

بررسی محیط‌های رسوب‌گذاری و پتانسیل مخزنی رخساره‌های رودیستی سازند تاربور در حوضه رسوبی زاگرس، جنوب غرب ایران

امیرحسین رحیمی‌نژاد

استادیار گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

نویسنده مسئول: ah.rahiminejad@kgut.ac.ir *

نوع مقاله: کاربردی

دریافت: ۱۴۰۲/۸/۳۰ پذیرش: ۱۴۰۳/۱/۲۸

چکیده

در این پژوهش، به بررسی محیط‌های رسوب‌گذاری و پتانسیل مخزنی رخساره‌های رودیستی کرتاسه بالایی سازند تاربور در حوضه رسوبی زاگرس پرداخته شده است. سازند تاربور عمدتاً در یک سکوی کربناته از نوع رمپ هموکلینال نهشته شده است. رخساره‌های رودیستی نهشته شده در محیط‌های سد، شول یا برآمدگی‌های کربناته شامل دو رخساره اصلی: ۱- رودیست گرین‌استون و ۲- بایوکلاست-رودیست پکستون/گرین‌استون همراه با رخساره برجای رودیست بانداستون می‌باشند. در رمپ میانی یا جلوی ریف رخساره‌های رودیستی شامل: ۱- رودیست وکستون/پکستون، ۲- رودیست-اوربیتوید وکستون/پکستون، ۳- بایوکلاست-رودیست-اوربیتوید وکستون/پکستون، ۴- اوربیتوید-رودیست گرین‌استون، ۵- رودیست-فرامینیفر-اینتراکلاست گرین‌استون و ۶- بایوکلاست-رودیست پکستون/فلوت‌استون/رودستون هستند. رخساره‌های رودیستی نهشته شده در محیط پشت ریف یا لاگون به شرح زیر هستند: ۱- میلیولید-لوفتوزیا-اوربیتوید-رودیست وکستون/پکستون، ۲- دیسیکلینا-میلیولید-بایوکلاست (رودیست) وکستون/پکستون، ۳- بایوکلاست-میلیولید-رودیست وکستون/پکستون، ۴- فرامینیفر-بایوکلاست-رودیست وکستون/پکستون، ۵- رودیست-اینتراکلاست-میلیولید پکستون و ۶- فرامینیفر-رودیست پکستون/گرین‌استون. رخساره رودیست بانداستون به صورت محدود در ریف‌های کومه‌ای (پچ ریف) رودیستی داخل لاگون شکل گرفته است. ساختار برجای رودیستی با کلنی‌های رودیست در محیط‌های سد، شول یا برآمدگی‌های کربناته و نیز احتمالاً به طور محدودتری یک پچ ریف رودیستی در محیط لاگون می‌توانسته‌اند منشأ خرده‌های رودیست در سکوی کربناته سازند تاربور بوده باشند که خرده‌های رودیست در اثر امواج توفانی و انرژی زیاد آب محیط از آن‌ها جدا شده‌اند. در سازند تاربور رخساره‌های رودیست بانداستون، رودیست پکستون/گرین‌استون و رودیست رودستون/فلوت‌استون از قابلیت مخزنی بالایی می‌توانند برخوردار می‌باشند. در مجموع، رخساره‌های رودیستی سازند تاربور در شرایط آب و هوایی گرم با دمای بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد نهشته شدند.

واژه‌های کلیدی: سکوی کربناته، رودیست، سازند تاربور، رخساره، کرتاسه پسین

۱- پیشگفتار

(جانسون و همکاران، ۲۰۰۱). رودیست‌ها از انتهای ژوراسیک تا اواخر کرتاسه می‌زیسته‌اند (رضایی سولگانی و همکاران، ۱۳۹۵) و یکی از فراوان‌ترین ماکروفسیل‌ها در نهشته‌های کربناته دریایی کم عمق کرتاسه (به خصوص کرتاسه بالایی) در نواحی حاره‌ای تا نیمه‌حاره‌ای حاشیه‌ای نئوتتیس محسوب می‌شوند (مورو و همکاران، ۲۰۱۶). آن‌ها به طور کلی از انتهای ژوراسیک تا اواخر کرتاسه می‌زیسته‌اند (رضایی سولگانی و همکاران، ۱۳۹۵). این گروه از دوکفه‌ای‌های کفزی ناجور شکل^۲ به صورت

در دوره کرتاسه (بازه بین ۶۶ تا ۱۴۵ میلیون سال پیش)، طیف وسیعی از رخساره‌های کربناته و ساختارهای ریفی و برآمدگی‌های کربناته^۱ زیستی در سکوه‌های کربناته در دریا‌های کم عمق اقیانوس تتیس در محدوده جغرافیایی بین ۲۰ درجه شمالی تا ۴۰ درجه جنوبی نهشته و تشکیل شدند (هارتزهورن، ۱۹۸۹؛ هک، ۲۰۱۴). این دوره یکی از گرم‌ترین بازه‌های زمانی در تاریخ زمین‌شناسی به شمار می‌آید (جانسون و همکاران، ۲۰۰۱؛ کلر و همکاران، ۲۰۰۸) که معرف نوسانات و تغییرات اقلیمی نیز می‌باشد

² heterodont

¹ build ups

۱۹۸۱؛ حیدری، ۲۰۰۸: شکل ۱). سازند تاربور به سن کرتاسه پسین (کامپانین تا مائستریشتین) به طور عمده از سنگ‌آهک‌های ریفی رودیستی تشکیل شده و بیشتر در فارس داخلی و زاگرس مرتفع گسترش دارد. به طرف مناطق جنوب غربی نهشته‌های این سازند به سنگ آهک‌های نازک لایه با منشا عمیق تبدیل می‌گردد و در ادامه به شیل‌های سازند گورپی تغییر رخساره می‌دهد (جیمز و وایند، ۱۹۶۵؛ آقانباتی، ۱۳۸۳؛ وزیری‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۲). سازند تاربور در برش الگو در کوه گدوان در نزدیکی روستای تاربور در استان فارس شامل توالی‌هایی به ضخامت تقریبی بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر متشکل از سنگ آهک‌های توده‌ای، صخره‌ای و کمی انیدریتی حاوی مقادیر فراوانی از فسیل صدف‌های نرم‌تنان است و در بین دو سازند گورپی در زیر و ساچون در بالا نهشته شده است (جیمز و وایند، ۱۹۶۵؛ امیری بختیار و همکاران، ۱۳۸۵). در مجموع، سازند تاربور در نقاط مختلف زاگرس، تنوع رخساره‌ای، ضخامت، سنگ‌شناسی و وضعیت چینه‌شناسی بالا و پایین متغیری از خود نشان می‌دهد (مثال: موسوی و عسگری پیربلوطی، ۱۳۸۷؛ وزیری‌مقدم و همکاران، ۲۰۰۵؛ عزیزی و همکاران، ۱۳۹۴؛ افقه، ۲۰۲۲؛ قنبرلو و همکاران، ۲۰۲۲).

۳- بحث

به طور کلی در کرتاسه، مقادیر زیادی از خرده‌های رودیست با اندازه‌های مختلف (با ابعاد سیلت تا گراول) از اجتماعات زیستی و بدنه رودیست‌ها منشاء گرفته و جدا شده و به صورت افق‌های واریزه‌ای یا رخساره‌های رودیستی در محیط‌های رسوب‌گذاری مختلفی بر روی سکوه‌های کریناته تجمع کردند (فلوگل، ۲۰۱۰؛ اسرافیلی-دیزجی و همکاران، ۲۰۱۵). در کرتاسه، گسترش تجمعات رودیستی و انباشت خرده‌ها و واریزه‌های بایوکلاستی آن‌ها در سکوه‌های کریناته تابعی از وسعت بلندای‌های دیرینه^۵ در منطقه بوده‌اند (جردن و همکاران، ۱۹۸۵؛ دراویس، ۱۹۹۶). امواج توفانی در محیط رسوب‌گذاری نیز در تخریب رودیست‌ها و ایجاد خرده‌های رودیستی نقش داشته است. رخساره‌های رودیستی حاصل از تجمع فراوان خرده‌ها و واریزه‌های بایوکلاستی رودیست‌ها، در

معلق‌خوارهای اپی‌بنتیک^۳ و حفار^۴ زندگی می‌کردند و می‌توانسته‌اند به صورت محلی تجمعات بایوسترومی (ریف و برآمدگی‌های کریناته) وسیعی را همراه یا بدون مرجان‌ها در محیط‌های ساب‌تایدال تشکیل دهند (اسکلتون، ۱۹۷۸؛ راس و اسکلتون، ۱۹۹۳؛ اسکلتون و همکاران، ۱۹۹۵؛ اشتوبر و لوزر، ۲۰۰۰؛ مورو و همکاران، ۲۰۰۲، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰). رخساره‌های کریناته رودیستی که حاوی خرده‌های اسکلتی فراوانی از رودیست‌ها می‌باشند از مهم‌ترین رخساره‌های سنگ‌های رسوبی کریناته هستند و هم به لحاظ شاخص بودن در تفسیر شرایط رسوب‌گذاری و محیطی و هم پتانسیل مخزنی در خاورمیانه و مدیترانه بسیار حائز اهمیت می‌باشند (اسرافیلی-دیزجی و همکاران، ۲۰۱۵؛ دو و همکاران، ۲۰۱۵). در این تحقیق، به بررسی شرایط محیطی رسوب‌گذاری و قابلیت مخزنی رخساره‌های رودیستی کرتاسه بالایی سازند تاربور در حوضه رسوبی زاگرس در جنوب غرب ایران پرداخته شده است. این سازند همراه با سازند سروک مهم‌ترین سازندهای رودیست‌دار در ایران به شمار می‌آیند (آقانباتی، ۱۳۸۳).

