

زیست‌چینه‌نگاری، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی بخش عرب در قسمت میانی حوضه خلیج فارس

زهرة قلندری^۱، محمد وحیدی‌نیا^{۲*}، سید رضا موسوی حرمی^۳

۱- دانشجوی دکتری چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*پست الکترونیک: vahidinia@um.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۶

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۴

چکیده

بخش عرب (بخش بالایی سازند سورمه) در میدان نفتی بلال واقع در بخش میانی حوضه خلیج فارس بر روی سازند دارب به صورت پیوسته و در زیر سازند هیث با ناپیوستگی فرسایشی قرار گرفته است. این بخش در میدان نفتی مورد مطالعه ۱۳۰ متر ضخامت دارد و از سنگ آهک ریز تا متوسط دانه، دولومیت ریز تا متوسط دانه و انیدریت تشکیل شده است. در این مطالعه تعداد ۲۰۰ نمونه به دست آمده از مغزه‌های حفاری از دیدگاه دیرینه‌شناختی مورد مطالعه قرار گرفته و بر اساس آن دو زیست‌زون *Kurnubia jurassica* Interval Zone و *Clypeina jurassica* Range Zone که گویای سن کیمریجین - تیتونین هستند، شناسایی شده است. در بخش عرب به طور کلی تعداد ۱۲ رخساره به ترتیب از دریا به خشکی شامل دو رخساره متعلق به کمریند پشته سدی، سه رخساره متعلق به کمریند لاگون، دو رخساره متعلق به پهنه میان‌کشنیدی و پنج رخساره متعلق به پهنه فراکشنیدی شناسایی شده است. با توجه به قانون والتر و شواهد رخساره‌ای موجود، بخش عرب در پلتفرم (رمپ) کربناته هموکلینال با عمق کم نهشته شده است. بر اساس داده‌های حاصل از پرتو گاما، تغییرات رخساره‌ای و روزن‌داران کف‌زی موجود، بخش عرب طی یک سکانس رسوبی رده سوم نهشته شده است. مرز پایین این سکانس رسوبی با توجه به پیوستگی و نبود شواهد خروج از آب از نوع SB2 و مرز سکانسی بالایی با توجه به ناپیوستگی فرسایشی موجود و شواهد خروج از آب از نوع SB1 است. تفسیر تغییرات سطح آب دریای بخش مورد مطالعه در زمان رسوب‌گذاری با منحنی تغییرات سطح آب دریای جهانی تا حدود زیادی مطابقت می‌کند که این امر نشان از یکسان بودن شرایط رسوب‌گذاری آنها است.

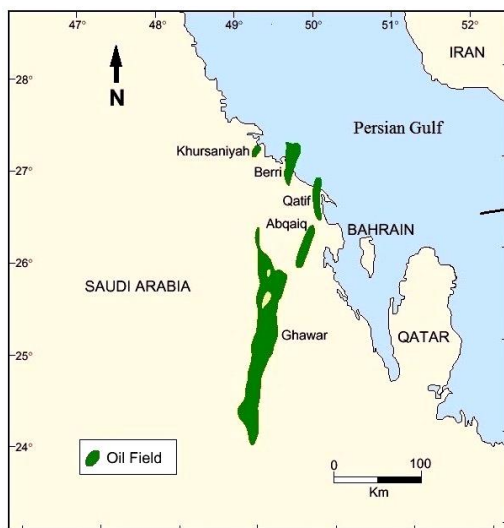
واژه‌های کلیدی: بخش عرب؛ ژوراسیک؛ روزن‌داران کف‌زی؛ محیط رسوبی؛ چینه‌نگاری سکانسی؛ خلیج فارس.

مقدمه

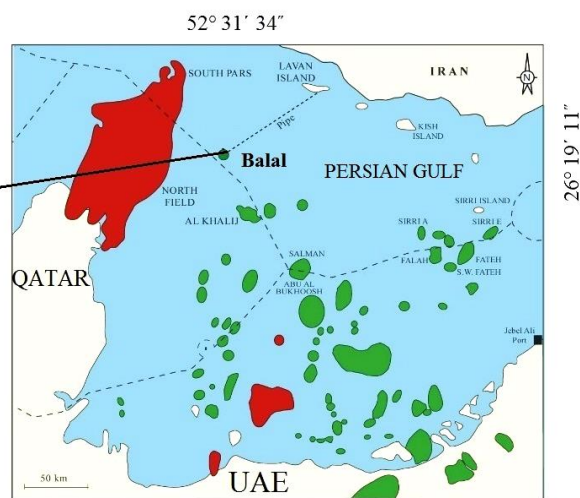
است. بخش بالایی سازند سورمه به عنوان یک توالی کلاسیک کربناته دولومیتی و انیدریتی و یکی از سازندهای مخزنی مهم دنیا بوده که میادین هیدروکربنی مهمی را در خاورمیانه تشکیل می‌دهد (آقانباتی، ۱۳۸۵). حوضه خلیج فارس در جنوب محل برخورد صفحات لیتوسفری عربی و

