ای مؤید محیطی با انرژی بالا در محدوده نفوذ نور^۵ برای این ریزرخساره است (کورد و برنانو، ۲۰۰۳؛ فلوگل، ۲۰۱۰؛ توماستی و همکاران، ۲۰۲۱). بایوکلاستی و پلوییدی بودن پشته‌های کربناته سازند سروک با اقلیم گرم و مرطوب حاکم بر پلاتفرم کربناته در زمان نهشت این رسوبات سازگاری دارد (مهدی و اکراوی، ۲۰۱۴؛ ۲۰۱۸).

پشته کربناته^۶

LF6: گرینستون حاوی بایوکلاست^۷: قطعات بایوکلاستی بیش از ۴۰ درصد این رخساره را تشکیل می‌دهند. بایوکلاست‌ها شامل گونه‌های مختلف فرامینیفرهای بنتیک بدون منفذ و منفذدار (*Nezzazata* sp., *Dictyoconus* sp., *Chrisalidina* و *Orbitolina* sp., *Nummoloculina* sp.

فونای زیستی غالب این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند که در زمینه کاملاً گلی قرار گرفته‌اند (Lf4 در شکل ۴). گونه‌های مختلف فرامینیفرهای بنتیک بدون منفذ با دیواره پورسلانوز مانند *Multispirina iranensis*، *Nummoloculina* sp.، *Spiroloculina cretacea* و فرامینیفرهای بنتیک بدون منفذ با دیواره آگلوتینه از قبیل *Pseudolituonella*، *Trochospira avnimelechi*، *Orbitolina* sp.، *Dicyclina schlumbergeri*، *reicheli* و *Dictyoconus* sp. فونای زیستی فرعی هستند که در این ریزرخساره قابل مشاهده هستند. میکربیتی شدن اجزای بایوکلاستی به ویژه فرامینیفرها، تراکم و استیلولیتی شدن از فرآیندهای دیاژنزی معمول در این ریزرخساره می‌باشد. ذرات دارای جورشدگی ضعیفی هستند. اندازه ذرات بین ماسه ریز تا درشت متغیر است. آثار حفاری در قطعات رودیست قابل رویت است. این ریزرخساره مشابه ریزرخساره وکستون/پکستون حاوی رودیست و فرامینیفر بنتیک معرفی شده توسط غبیشاوی و همکاران (۲۰۱۰) در تاق‌دیس بنگستان می‌باشد.

تفسیر: شرایط لاگونی نیمه‌محدود تا باز توسط اختلاط فونای معرف محیط دریایی نرمال نظیر *Cyclolina* و *Dicyclina* و نیز خرده‌های درشت رودیست با فوناهای مشخصه محیط لاگونی محدود نظیر برخی از فرامینیفرهای آگلوتینه و فرامینیفرهای بدون منفذ و اندازه درشت‌تر ذرات متشکله تایید می‌شود (پومار و همکاران، ۲۰۱۴؛ امیدپور و همکاران، ۲۰۲۱).

سمت خشکی پشته کربناته^۳

LF5: پکستون / گرینستون حاوی پلویید و بایوکلاست^۴: فرامینیفرهای بنتیک از جمله *Nezzazata* sp.، *Biplanata*، *Pseudolituonella reicheli*، *Cuneolina* sp.، *Praechrysalidina infracretacea* sp.، *Praerhapydionina* sp. و میلیولید فونای دریایی محافظت شده این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند. پلویید مهمترین ترکیب غیربیوژنیک تشکیل دهنده این ریزرخساره می‌باشد (Lf5 در شکل ۴). خرده‌های رودیست، اکتینودرم و فرامینیفرهای با دیواره بدون منفذ و آگلوتینه

^۶ Shoal

^۷ Bioclast grainstone

^۳ back-shoal

^۴ Bioclast peloid packstone/grainstone

^۵ Euphotic

ریزرخساره که در مجموع تحت عنوان رودستون/گرینستون حاوی رودیست و بایوکلاست نام‌گذاری شده است، مشخص می‌شود. ریزرخساره نزدیک‌تر به پشته کربناته با غلبه اجزاء رودیستی درشت در اندازه ماسه درشت و گراول که توسط سیمان دریایی و نیز فضاهای بین دانه‌ای و بافت گرینستون تا رودستون و مربوط به بخش نزدیک‌تر به پشته کربناته و با انرژی بیشتر محیطی مشخص می‌شود. ریزرخساره دوم توسط قطعات در اندازه گراول که در بیشتر موارد همراه با مرجان (*Ellipsactinia* گراول) و حضور گل کربناته و فضاهای خالی بین‌دانه‌ای در زمینه همراه بوده و بافت رودستون نشان می‌دهد، مشخص می‌شود. در هر دو ریزرخساره در زمینه قطعات بسیار درشت رودیست، مرجان (*Ellipsactinia* گراول) و فرامینیفرهای بدون منفذ با دیواره آگلوتینه (*Basinella irregularis* sp. *Orbitolina* و *Chrisalidina gradata*) فونای زیستی غالب این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند (Lf7 در شکل ۴). اینتراکلاست، پلویید و گونه‌های مختلف آلیولینیده با فراوانی کم حضور دارند. بافت ریزرخساره‌های معرف زیرمحیط بایوستروم رودیستی در همه نمونه‌ها دانه پش‌تیبان بوده و در بیشتر نمونه‌ها به دلیل اینکه قطعات رودیست دارای اندازه بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر می‌باشند، اصطلاح رودستون برای بیان بافت سنگ استفاده شده است. از فرآیندهای دیاژنتیکی این ریزرخساره می‌توان به میکریتی شدن، انحلال، فشردگی و شکستگی آلوکم‌ها و سیمانی شدن اشاره نمود. به دلیل رخداد گسترده انحلال در قطعات رودیست و مرجان که می‌تواند ناشی از مینرالوژی آراگونیتی این اجزاء باشد و متاثر شدن از دیاژنز جوی و سپس تدفین رسوبات سیمان‌های تشکیل‌دهنده زمینه در بیشتر مقاطع از نوع سیمان کلسیتی پویکیلوتوییک و بلوکی هستند، اما در مواردی سیمان‌های فیبری و تیغه‌ای هم‌ضخامت نیز در اطراف آلوکم‌ها مشاهده می‌شود. در دیواره برخی از رودیست‌ها، حفراتی دیده می‌شوند که با میکریت پر شده است که ناشی از حفاری توسط موجودات می‌باشد.

تفسیر: حضور قطعات رودیست به مقدار فراوان و با جورشدگی ضعیف تا متوسط در اندازه ماسه درشت تا گراول، موید انرژی متوسط تا بالای محیط است که امواج

(*gradata*) و گونه‌های مختلف آلیولینیده (*Ovalveolina* sp. *Simplealveolina simplex*، *Cisalveolina* sp. *Praealveolina simplex* و *Ovalveolina ovum*) می‌باشند که در یک زمینه سیمان اسپاری قرار گرفته‌اند (Lf6 در شکل ۴). اینتراکلاست، پلویید، اکینودرم، خرده‌های رودیست و مرجان (*Ellipsactinia sphaeractinoides*) از اجزای فرعی تشکیل دهنده این ریزرخساره هستند. فرامینیفرهای بدون منفذ با دیواره آگلوتینه (*Basinella irregularis*، *Dicyclina*، *Cyclolina* sp. *Pseudolituonella reicheli* *schlumbergeri*) با فراوانی ناچیز نیز در این ریزرخساره حضور دارند. حضور همزمان فرامینیفرهای بنتیک با دیواره بدون منفذ یا پورسلانوز و آگلوتینه از ویژگی‌های اصلی این ریزرخساره می‌باشد. فراوانی و تنوع اجزاء زیستی در این رخساره به بیشترین مقدار خود می‌رسد. از فرآیندهای دیاژنتیکی این ریزرخساره می‌توان به میکریتی شدن، انحلال، تراکم و شکستگی آلوکم‌ها و سیمانی شدن اشاره نمود. سیمان‌های فیبری و تیغه‌ای هم‌ضخامت در اطراف بیشتر قطعات بایوکلاستی حضور دارند. همچنین سیمان گرانولار و بلوکی در برخی از نمونه‌ها فضاهای خالی بین دانه‌ای را پر کرده است. آغشتگی به نفت در زمینه قابل مشاهده است.

تفسیر: عدم وجود گل کربناته در زمینه و بافت دانه پش‌تیبان با قطعات دارای جورشدگی و گردشگی خوب و اندازه درشت ذرات با اندازه‌ای در حدود ماسه درشت نشان دهنده رسوبگذاری در شرایط پراثرژی زیرمحیط پشته کربناته و نهشت در بالاتر از سطح اساس امواج معمولی (FWWB) می‌باشد (۲۰۱۰). ریزرخساره مشابه گرینستون بایوکلاستی با اجزاء در اندازه ماسه درشت و شواهد سیمانی شدن در محیط پراثرژی دریای کم عمق کرتاسه بالایی توسط دیگر پژوهشگران در ایران و حوضه بین‌النهرین عراق نیز شناسایی شده است (برای مثال تقوی، ۲۰۰۶؛ مهدی و همکاران، ۲۰۱۳؛ اسدی مهماندوستی و همکاران، ۲۰۱۳، محرابی و باقرپور، ۲۰۲۲).

بایواستروم رودیستی^۸

LF7: رودستون/گرینستون حاوی رودیست و بایوکلاست^۹: زیرمحیط بایواستروم رودیستی توسط دو

⁹ Bioclast - rudist grainstone/rudstone

⁸ Rudistic biostrom

آغستگی زیاد به نفت در زمینه قابل مشاهده است. فرآیندهای دیاژنزی موجود در این ریزرخساره فشردگی، شکستگی و میکریتی شدن و به میزان کمتر انحلال می‌باشد. آلوکم‌ها دارای جورشدگی ضعیفی هستند. اندازه ذرات از ماسه ریز تا گراول متغیر است. آثار حفاری در قطعات درشت رودیست مشاهده می‌شود. ریزرخساره مشابه این در تاقدیس بنگستان توسط غیشاوی و همکاران (۲۰۱۰) و در سایر نقاط صفحه عربی توسط دیگر پژوهشگران معرفی شده است (برای مثال هاریس و همکاران، ۱۹۸۴؛ فیلیپ و همکاران، ۱۹۹۵؛ مهدی و همکاران، ۲۰۱۳).

تفسیر: فراوانی بالای خرده‌های رودیستی در اندازه درشت تا متوسط و حضور بیشتر گل کربناته در زمینه همجواری این ریزرخساره در نزدیکی بایوستروم رودیستی و با انرژی کمتر نسبت به آن را آشکار می‌سازد. حضور فرامینیفراهای بنتیک که به بخش‌های نیمه تا کمتر محدود محیط‌های دریایی و نیز دریای باز کم عمق نسبت داده می‌شود نظیر *Orbitolinids*, *Dictyoconus* sp. و بیشترین حضور خرده‌های درشت اکینودرم در این ریزرخساره گذر از محیط رمپ داخلی به بخش ابتدایی رمپ میانی و در مجاورت با لاگون باز و بایوستروم رودیستی را نشان می‌دهد. اندازه بزرگ اجزای اسکلتی، آشفستگی زیستی و تاثیر توفان از علایم عمق کمتر آب در ابتدای رمپ میانی است (فلوگل، ۲۰۱۰).