۲- حوضه رسوبی زاگرس و چینه‌شناسی سازند تاربور
حوضه رسوبی زاگرس به صورت کمربندی با روند شمال غربی- جنوب شرقی و طول حدود ۲۰۰ کیلومتر بخشی از کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا می‌باشد که از شرق گسل آناتولی در شرق ترکیه تا جنوب ایران و عمان ادامه دارد (علوی، ۲۰۰۷؛ فخاری و همکاران، ۲۰۰۸؛ موسوی‌زاده و همکاران، ۲۰۲۰). کمربند زاگرس در اثر تصادم صفحات غربی و اوراسیا به هم در حاشیه شمال شرقی گندوانا شکل گرفته است (بیدون و همکاران، ۱۹۹۲؛ علوی، ۲۰۰۷؛ فخاری و همکاران، ۲۰۰۸). حوضه زاگرس در جنوب غرب ایران دربرگیرنده توالی ضخیمی (حدود ۷ تا ۱۲ کیلومتر) از نهشته‌های تبخیری، کریناته و آواری پرکامبرین تا هولوسن می‌باشد (جیمز و وایند، ۱۹۶۵؛ بربریان و کینگ، ۱۹۸۱؛ حیدری، ۲۰۰۸). بر اساس تاریخچه رسوب‌گذاری و خصوصیات زمین‌ساختاری- رسوبی، حوضه رسوبی زاگرس به زون‌های فارس (شامل زیرزون‌های فارس داخلی و ساحلی)، لرستان، ایذه، فروافتادگی دزفول و زاگرس مرتفع تقسیم شده است (فالکون، ۱۹۷۴؛ بربریان و کینگ،

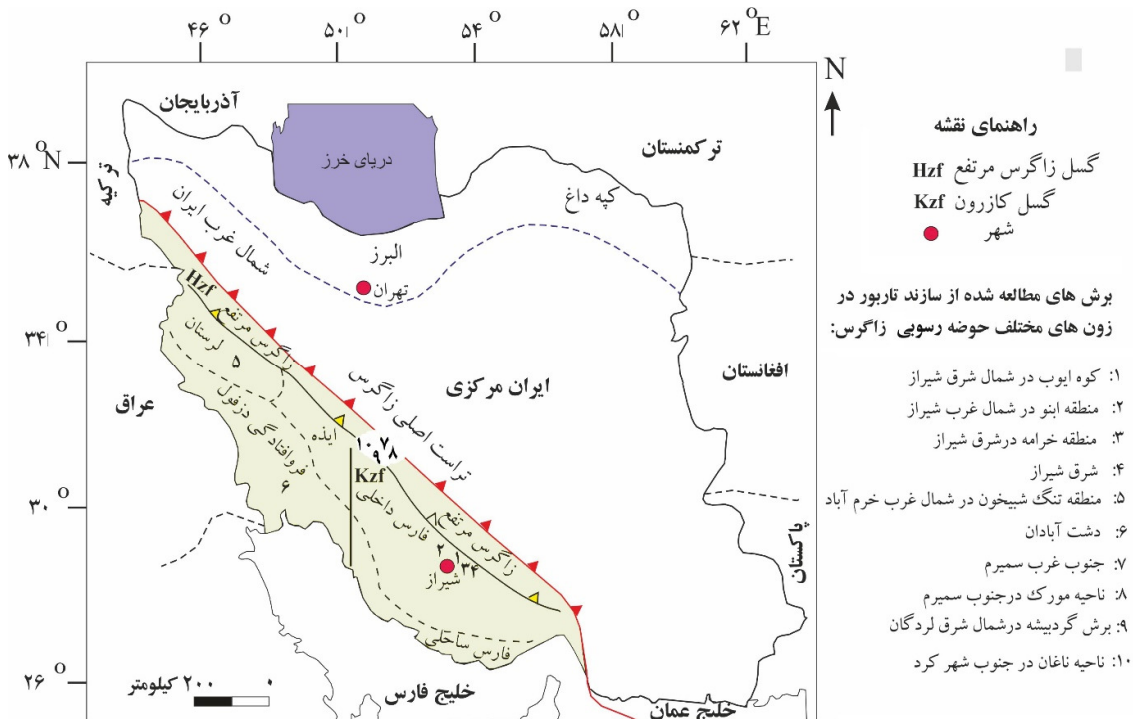
⁵ paleohigh

³ epibenthic suspension feeders

⁴ sediment dweller

کاملاً اجتماعی می‌زیسته‌اند، اما بر خلاف مرجان‌ها قادر به تشکیل توده‌های ریفی کامل نبودند (فیلیپ و پلاتل، ۱۹۹۶).

محیط‌های شول و سد یا ریف، بخش روی به سد یا شول لاگون و رمپ میانی تا اوایل رمپ خارجی در سکوه‌های کربناته و همچنین حاشیه‌های شلف‌ها تشکیل می‌شوند (شکل ۲) (فلوگل، ۲۰۱۰). اگرچه رودیست‌ها به صورت



شکل ۱. تقسیم‌بندی حوضه رسوبی زاگرس به زون‌های مختلف بر اساس تاریخچه رسوب‌گذاری و خصوصیات زمین ساختاری- رسوبی ایران (ترسیم شده بر اساس ویلمسن و همکاران، ۲۰۰۹ و رحیمی‌نژاد و موسوی‌زاده، ۲۰۲۳). رخنمون‌هایی از سازند تاربور که به لحاظ محیط رسوب‌گذاری و رخساره‌های تاکنون در زاگرس مطالعه شده‌اند با شماره‌های ۱ تا ۱۰ بر روی نقشه مشخص شده‌اند (۱: شمس و همکاران، ۱۳۹۱؛ ۲: پروانه‌نژاد شیرازی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ۳: وزیرمقدم و همکاران، ۲۰۰۵؛ ۴: افقه، ۲۰۲۲؛ ۵: قنبرلو و همکاران، ۲۰۲۲؛ ۶: فکور و همکاران، ۱۳۹۵؛ ۷: عزیزی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ۸: قنبرلو و همکاران، ۱۳۹۸؛ ۹: موسوی و عسگری پیربلوطی، ۱۳۸۷؛ ۱۰: بامداد و همکاران، ۱۳۸۵).

Fig. 1. Subdivisions of the Zagros sedimentary Basin based on the sedimentary history and sedimentary-structural features of the Iran Plate (redrawn based on Wilmsen et al., 2009 and Rahiminejad and Moosavizadeh, 2023). The Tarbur Formation was studied for facies and sedimentary environmental analyses in different parts of the Zagros sedimentary Basin (Interior Fars, High Zagros Zone, Lurestan Zone and Dezful Embayment Zone) which are marked with numbers 1 to 10.

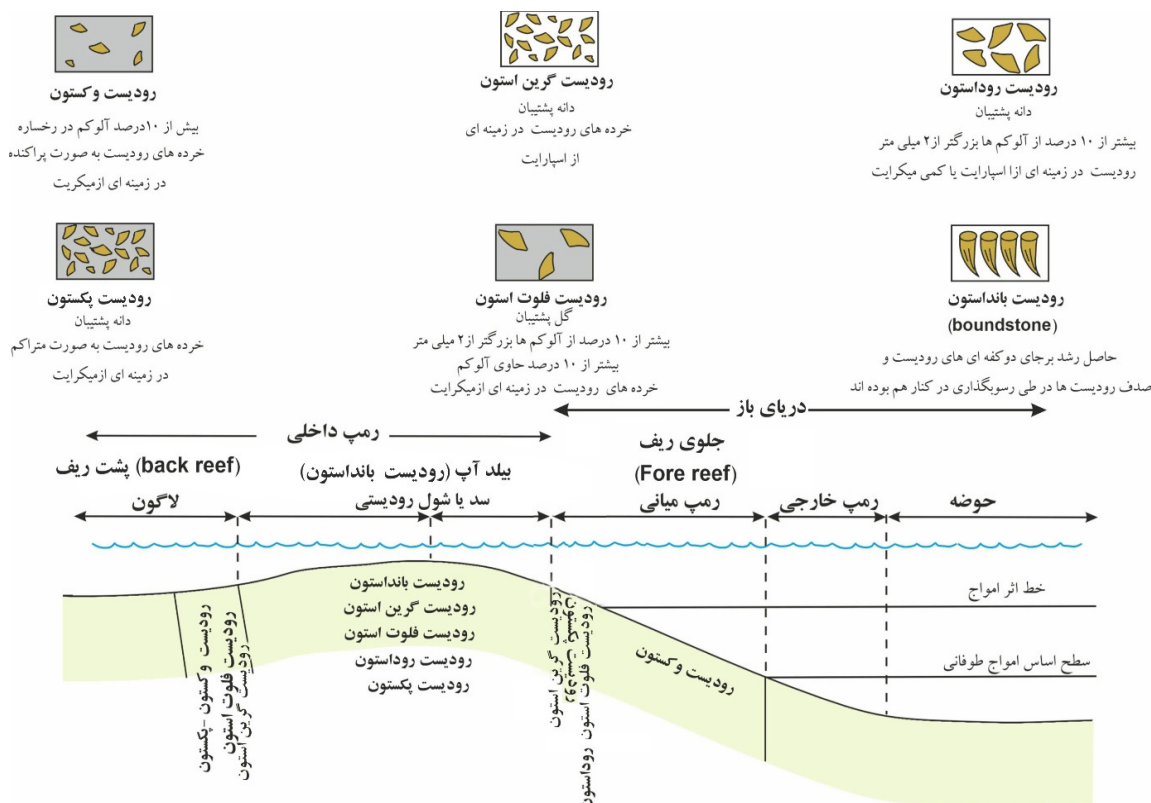
رخساره رودیست بانداستون^۱ حاصل رشد برجای رودیست‌ها می‌باشد و صدف رودیست‌ها در آن در طی رسوب‌گذاری در کنار هم بوده‌اند و رخساره‌ای برجا و غیرواریزه‌ای محسوب می‌شود. پراکنندگی محیطی ریزرخساره‌های مزبور در شکل ۲ نشان داده شده است که تابع نوع سایر آلوکم‌هایی که همراه با خرده‌های رودیست مشاهده می‌شوند، می‌باشد. ریزرخساره‌های کربناته رودیست پکستون، رودیست گرین‌استون، رودیست رودستون، رودیست فلوت‌استون و رودیست بانداستون به