سازند سورمه هم‌ارز سازند عرب در عربستان، بحرین، قطر و امارات متحده عربی است که مخازن بسیار عظیم نفت را در خود دارد (Al-Husseini, 2008). در این پژوهش، بخش بالایی سازند سورمه که بخش عرب نام دارد (معادل با سازند عرب)، در میدان نفتی بلال مورد مطالعه قرار گرفته

سنگ آهک، سازند داریان با سن آپتین متشکل از سنگ آهک و بخش بالایی سازند سروک با سن سنومانین و سنگ شناسی سنگ آهک مخزن محسوب می‌شوند. بخش بالایی سازند سورمه در این میدان به عنوان زون مخزنی اصلی محسوب می‌شود. سنگ آهک‌ها و شیل‌های بخش عمیق سازند سورمه، سنگ منشأ و انیدریت‌های همراه با لایه‌های دولومیتی و نیز انیدریت هیث، پوش سنگ بخش عرب می‌باشند.



اوراسیا قرار دارد و در واقع بخشی از صفحه عربی می‌باشد. میدان نفتی بلال در فاصله ۹۸ کیلومتری جنوب غربی جزیره لاوان با مختصات جغرافیایی $26^{\circ} 19'$ شمالی و $52^{\circ} 32'$ شرقی در آب‌های خلیج فارس و در نزدیکی مرز آبی ایران با کشور قطر قرار دارد (شکل ۱). میدان بلال یکی از میادینی است که بخش بالایی سازند سورمه (بخش عرب) در آن مخزن نفت می‌باشد. در این میدان سه سازند شامل سازند سورمه بالایی (بخش عرب) با سن کیمبریجین - تیتونین و سنگ شناسی عمده دولومیت، انیدریت و



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی میدان نفتی بلال در حوضه خلیج فارس

آهکی و روزن‌داران کفزی، تفسیر محیط رسوب گذاری دیرینه و ارائه مدل رسوبی پیشنهادی و مطالعات چینه‌نگاری سکانسی می‌باشند.

روش مطالعه

مطالعه صورت گرفته در بخش عرب سازند سورمه در میدان نفتی بلال طی دو مرحله مشتمل بر تهیه مقاطع نازک میکروسکوپی از مغزه‌های حاصل از حفاری و مطالعات آزمایشگاهی است. در این تحقیق تعداد ۲۰۰ مقطع نازک تهیه و مطالعه شده است. شناسایی روزن‌داران کفزی موجود در مقاطع نازک و زون‌بندی آنها با استفاده از منابعی مانند James & Wynd (1965) و Loeblich &

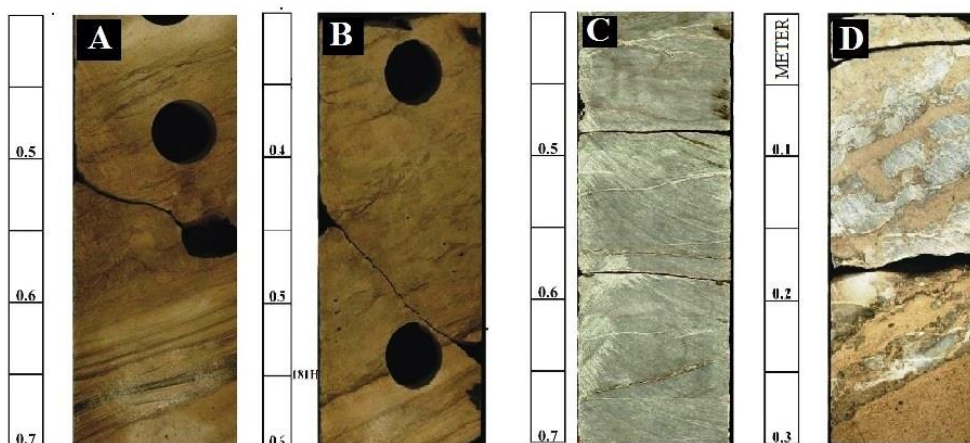
سازند سورمه در محل برش الگو (کوه سورمه در ۱۲۰ کیلومتری جنوب غربی شیراز) با ۷۶۲ متر ضخامت شامل سنگ آهک دولومیتی و دولومیت است که یک بخش از سنگ آهک رسی نازک لایه و با مقاومت ضعیف در قسمت میانی دارد. از نظر سنی، اگرچه سازند سورمه نشانگر ژوراسیک میانی - پسین است، اما *Trocholina*، *Kurnubia jurassica*، *Lithotis*، *Pfenderina* و *Callipionella* نشانگر آن هستند که سازند سورمه معرف تمام دوره ژوراسیک است. نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش همه حاصل مغزه‌های حفاری هستند. مهمترین اهداف مدنظر در این مطالعه تعیین سن نسبی بخش عرب با استفاده از جلبک‌های