LF9: وکستون/پکستون حاوی رودیست - پلویید و بایوکلاست^۴: اجزای اصلی تشکیل دهنده این ریزرخساره قطعات خردشده رودیست، اکینودرم و پلوییدها هستند (L۹ در شکل ۴). فرامینیفراهای بنتیک بزرگ (*Orbitolina* sp., *Dictyoconus* sp., *schlumbergeri*) و گونه‌های مختلف و نسبتا درشت آلوپولینیده (*Dicyclina*) و گونه‌های مختلف و نسبتا درشت آلوپولینیده (*Praealveolina cretacea*)، اکینودرم، گاستروپود، اسپیکول‌های اسفنج، بریوزوئر، قطعات مرجان، روتالیا‌های کوچک، فرامینیفراهای پلانکتونیک و الیگواستژینا از دیگر فونای زیستی تشکیل دهنده این ریزرخساره هستند که در اندازه ماسه متوسط تا ریز در زمینه میکریتی قرار گرفته‌اند. روند کاهش در فراوانی و اندازه آلوکم‌ها از ریزرخساره بایوستروم رودیستی به سمت این ریزرخساره از محیط

و جریانات دریایی سبب شکستگی و جابجایی آلوکم‌ها و خروج کامل تا بخشی میکریتی از بین اجزاء زیستی شده است. ریف‌های تشکیل شده توسط رودیست‌ها عموماً دارای ارتفاع اندک و مقاومت کمی در برابر امواج و توفان‌ها می‌باشند (سادونی، ۲۰۰۵؛ ال‌دباس و همکاران، ۲۰۰۹)؛ که این به دلیل عدم چسبندگی رودیست‌ها به بستر و یکدیگر و تنها ثابت ماندن آن‌ها بر روی بستر گلی و فراوانی بالای آن‌ها و عدم فراوانی بالای مرجان‌های همراه با آن‌هاست. ریف‌های رودیستی به صورت جابه‌جا نشده تا کمی جابه‌جا شده^{۱۰} و با غلبه رودیست‌های نوع radiolitids هستند که این مسئله از طریق شکستگی‌های زیاد و گوشه‌دار که تنها در مواردی به مقدار کم گرد شده‌اند و جورشدگی اغلب ضعیف آن‌ها آشکار می‌شود. در نهایت باید گفت که رودیست‌های سازند سروک مشخصه‌های یک ساختمان ریفی یا ساختمان‌های کربناته^{۱۱} را نشان نمی‌دهند و این‌ها در واقع می‌توانند لیتوسام‌ها و کنگرگسیون‌های معرفی شده توسط گیلی و همکاران (گیلی و همکاران، ۱۹۹۵؛ گیلی و اسکلتون، ۲۰۰۰) باشند که شامل تجمعات انبوه رودیستی بزرگ در بخش رو به دریای پشته‌های کربناته و حاشیه پلاتفرم کربناته هستند. با توجه به واقع شدن محدوده اصلی پشته کربناته و حاشیه پلاتفرم در محدوده حوضه زاگرس ایران و ادامه آن در محدوده کشور عمان، این‌تروال‌های با غلبه قطعات سالم تا خرد شده و درشت رودیست در این مناطق دارای بیشترین گسترش و ضخامت هستند (ون‌بوخم و همکاران، ۲۰۰۲؛ رازین و همکاران، ۲۰۱۷).

۲- ریزرخساره‌های رمپ میانی

دریای باز کم عمق^{۱۲}

LF8: فلوئستون/پکستون حاوی رودیست و بایوکلاست^{۱۳}: اجزای اصلی این ریزرخساره قطعات بزرگ و خردشده رودیست در اندازه ماسه متوسط تا گراول در زمینه‌ای از خرده‌های رودیستی با اندازه کوچک‌تر و گل کربناته می‌باشد (L۸ در شکل ۴). میلیولید، مرجان، اکینودرم، آلوپولینیده و فرامینیفراهای بنتیک بزرگ (*Orbitolina* sp. و *Dictyoconus* sp.) از قطعات بایوکلاستی مشاهده شده در این ریزرخساره هستند.

¹³ Bioclast - Rudist packstone/floatstone

¹⁴ Bioclast - peloid - rudist wackestone/packstone

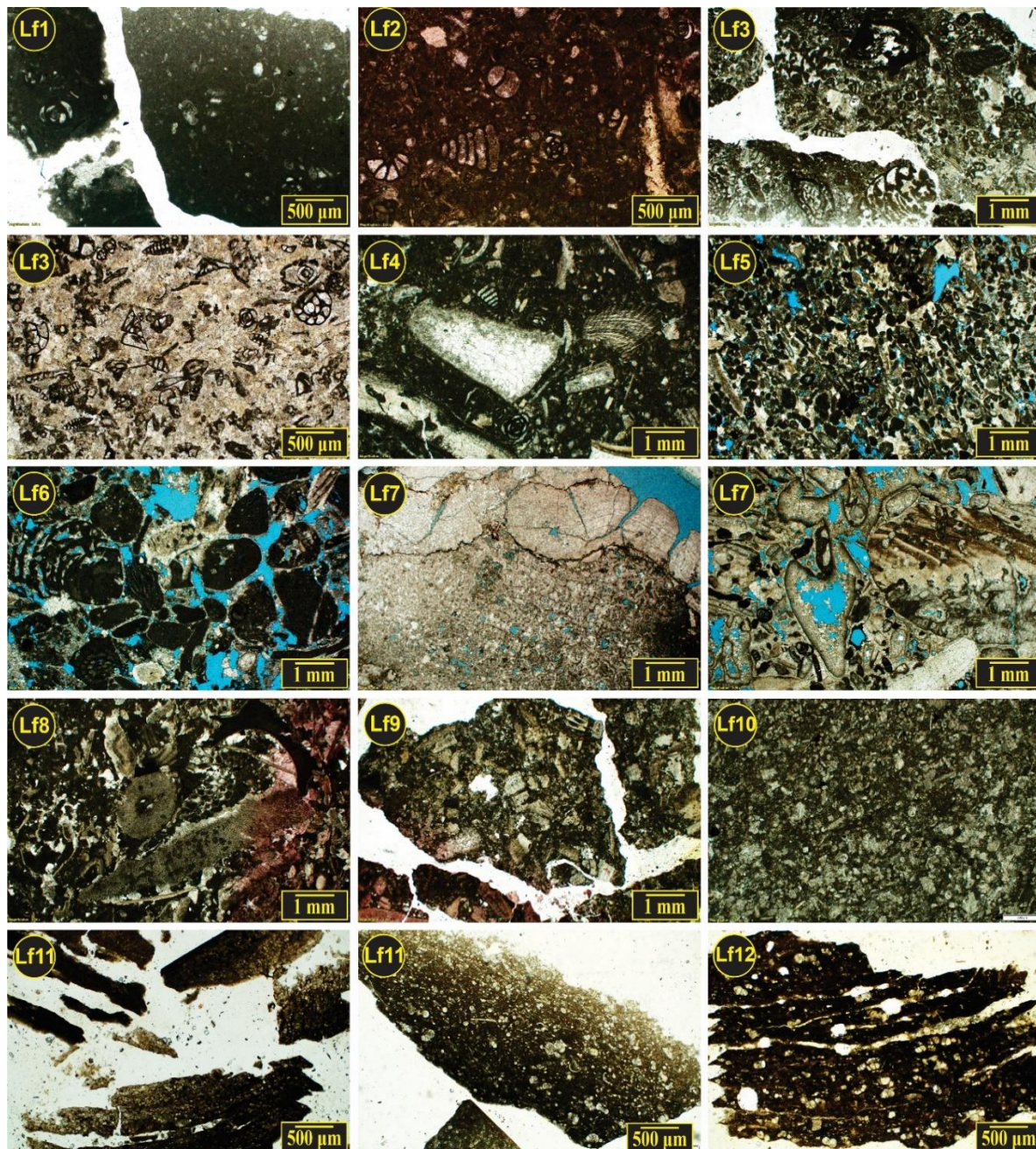
¹⁰ autochthonous and para-autochthonous

¹¹ Build-ups

¹² Shallow open marine

برخی از نمونه‌ها آغستگی زمینه با نفت متداول است. آشفته‌گی زیستی از ساخت‌های رسوبی مشاهده شده در این ریزخساره می‌باشد.

دریای باز کم عمق به وضوح قابل مشاهده است. پوشش میکربیتی در اطراف قطعات رودیست تشکیل شده است. پلویدهای کروی تا حدوی به هم جفت شده و در برخی نمونه‌ها تشکیل فابریک لکه‌ای یا لخته‌ای^{۱۵} را داده‌اند. در



شکل ۴. ریزخساره‌های شناسایی شده در توالی رسوبی سازند سروک در چاه‌های مورد مطالعه از میداین نفتی اهواز، منصوروی و امید. (Lf1) میداین نفتی امید، عمق ۳۲۳۰ متری، نور معمولی؛ (Lf2) میداین نفتی امید، عمق ۳۷۲۰ متری، نور معمولی؛ (Lf3) به ترتیب میداین نفتی منصوروی و اهواز، عمق ۳۶۲۳ و ۳۵۰۴ متری، نور معمولی؛ (Lf4) میداین نفتی اهواز، عمق ۳۵۱۰ متری، نور معمولی؛ (Lf5) میداین نفتی منصوروی، عمق ۳۲۶۲ متری، نور معمولی؛ (Lf6) میداین نفتی منصوروی، عمق ۳۹۳۶ متری، نور معمولی؛ (Lf7) به ترتیب عمق ۳۵۱۳ و ۳۲۸۴ متری، نور معمولی؛ (Lf8) میداین نفتی اهواز، عمق ۳۴۲۷ متری، نور معمولی؛ (Lf9) میداین نفتی اهواز، عمق ۳۴۶۱ متری، نور معمولی؛ (Lf10) میداین نفتی منصوروی، عمق ۳۵۶۳ متری، نور معمولی؛ (Lf11) به ترتیب میداین نفتی منصوروی و امید، عمق ۳۴۱۵ و ۳۹۰۵ متری، نور معمولی؛ (Lf12) میداین نفتی منصوروی، عمق ۳۳۴۷ متری، نور معمولی.

الیگوسترینا (*Calcisphaerula innominata*, *Pitonella ovalis* و *Stomiosphaera* sp.) همراه با دیگر فرامینیفرهای پلانکتون فونای زیستی غالب تشکیل دهنده این ریزرخساره هستند (Lf11 در شکل ۴). فرامینیفرهای پلانکتونیک از قبیل *Hedbergella* sp., *Hedbergella washitensis*, *Hedbergella planispira* و *Globigerinelloides* sp. با فراوانی کم حضور دارند. فشردگی از فرآیندهای دیاژنتیکی رخ داده در این ریزرخساره است. اندازه ذرات تشکیل دهنده این ریزرخساره در اندازه ماسه ریز تا سیلت می‌باشد. در این ریزرخساره فونای زیستی متعلق به محیط دریایی کم عمق مشاهده نمی‌شود. در برخی از نمونه‌ها آغشتگی زمینه با نفت با فراوانی کم مشاهده می‌شود. مشابه این ریزرخساره در جنوب غرب فیروزآباد توسط صفدری عدیمی و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش شده است.

تفسیر: عدم مشاهده فوناهای زیستی وابسته به نور، نظیر فرامینیفرهای بنتیک بزرگ و جلبک‌های قرمز بیان‌کننده نهشت رخساره‌های غنی از فوناهای پلانکتونیک نظیر الیگوسترینا و فرامینیفرهای پلانکتونیک در حد زیرین ناحیه نوری است (کاسویک و همکاران، ۲۰۰۴). فراوانی الیگوسترینا و وجود بافت گل‌پشتیبان همراه با تنوع کم فونای زیستی حاکی از شرایط عمیق و کم انرژی است و بر این اساس، این ریزرخساره به زیر محیط حوضه اینتراشلف نسبت داده می‌شود.

LF12: مادستون/وکستون حاوی فرامینیفرهای پلانکتون^۴: دانه‌های اسکلتی تشکیل دهنده این ریزرخساره فرامینیفرهای پلانکتونیک از قبیل *Hedbergella* sp., *Hedbergella washitensis*, *Heterohelix moremani*, *Globigerinelloides* sp. و *Hedbergella planispira* هستند. الیگوستریناها (*Calcisphaerula innominata*, *Pitonella ovalis* و *Stomiosphaera conoidae*) با فراوانی کم حضور دارند (Lf12 در شکل ۴). در این رخساره با غلبه گل کریناته غنی از مواد آلی و نبود فوناهای نریتیک مربوط به آب‌های کم عمق روبرو هستیم که حاکی از انرژی خیلی کم محیط نهشت این ریزرخساره می‌باشد. دارا بودن مقادیر بالایی از مواد آلی در تمامی نمونه‌های مورد مطالعه از این

تفسیر: ریزرخساره‌های حاوی فرامینیفرهای بنتیک بزرگ با دیواره‌های نازک و کشیده و نسبت طول به عرض بالا، نشانگر رسوبگذاری در شرایط شوری نرمال آب دریا در آب‌های زون الیگوفوتیک رمپ میانی می‌باشند (کاک‌م و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به فراوانی قطعات رودیست خرد شده با اندازه ریزتر و حضور بیشتر گل کریناته در زمینه می‌توان محیط تشکیل این ریزرخساره را به بخش‌های انتهایی رمپ میانی و بالاتر از قاعده امواج توفانی نسبت داد.