رخساره‌های ذکر شده بر اساس نوع بافت زمینه‌شان (میکریتی یا اسپارایتی بودن)، اندازه خرده‌های بایوکلاستی رودیستی موجود در آن‌ها و همچنین فراوانی این خرده‌ها و درصد حجمی که از رخساره را اشغال می‌کنند و بر اساس طبقه‌بندی‌های دانهام (۱۹۶۲)، امبری و کلوان (۱۹۷۱) و رایت (۱۹۹۲) به پنج نوع ریزرخساره اصلی شامل: رودیست گرین‌استون، رودیست پکستون، رودیست وکستون، رودیست فلوت‌استون و رودیست رودستون دسته‌بندی می‌شوند (شکل ۲). لازم به ذکر است که

^۱ rudistboundstone

همکاران، ۲۰۱۵؛ سعدونی، ۲۰۱۸). تخلخل‌های اولیه موجود در پنج رخساره رودیستی ذکر شده، شامل تخلخل‌های بین‌دانه‌ای و تخلخل‌های درون اسکلتی صدف رودیست‌ها می‌باشند که در اثر فرآیند انحلال یا شکستگی‌های ثانویه در طی دیاژنز می‌توانند توسعه بیشتری پیدا کنند و در نتیجه باعث افزایش پتانسیل مخزنی رخساره‌های میزبان خود شوند (فلوگل، ۲۰۱۰؛ سعدونی، ۲۰۱۸).

دلیل ویژگی‌های رسوب‌شناسی و بافتی‌شان، خصوصیات مخزنی خوبی از خود نشان می‌دهند. آن‌ها دارای تخلخل، تراوایی و فشار مویینگی بالایی هستند (سعدونی، ۲۰۱۸) با توجه به این مطلب و اینکه این رخساره‌های رودیستی علاوه بر داشتن تخلخل‌های اولیه فراوان، تخلخل‌های ثانویه هم در آن‌ها بعضاً تشکیل می‌شود، لذا رخساره‌های رودیستی ذکر شده به عنوان یکی از افق‌های مخزنی مهم هیدروکربنی محسوب می‌شوند (دو و



شکل ۲. توزیع کلی رخساره‌های رودیستی کر تاسه بالایی در یک سکوی کربناته (مدل سکوی کربناته ترسیم شده بر اساس اسرافیلی - دیزجی و همکاران، ۲۰۱۵). نام‌گذاری رخساره‌ها بر اساس طبقه‌بندی‌های دانهام (۱۹۶۲)، امبری و کلوان (۱۹۷۱) و رایت (۱۹۹۲) می‌باشد. رخساره رودیست بانداستون رخساره‌ای برج و غیرواریزه‌ای می‌باشد.

Fig. 2. Generalized model of paleoenvironmental distribution of Upper Cretaceous rudist facies in a carbonate platform (redrawn from Esrafil-Dizaji et al. 2015). The nomenclature of rudist facies is based on Dunham (1962), Embry and Klovan (1971) and Wright (1992). Rudist boundstone is an autochthonous facies.

همکاران، ۲۰۱۵؛ سعدونی، ۲۰۱۸). لازم به ذکر است عملکرد بعضی از فرآیندهای دیاژنزی مانند سیمانی شدن^۱ و فشردگی^۲ می‌توانند باعث کاهش تخلخل و در نتیجه کاهش کیفیت مخزنی رخساره‌های رودیستی بشوند (جردن و همکاران، ۱۹۸۵؛ دراویس، ۱۹۹۶). لازم به ذکر

تخلخل‌های ثانویه یا دیاژنزی (تخلخل‌های قالبی) در رخساره‌های مزبور، در اثر فرآیند انحلال یا در اثر رشد و بزرگ شدن دهانه‌ها و منافط طبیعی موجود در اسکلت رودیست‌ها توسط آب‌های متوریک در طی دیاژنز ایجاد شده‌اند (سستاری و سارتوریو، ۱۹۹۵؛ اسرافیلی - دیزجی و

² compaction

¹ cementation

صورت گرفته است (شکل ۱ و جدول ۱). در مجموع این مطالعات متمرکز بر رخساره‌ها و محیط‌رسوبگذاری سازند تاربور می‌باشند و بررسی‌های چندانی بر روی خصوصیات مخزنی رخساره‌های آن صورت نگرفته است.

بر اساس مطالعات شمس و همکاران (۱۳۹۱) سازند تاربور در شمال شرق شیراز (کوه ایوب) واقع در زون فارس داخلی از زاگرس (شکل ۱ و جدول ۱)، در یک رمپ هموکلینال نهشته شده است که ریزرخساره‌های رودیستی (حاوی خرده‌های فراوان رودیست) شناسایی شده در آن شامل: ۱- رودیست پکستون (آلوکم‌های اصلی آن شامل خرده‌های رودیست در اندازه رودایت همراه با آلوکم‌های فرعی از قبیل خرده‌های خارپوست و نیز دانه‌های غیراسکلتی پلوئید در زمینه‌ای از میکرایت) و ۲- رودیست گرین‌استون (حاوی خرده‌های درشت بیوکلاستی رودیست با منشاء ریفی به میزان ۹۰ درصد از آلوکم‌ها همراه با مقدار خیلی اندکی از پلوئید و قطعاتی از خارپوست و اربیئوئیدها در زمینه‌ای از اسپارایت) می‌باشند. ریزرخساره رودیست پکستون و رودیست گرین‌استون به ترتیب نشان دهنده قسمت کم عمق دریای باز (معادل بخش کم عمق تر رمپ میانی) و محیط سدی می‌باشند (شمس و همکاران، ۱۳۹۱). در منطقه خرامه در شرق شیراز (شکل ۱ و جدول ۱) مدل رسوب‌گذاری سازند تاربور منطبق با یک سکوی کربناته از نوع رمپ می‌باشد (وزیری مقدم و همکاران، ۲۰۰۵) که ریز-رخساره‌های رودیستی شناسایی شده در آن شامل سه رخساره زیر می‌باشند (وزیری مقدم و همکاران، ۲۰۰۵): ۱- رودیست-اوربیتوید و کستون (متشکل از خرده‌های رودیست و روزنه‌دار اوربیتوئید در زمینه‌ای سیلتی) که مربوط به قسمت‌های دیستال رمپ میانی (معادل بخش عمیق تر جلوی ریف) می‌باشد. ۲- رودیست پکستون - (شامل خرده‌های فراوان رودیست همراه با مقادیر خرده خارپوست در زمینه‌ای از میکرایت) که در نزدیک حاشیه سکو و در قسمت‌های بالایی و کم عمق تر رمپ میانی (یا جلوی ریف) و در مجاورت با شول یا سد تشکیل شده است. ۳- بایوکلاستیک (معادل رودیست گرین-استون) گرین‌استون (حاوی قطعات جور شده و خرده‌های بایوکلاستی فراوانی از رودیست‌ها همراه با خرده‌های خارپوستان، بریوزورها و مرجان‌ها در زمینه‌ای از اسپارایت) که در محیط شول نهشته شده است.

است که علاوه بر فرآیندهای دیانژنزی که بعد از رسوب‌گذاری، با تحت تاثیر قرار دادن میزان تخلخل و تراوایی موجود در رخساره‌های رودیستی، کیفیت مخزنی‌شان را کنترل می‌کنند، عوامل مخرب ریف‌ها یا سدها و شول‌های رودیستی در زمان رسوب‌گذاری رخساره‌های رودیستی و حیات رودیست‌ها نیز بر روی کیفیت مخزنی آن‌ها تاثیرگذار بوده‌اند. این عوامل شامل (سعدونی، ۲۰۱۸): ۱- تخریب، ۲- هجوم و ورود مواد آواری به ساختارهای ریفی یا سدی یا شولی رودیستی در دریا و ۳- غرق‌شدگی ریف-ها، سدها و شول‌های رودیستی می‌باشند. فرآیند تخریب می‌توانسته منجر به رسوب‌گذاری و پراکندگی وسیعی از چینه‌ها و لایه‌های ضخیم، متخلخل و نفوذپذیر رخساره‌های رودیستی در نواحی دورتر از محل رشد ساختارهای ریفی، سدی یا شولی رودیستی شده باشد. رخساره‌های رودیستی که توسط رسوبات و مواد آواری پوشیده شده بوده‌اند، در معرض آب‌های متوریک و سیمانی شدن قرار می‌گرفته‌اند و سیمانی شدن باعث کاهش تخلخل آهک‌های رودیستی شده است. لازم به ذکر است که غرق‌شدگی ریف‌ها، سدها و شول‌های رودیستی، باعث فشردگی بیشتر ساختار آن‌ها و در نتیجه کاهش تخلخل رخساره‌های رودیستی موجود در آن‌ها شده است. همچنین، رخساره‌های رودیست پکستون و رودیست گرین‌استون می‌توانسته در اثر تخریب وسیع ساختارهای ریفی رودیستی شکل گرفته باشند (سعدونی، ۲۰۱۸).