Read (1982-1985) مشخص شده است. مطالعه چینه نگاری سکانسی بخش عرب بر اساس روش‌ها و اصول چینه‌نگاری سکانسی (Haq *et al.*, 1988)؛ (VanWagoner *et al.*, 1988, 1990) و با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری حاصل از پرتو گاما، تغییرات رخساره‌ای و همچنین جنس پوسته روزن‌داران کفزی موجود صورت گرفته است.

سنگ چینه نگاری

بخش عرب در چاه مورد مطالعه در میدان نفتی بلال ۱۳۰ متر ضخامت دارد و از لحاظ سنگ چینه نگاری به دو بخش پایینی شامل سنگ آهک و بخش بالایی شامل تناوب دولومیت و انیدریت تقسیم شده است (شکل ۲). این بخش در حوضه خلیج فارس به صورت پیوسته بر روی سازند دارب و با ناپیوستگی فرسایشی در زیر سازند هیث قرار گرفته است (شکل ۳). لازم به ذکر است که بخش عرب در حوضه یا پلاتفرم عربی نیز با اندکی تفاوت و تغییرات نسبت به حوضه خلیج فارس رخنمون دارد.

Tappan (1988a-b)، Boudagher-Fadel (2008)، Chiocchini (2008) و Hughes (2018) صورت گرفته است. نام‌گذاری کربنات‌ها بر اساس طبقه بندی Dunham (1962) و مدل تصحیح شده آن توسط Embry & Klovan (1971) انجام شده است. مقاطع کربناته توسط محلول آلیزارین قرمز (به منظور تفکیک کلسیت از دولومیت) به روش Dickson (1965) رنگ آمیزی شده‌اند. شناسایی اجزای اسکلتی و غیراسکلتی بر اساس نوشته Flügel (2010) و تعیین درصد فراوانی هر یک از آنها با استفاده از الگوهای مقایسه‌ای Flügel (2010) صورت گرفته است. جهت بررسی، شناسایی و تفسیر رخساره‌های کربناته از رخساره‌های استاندارد Flügel (2010) استفاده شده است. با استفاده از قانون والتر و همچنین مدل‌های رسوبی که برای محیط‌های عهد حاضر و ادوار گذشته ارائه شده است (برای مثال: Read, 1985؛ Reading, 1996؛ Tucker & Wright, 1990؛ Einsele, 2000) مدل رسوبی برای بخش مورد مطالعه پیشنهاد شده است. همچنین به طور جزئی‌تر، نوع محیط نیز با استفاده از تقسیم بندی