۳- ریزرخساره رمپ خارجی - دریای نسبتاً عمیق^۱ LF10: وکستون/پکستون حاوی رودیست میکروبايوکلاستی^۲: خرده‌های رودیست در اندازه سیلت تا ماسه ریز، اکینودرم‌ها و الیگوسترینا فونای زیستی غالب این ریزرخساره هستند که با جورشدگی کم و در اندازه ماسه خیلی ریز تا سیلت در زمینه میکریتی قرار دارند (Lf10 در شکل ۴). فرامینیفرهای پلانکتونیک و روتالیاهای کوچک نیز با فراوانی کم حضور دارند. فشردگی و دولومیتی شدن از فرآیندهای دیاژنتیکی این ریزرخساره هستند. آشفستگی زیستی از ساخت‌های رسوبی مشاهده شده در این ریزرخساره می‌باشد. معادل این ریزرخساره توسط رحیم‌پور و همکاران (۲۰۱۲) در میدان نفتی آب تیمور نیز گزارش شده است.

تفسیر: با توجه به شواهدی از قبیل تنوع کم فونای زیستی، حضور آلوکم‌هایی مانند رودیست در اندازه ماسه بسیار ریز تا سیلت که از موجودات سدساز در زمان کرتاسه می‌باشند، و حضور فونای پلانکتون با فراوانی کم می‌توان محیط نهشت این ریزرخساره را به بخش دریای عمیق پلاتفرم کریناته یا رمپ خارجی نسبت داد. رودیست‌ها در بخش‌های کم عمق تر حوضه رسوبی توسعه و گسترش یافته‌اند (پومار، ۲۰۰۱؛ مورو و همکاران، ۲۰۱۶؛ فولج، ۲۰۱۸)، که بر اثر عملکرد امواج و جریان‌ها قطعات خرد شده رودیست به محیط رمپ بیرونی حمل و منتقل شده است (محرابی و همکاران، ۲۰۱۵؛ محرابی و باقرپور، ۲۰۲۲).

۴- ریزرخساره‌های زیر محیط حوضه

LF11: وکستون / پکستون حاوی الیگوسترینا و فرامینیفرای پلانکتون^۳: گونه‌های مختلف خانواده

³ Planktic foraminifera - oligosteginids wackestone/packstone

⁴ Planktic foraminifera mudstone/ wackestone

¹ Relatively deep marine

² Microbioclastic rudistic wackestone/packstone

رخساره‌های دانه غالب گرینستونی و رودستونی با فراوانی بالای سیمان هم‌ضخامت که در اطراف خرده‌های رودیست، ذرات درشت آلیولینا و فرامینیفراهای بنتیک با دیواره آگلوتینه تشکیل شده است نشان‌دهنده محیط با انرژی متوسط تا بالای پشته کربناته است (برای مثال محرابی و همکاران، ۲۰۱۵؛ کلانات و همکاران، ۲۰۲۱؛ محرابی و باقرپور، ۲۰۲۲)، که معرف محیط شول کربناته هستند مشخص می‌شود. سازند سروک در میداین نفتی مورد بررسی هم از رخساره‌های عمیق و هم از رخساره‌های کم عمق تشکیل شده است. نهشت سازند سروک در آغاز نهشت این سازند و در بخش‌های پایینی توالی آن با رخساره‌های پلاژیک و گل غالب شروع شده سپس با نهشت رخساره‌های دانه غالب محیط پراثری پشته کربناته و بایوستروم رودیستی تداوم یافته و در نهایت با رسوبگذاری رخساره‌های دانه غالب تا گل لاکون نیمه محدود و محدود پایان یافته است. اینتراکلت، کورتوید و پلوید از اجزای غیراسکلتی و رودیست، اکینوید، فرامینیفراهای بنتیک و پلانکتونیک از اجزای اصلی اسکلتی ریزرخساره‌های تشکیل دهنده سازند سروک هستند. براساس تجزیه و تحلیل اجزاء کربناته سنگ و بافت رسوبی دوازده ریزرخساره کربناته شناسایی شده در توالی رسوبی سازند سروک، ارتباط و تغییرات تدریجی ریزرخساره‌ها در توالی قایم در چاه‌ها و روند کم عمق شدن تدریجی از حوضه به سمت پلاتفرم کربناته کم عمق، وجود گل کربناته در اکثر ریزرخساره‌ها (امیدپور و همکاران، ۲۰۲۱)، فراوانی بالای فرامینیفراهای بدون‌منفذ و آگلوتینه، عدم حضور ریف‌های واقعی سدی گسترده و بهم پیوسته و مقاوم در برابر امواج، عدم وجود عوارض ناشی از رسوبگذاری در قسمت‌های پرشیب مانند ساخت‌های ریزشی و لغزشی و رخساره‌های کلسی-توربیدیتی که بیانگر شیب بالای محیط رسوبگذاری است (رولندز و همکاران، ۲۰۱۴؛ آدابی و همکاران، ۲۰۱۶)، و حضور ریزرخساره‌های حاوی فوناهای محیط محدود با غلبه بالای گل کربناته، عدم حضور دانه‌های پوشش‌دار، آنکویدها، پیژویدها و دانه‌های تجمعی (فلوگل، ۲۰۱۰) که مختص شلف کربناته هستند و در نهایت براساس مدل بورچت و رایت (۱۹۹۲) و فلوگل (۲۰۱۰)، می‌توان نهشت بر روی یک پلاتفرم کربناته کم شیب بدون تغییر مشخص در شیب پلاتفرم از نوع رمپ کربناته هموکلینال را برای سازند سروک در نظر گرفت

ریزرخساره مشهود است. معادل این ریزرخساره توسط غبیشاوی و همکاران (۲۰۱۰) از تاقدیس بنگستان و رحیم‌پور و همکاران (۲۰۱۲) در میدان نفتی آب تیمور نیز گزارش شده است.

تفسیر: تنوع و فراوانی کم فونای زیستی، میزان بالای گل کربناته و ریزدانه بودن، رنگ تیره، نبود ساختمان‌های رسوبی به ویژه آثار آشفستگی زیستی و حضور فرامینیفراهای پلانکتیک منعکس‌کننده محیطی با آشفستگی نسبتاً کم است که نشان می‌دهد این ریزرخساره در محیطی با انرژی هیدرودینامیکی آرام در آب‌های عمیق با شوری نرمال نهشته شده است (فلوگل، ۲۰۱۰؛ رحیم‌پوربناب و همکاران، ۲۰۱۲). وجود فسیل‌های دریای باز نظیر الیگوسترژینا و هدبرژلا در زمینه گل آهکی و حضور رس بالا که با تغییر شدید در لاگ گاما و صوتی مشخص است نشان دهنده نهشته شدن این ریزرخساره در بخش عمیق حوضه است (غبیشاوی و همکاران، ۲۰۱۰؛ رحیم‌پوربناب و همکاران، ۲۰۱۲).

بازسازی محیط رسوبی دیرینه سازند سروک

بازسازی محیط رسوبی دیرینه سازند سروک در میداین نفتی مورد مطالعه از فروافتادگی دزفول شمالی براساس روند تغییرات عمق ریزرخساره‌ها و توزیع فرامینیفراهای بنتیک آگلوتینه و پورسلانوز، فرامینیفراهای پلانکتیک و الیگوسترژینید، رودیست، مرجان و میزان حضور گل کربناته، روند تغییر اندازه ذرات از حوضه و دریای عمیق کم انرژی به سمت محیط کم عمق و با انرژی بالاتر، جورشدگی و در نهایت زمان و نوع سیمانی شدن میسر می‌گردد. به طوری که حضور فرامینیفراهای پلانکتونی و الیگوسترژینا بیان‌کننده رخساره‌های عمیق و پلاژیک می‌باشد که در محیط رسوبی رمپ خارجی و حوضه اینتراشلف نهشته شده‌اند (غلامی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۹؛ کلانات و همکاران، ۲۰۲۱) و حضور جلبک سبز و جلبک لیتوکودیوم و میلیولید همراه با فرامینیفراهای بنتیک شاخص محیط‌های کم عمق و محدود و بسته نظیر نزازاتا در رخساره‌های گل غالب با بافت مادستون تا وکستون بیانگر رسوبگذاری در محیط‌های کم عمق لاکون و بالای ساب‌تایدال تا بخش همجوار آن در زیرمحیط اینترتایدال از محیط رمپ داخلی است (رحیمی‌نژاد و حسنی، ۲۰۱۶؛ ملک‌زاده و همکاران، ۲۰۲۰). بایوستروم رودیستی و

حوضه‌ها حاصل سیستم‌های نهشتی کربناته‌ای هستند که در پاسخ آبی به پر شدن فضای رسوبگذاری ناشی از تغییرات سطح آب دریا ایجاد شده‌اند (ون‌بوخم و همکاران، ۱۹۹۶، ۲۰۰۲، ۲۰۱۱؛ حق و ال‌قتانی، ۲۰۰۵؛ دی کیسر و کندال، ۲۰۱۴؛ مارلو و همکاران، ۲۰۱۴؛ کندال و همکاران، ۲۰۱۴؛ وینسنت و همکاران، ۲۰۱۵؛ مهدی و اکراوی، ۲۰۱۸؛ برومهد و همکاران، ۲۰۲۲).

(شکل ۵). این محیط رمپ از نظر سیستم رسوبی کربناته، به طور کلی از چهار کمربند رخساره‌ای اصلی شامل رمپ داخلی، میانی و خارجی و حوضه اینتراشلف تشکیل شده است. تفسیر تشکیل واحدهای عمیق سازند سروک در یک حوضه اینتراشلف بر اساس پیشروی‌های سریع، بزرگ و غیرنرمال آب دریا که منجر به تشکیل حوضه‌های عمیق اینتراشلف محصور شده توسط پلاتفرم آب کم بر روی حاشیه قاره‌ای غیرفعال صفحه عربی شده، استوار است. این

Legend

- Rudist debris
- Benthic foram
- Planktic foram
- Oligosteginids
- Bioclasts
- Echinoderm
- Peloids
- Alveolinids
- Orbitolinids
- Miliolids
- Sponge spicule
- Nezzazata sp.
- Algae

شکل ۵. مدل رمپ هموکلینال پیشنهادی برای سیستم کربناته سازند سروک در فروافتادگی دزفول شمالی.

نهشته شده‌اند و تحت تأثیر امواج می‌باشند. در نتیجه عمق کم محیط و تأثیر بیشتر امواج، سطح انرژی در زیر محیط رمپ میانی بیشتر از رمپ بیرونی می‌باشد که سطح انرژی آن را در حد متوسط تخمین می‌زند.

رمپ خارجی دربرگیرنده ریزرخساره دریای باز نسبتاً عمیق (LF10) است که در زیر سطح اساس امواج توفانی (SWB) در قسمت‌های خارجی پلاتفرم نهشته شده‌اند که بیانگر گذر تدریجی از محیط دریای باز کم عمق تر به محیط عمیق تر پلاتفرم رمپ کربناته می‌باشد. زیر محیط حوضه اینتراشلف^۱ توسط شرایط کم انرژی با گسترش جانبی وسیع و پیوسته از رخساره‌های پکستون تا مادستون حاوی

رمپ داخلی عمدتاً متشکل از ریزرخساره‌های زیرمحیط‌های بالای ساب‌تایدال شامل لاگون محدود (LF1-3)، لاگون نیمه‌محدود تا باز (LF4)، پشته کربناته (LF5-6) و بایوستروم رودیستی (LF7) می‌باشد که بالای سطح اساس امواج معمولی (FWWB) نهشته شده‌اند و گذر از این ریزرخساره‌ها به یکدیگر تدریجی بوده است. رمپ داخلی متنوع‌ترین محیط رسوبی در سازند سروک در فروافتادگی دزفول است. رمپ میانی با دو ریزرخساره متعلق به زیرمحیط ابتدا (LF8) و بخش انتهای (LF9) رمپ میانی مشخص می‌شود که بین سطح اساس امواج توفانی (SWB) و سطح اساس امواج معمولی (FWWB)