در حوضه رسوبی زاگرس، خرده‌ها و اجزاء رودیست در سازند تاربور به عنوان دانه‌های اسکلتی اصلی در بسیاری از رخساره‌های آن به شمار می‌آیند (افقه، ۲۰۲۲). حرکات دینامیکی تکتونیکی در شکل‌گیری و رسوب‌گذاری نهشته‌های کم عمق سازند تاربور در حوضه فورلندی زاگرس نقش داشته‌اند (قنبرلو و همکاران، ۲۰۲۲) و به طور کلی این سازند در یک سکوی کربناته نهشته شده است (وزیری مقدم و همکاران، ۲۰۰۵) که در آن، بیشتر تجمعات رودیستی در زمان حیاتشان به صورت ریف‌های منقطع کوچک و کومه‌ای رشد می‌کرده‌اند (موسوی‌زاده و رشیدی، ۱۴۰۲). اکثر بررسی‌های صورت گرفته بر روی رخساره‌های رودیستی و محیط رسوب‌گذاری سازند تاربور در زاگرس مربوط به زون‌های زاگرس مرتفع و فارس داخلی می‌باشند (شکل ۱ و جدول‌های ۱ و ۲). درحالی‌که مطالعات اندکی در زون‌های لرستان و فروافتادگی دزفول

جدول ۱. مطالعات انجام شده بر روی رخساره‌های رودیستی کرتاسه بالایی سازند تاربور در زون‌های فارس داخلی، لرستان و فروافتادگی دزفول در حوضه رسوبی زاگرس. لازم به ذکر است که رخساره رودیست بانداستون رخساره‌ای برج و غیروابریه‌ای می‌باشد.

Table 1. Previous studies on Upper Cretaceous rudist facies of the Tarbur Formation in the Interior Fars, Lurestan and Dezful Embayment zones in the Zagros sedimentary Basin. Rudist boundstone is an autochthonous facies

محل برش مطالعه شده از سازند تاربور	محققین	رخساره رودیست‌دار	محیط تشکیل رخساره رودیست‌دار
شمال شرق شیراز (کوه ایوب) زون فارس داخلی	شمس و همکاران (۱۳۹۱)	رودیست پکستون	قسمت کم عمق دریای باز (معادل بخش کم عمق- تر رمپ میانی یا جلوی ریف)
// //	// //	رودیست گرین‌استون	محیط سد
شمال غرب شیراز (برش ایتو) زون فارس داخلی	پروانه‌نژاد شیرازی و همکاران (۱۳۹۱)	۱- رودیست گرین‌استون ۲- رودیست وکستون	سکوی کربناته باز کم شیب
در منطقه خرامه در شرق شیراز/ زون فارس داخلی	وزیری مقدم و همکاران (۲۰۰۵)	رودیست- اوربیتوید وکستون	بخش عمیق تر رمپ میانی یا بخش عمیق تر جلوی ریف (forereef)
// //	// //	رودیست پکستون	بخش کم عمق تر رمپ میانی (یا جلوی ریف) و در مجاورت با شول یا سد
// //	// //	بایوکلاستیک (معادل رودیست گرین‌استون) گرین‌استون	محیط شول
شرق شیراز / زون فارس داخلی	افقه (۲۰۲۲)	رودیست- اوربیتوید وکستون	بخش عمیق تر رمپ میانی یا بخش عمیق تر جلوی ریف
// //	// //	رودیست پکستون	بخش پرانرژی و بسیار کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی
// //	// //	رودیست- اوربیتوید پکستون	بخش کم عمق تر و با انرژی متوسط تا زیاد جلوی ریف یا رمپ میانی
// //	// //	رودیست- اینتراکلاست- میلیوید پکستون	بخش کم عمق لاگون یا محیط پشت ریف (back reef) (در مجاورت با سد یا شول یا بیلد آپ) با انرژی زیاد آب ناشی از اثرات امواج
// //	// //	رودیست- فرامینیفر- گرین‌استون	بخش کم عمق و پرانرژی لاگون یا محیط پشت ریف (در مجاورت با سد یا شول یا بیلد آپ)
// //	// //	اوربیتوید-رودیست گرین‌استون	بخش پرانرژی و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی
// //	// //	رودیست- فرامینیفر- اینتراکلاست گرین‌استون	بخش پرانرژی و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی
// //	// //	رودیست بانداستون	بیلد آپ تحت تاثیر انرژی زیاد امواج
تنگ شیخون- شمال غرب خرم‌آباد / زون لرستان	قنبرلو و همکاران (۲۰۲۲)	بایوکلاست- میلیوید-رودیست وکستون/ پکستون	لاگون محصور (معادل پشت ریف) در رمپ داخلی
// //	// //	رودیست بانداستون	پچ ریف رودیستی در لاگون باز با شرایط کم انرژی و نرخ رسوب‌گذاری بالا
// //	// //	بایوکلاست- رودیست پکستون/ گرین‌استون	شول پرانرژی
// //	// //	بایوکلاست- رودیست فلوئاستون/ رودستون	دریای باز- بخش پرانرژی و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی
// //	// //	بایوکلاست- رودیست- اوربیتوید پکستون	دریای باز- بخش پرانرژی و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی
دشت آبادان / زون فروافتادگی دزفول	فکور و همکاران (۱۳۹۵)	بایوکلاست (رودیست) پکستون	بخش جلوی سد (دریای باز): بخش پرانرژی و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی
// //	// //	رودیست پکستون	سد

زیاد امواج می‌باشد (افقه، ۲۰۲۲). بررسی‌های پروانه‌نژاد شیرازی و همکاران (۱۳۹۱) نشان داده است که سازند تاربور در شمال غرب شیراز (برش ابنو) (شکل ۱ و جدول ۱) در یک سکوی کربناته باز کم شیب نهشته شده است و رخساره‌های رودیستی در آن شامل: ۱- رودیست گرین استون (حاوی خرده‌های فراوان رودیست همراه با قطعات جلبک‌های قرمز و روزنه‌داران کفزی در زمینه‌ای از میکرایت) و ۲- رودیست وکستون/ پکستون (حاوی خرده‌های فراوان رودیست همراه با جلبک‌های قرمز و سبز و روزنه‌داران کفزی مانند *Loftusia* در زمینه‌ای از میکرایت) هستند. لازم به ذکر است که جایگاه و یا محیط-های رسوبی دو رخساره مزبور در برش ابنو به طور دقیق بر روی مدل سکوی کربناته مشخص نشده است.

براساس مطالعات قنبرلو و همکاران (۲۰۲۲)، سازند تاربور در زون لرستان در منطقه تنگ شبیخون واقع در شمال غرب خرم‌آباد (شکل ۱ و جدول ۱) در یک سکوی کربناته همکلینال نهشته شده است و رخساره‌های رودیستی شناسایی شده در آن به شرح زیر می‌باشند:

۱- بایوکلست- میلیولید- رودیست وکستون/ پکستون (حاوی خرده‌های رودیست و روزنه‌داران میلیولید به عنوان آلوکم‌های اصلی همراه با خرده‌های جلبک‌های آهکی سبز داسی‌کلاداسه‌آ، مرجان‌ها و روزنه‌داران کفزی مانند *Loftusia* به عنوان آلوکم‌های فرعی در زمینه‌ای از میکرایت). ۲- رودیست بانداستون (شامل رودیست‌ها به عنوان اجزای اصلی همراه با آلوکم‌های فرعی مانند مرجان‌ها و روزنه‌داران کفزی در زمینه‌ای از آهک ریفی). ۳- بایوکلست- رودیست پکستون/ گرین‌استون (حاوی خرده‌های فراوان رودیست همراه با مقادیر کمی از جلبک‌های داسی‌کلاداسه‌آ، خارپوستان و روزنه‌داران میلیولید). ۴- بایوکلست- رودیست فلوئاستون/ رودستون (متشکل از قطعات فراوان بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر رودیست همراه با خرده‌های مرجان‌ها، خارپوستان و روزنه‌داران کفزی به صورت دانه‌های فرعی در زمینه‌ای از میکرایت تا اسپارایت). ۵- بایوکلست- رودیست- اوربیتوید پکستون (حاوی مقادیر فراوانی از خرده‌های رودیست و روزنه‌داران کفزی اوربیتوید همراه با مقادیر کمی از سایر روزنه‌داران کفزی مانند *Loftusia* و همچنین استراکدها در زمینه‌ای از میکرایت). لازم به ذکر است که رخساره شماره ۱ در یک

افقه (۲۰۲۲) مطالعات جامع‌تر و جدیدتری را بر روی سازند تاربور در شرق شیراز انجام داد (شکل ۱ و جدول ۱). بر اساس بررسی‌های او بر روی رخساره‌ها در هفت برش چینه‌شناسی، رخساره‌های رودیستی زیر در یک شلف کربناته کم عمق شناسایی شدند: ۱- رودیست- اوربیتوید وکستون (حاوی ۲۰ درصد خرده‌های رودیست با اشکال زاویه‌دار تا نیمه زاویه‌دار همراه با روزنه‌داران اوربیتوید و مقادیر کمی مرجان‌های هگزاکورالیا در زمینه‌ای از گل آهکی). ۲- رودیست پکستون (حاوی خرده‌های رودیست به میزان ۴۰ درصد و با اشکال زاویه‌دار تا نیمه زاویه‌دار در زمینه‌ای از گل کربناته). ۳- رودیست- اوربیتوید پکستون- (شامل مقادیر فراوانی روزنه‌دار اوربیتوید و سایر روزنه‌داران کفزی (۲۰ درصد) و ۳۰ درصد خرده‌های رودیست در زمینه‌ای از میکرایت میکروکریستالین با بخش‌هایی به طور لکه‌ای اسپارایتی). ۴- رودیست- اینتراکلاست- میلیولید پکستون (عمدتاً حاوی ۳۰ درصد خرده رودیست با جورشدگی ضعیف و ۱۰ درصد میلیولید در زمینه‌ای از میکرایت). ۵- رودیست- فرامینیفر گرین‌استون (شامل بیش از ۴۰ درصد خرده‌های رودیست همراه با روزنه‌داران کفزی با دیواره آگلوتینه‌ای در زمینه‌ای از اسپارایت). ۶- اوربیتوید- رودیست گرین‌استون (حاوی روزنه‌داران اوربیتوید با فراوانی ۲۵ درصد و سایر روزنه‌داران کفزی با دیواره هیالین همراه با خرده‌های رودیست با فراوانی کمتر از ۲۰ درصد در زمینه‌ای از اسپارایت). ۷- رودیست- فرامینیفر- اینتراکلاست گرین‌استون (شامل روزنه‌داران کفزی با دیواره هیالین به خصوص روتالیدها همراه با خرده‌های رودیست (با فراوانی حدود ۴۰ درصد) و اینتراکلاست‌ها در زمینه‌ای از اسپارایت). ۸- رودیست بانداستون (رخساره‌ای برجا متشکل از کلنی‌های بزرگ رودیست در زمینه‌ای از اسپارایت) بر اساس مطالعات افقه (۲۰۲۲) رخساره شماره ۱ در بخش عمیق‌تر جلوی ریف^۱ یا رمپ میانی نهشته شده است در صورتی که رخساره‌های شماره ۲، ۳، ۶ و ۷ در بخش پرانرژی و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی تشکیل شده‌اند (افقه، ۲۰۲۲). رخساره‌های شماره ۴ و ۵ مربوط به بخش پرانرژی و کم عمق لاگون یا محیط پشت ریف^۲ در مجاورت با سد، شول یا برآمدگی‌های کربناته می‌باشد. در نهایت اینکه رخساره شماره ۸ نشان‌دهنده یک برآمدگی کربناته تحت تاثیر انرژی

² back reef¹ forereef

لاگون محصور (معادل پشت ریف) در رمپ داخلی تشکیل شده است و رخساره شماره ۲ مربوط به یک پج ریف رودیستی در لagoon می باشد (قنبرلو و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین رخساره شماره ۳ در یک محیط شول و رخساره-های شماره ۴ و ۵ در دریای باز و در بخش پرائری و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی شکل گرفته‌اند (قنبرلو و همکاران، ۲۰۲۲). فکور و همکاران (۱۳۹۵) با معرفی دو رخساره رودیستی در سازند تاربور در دشت آبادان واقع در زون فروافتادگی دزفول، مدل رسوبگذاری (شکل ۱ و جدول ۱) آن را به یک سکوی کربناته از نوع رمپ نسبت دادند. رخساره‌های رودیستی شناسایی شده شامل موارد زیر می‌باشند: ۱- بایوکلست (رودیست) پکستون (حاوی خرده‌های فراوان رودیست همراه با آلوکم‌های فرعی مانند قطعات مرجان و خارپوستان و پلوئید). ۲- رودیست پکستون (شامل قطعات فراوان رودیست با فراوانی بیشتر از ۵۰ درصد و تعداد کمی روزنه‌دار کفزی کوچک در زمینه‌ای از سیمان کربناته). رخساره شماره ۱ مربوط به بخش جلوی سد (دریای باز) یا بخش پرائری و کم‌عمق جلوی ریف یا رمپ میانی می‌باشد و دومین رخساره نیز در محیط سد نهشته شده است (فکور و همکاران، ۱۳۹۵).

طبق مطالعات عزیزی و همکاران (۱۳۹۴) سازند تاربور در جنوب غرب سمیرم واقع در زون زاگرس مرتفع (شکل ۱ و جدول ۲) در یک شلف باز کم شیب نهشته شده است و رخساره‌های رودیستی شناسایی شده در آن به شرح زیر می‌باشند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۴): ۱- رودیست پکستون (رودیستون) (شامل خرده‌های بزرگ و فراوانی از رودیست‌ها به عنوان آلوکم‌های اصلی و قطعات خارپوستان به صورت کم و فرعی). این رخساره مربوط به دریای باز و شلف میانی می‌باشد. ۲- رودیست بانداستون (به صورت ماکروسکی متشکل است از مجموعه‌ای از رودیست‌های منفرد و چندتایی خوشه‌ای به صورت درجا و با حفظ‌شدگی زیاد همراه با خرده‌های مرجان و روزنه‌داران کفزی مانند اورلیتوئیدها و جنس *Omphalocyclus* به صورت اجزای فرعی در مقیاس میکروسکی). این رخساره در محیط سد شکل گرفته است. ۳- میلیولید- لوفتوزیا- اوریتوئید- رودیست وکستون/ (حاوی روزنه‌داران کفزی نظیر اورلیتوئیدها، میلیولیدها، جنس‌های *Loftusia* و *Omphalocyclus* همراه با خرده‌های رودیست به عنوان آلوکم‌های اصلی). رخساره مزبور در قسمت پرائری‌تر

لاگون و در مجاورت با سد نهشته شده است. قنبرلو و همکاران (۱۳۹۸) مدل رسوب‌گذاری سازند تاربور در ناحیه مورک در جنوب سمیرم (شکل ۱ و جدول ۲) را سکوی کربناته از نوع رمپ هموکلینال تشخیص دادند و سه رخساره‌ای رودیستی زیر را در آن شناسایی کردند: ۱- بایوکلست- رودیست گرین‌استون (حاوی خرده‌های فراوانی از رودیست‌ها با فراوانی ۷۰ درصد همراه با مقدار کمی خرده جبلک داسی‌کلاآسه، خارپوست، نرم‌تنان و روزنه‌داران کفزی از قبیل *Omphalocyclus* و *Loftusia*). این رخساره معرف یک سد بایوکلستی پرائری می‌باشد (قنبرلو و همکاران، ۱۳۹۸)، ۲- بایوکلست- رودیست پکستون (رودیستون) (شامل خرده‌های رودیست با فراوانی ۶۵ درصد به عنوان آلوکم‌های اصلی و قطعات بایوکلستی مرجان، خارپوست، بریوزر و استراکد به عنوان آلوکم‌های فرعی). ۳- بایوکلست-رودیست- اوریتوئید وکستون/ پکستون (اجزای اصلی این رخساره شامل ۵۰ درصد روزنه‌دار کفزی شامل *Orbitoides*، *Sidrolites*، *Lepidorbitoides*، *Omphalocyclus*، روتالیدها همراه با خرده‌های رودیست به میزان ۳۵ درصد می‌باشند). سه رخساره ذکر شده به ترتیب در محیط‌های سد بایوکلستی، رمپ میانی و بخش پرائری و کم عمق رمپ میانی یا جلوی ریف نهشته شده‌اند (قنبرلو و همکاران، ۱۳۹۸). در برش گردبیشه در شمال شرق لردگان واقع در زون زاگرس مرتفع (شکل ۱ و جدول ۲)، سازند تاربور در یک سکوی کربناته از نوع رمپ هموکلینال نهشته شده است (موسوی و عسگری پیربلوطی، ۱۳۸۷). طبق بررسی‌های موسوی و عسگری پیربلوطی (۱۳۸۷)، رخساره‌های رودیستی تشکیل شده در برش گردبیشه به شرح زیر می‌باشند: ۱- رودیست پکستون (متشکل است از خرده‌های فراوان رودیست در زمینه‌ای از میکرایت). ۲- بایوکلست- رودیست گرین‌استون (حاوی خرده‌های فراوان رودیست به صورت تقریباً گرد شده همراه با مقادیر کمی از قطعات بریوزوئرها در زمینه‌ای از اسپارایت). ۳- دیسیکلینا- میلیولید- بایوکلست (رودیست) وکستون/ پکستون (متشکل از روزنه‌داران کفزی شامل میلیولیدها و جنس *Dicyclina* و خرده‌های رودیست در زمینه‌ای از میکرایت. خرده‌های شکم‌پایان و روزنه‌دارانی مانند جنس‌های *Loftusia*، *Nezazzata* و *Omphalocyclus* به عنوان آلوکم‌ها یا دانه‌های فرعی حضور دارند).

جدول ۲. مطالعات انجام شده بر روی رخساره‌های رودیستی کرتاسه بالایی سازند تاربور در زون زاگرس مرتفع در حوضه رسوبی زاگرس، لازم به ذکر است که رخساره رودیست بانداستون رخساره‌ای برجا و غیروارزهای می‌باشد.