^۱ intrashelf basin

و همکاران، ۲۰۱۱؛ الشرحان و همکاران، ۲۰۱۴؛ دیویز و همکاران،). توالی تورونین با بالآمدگی گسترده در صفحه عربی و ایجاد ناپیوستگی گسترده فرسایشی در تورونین میانی همراه است که مرز بالایی مگاسکانس AP8 شارلند (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱) در صفحه عربی را مشخص می‌سازد. این ناپیوستگی مرز مرحله تغییر از یک حاشیه قاره‌ای غیرفعال به یک حاشیه فعال در مرز شرقی پلاتفرم عربی (گسل اصلی زاگرس) را مشخص می‌سازد (برومهد و همکاران، ۲۰۲۲). ایجاد زون سابدآکشن در مرکز نئوتتیس و توسعه بسته شدن این دریا در بخش جنوبی آن منجر به ایجاد یک زون فشارشی در سرتاسر صفحه عربی مقدم بر آبدآکشن افیولیتی انتهایی کرتاسه شده است. در نتیجه این بالآمدگی حضور و حفظ توالی تورونین و در مواردی حتی سنومانین در بخش‌هایی از زاگرس و به ویژه در جنوب صفحه عربی متغیر بوده است (دروسته و ون استین وینکل، ۲۰۰۴؛ غبیشاوی و همکاران، ۲۰۰۹، ۲۰۱۰؛ سیرله و همکاران، ۲۰۱۴). چارچوب چینه‌نگاری سکانشی به کار رفته در این مطالعه برای سازند سروک از مدل به کار رفته برای صفحه عربی توسط شارلند (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱) که پس از او توسط ون بوخم (ون بوخم و همکاران، ۲۰۱۱) و برومهد (برومهد و همکاران، ۲۰۲۲) به روز شده استفاده شده است. در این مدل استراتیگرافی مورد بررسی به سکانشی‌های درجه سوم که توسط مرزهای سکانشی محدود شده‌اند، تقسیم شده است. این سکانشی‌ها با توجه به محدوده سنی که پوشش می‌دهند دارای هم‌ارزهای جهانی هستند و بنابراین می‌توان آن‌ها را به تغییرات جهانی سطح آب دریا ناشی از تکتونیک و اقلیم جهانی نسبت داد (سایمونز و همکاران، ۲۰۰۷). توالی‌های سکانشی در مجموع حالت چرخه‌ای مشخصی را نشان می‌دهند. در محدوده مورد بررسی توالی پلاتفرم سروک در میدین اهواز، منصوری و امید با تغییر لیتولوژی مشخص از شیل‌های کژدمی به مارل، آهک آرژیلی و میان لایه‌های شیلی معرف حوضه اینتراشلف آلبین- سنومانین (برای مثال ون بوخم و همکاران، ۲۰۰۲؛ پیریایی و همکاران، ۲۰۱۰) آغاز می‌شود که در ادامه به آهک‌های تمیز در بیشینه پیشروی سطح آب دریا و مرحله تراز بالای آب دریا که به ترتیب در محدوده پلاتفرم خارجی، میانی و داخلی نهشته شده‌اند، تبدیل می‌شود. این چرخه در ادامه و در هر سکانشی با افزایش در محتوای رس در ابتدای مرز سکانشی

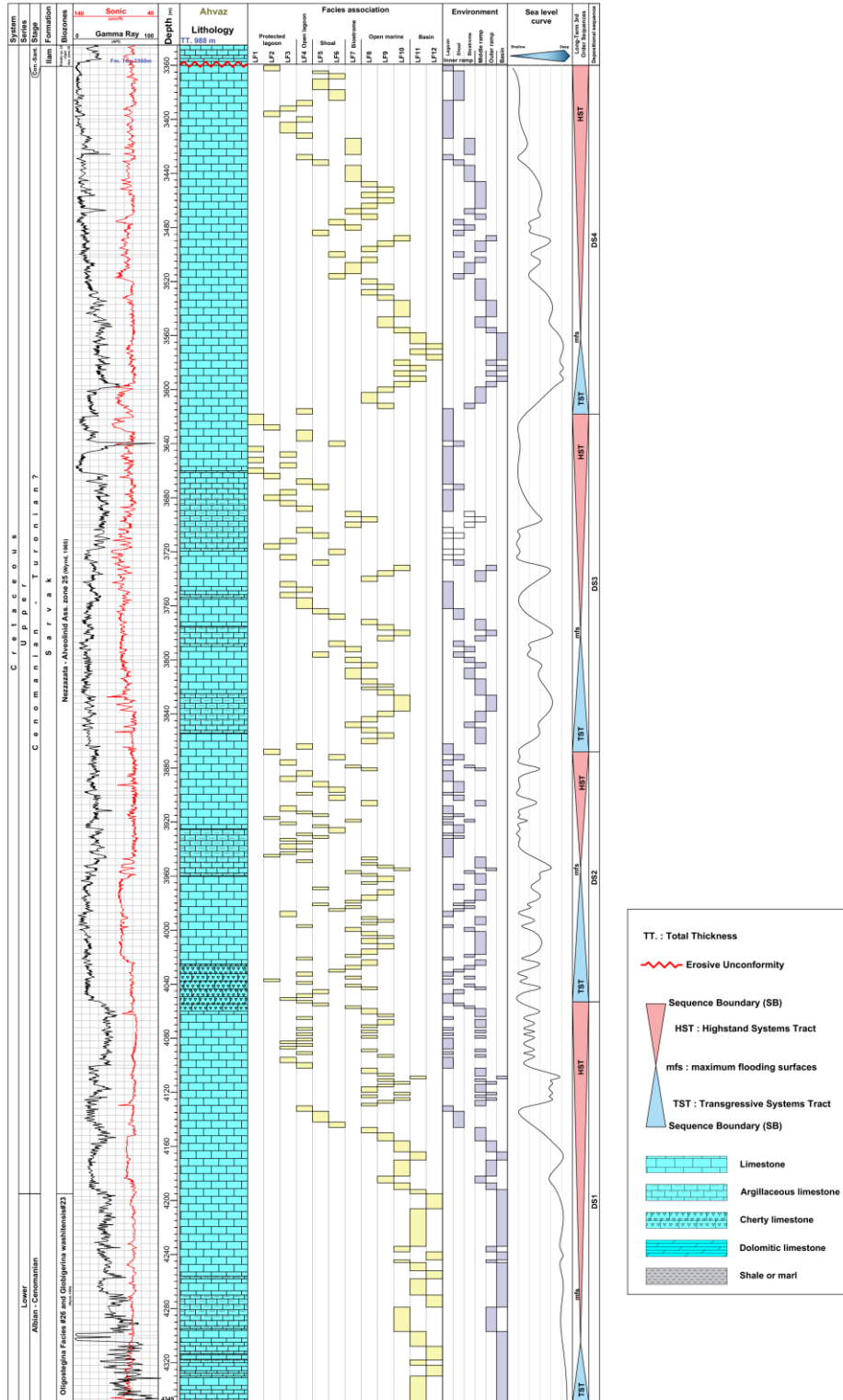
فوناهای پلانکتیک نظیر الیگوستژینید (LF11) و فرامینیفرهای پلانکتون (LF12) مشخص می‌شود. ستون چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی چاه‌های مورد مطالعه در شکل‌های ۶، ۷ و ۸ آورده شده است.

تکتونواستراتیگرافی و چینه‌نگاری سکانشی

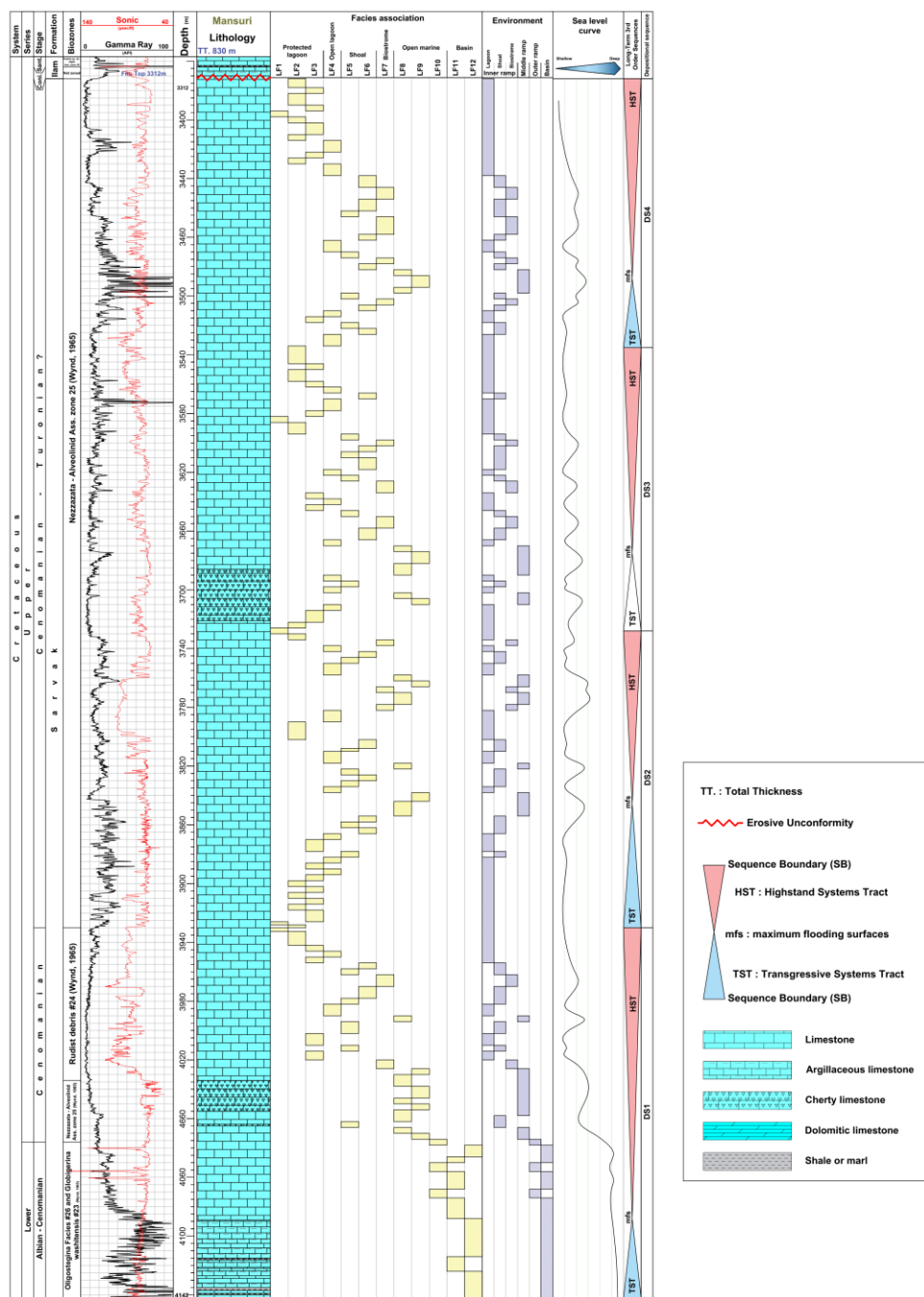
در طی اوایل کرتاسه بالایی صفحه عربی در بخش جنوبی حاشیه نئوتتیس نزدیک به استوا گسترش داشته است (اسکاتس، ۲۰۲۱). آب و هوای گرم و مرطوب و در نتیجه سطح بالای آب دریا در این دوران منجر به پیشروی آب دریا و گسترش دریای کربناته کم عمقی در سرتاسر پهنای این پهنه و نیز گسترش نهشته‌های سیلیسی کلاستیک در بخش‌های نزدیک به منشاء و نیز به سمت بخش عمیق حوضه (محدوده ایران و عمان) در طی دوره‌های تراز پایین آب دریا شده است که در نهایت منجر به تشکیل مخازن عظیم نفتی در سراسر این صفحه گردیده است (حق، ۲۰۱۴؛ سایمونز و همکاران، ۲۰۲۰). در طی انتهای آپتین تا آلبین پایین افتادن تراز جهانی سطح آب دریا و بالآمدگی سپر عربی در نتیجه تنش ناشی از باز شدن اقیانوس اطلس جنوبی و همراه شدن آن با شرایط آب و هوایی مرطوب منجر به تشکیل توالی‌های مخزنی با کیفیت بالا در بخش ابتدایی و کم عمق حوضه و توالی‌های غنی از مواد ارگانیک و تشکیل سنگ منشاء در بخش عمیق حوضه (سازند کژدمی) شده است. این شرایط در انتهای آلبین منجر به پیشروی آب دریا و توسعه یک پلاتفرم پهناور کربناته از نوع رمپ کربناته شده است (کراس و همکاران، ۲۰۱۰؛ بردناو، ۲۰۱۴؛ دیویز و همکاران، ۲۰۱۹). توالی سنومانین در تمام پهنه صفحه عربی به صورت پلاتفرمی کربناته است که با توسعه یک حوضه اینتراشلف همراه بوده است. میزان توسعه این حوضه تأثیری قابل توجهی بر نحوه گسترش سنگ منشاء، مخزن و پوشش سنگ این توالی در مناطق مختلف این پلاتفرم داشته است. در طی سنومانین میزان توسعه مواد آواری روند کاهشی به سمت بالای توالی در تمام صفحه عربی داشته و بیشترین توسعه آن در سمت غربی یعنی محدوده عربستان و کویت بوده است. پالس‌های گسترش سیستم آواری در محدوده زاگرس به صورت توسعه واحدهای کم ضخامت شیلی بوده که در طی دوره‌های تراز پایین سطح آب دریا که همزمان با آب و هوای بیشتر مرطوب بوده گسترش داشته است (ون بوخم

توالی از مجموعه رسوبی بیانگر پلاتفرم میانی و داخلی تشکیل شده است، تبدیل می‌شود. سکانس‌های رسوبی رده سوم شناسایی شده به ترتیب از قدیم به جدید به شرح زیر هستند (شکل ۹).