Table 2. Previous studies on Upper Cretaceous rudist facies of the Tarbur Formation in the High Zagros Zone in the Zagros sedimentary Basin. Rudist boundstone is an autochthonous facies

محل برش مطالعه شده از سازند تاربور	محققین	رخساره رودیست‌دار	محیط تشکیل رخساره رودیست‌دار
جنوب غرب سمیرم / زون زاگرس مرتفع	عزیزی و همکاران (۱۳۹۴)	رودیست پکستون (رودستون)	دریای باز: در قسمت ابتدایی شلف میانی با انرژی متوسط - بالا بخش پرائری و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی)
// //	// //	رودیست بانداستون	سد
// //	// //	میلیولید - لوفتوزیا - اوربیتوید - رودیست وکستون / پکستون	قسمت پرائری تر لاگون و در مجاورت با سد بخش‌های باز تر لاگون با چرخش آب آزاد در شلف داخلی با شوری نرمال آب
ناحیه مورک در جنوب سمیرم / زون زاگرس مرتفع	قنبرلو و همکاران (۱۳۹۸)	بایوکلاست - رودیست گرین‌استون	سد بایوکلاستی
// //	// //	بایوکلاست - رودیست پکستون (رودستون)	رمپ میانی
// //	// //	بایوکلاست - رودیست - اوربیتوید وکستون / پکستون	رمپ میانی محیط پرائری و امواج توفانی تا نرمال (بخش پرائری و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی)
برش گردبیشه در شمال شرق لردگان / زون زاگرس مرتفع	موسوی و عسگری پیربلوطی (۱۳۸۷)	رودیست پکستون	دریای باز - بخش پرائری و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی
// //	// //	بایوکلاست - رودیست گرین‌استون	سد
// //	// //	دیسکیلینا - میلیولید - بایوکلاست (رودیست) وکستون / پکستون	لاگون پشت سدی
ناحیه ناغان در جنوب شهر کرد / زون زاگرس مرتفع	بامداد و همکاران (۱۳۸۵)	رودیست وکستون / پکستون / فلوت‌استون	بخش کم عمق دریای باز (بخش پرائری و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی)
// //	// //	بایوکلاست - رودیست گرین‌استون	سد بایوکلاستی
// //	// //	فرامینیفر - رودیست پکستون / گرینستون	لاگون
// //	// //	فرامینیفر - بایوکلاست - رودیست وکستون / پکستون	لاگون محصور

خارپوستان می‌باشند و در زمینه‌ای از اسپارایت پراکنده شده‌اند). ۳- فرامینیفر - رودیست پکستون / گرینستون (آلوم‌های اصلی این رخساره شامل روزنه‌داران کفزی مانند *Loftusia*, *Dicyclina*, *Omphalocyclus* و *Dictyoconus* و میلیولیدها همراه با خرده‌های رودیست می‌باشند). ۴- فرامینیفر - بایوکلاست - رودیست وکستون / پکستون (حاوی روزنه‌داران کفزی بدون منفذ مانند میلیولیدها، *Dicyclina*، *Loftusia* و *Dictyoconus* و خرده‌های رودیست به عنوان اجزای اصلی و جیلک‌های داسی‌کلاداسه نیز به مقدار کم به عنوان اجزای فرعی). رخساره شماره ۱ در بخش کم عمق دریای باز (بخش پرائری و کم عمق جلوی ریف) و رخساره شماره ۲ در محیط سدی نهشته شده‌اند در حالی که رخساره‌های شماره ۳ و ۴ مربوط به محیط لاگون می‌باشند.

سه رخساره مزبور به ترتیب در بخش پرائری و کم عمق جلوی ریف یا رمپ میانی، محیط سد و لاگون پشت سدی شکل گرفته‌اند (موسوی و عسگری پیربلوطی، ۱۳۸۷). بامداد و همکاران (۱۳۸۵) سازند تاربور را در ناحیه ناغان در جنوب شهرکرد در زون زاگرس مرتفع مطالعه کردند (شکل ۱ و جدول ۲) و چهار رخساره رودیستی را در یک سکوی کربناته از نوع رمپ هموکلینال شناسایی نمودند. این رخساره به شرح زیر می‌باشند (بامداد و همکاران، ۱۳۸۵): ۱- رودیست وکستون / پکستون / فلوت‌استون (حاوی خرده‌های رودیست در زمینه‌ای از گل‌آهکی). ۲- بایوکلاست - رودیست گرین‌استون (اجزای اصلی این رخساره شامل خرده‌های رودیست می‌باشند که بعضاً همراه با روزنه‌داران کفزی مانند جنس‌های *Loftusia*، *Omphalocyclus* و *Dictyoconus* و خرده‌های

۴- نتیجه‌گیری

نهشته‌های کرتاسه بالایی سازند تاربور در حوضه رسوبی زاگرس عمدتاً در زون‌های فارس داخلی، زاگرس مرتفع، لرستان و فروافتادگی دزفول نهشته و عموماً به صورت یک سکوی کربناته از نوع رمپ هموکلینال رسوب‌گذاری کرده‌اند و بیشتر در زون‌های فارس داخلی و زاگرس مرتفع گسترش داشته‌اند. در سکوی کربناته سازند تاربور، رخساره‌های رودیستی در محیط‌های: ۱- سد، شول یا برآمدگی کربناته، ۲- دریای باز (هر دو بخش کم عمق و عمیق رمپ میانی یا جلوی ریف) و ۳- لاگون یا محیط پشت ریف در شرایط آب و هوایی گرم با دمای بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد نهشته شدند. در حوضه رسوبی زاگرس کمترین تنوع رخساره‌های رودیستی سازند تاربور مربوط به زون فروافتادگی دزفول می‌باشد. رخساره‌های رودیستی نهشته شده در محیط‌های سد، شول یا برآمدگی کربناته در حوضه رسوبی زاگرس شامل دو رخساره اصلی: ۱- رودیست گرین‌استون و ۲- بایوکلاست- رودیست پکستون/ گرین‌استون همراه با رخساره برجای رودیست بانداستون می‌باشند. در محیط دریای باز (رمپ میانی یا جلوی ریف) رخساره‌های رودیستی شامل: ۱- رودیست وکستون/پکستون، ۲- رودیست- اوربیتوید وکستون/پکستون، ۳- بایوکلاست- رودیست- اوربیتوید وکستون/پکستون، ۴- اوربیتوید- رودیست گرین‌استون، ۵- رودیست- فرامینیفرا- اینتراکلاست گرین‌استون و ۶- بایوکلاست- رودیست پکستون/فلوت‌استون/رودستون هستند. رخساره‌های رودیستی نهشته شده در محیط لاگون یا پشت ریف در حوضه رسوبی زاگرس به شرح زیر می‌باشند: ۱- میلیولید- لوفتوزیا- اوربیتوید- رودیست وکستون/پکستون. ۲- دیسیکلینا- میلیولید- بایوکلاست (رودیست) وکستون/پکستون. ۳- بایوکلاست- میلیولید- رودیست وکستون/پکستون. ۴- فرامینیفرا- بایوکلاست- رودیست وکستون/پکستون. ۵- رودیست- اینتراکلاست- میلیولید پکستون. ۶- فرامینیفرا- رودیست پکستون/گرین‌استون. رخساره برجای رودیست بانداستون نیز به صورت محلی و محدود در پچ ریف‌های رودیستی درون لاگونی در نقاطی از زاگرس تشکیل شده است. خرده‌های فراوان رودیست در سکوی کربناته سازند تاربور می‌توانسته حاصل شکسته شدن و جدا شدن آن‌ها از یک ساختار برجای رودیستی با کلنی‌های رودیست در محیط‌های سد،

شول یا برآمدگی کربناته و احتمالاً به طور محدودتری از یک پچ ریفی رودیستی در محیط لاگون، توسط امواج توفانی و انرژی زیاد آب محیط بوده باشند که متعاقباً در محیط رسوب‌گذاری حمل و جابجا می‌شدند. در سازند تاربور رخساره غیرواریزه‌های رودیست بانداستون و رخساره‌های رودیست پکستون/ گرین‌استون و رودیست رودستون/فلوت‌استون که مشابه‌شان در سازند سروک از پتانسیل مخزنی خوبی برخوردار می‌باشند با توجه تخلخل (اولیه و ثانویه)، تراوایی و فشار موبینگ بالایی که می‌توانند داشته باشند در صورت ناچیز بودن عملکرد فرآیندهای دیاژنزی فشردگی و سیمانی شدن در آن‌ها، از قابلیت مخزنی بالایی می‌توانند برخوردار می‌باشند.

تشکر و قدردانی

نویسنده این مقاله از سردبیر محترم، هیئت تحریریه نشریه یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی و همچنین داوران محترم بابت نکات ارزشمندی که در ارتباط با متن متذکر شدند نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارد.

References

- Afghah, M (2022) Microfacies and depositional environment of Tarbur Formation (Upper Cretaceous-Lower Palaeocene) Zagros area, southwestern Iran. *Geological Journal*, 57(7): 2868-2883. doi.org/10.1002/gj.4450.
- Aghanabati, S. A (2004) *Geology of Iran*, Geological Survey of Iran, Tehran, 586p. (In Persian).
- Alavi, M (2007) Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. *American Journal of Science*, 307: 1064-1095.
- Azizi, R., Safar, A., Vaziri-Moghaddam, H (2015) Microfacies, sedimentary environment and sequence stratigraphy of the Tarbur Formation in Semirom area (southwest of Isfahan). *Sedimentary facies*, 8(2): 198-215. (In Persian). doi.org/10.22067/SED.FACIES.V8I2.13225.
- Amiri Bakhtiar, H., Shemirani, A., Sadeghi, A., Vaziri-Moghaddam, H (2006) Revision of the lithostratigraphy and biostratigraphy of the Tarbur Formation in the sampling location (Gadayoun Mountain, Shiraz). 10th symposium of geological society of Iran, Tehran (In Persian)
- Bamdad, L., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H (2006) Microfacies and sedimentary environment of the Tarbur Formation in Naghan District, southwest of Shahrekord. 25th symposium of geosciences, Geological Survey of Iran, Tehran. (In Persian).
- Berberian, M., King, G (1981) Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran.