که به سمت سطح بیشینه پیشروی آب دریا که می‌تواند معرف مجموعه رسوبی بیانگر حوضه اینتراشلف باشد ادامه می‌یابد و در ادامه و در مجموعه رسوبی تراز بالا به آهک‌های با محتوای رس کمتر و تمیزتر که در بستر طول



شکل ۹. مشخصات سنگ‌شناسی، ریزرخساره‌ها و زیرمحیط‌های رسوبی در میدان نفتی اهواز که در آن تغییرات سطح آب دریا و موقعیت توالی‌های سکانسی درجه سوم نشان داده شده است.



شکل ۷. مشخصات سنگ‌شناسی، ریزرخساره‌ها و زیرمحیط‌های رسوبی در میدان نفتی منصوره که در آن تغییرات سطح آب دریا و موقعیت توالی‌های سکansı درجه سوم نشان داده شده است.

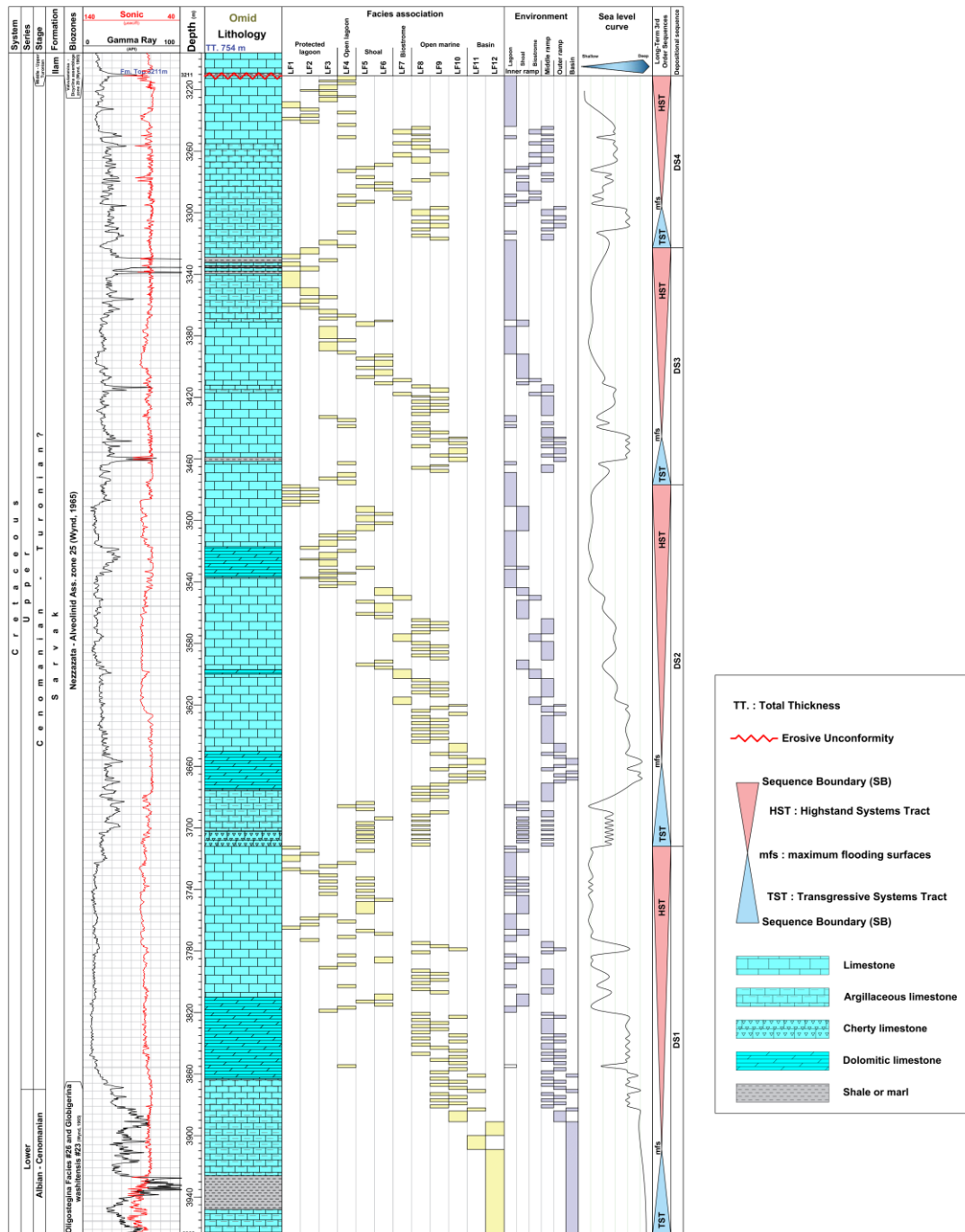
می‌یابد. بخش پایینی HST توسط کاهش در لاگ گاما و غلبه رخساره‌های دریای باز عمیق (رمپ خارجی و حوضه، LF8-9) تا کم عمق (رمپ میانی، LF9-12) مشخص می‌شود. بخش بالایی HST بیانگر غلبه رخساره‌های کم عمق تر در رمپ داخلی که در پشته کربناته و لاگون نهشته شده‌اند، می‌باشد. سطح بیشینه پیشروی آب دریا در این سکانس توسط مقادیر بالای لاگ گاما که به دنبال آن

سکانس رسوبی اول^۱ (DS1): این سکانس رسوبی در برگیرنده یک مجموعه آهک آرژیلی، مارل و شیل با محتوای رس بالا و مقادیر بالای لاگ گاما است که توسط مجموعه رسوبی حوضه اینتراشلف شامل ریزرخساره‌های LF11 و LF12 و آهک‌های آرژیلی تیره رنگ مشخص می‌شود (TST) و در ادامه با توالی ضخیمی از آهک‌های نسبتاً تمیز تا تمیز در سیستم تراکت تراز بالا (HST) ادامه

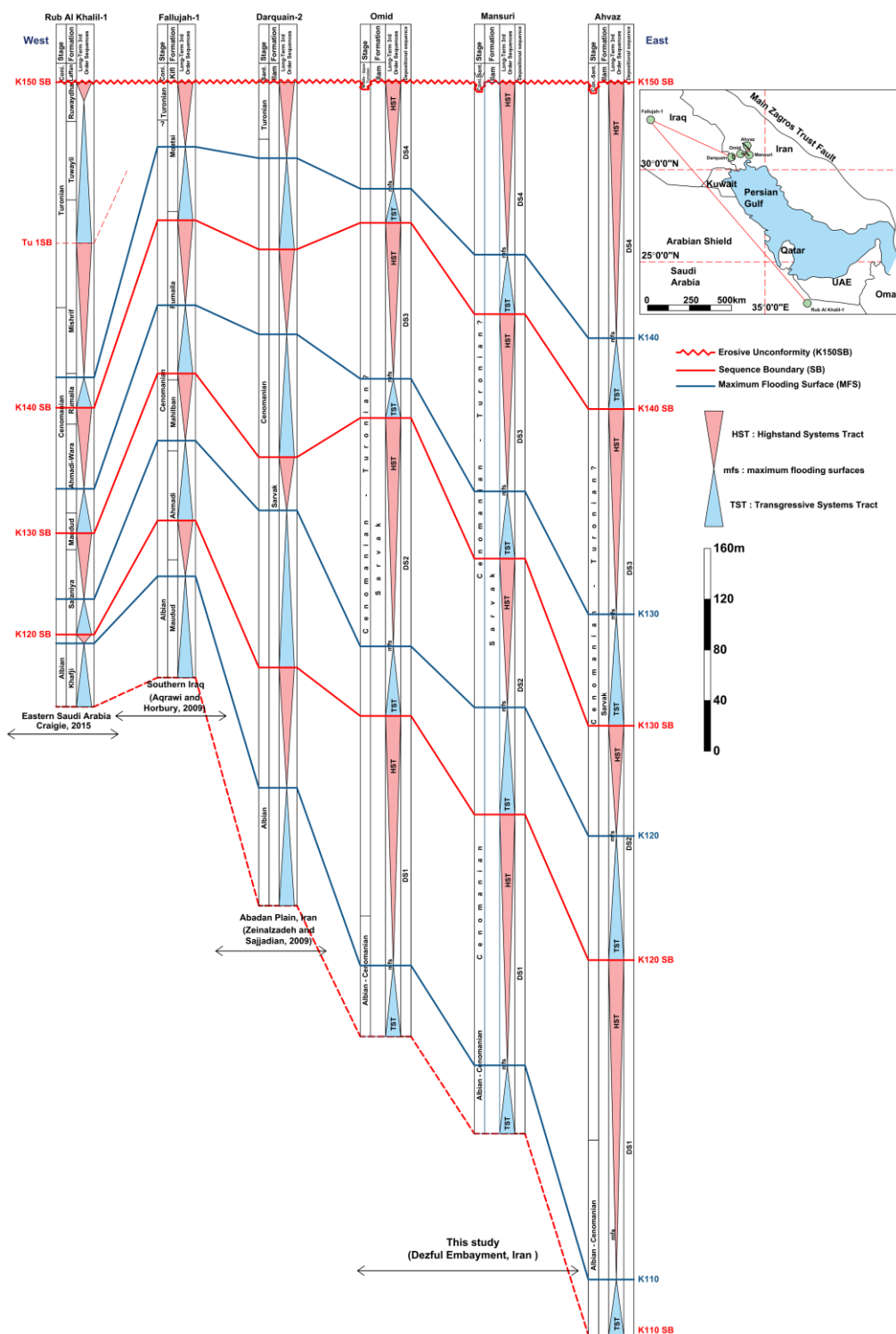
^۱ upper Albian-lower Cenomanian

تعریف شده است که با تغییر در لیتولوژی و کاهش مشخص در لاگ گاما همراه است. مرز بالایی این سکناس معادل مرز سکناسی K120 SB برومهد (برومهد و همکاران، ۲۰۲۲) در صفحه عربی به سن اواخر آلبین- اوایل سنومانین است. سطح بیشینه پیشروی آب دریا در این سکناس معادل سطح غرقایی K110 شارلند (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱) است.

توسط کاهش در مقادیر این لاگ و تغییر در رخساره و محیط رسوبی نمود یافته است، تمیز داده شده است. توالی سکناس رسوبی اول معرف آهک مادود در سراسر صفحه عربی است. این سکناس توسط بایوزون‌های شماره ۲۶ و ۲۳ و ایند (۱۹۶۵) معرف آب عمیق در سیستم ترکت پیشرونده و بایوزون شماره ۲۵ و ایند معرف آب کم عمق در سیستم تراکت تراز بالا مشخص می‌شود. مرز پایینی این سکناس بر روی مرز بین سازند کژدمی و سروک



شکل ۸. مشخصات سنگ‌شناسی، ریزرخساره‌ها و زیرمحیط‌های رسوبی در میدان نفتی امید که در آن تغییرات سطح آب دریا و موقعیت توالی‌های سکناسی درجه سوم نشان داده شده است.



شکل ۹. تطابق منطقه‌ای چاه‌های مورد بررسی (فروافتادگی دزفول) با هم‌ارزهای معادل در ایران (دشت آبادان؛ زینال‌زاده و سجادیان، ۲۰۰۹) و صفحه عربی شامل جنوب عراق (اکراوی و هوربیری، ۲۰۰۹) و غرب عربستان (کریجی، ۲۰۱۵).

پیشرونده با یک پسروری در مجموعه رخساره‌ای از رمپ داخلی به سمت میانی و خارجی شروع شده و در نهایت با ایجاد یک حوضه اینتراشلف ادامه می‌یابد؛ رخساره‌های حوضه اینتراشلف (LF11-12) تنها در میدان

سکانس رسوبی دوم^۱ (DS2): مرز زیرین این سکانس رسوبی در میداین مورد بررسی در نزدیکی مرز سنومانین با آلبین واقع شده و محدوده سنومانین پایینی را پوشش می‌دهد. توالی این سکانس در سیستم تراکت تراز

¹ lower Cenomanian

می‌شود. سطح بیشینه پیشروی آب دریا در دو میدان اهواز و امید با رخساره رمپ خارجی (LF10) و در میدان منصوری با رخساره دیستال رمپ میانی در مجاورت با رمپ خارجی (LF9) که در هر سه میدان با افزایش در مقادیر لاگ گاما نیز همراه است، تعیین شده است. در ادامه این سکانس در سیستم تراکت تراز بالا (HST) در هر سه میدان توسط رخساره‌های با روند تجمعی نه چندان مشخص در ابتدای HST و تغییر تدریجی و پیشرونده مشخص در تقریباً تمام طول سیستم تراکت تراز بالا همراه است که در راس آن رخساره‌های لاگون محدود (LF1-2) با شواهد انحلال در محیط متئوریک که منجر به توسعه تخلخل‌های حفره‌ای فراوان شده است مرز بالای سکانس رسوبی سوم را تعیین می‌کنند. این مرز با کاهش در مقادیر لاگ گاما و افزایش در مقادیر لاگ صوتی همراه بوده است. مرز بالایی این سکانس معادل مرز سکانسی K140 SB برومهد (برومهد و همکاران، ۲۰۲۲) به سن سنومانین پایانی تا بخش بسیار اولیه تورونین و سطح غرقابی در آن معادل سطح K130 شارلند (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱) است.

سکانس رسوبی چهارم^۳ (DS4): این سکانس با ضخامت متغیر در میداین مورد بررسی دیده می‌شود که ناشی از تاثیر تکتونیک محلی و میزان فرسایش بخش بالایی آن با توجه به موقعیت جغرافیای دیرینه آن در حوضه رسوبی بوده است. سیستم تراکت پیشرونده در این سکانس رسوبی توسط تغییر تدریجی رخساره‌ها از لاگون به سمت پشته کربناته و سپس رمپ میانی در میدان منصوری مشخص شده است. در این سیستم تراکت (TST) تغییر مشخص‌تر در پسروی رخساره‌ها از لاگون به سمت پشته کربناته و سپس رمپ میانی در میدان امید و لاگون باز به سمت رمپ میانی، رمپ خارجی و حوضه اینتراشلف در میدان اهواز دیده شده است. سطح بیشینه پیشروی آب دریا در میداین منصوری و امید توسط رخساره دیستال رمپ میانی (LF9) و رخساره متعلق به حوضه اینتراشلف (LF12) در میدان اهواز تعیین شده است. افزایش در مقادیر لاگ گاما در اطراف سطح بیشینه آب دریا در هر سه میدان مشهود است که پس از آن در سیستم تراکت تراز بالا رو به کاهش می‌گذارد. سیستم تراکت تراز بالا در بخش ابتدایی این سکانس رسوبی با الگوی برانبارش تجمعی به طور عمده از تناوبی از رخساره‌های رمپ میانی و پشته کربناته تشکیل

امید رخ داده و با توجه به موقعیت پالئوجغرافی دو میدان اهواز و منصوری بر روی برجستگی دیرینه در زمان نهشت ناشی از دیاپیریسم نمک هرمز (پیریایی و همکاران، ۲۰۱۰) تا رخساره رمپ خارجی در میدان اهواز (LF10) و رخساره دیستال رمپ میانی در میدان منصوری (LF9) رخ داده است. بنابراین سطح بیشینه پیشروی آب دریا در سه میدان توسط رخساره‌های گفته شده که در واقع با افزایش در مقادیر لاگ گاما نیز همراه بوده‌اند، مشخص شده است. معادل این سکانس در پلاتفرم عربی همچنین در امارات و حوضه ناتیج عمان منجر به تشکیل حوضه اینتراشلف شده است (ون‌بوخم و همکاران، ۲۰۰۲؛ وینست و همکاران، ۲۰۲۰). چرخه سکانس دوم سازند سروک در سیستم تراکت تراز بالا با نمایش الگوی برانبارش تجمعی در ابتدای HST در هر سه میدان مورد بررسی همراه است. این الگو در میدان امید با تناوب رخساره‌های رمپ میانی (LF8-9)، در میدان منصوری پشته کربناته (LF5-6) و لاگون باز (LF4) و در میدان اهواز لاگون (LF3-4) همراه است که در واقع با کاهش در مقادیر گاما نیز همراه بوده است. در بخش بالایی HST پیشروی تدریجی رخساره‌ها به سمت کم عمق‌ترین بخش لاگون (LF1-2) که در واقع مرز سکانسی در این سکانس نهشتی را نیز مشخص می‌کند، دیده می‌شود. سطح بیشینه پیشروی آب دریا در این سکانس معادل سطح K120 شارلند (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱) و مرز بالایی این سکانس معادل مرز سکانسی K130 SB برومهد (برومهد و همکاران، ۲۰۲۲) به سن سنومانین میانی تا بالایی در صفحه عربی است.

سکانس رسوبی سوم^۲ (DS3): مرز پایینی این سکانس در محدوده مرز سنومانین میانی تا بالایی در زاگرس و سایر نقاط صفحه عربی با فرسایش گسترده و تشکیل کانال همراه بوده است (برای مثال شارپ و همکاران، ۲۰۱۰؛ پیریایی و همکاران، ۲۰۱۰). در محدوده میداین مورد بررسی سیستم تراکت پیشرونده (TST) با پسروی تدریجی رخساره‌ها از لاگون مجاور پهنه جزرومدی (LF1) به سمت لاگون باز، پشته کربناته و در نهایت رمپ میانی در میدان منصوری ادامه می‌یابد. این سیستم تراکت در دو میدان دیگر با تغییر مشخص‌تر در رخساره‌ها از لاگون محدود به سمت رمپ میانی و رمپ خارجی که با برانبارش بیشتر رخساره‌های عمیق‌تر در میدان امید همراه است، مشاهده

³ upper Cenomanian-lower Turonian

² middle-upper Cenomanian

اصلی شامل رمپ داخلی، میانی و خارجی و حوضه اینتراشلف نهشته شده‌اند. به این ترتیب که چرخه رسوبی سازند سروک در بخش‌های پایینی توالی با رخساره‌های پلاژیک و گل غالب شروع شده سپس با نهشت رخساره‌های دانه غالب محیط پارانرژی پشته کربناته و بایوستروم رودیستی تداوم یافته و در نهایت با رسوبگذاری رخساره‌های دانه غالب تا گل غالب لاگون نیمه محصور و محصور پایان یافته است.

بررسی‌های چینه‌نگاری سکانسی به شناسایی چهار سکانس رسوبی رده سوم در توالی رسوبی سازند سروک منجر شد. سطوح سکانسی و سکانس‌های رسوبی رده سوم شناسایی شده انطباق خوبی را در میداین نفتی اهواز، منصوری و امید با معادل‌های همجوار در زاگرس و صفحه عربی را نشان می‌دهند. سکانس رسوبی اول (DS1) دارای سن آلبین بالایی- سنومانین پایینی است مرز بالایی این سکانس معادل مرز سکانسی قابل انطباق K120 SB و سطح غرقابی K110 در صفحه عربی است. سکانس رسوبی دوم (DS2) به سن سنومانین پایینی بوده و سطح بیشینه پیشروی آب دریا در آن معادل سطح K120 و مرز بالایی آن معادل مرز سکانسی قابل انطباق K130 SB در صفحه عربی است. سکانس رسوبی سوم (DS3) دارای سن سنومانین میانی تا بالایی است و مرز بالایی آن معادل مرز سکانسی قابل انطباق K140 SB و بیشینه پیشروی آب دریا در آن معادل سطح غرقابی K130 است. سکانس رسوبی چهارم (DS4) دارای سن سنومانین بالایی- تورونین پایینی است. سطح بیشینه پیشروی آب دریا در این سکانس معادل رخداد بی‌هوازی شماره ۲ (OAE2) در کرتاسه بالایی است. مرز بالایی این سکانس در تمامی میداین مورد مطالعه توسط مرز فرسایشی اوایل تورونین که منجر به حذف ضخامت قابل توجهی از سازند سروک و سازندهای معادل در سراسر صفحه عربی شده مشخص می‌شود. این مرز معادل مرز سکانسی K150 SB به سن تورونین میانی است و بیانگر محدوده شروع فعالیت‌های شدید تکتونیکی و مرز بالایی مگاسکانس تکتونواستراتیگرافی AP8 صفحه عربی است. سطح بیشینه پیشروی آب دریا در این سکانس معادل سطح K140 است.

شده است که در ادامه در بخش بالایی آن با پیشروی رخساره‌ها همراه شده و به طور عمده از رخساره‌های لاگونی تشکیل شده است. مقادیر لاگ گاما در طول سیستم تراکت تراز بالا از سطح بیشینه آب دریا به سمت بالا رو به کاهش گذاشته و در مرز بالایی این سکانس کمترین مقدار لاگ گاما را به نمایش می‌گذارد. سطح بیشینه پیشروی آب دریا در این سکانس معادل رخداد بی‌هوازی شماره ۲ (OAE2) در کرتاسه بالایی است (وولوند و همکاران، ۲۰۱۶؛ کلانات و وزیری‌مقدم، ۲۰۱۹). مرز بالایی این سکانس در تمامی میداین مورد مطالعه توسط مرز فرسایشی اوایل تورونین که منجر به حذف ضخامت قابل توجهی از سازند سروک و سازندهای معادل در سراسر صفحه عربی شده مشخص می‌شود. این مرز معادل مرز سکانسی K140 SB برومهد (برومهد و همکاران، ۲۰۲۲) به سن تورونین پایینی است و بیانگر محدوده شروع فعالیت‌های شدید تکتونیکی و مرز بالایی مگاسکانس تکتونواستراتیگرافی AP8 شارلند است. سطح بیشینه پیشروی آب دریا در این سکانس معادل سطح K150 شارلند (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱) است.

نتیجه‌گیری

سازند سروک در سه میدان امید، منصوری و اهواز با لیتولوژی غالب سنگ‌آهک مشخص می‌شود که در هر سه میدان به صورت هم‌شیب رسوبات شیلی سازند کژدمی را پوشانده و خود توسط سازند ایلام پوشیده می‌شود. براساس نتایج بایواستراتیگرافی موجود این سازند محدوده انتهای آلبین تا اوایل تورونین را در برمی‌گیرد. مطالعات و بررسی‌های جامع پتروگرافی، آنالیز رخساره‌ای، محیط رسوبی و نیز مطالعات چینه‌نگاری سکانسی توالی رسوبی سازند سروک در چاه‌های مورد مطالعه از میداین نفتی اهواز، منصوری و امید در تمام طول توالی ضخیم این سازند با ضخامت ۸۳۱، ۷۳۵ و ۷۵۴ متر منجر به نتایج زیر گردید: براساس تجزیه و تحلیل اجزاء کربناته و بافت رسوبی دوازده ریزرخساره کربناته در توالی رسوبی سازند سروک شناسایی شد. بر همین اساس می‌توان نهشت بر روی یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ کربناته هموکلینال را برای سازند سروک در نظر گرفت. این محیط رمپ از نظر سیستم رسوبی کربناته، متشکل از رخساره‌های عمیق و نیز رخساره‌های کم عمق است که در چهار کمربند رخساره‌ای