- Ghanbarloo, H., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H (2021) Reconstruction of the sedimentary environment of the Tarbur Formation based on microfacies and microtaphofacies analysis in the Murak area (southwest of Semirum). *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 9 (18): 1–20. (In Persian).
- Ghanbarloo, H., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H (2022) Biostratigraphy and Sequence Stratigraphy of the Tarbur Formation (Maastrichtian) from Iranian Zagros Foreland Basin, Southwest of Iran. *Acta Geologica Sinica-English Edition*, 96(1): 147–166. doi.org/10.1111/1755-6724.14767.
- Haq, B. U (2014) Cretaceous eustasy revisited. *Global and Planetary change*, 113: 44–58. doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.12.007.
- Hartshorne, P. M (1989) Facies architecture of a Lower Cretaceous coral-rudist patch reef, Arizona. *Cretaceous research*, 10(4): 311–336. doi.org/10.1016/0195-6671(89)90008-6.
- Heydari, E (2008) Tectonics versus eustatic control on supersequences of the Zagros Mountains of Iran. *Tectonophysics*, 451(1–4): 56–70. doi.org/10.1016/j.tecto.2007.11.046.
- James, G., Wynd, J (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *American Association of Petroleum Geologists bulletin*, 49(12): 2182–2245. doi.org/10.1306/A663388A-16C0-11D7-8645000102C1865D.
- Johnson, C. C., Sanders, D., Kauffman, E. G., Hay, W. W (2001) Patterns and processes influencing Upper Cretaceous reefs. In: Flügel, E., Kiessling, W., Golonka, J (eds) *Phanerozoic reef patterns*. SEPM Special Publication, 72: 549–585. doi.org/10.2110/pec.02.72.0549.
- Jordan, Jr CF, Connally, Jr TC., Vest, H. A (1985) Middle Cretaceous carbonates of the Mishrif Formation, Fateh field, offshore Dubai, UAE. In: *Carbonate pet reservoirs*. doi.org/10.1007/978-1-4612-5040-1_27.
- Keller, G., Adatte, T., Berner, Z., Chellai, E. H., Stueben, D (2008) Oceanic events and biotic effects of the Cenomanian-Turonian anoxic event, Tarfaya Basin, Morocco. *Cretaceous Research*, 29(5–6): 976–994. doi.org/10.1016/j.cretres.2008.05.020.
- Moosavizadeh, S. M. A., Rashidi, K (2023) Sedimentary environment of Tarbur Formation in the interior Fars Province, Mandeng and Khanehnahar sections. *Applied Sedimentology*, 11 (22): 108–126. (In Persian). doi.org/10.22084/PSJ.2023.27452.1387.
- Moro, A., Skelton, P. W., Cosović, V (2002) Palaeoenvironmental setting of rudists in the Upper Cretaceous (Turonian–Maastrichtian) Adriatic carbonate platform (Croatia), based on sequence stratigraphy. *Cretaceous Research*, 23:489–508. doi.org/10.1006/cres.2002.1017.
- Canadian Journal of Earth Sciences, 18(2): 210–265. doi.org/10.1139/e81-019.
- Beydoun, Z. R., Hughes Clarke, M. W., Stoneley, R (1992) Petroleum in the Zagros Basin: A Late Tertiary Foreland Basin Overprinted onto the Outer Edge of a Vast Hydrocarbon-Rich Paleozoic-Mesozoic Passive-Margin Shelf, Chapter 11. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 55: 309–339. doi.org/10.1306/M55563C12.
- Cestari, R., Sartorio, D (1995) Rudists and facies of the Periadriatic domain, 207 pp., San Donato Milanese (Agip).
- Dravis, J (1996) Play attributes of Cretaceous rudist reef reservoirs-examples from the Gulf of Mexico and the Middle East. *Houston Geological Society Bulletin*, 38: 16–21.
- Du, Y., Zhang, J. L., Zheng, S. F., Xin, J., Chen, J., Li, Y. Z (2015) The rudist buildup depositional model, reservoir architecture and development strategy of the cretaceous Sarvak formation of Southwest Iran. *Petroleum*, 1(1): 16–26. doi.org/10.1016/j.petlm.2015.04.001.
- Dunham, R. J (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional textures In: Ham WE (ed) *Classification of carbonate rocks*, vol 1. *American Association of Petroleum Geologists Memoirs*, 1: 108–121.
- Embry, A. F., Klován, J. E (1971) A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, NWT. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 19: 730–781. doi.org/10.35767/gscpgbull.19.4.730.
- Esfarili-Dizaji, B., Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Afshin, S., Harchegani, F. K., Shahverdi, N (2015) Characterization of rudist-dominated units as potential reservoirs in the middle Cretaceous Sarvak Formation, SW Iran. *Facies*, 61(3): 14. doi.org/10.1007/s10347-015-0442-8.
- Fakour, R., Jahani, D., Adabi, M. H., Taati, F (2016) Facies analysis, sedimentary environment and sequence stratigraphy of Tarbur Formation (Maastrichtian) in one of the oil fields in the Abadan Plain. *Scientific Journal of Exploration & Production Oil & Gas*, 139: 59–67. (In Persian).
- Fakhari, M. D., Axen, G. J., Horton, B. K., Hassanzadeh, J., Amini, A (2008) Revised age of proximal deposits in the Zagros foreland basin and implications for Cenozoic evolution of the High Zagros. *Tectonophysics*, 451(1–4): 170–185. doi.org/10.1016/j.tecto.2007.11.064.
- Falcon, N. L (1974) *Southern Iran: Zagros Mountains*. Geological Society, London, Special Publications, 4: 199–211. doi.org/10.1144/GSL.SP.2005.004.01.11.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of carbonate rocks, analysis interpretation and application*, Springer, Berlin, 984p. doi.org/10.1007/978-3-642-03796-2.

- 33(3): 465–476. doi.org/ 10.1007/s13146-017-0355-4.
- Shams, P., Parvaneh Nejad Shirazi, M., Bahrami, M (2011) Paleoeology of the Tarbor Formation in the northeast of Shiraz. 16th symposium of geological society of Iran, University of Shiraz. (In Persian).
- Skelton, P. W (1978) The evolution of functional design in rudists (Hippuritacea) and its taxonomic implications. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 284: 305–318. doi.org/ 10.1098/rstb.1978.0069.
- Skelton, P. W., Gili, E., Vicens, E., Obrador, A (1995) The growth fabric of gregarious rudist elevators (hippuritids) in a Santonian carbonate platform in southern Central Pyrenees. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 119: 107–126.
- Steuber, T., Löser, H (2000) Species richness and abundance patterns of Tethyan Cretaceous rudist bivalves (Mollusca: Hippuritacea) in the central-eastern Mediterranean and Middle East, analysed from a palaeontological database. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 162(1–2): 75–104. doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00106-1.
- Vaziri-Moghaddam, H., Safari, A., Shahriari Geraei, S., Khazaei, A., Taheri, A (2013) Biostratigraphy and Palaeoecology of the Maestrichtian Deposits (Tarbur and Gurpi Formations) at Gardbishe Area (South of Borojen). *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 22 (87): 143–162. (In Persian).
- Vaziri-Moghaddam, H., Safari, A., Taheri, A (2005) Microfacies, paleoenvironments and sequence stratigraphy of the Tarbur Formation in Kherameh area, SW Iran. *Carbonates and Evaporites*, 20(2): 131–137.
- Wilmsen, M., Fürsich, F. T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M. R (2009) An overview of the stratigraphy and facies development of the Jurassic System on the Tabas Block, east-central Iran. In: M.F. Brunet; M. Wilmsen & J.W. Granath (eds) *South Caspian to central Iran basins*. Geological Society, Special Publications, 312: 323–343. doi.org/10.1144/SP312.15.
- Wright, V. P (1992) A revised classification of limestones. *Sedimentary Geology*, 76: 177–186. doi.org/ 10.1016/0037-0738(92)90082-3.
- Moro, A., Mezga, A., Cosović, V., Tunis, G., Tarlao, A (2008) Rudists and dinosaur footprints—mutual relationship within mud-supported Upper Cenomanian peritidal limestones of Istria, Croatia. *Bollettino della Societa Geologica Italiana*, 127(2): 423–428.
- Moro, A., Cosović, V., Benić, J., Dokmanović, J (2010) Taxonomy of rudists from the Campanian transgressive sediments of Brašljeva, Donje Orešje and Sv. Martin, Northern Croatia. *Turkish Journal of Earth Science*, 19: 613–633. doi.org/ 10.3906/yer-0901-12.
- 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: 19.
- Moussavi, M., Asghari Pirbaluti, B (2008) Investigation of microfacies, sedimentary environment and rudists of Tarbur Formation in Gurdibisheh section, Chaharmahal Bakhtiari province. 4th conference of applied geology and environment, Islamic Azad University of Islamshahr. (In Persian).
- Parvaneh Nejad Shirazi, M., Bahrami, M., Ghayur, M (2012) Investigation of rudist facies and paleoecology of Maastrichtian deposits in Abno region. 16th symposium of geological Society of Iran, Shiraz. (In Persian).
- Philip, J., Platel, J. P (1996) Worldwide geographical distribution of the species of the foraminiferal genus *Loftusia*. *Istanbul university Fen Fakultesi Mecmuasi*, 42(3): 143–155.
- Rahiminejad, A. H., Moosavizadeh, S. M. A (2023) Benthic foraminiferal biostratigraphy of the Oligocene sequence of the Asmari Formation in the Interior Fars Sub-zone, Zagros Belt, SW Iran. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 26(3): 212–226.
- Rezaei Soulgani, Y., Khazaei, A., Mirab Shabestari, Gh (2016) Morphology, taxonomy and species distribution Biradiolites in sediments of Late Cretaceous North Block Lot, Bajestan area (Shahrak Sanati Section). 10th symposium of paleontological society of Iran, Farhangian University of Neyshabur. (In Persian).
- Ross, D. J., Skelton, P. W (1993) Rudist formations of the Cretaceous: a palaeoecological, sedimentological and stratigraphical review. In: Wright P (ed) *Sedimentology review 1*. Blackwell, London, pp 73–91. doi.org/10.1002/9781444304534.ch5.
- Sadooni, F. N (2018) Impact of the demise mechanisms of the Cretaceous rudist buildups in the Arabian Plate on their reservoir characteristics. *Carbonates and Evaporites*,