منابع

- Bordenave, M. L (2002) The Middle Cretaceous to Early Miocene petroleum system in the Zagros domain of Iran, and its prospect evaluation. In AAPG annual meeting, 6: 1-9. Houston: Am. Assoc. Petrol. Geol.
- Bordenave, M. L (2014) Petroleum systems and distribution of the oil and gas fields in the Iranian part of the Tethyan region.
- Bordenave, M. L., and Hegre, J. A (2005) The influence of tectonics on the entrapment of oil in the Dezful Embayment, Zagros Foldbelt, Iran. *Journal of petroleum Geology*, 28(4): 339-368.
- Bordenave, M. L., and Hegre, J. A (2010) Current distribution of oil and gas fields in the Zagros Fold Belt of Iran and contiguous offshore as the result of the petroleum systems. *Geological Society, London, Special Publications*, 330(1): 291-353.
- Bromhead, A. D., Van Buchem, F. S. P., Simmons, M.D., Davies, R.B (2022) Sequence Stratigraphy, Palaeogeography and Petroleum Plays of the Cenomanian–Turonian Succession of the Arabian Plate: AN Updated Synthesis. *Journal of Petroleum Geology*, 45(2): 119-161.
- Burchette, T. P., and Wright, V. P (1992) Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary geology*, 79(1-4): 3-57.
- Catuneanu, O (2022) Principles of sequence stratigraphy. Newnes.
- Catuneanu, O., Abreu, V., Bhattacharya, J. P., Blum, M. D., Dalrymple, R. W., Eriksson, P. G., Fielding, C. R., Fisher, W. L., Galloway, W. E., Gibling, M. R. and Giles, K. A (2009) Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 92(1-2): 1-33.
- Colombié, C. and Strasser, A (2005) Facies, cycles, and controls on the evolution of a keep-up carbonate platform (Kimmeridgian, Swiss Jura). *Sedimentology*, 52(6): 1207-1227.
- Corda, L., and Brandano, M (2003) Aphotic zone carbonate production on a Miocene ramp, Central Apennines, Italy. *Sedimentary Geology*, 161: 55-70.
- Cross, N., Goodall, I., Hollis, C., Burchette, T., Al-Ajmi, H. Z., Johnson, I. G., Mukherjee, R., Simmons, M., Davies, R (2010) Reservoir description of a mid-Cretaceous siliciclastic-carbonate ramp reservoir: Maaddud Formation in the Raudhatain and Sabiriyah fields, North Kuwait. *GeoArabia*, 15(2): 17-50.
- Davies, R. B., Simmons, M. D., Jewell, T. O., Collins, J (2019) Regional controls on siliciclastic input into Mesozoic depositional systems of the Arabian plate and their petroleum significance.
- De Keyser, T. L., and Kendall, C. G (2014) Jurassic and Cretaceous sedimentary fill of intrashelf basins of the Eastern margin of the Arabian
- Adabi, M. H., Kakemem, U., Sadeghi, A (2016) Sedimentary facies, depositional environment and sequence stratigraphy of Oligocene-Miocene shallow water carbonate from the Rig Mountain, Zagros Basin (SW Iran). *Carbonates and Evaporites*, 31: 69-85.
- Alavi, M (2007) Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. *American Journal of science*, 307(9): 1064-1095.
- Al-Dabbas, M., Al-Jassim, J., Al-Jumaily, S (2009) Depositional environments and porosity distribution in regressive limestone reservoirs of the Mishrif Formation, Southern Iraq. *Arabian Journal of Geoscience*, 3: 67-78.
- Alsharhan, A. S., and Nairn, A. E. M (1986) A review of the Cretaceous formations in the Arabian Peninsula and Gulf: part I, Lower Cretaceous (Thamama Group), stratigraphy and paleogeography. *Journal of Petroleum Geology*, 9: 365-392.
- Alsharhan, A. S., and Nairn, A. E. M (1990) A review of the Cretaceous formations in the Arabian Peninsula and Gulf: Part III. Upper Cretaceous (Aruma Group) stratigraphy and paleogeography. *Journal of Petroleum Geology*, 13(3): 247-266.
- Alsharhan, A. S., Strohmenger, C. J., Abdullah, F. H., AL Sahlan, G (2014) Mesozoic stratigraphic evolution and hydrocarbon habitats of Kuwait. In: Marlow, L., Kendall, C. and Yose, L. (Eds), *Petroleum Systems of the Tethyan Region*. AAPG Memoir, 106: 541-611.
- Amao, A. O., Kaminski, M. A., Setoyama, E (2016) Diversity of Foraminifera in a shallow restricted lagoon in Bahrain. *Micropaleontology*, 62(3): 197-211.
- Aqrabi, A. A. M., Mahdi, T. A., Sherwani, G. H., Horbury, A. D (2010) Characterization of the mid-Cretaceous Mishrif Reservoir of the Southern Mesopotamian Basin, Iraq. AAPG GEO 2010, Middle East Geoscience Conference & Exhibition, Manama, Bahrain, March 7-10, Search and Discovery Article 50264.
- Aqrabi, A. A. M., Thehni, G. A., Sherwani, G. H. Kareem, B. M. A (1998) Mid-Cretaceous rudist-bearing carbonates of the Mishrif Formation: An important reservoir sequence in the Mesopotamian Basin, Iraq. *Journal of petroleum Geology*, 21(1): 57-82.
- Asadi Mehmandosti, E. A., Adabi M. H., Woods, A. D (2013) Microfacies and geochemistry of the Middle Cretaceous Sarvak Formation in Zagros Basin, Izeh Zone, SW Iran. *Sedimentary Geology*, 293: 9-20.
- Bachmann, M., Hirsch, F (2006) Lower Cretaceous carbonate platform of the eastern LEVANT (Galilee and the Golan Heights): stratigraphy and second-order sea-level change. *Cretaceous Research*, 27: 487-512.

- Hajikazemi, E., Al-Aasm, I. S., Coniglio, M (2012) Chemostratigraphy of Cenomanian–Turonian carbonates of the Sarvak Formation, southern Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 35(2): 187-205.
- Haq, B. U (2014) Cretaceous eustasy revisited. *Global and Planetary change*, 113: 44-58.
- Haq, B. U., and Al-Qahtani, A. M (2005) Phanerozoic cycles of sea-level change on the Arabian Platform. *GeoArabia*, 10(2): 127-160.
- Harris, P. M., Frost, S. H., Seiglie, G. A., Schneidermann, N (1984) Regional unconformities and depositional cycles, Cretaceous of the Arabian Peninsula.
- Hollis, C (2011) Diagenetic controls on reservoir properties of carbonate successions within the AlbianeTuronian of the Arabian Plate. *Petroleum Geoscience*, 17: 223-241.
- Hollis, C., and Sharp, I (2011) AlbianeCenomanianeTuronian carbonate-siliciclastic systems of the Arabian Plate: advances in diagenesis, structure and reservoir modelling: introduction. *Petroleum Geoscience*, 17: 223-241.
- Immenhauser, A., Van der Kooij, B. Van Vliet, A., Schlager, W., Scott, R (2001) An ocean-facing AptianeAlbian carbonate margin, Oman. *Sedimentology*, 48: 1187-1207.
- James, G. A., Wynd, J. G (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian oil Consortium Agrrement Area. *American Association Petroleum Geology Bulletin*, 49(12): 2182-2245.
- Kakemem, U., Adabi, M. H., Sadeghi, A., Kazemzadeh, M. H (2016) Biostratigraphy, paleoecology, and paleoenvironmental reconstruction of the Asmari formation in Zagros basin, southwest Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(2): 1-15.
- Kalanat, B., and Vaziri-Moghaddam, H (2019) The Cenomanian/Turonian boundary interval deep-sea deposits in the Zagros Basin (SW Iran): Bioevents, carbon isotope record and palaeoceanographic model. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 533: 109238.
- Kalanat, B., Vaziri-Moghaddam, H. and Bijani, S (2021) Depositional history of the uppermost Albian–Turonian Sarvak Formation in the Izeh Zone (SW Iran). *International Journal of Earth Sciences*, 110(1): 305-330.
- Kendall, C. G., Alsharhan, A. S., Marlow, L (2014) Straigraphy and depositional systems of the Southern Tethyan Region In: *Petroleum Systems of the Tethyan Region - Lisa Marlow, Christopher C. G. Kendall, and Lyndon A. Yose, (Eds.), American Association Petroleum Geologists Memoir*, 106: 29-58
- Plate. *American Association of Petroleum Geologists [Search & Discovery Article No. 30322]*.
- Dickson, J (1965) Carbonate identification and genesis as revealed by staining. *Sedimentary Geology*, 205: 491-505.
- Droste, H., and Van Steenwinkel, M (2004) Stratal geometries and patterns of platform carbonates: the Cretaceous of Oman. In: Eberli G. P. Masaferrero J. L. and Sarg J. F. (Eds), *Seismic Imaging of Carbonate Reservoirs and Systems. AAPG Memoir*, 81: 185-206.
- Dunham, R (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: *Classification of Carbonate Rocks. American Association Petroleum Geology*, 121p.
- Embry, A. F., and Klovian, J. E (1971) A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, NWT. *Bulletin of Canadian petroleum geology*, 19(4): 730-781.
- Flügel, E (2010) *Microfacies analysis of Limestones, Analysis Interpretation and Application. Springer Berlin*, 976p.
- Fluteau, F., Ramstein, G., Besse, J., Guiraud, R., Masse, J. P., (2007) Impacts of palaeogeography and sea level changes on mid-Cretaceous climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 247: 357-381.
- Folch, E. G (2018) Part N, volume 2, chapter 26B: paleoecology of rudists. In *Treatise Online*, 103: 1-29.
- Ghabeishavi, A., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A (2009) Facies distribution and sequence stratigraphy of the Coniacian–Santonian succession of the Bangestan Palaeo-high in the Bangestan Anticline, SW Iran. *Facies*, 55(2): 243-257.
- Ghabeishavi, A., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A., Taati, F (2010) Microfacies and depositional environment of the Cenomanian of the Bangestan anticline, SW Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 37(3): 275-285.
- Ghazban, F (2007) *Petroleum Geology of the Persian Gulf. Joint publication. Tehran University Press and National Iranian Oil Company, Tehran*, 707p.
- Gili, E., and Skelton, P. W (2000) Factors regulating the development of elevator rudist congregations. *Geological Society, London, Special Publications*, 178(1): 109-116.
- Gili, E., Masse, J. P., Skelton, P. W (1995) Rudists as gregarious sediment-dwellers, not reef-builders, on Cretaceous carbonate platforms. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 118(3-4): 245-267.
- Hag, B. U., Hardenbol, J., Vail, P. R (1988) Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change: an integrated approach, *Soc, Econ, Paleont, Mineral. Special Publication*, 42: 71-108.

- Omidpour, A., Moussavi-Harami, R., Loon van, A. J., Mahboubi, A., Rahimpour-Bonab, H (2021) Depositional environment, geochemistry and diagenetic control of the reservoir quality of the Oligo-Miocene Asmari Formation, a carbonate platform in SW Iran. *Geological Quarterly*, 65.
- Philip, J., Borgomano, J., Al-Maskiry, S (1995) Cenomanian-Early Turonian carbonate platform of Northern Oman: stratigraphy and palaeoenvironments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 119(1-2): 77-92.
- Piryaei, A., Reijmer, J. J., Van Buchem, F. S., Yazdi-Moghadam, M., Sadouni, J., Danelian, T (2010) The influence of Late Cretaceous tectonic processes on sedimentation patterns along the northeastern Arabian plate margin (Fars Province, SW Iran). *Geological Society, London, Special Publications*, 330(1): 211-251.
- Piryaei, A., Reijmer, J. J. G., Borgomano, J., Van Buchem, F. S. P (2011) Late Cretaceous tectonic and sedimentary evolution of the Bandar Abbas area, fars region, southern Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 34(2): 157-180.
- Pomar, L (2001) Types of carbonate ramp: a genetic approach. *Basin Research*, 13: 313-334.
- Pomar, L., Mateu-Vicens, G., Morsilli, M., Brandano, M (2014) Carbonate ramp evolution during Late Oligocene (Chattian), Salento Peninsula, southern Italy, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 404: 109-132.
- Rahiminejad, A. H., and Hassani, M. J (2016) Depositional environment of the Upper Cretaceous orbitolinid-rich microfacies in the Kuh-e Mazar anticline (Kerman Province, Central Iran). *Historical Biology*, 28(5): 597-612.
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Enayati-Bidgoli, A. H., Omidvar, M (2012) Coupled imprints of tropical climate and recurring emergence on reservoir evolution of a Mid Cretaceous carbonate ramp, Zagros Basin, Southwest Iran. *Cretaceous Research*, 37: 15-34.
- Razin, P., Grélaud, C., and Van Buchem, F (2017) The mid-Cretaceous Natih Formation in Oman: A model for carbonate platforms and organic-rich intrashelf basins. *AAPG Bulletin*, 101(4): 515-522.
- Razin, P., Taati, F., and Van Buchem, F. S. P (2010) Sequence stratigraphy of Cenomanian-Turonian carbonate platform margins (Sarvak Formation) in the High Zagros, SW Iran: an outcrop reference model for the Arabian Plate. *Geological Society, London, Special Publications*, 329(1): 187-218.
- Romero, J., Caus, E., and Rossel, J (2002) A model for the palaeoenvironmental distribution of larger foraminifera based on Late Middle
- Kosari, E., Kadkhodaie, A., Bahroudi, A., Chehrizi, A., Talebian, M (2017) An integrated approach to study the impact of fractures distribution on the Ilam-Sarvak carbonate reservoirs: A case study from the Strait of Hormuz, the Persian Gulf. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 152: 104-115.
- Mahdi, T. A., and Aqrabi, A. A (2018) Role of facies diversity and cyclicity on the reservoir quality of the mid-Cretaceous Mishrif Formation in the southern Mesopotamian Basin, Iraq. *Geological Society, London, Special Publications*, 435(1): 85-105.
- Mahdi, T. A., and Aqrabi, A. A. M (2014) Sequence stratigraphic analysis of the mid-Cretaceous Mishrif formation, southern Mesopotamian basin, Iraq. *Journal of petroleum geology*, 37(3): 287-312.
- Mahdi, T. A., Aqrabi, A. A., Horbury, A. D., Sherwani, G. H (2013) Sedimentological characterization of the mid-Cretaceous Mishrif reservoir in southern Mesopotamian Basin, Iraq. *GeoArabia*, 18(1): 139-174.
- Malekzadeh, H., Daraei, M. Bayet-Goll, A (2020) Field-scale reservoir zonation of the Albian-Turonian Sarvak Formation within the regional-scale geologic framework: A case from the Dezful Embayment, SW Iran. *Marine and Petroleum Geology*, 121: 104586.
- Marlow, L. M., Kendall, C. G. S. C., and Yose, L. A (2014) *Petroleum systems of the Tethyan region*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists.
- Mehrabi, H., and Bagherpour, B (2022) Scale, origin, and predictability of reservoir heterogeneities in shallow-marine carbonate sequences: A case from Cretaceous of Zagros, Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 214: 110571.
- Mehrabi, H., Navidtalab, A., Rahimpour-Bonab, H., Heimhofer, U (2022) Geochemical expression of sequence stratigraphic surfaces: a case from Upper Cretaceous shallow-water carbonates of southeastern Neo-Tethys margin, SW Iran. *Cretaceous Research*, p.105329.
- Mehrabi, H., Rahimpour-Bonab, H., Hajikazemi, E., Jamalian, A (2015) Controls on depositional facies in Upper Cretaceous carbonate reservoirs in the Zagros area and the Persian Gulf, Iran. *Facies*, 61(4): 1-24.
- Moro, A., Horvat, A., Tomić, V., Sremac, J., Bermanec, V (2016) Facies development and paleoecology of rudists and corals: an example of Campanian transgressive sediments from northern Croatia, northeastern Slovenia, and northwestern Bosnia. *Facies*, 62(3): 1-25.
- Motiei, H (1993) *Geology of Iran. The Stratigraphy of Zagros*. Geological Survey of Iran. Tehran, 536p.

- Zagros Mountains, Iran. Geological Society, London, Special Publications, 329(1): 343-396.
- Simmons, M. D Vicedo, V., Yılmaz, İ. Ö., Hoşgör, İ., Mülâyim, O., Sarı, B (2020) Micropalaeontology, biostratigraphy, and depositional setting of the mid-Cretaceous Derdere Formation at Derik, Mardin, south-eastern Turkey. *Journal of Micropalaeontology*, 39(2)203: -232.
- Simmons, M. D., Sharland, P. R., Casey, D. M., Davies, R. B., Sutcliffe, O. E (2007) Arabian Plate sequence stratigraphy: Potential implications for global chronostratigraphy. *GeoArabia*, 12(4):101-130.
- Strasser, A., Pittet, B., Hug, W (2015) Palaeogeography of a shallow carbonate platform: The case of the Middle to Late Oxfordian in the Swiss Jura Mountains. *Journal of Palaeogeography*, 4(3): 251-268.
- Taghavi, A. A., Mørk, A., Emadi, M. A (2006) Sequence stratigraphically controlled diagenesis governs reservoir quality in the carbonate Dehluran Field, southwest Iran. *Petroleum Geoscience*, 12(2): 115-126.
- Tomassetti, L., Petracchini, L., Brandano, M., Mascaro, G., Scrocc D (2021) Stratigraphical and sedimentological relationships of the Bolognano Formation (Oligocene–Miocene, Majella Mountain, Central Apennines, Italy) revealed by geological mapping and 3D visualizations. *Geologica Carpathica*, 72(1): 3-16.
- Van Buchem, F., Letouzey, J., Gaumet, F., Rudkiewicz, J. L., Mengus, J. M., Baghbani, D., Sherkati, S., Asillian, H., Keyvani, F., Ashrafzade, R., Ehsani, M. H (2001) The petroleum system of the Dezful embayment and Northern Fars (Southwest Iran), NIOC Internal Report No. 55: 1- 729.
- Van Buchem, F. S., Razin, P., Homewood, P. W., Oterdoom, W. H., Philip, J (2002) Stratigraphic organization of carbonate ramps and organic-rich intrashelf basins: Natih Formation (middle Cretaceous) of northern Oman. *AAPG bulletin*, 86(1): 21-53.
- Van Buchem, F. S., Razin, P., Homewood, P. W., Philip, J. M., Eberli, G. P., Platel, J. P., Roger, J., Eschard, R., Desaubliaux, G.M., Boisseau, T. Leduc, J. P (1996) High resolution sequence stratigraphy of the Natih Formation (Cenomanian/Turonian) in northern Oman: distribution of source rocks and reservoir facies. *GeoArabia*, 1(1): 65-91.
- Van Buchem, F. S. P., Simmons, M. D., Droste, H. J., Davies, R. B (2011) Late Aptian to Turonian stratigraphy of the eastern Arabian Plate–depositional sequences and lithostratigraphic nomenclature. *Petroleum Geoscience*, 17(3): 211-222.
- Eocene deposits on the margin of the south Pyrenean basin. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 179: 43-56.
- Rowlands, G., Purkis, S., and Bruckner, A (2014) Diversity in the geomorphology of shallow-water carbonate depositional systems in the Saudi Arabian Red Sea. *Geomorphology*, 222: 3-13.
- Sabouhi, M., Moussavi-Harami, R., Kadkhodaie, A., Rezaee, P., Jalali, M (2022) A new approach to Quantitative Diagenesis Modeling (QDM) by integrated facies, well logs and seismic attributes from the cenomanian-early Turonian Sarvak Formation, Abadan Plain, SW Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, p. 110943.
- Sadooni, F. N (2005) The nature and origin of Upper Cretaceous basin-margin rudist buildups of the Mesopotamian Basin, southern Iraq, with consideration of possible hydrocarbon stratigraphic entrapment. *Cretaceous Research*, 26: 213–224.
- Safdari Adimi, H., Vaziri, M. H., Seyrafian, A., Ghabeishavi, A., Taheri, A (2010) Sequence stratigraphy and microfacies analysis of Sarvak Formation in Southwest of Firozabad area. *Sedimentary Facies*, 3: 48-60.
- Samankassou, E., Strasser, A., Di Gioia, E., Rauber, G., Dupraz, C (2003) High-resolution record of lateral facies variations on a shallow carbonate platform (Upper Oxfordian, Swiss Jura Mountains). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 96(3): 425-440.
- Scholle, P. A., and Ulmer-Scholle, D. S (2006) A guide to the petrography of carbonate rocks: grains, textures, porosity, diagenesis. *AAPG Memoir*, 77.
- Scotese, C. R (2021) An atlas of Phanerozoic paleogeographic maps: the seas come in and the seas go out. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 49: 679-728.
- Searle, M. P., Cherry, A. G., Ali, M. Y., Cooper D. J (2014) Tectonics of the Musandam Peninsula and northern Oman Mountains: From ophiolite obduction to continental collision. *GeoArabia*, 19(2): 135-174.
- Sequero, C., Bádenas, B., Aurell, M (2018) Facies mosaic in the inner areas of a shallow carbonate ramp (Upper Jurassic, Higuera Fm, NE Spain). *Facies*, 64(2): 1-23.
- Sharland, P. R., Casey, D. M., Davies, R. B., Simmons, M. D., Sutcliffe, O. E (2001) Arabian plate sequence stratigraphy. *GeoArabia*, 2: 371.
- Sharp, I., Gillespie, P., Morsalnezhad, D., Taberner, C., Karpuz, R., Vergés, J., Horbury, A., Pickard, N., Garland, J., Hunt, D 2010. Stratigraphic architecture and fracture-controlled dolomitization of the Cretaceous Khami and Bangestan groups: an outcrop case study,

- Vincent, B., Al-Zankawi, O., Hayat, I., Garland, J., Gutteridge, P., Thompso S (2020) Unravelling the complexity of thin (sub-seismic) heterogeneous carbonate reservoirs: an integrated study of the Albian Mauddud Formation in the greater Burgan area, Kuwait. *Journal of Petroleum Geology*, 43(3): 249-276.
- Vincent, B., Van Buchem, F. S., Bulot, L. G., Jalali, M., Swennen, R., Hosseini, A. S., Baghbani, D (2015) Depositional sequences, diagenesis and structural control of the Albian to Turonian carbonate platform systems in coastal Fars (SW Iran). *Marine and Petroleum Geology*, 63: 46-67.
- Wilmsen, M., Fürsich, F. T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M. R., Zamani-Pedram, M (2010) Facies analysis of a large-scale Jurassic shelf-lagoon: the Kamar-e-Mehdi Formation of east-central Iran. *Facies*, 56(1): 59.
- Wohlwend, S., Hart, M., Weissert, H (2016) Chemostratigraphy of the Upper Albian to mid-Turonian Natih Formation (Oman)–how authigenic carbonate changes a global pattern. *The Depositional Record*, 2(1): 97-117.
- Zadeh, P. G., Adabi, M. H., Sadeghi, A (2019) Microfacies, geochemistry and sequence stratigraphy of the Sarvak Formation (Mid Cretaceous) in the Kuh-e Siah and Kuh-e Mond, fars area, southern Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 160: 103634.
- Ziegler, M. A (2001) Late Permian to Holocene Paleofacies Evolution of the Arabian Plate and Its Hydrocarbon Occurrences. *GeoArabia*, 6: 445-504.

Facies, sedimentary environment and sequence stratigraphy of the early Upper Cretaceous in the Dezful Embayment, southwestern Iran

O. Kakemem¹, M. H. Adabi^{2*}, A. Sadeghi³ and M. Jalali⁴

1- Ph. D. student of Sedimentology and petrology of sedimentary rocks, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2, 3- Prof., Dept., of Sedimentary Basins and Petroleum, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

4- National Iranian Oil Company, Tehran, Iran

* m-adabi@sbu.ac.ir

Received: 2022/9/13 Accepted: 2022/11/29

Abstract

The Upper Cretaceous (Upper Albian-Lower Turonian) Sarvak formation (and its equivalents) is the second most important carbonate reservoir in Iran that was developed under the warm tropical climate. The Sarvak Formation with the predominant limestone lithology in the Omid, Mansuri, and Ahvaz Oil Fields was conformably overlies the shaly Kazhdumi Formation and overlain by the Ilam Formation. Detailed petrographical studies led to determine twelve carbonate microfacies that indicate deposition on a homoclinal ramp-type carbonate setting. The identified ramp-type setting was composed of four main facies belts including inner, middle and outer ramp associated with an intrashelf basin. Biostratigraphic assemblage zones, facies analysis, depositional sub-environments, and wire-line logs assisted in mapping the paleogeography of the study area into four third-order stratigraphic sequences. The upper boundary of third and fourth depositional sequences (DS3-4) in all studied oil fields defined as a disconformity confirmed by the evidence of extensive dissolution and other meteoric diagenetic features that reveal a platform exposure. The other sequence boundaries defined as a correlative unconformity. The modified sequences and sequence boundaries of the Sarvak succession are clearly correlatable with sequence boundaries and surfaces derived from the Arabian Plate sequence stratigraphy in Iran and adjacent Arabian countries. Accordingly, the upper boundary and maximum flooding surface (mfs) of the first depositional sequence (DS1) in order is equivalent to K120SB and K110 in the Arabian Plate. This is continued to the top of the Sarvak succession that set the Turonian disconformity, which define the last sequence boundary (SB4) and its mfs as equivalent to K150 SB and K140, respectively. The conducted correlation can help to characterize a suitable framework for reservoir correlation and -modelling.

Keywords: Microfacies, Ramp carbonate, Intrashelf basin, Sequence stratigraphy, Sarvak formation