Investigating paleoenvironments and reservoir potential of rudist facies of the Tarbur Formation in the Zagros sedimentary Basin, SW Iran

A. H. Rahiminejad

Assist. Prof., Dept., of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences,
Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

* ah.rahiminejad@kgut.ac.ir

Received: 2023.11.20 Accepted: 2024.4.16

Abstract

This study investigates paleoenvironments and reservoir potential of rudist facies of the Upper Cretaceous Tarbur Formation in the Zagros sedimentary Basin. Deposition of the Tarbur Formation mainly took place on a carbonate homoclinal ramp. The rudist facies associated with a shoal, barrier or buildup environment include: 1–rudist grainstone and 2– bioclast-rudist packstone/grainstone together with the autochthonous rudist boundstone facies. The middle ramp or reef front environment is represented by: 1–rudist wackestone/ packstone, 2–rudist-orbitoid wackestone/packstone, 3– bioclast-rudist-orbitoid wackestone/ packstone, 4–orbitoid-rudist grainstone, 5–rudist- foraminifera-intraclast grainstone and 6– bioclast- rudist packstone/floatstone/rudstone. The rudist facies deposited in a lagoon or back reef environment are as follows: 1–miliolid-Loftusia-orbitoid- rudist wackestone/ packstone. 2– Dicyclina-miliolid-bioclast (rudist) wackestone/ packstone. 3–bioclast- miliolid-rudist wackestone/ packstone. 4– foraminifera- bioclast- rudist wackestone/packstone. 5– rudist- intraclast- miliolid packstone. 6– foraminifera- rudist packstone/grainstone. Rudist boundstone facies was occasionally deposited in lagoon rudist patch reefs. The rudist facies of the carbonate ramp of the Tarbur Formation were deposited in shallow warm waters with temperature of more than 25 °C. Bioclastic fragments of rudists could have been removed from in situ rudist colonies in a shoal, barrier or buildup environment, and possibly also from a restricted lagoon patch reef and transported by waves and high water energy. Autochthonous rudist boundstone facies as well as rudist packstone/ grainstone and rudist rudstone/floatstone facies tend to have high reservoir potential in the Tarbur Formation.

Keywords: Carbonate platform, Rudist, Tarbur Formation, Facies, Late Cretaceous

Introduction

During the Cretaceous (between 65 and 140 MA), carbonate facies, reefs and build-ups were widely developed in the shallow carbonate platforms of the Tethys Ocean between 20°N and 40°S. This time span represents one of the warmest periods of the Earth's history indicative of climatic fluctuations. Rudist are one of the most abundant macrofossils in the Cretaceous (particularly in the Late Cretaceous) shallow marine carbonate deposits in the marginal tropical and sub-tropical regions of the Tethys. They mainly existed in a time span ranging from the Late Jurassic to the Latest Cretaceous. These heterodont bivalves lived as epibenthic suspension feeders and sediment dwellers and could locally form extended reefs and build-ups (with or without corals) in subtidal environments. Carbonate rudist facies contain abundant fragments of rudists and are one of the most important types of carbonate rocks. They

comprise significant parts of carbonate reservoirs in the Middle East and the Mediterranean regions. This study investigates paleoenvironments and reservoir potential of rudist facies of the Upper Cretaceous Tarbur Formation in the Zagros sedimentary Basin, south western Iran. The formation comprises one of the most rudist-rich deposits in Iran.

Results and Discussion

During the Cretaceous, a large number of rudist fragments/debris with different sizes separated from living rudist communities and were subsequently accumulated in different sedimentary environments of carbonate platforms as rudist facies. Distribution of rudist communities and accumulation of their fragments in the Cretaceous carbonate platforms have been controlled by development of paleohighs. Stormy waves in the Cretaceous sedimentary environments were also another

factor in destruction and fragmentation of rudist communities. Generally, the rudist facies formed by accumulation of abundant rudist debris were deposited in the shoal/ barrier, reef, lagoon (next to a barrier or shoal) and middle –upper outer ramp settings and marginal shelves. Based on the sedimentary texture, size and abundance of the rudist bioclasts and the classifications defined by Dunham (1962), Embry and Klovan (1971) and Wright (1992), the rudist facies can be divided into the main following carbonate types: rudist grainstone, rudist packstone, rudist wackestone, rudist floatstone and rudist rudstone. However, rudist boundstone is an autochthonous facies formed by in situ growth of rudist bivalves. Rudist packstone, rudist grainstone, rudist rudstone, rudist floatstone and rudist boundstone represent good reservoir quality due to their sedimentary textures and high porosities. The rudist fragments are one of the main skeletal components of many of the carbonate platform facies of the Upper Cretaceous Tarbur Formation in the Zagros sedimentary Basin. The rudist facies of the carbonate ramp of the Tarbur Formation in the Zagros Basin have been mainly studied in High Zagros and Interior Fars zones, whereas, they were

poorly studied in the Lurestan and Dezful Embayment zones. Generally, the rudist facies deposited in the shoal/barrier setting and or build-up include: 1– bioclast-rudist packstone/grainstone, 2– rudist grainstone and autochthonous rudist boundstone. The following rudist facies are indicative of the reef front environment or middle ramp: 1– rudist wackestone/packstone, 2– rudist-orbitoid wackestone/packstone, 3– bioclast-rudist-orbitoid wackestone/packstone, 4– orbitoid-rudist grainstone, 5– rudist-foraminifera-intraclast grainstone and 6– bioclast-rudist packstone/floatstone/rudstone. The deposition of the following rudist facies took place in back reef or lagoon setting: 1– miliolid-Loftusia- orbitoid-rudist wackestone/packstone. 2– Dicyclina-miliolid- bioclast (rudist) wackestone/ packstone. 3– bioclast-miliolid-rudist wackestone/ packstone. 4– foraminifera-bioclast-rudist wackestone/packstone. 5–rudist-intraclast-miliolid packstone. 6–foraminifera-rudist packstone/grainstone. Rudist boundstone facies was occasionally deposited in lagoon rudist patch reefs. The rudist facies of the Tarbur Formation in the Zagros sedimentary Basin formed in shallow warm waters (>25 °C). A restricted lagoon patch reef and in situ rudist colonies in a shoal, barrier or buildup settings could possibly

have been the source of rudist debris which were subsequently transported by high water energy and waves. Generally, the rudist rudstone/floatstone, rudist packstone/ grainstone and the autochthonous rudist boundstone facies in the Tarbur Formation can have high reservoir quality.

Conclusions

This study is focused on investigation of paleoenvironments and reservoir potential of rudist facies of the Upper Cretaceous Tarbur Formation in the Zagros sedimentary Basin. Deposition of the Tarbur Formation mainly took place on a carbonate homoclinal ramp. The rudist facies associated with a shoal, barrier or build-up environment include: 1–rudist grainstone and 2– bioclast-rudist packstone/grainstone together with the autochthonous rudist boundstone facies. The middle ramp or reef front environment is represented by: 1– rudist wackestone/ packstone, 2– rudist- orbitoid wackestone/ packstone, 3– bioclast-rudist-orbitoid wackestone/ packstone, 4– orbitoid-rudist grainstone, 5– rudist-foraminifera-intraclast grainstone and 6– bioclast-rudist packstone/floatstone/rudstone. The rudist facies deposited in a lagoon or back reef environment are as follows: 1–miliolid-Loftusia- orbitoid- rudist wackestone/ packstone. 2– Dicyclina- miliolid- bioclast (rudist) wackestone/ packstone. 3–bioclast- miliolid--rudist wackestone/ packstone. 4–foraminifera-bioclast-rudist wackestone/ packstone. 5– rudist-intraclast-miliolid packstone. 6– foraminifera-rudist packstone/ grainstone. Rudist boundstone facies was occasionally deposited in lagoon rudist patch reefs. The rudist facies of the carbonate ramp of the Tarbur Formation were deposited in shallow warm waters with temperature of more than 25 °C. Bioclastic fragments of rudists could have been removed from in situ rudist colonies in a shoal, barrier or buildup environment, and possibly also from a restricted lagoon patch reef and transported by waves and high water energy. Autochthonous rudist boundstone facies as well as rudist packstone/ grainstone and rudist rudstone/floatstone facies tend to have high reservoir potential in the Tarbur Formation.