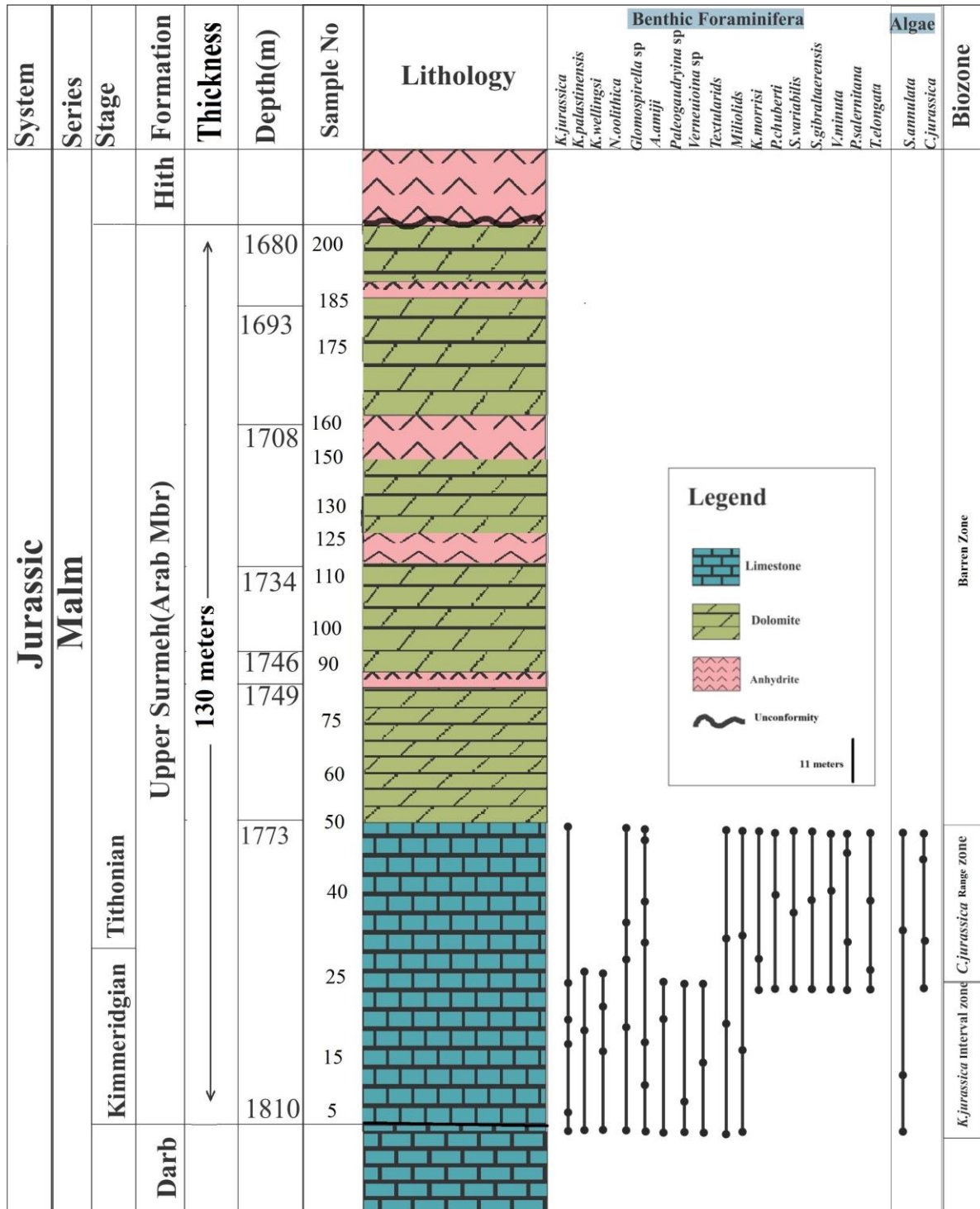


شکل ۲: مغزه‌های حاصل از حفاری از بخش عرب در میدان نفتی بلال: (A) سنگ آهک؛ (B) دولومیت؛ (C) انیدریت؛ (D) سنگ آهک انیدریتی شده

است، اما این روش تا به امروز هم به درستی ادامه دارد. محدوده‌های سنی فسیلی و اولین و آخرین حضور فسیل‌ها یک چارچوب چینه‌نگاری بسیار دقیق برای سنگ‌های رسوبی فراهم می‌کنند (Galazzo *et al.*, 2015).

زیست چینه نگاری

زیست‌زون‌های فسیلی به عنوان کلید تعیین سن نسبی و تطابق، از شروع سال‌های ۱۸۰۰ شناخته شده‌اند و اگرچه زیست چینه نگاری دستخوش تحولاتی در قوانین خود شده



شکل ۳: چگونگی پراکنده‌گی روزن‌داران کفزی و جلبک‌های آهکی در بخش عرب در میدان نفتی بلال

در حالی که مطالعات چینه‌شناسی این بخش در قسمت ایرانی خلیج فارس محدود و در قالب گزارشات داخلی شرکت نفت می‌باشد.

زیست چینه‌نگاری بخش عرب توسط Hughes (1996, 2003, 2018) در عربستان سعودی و توسط Al-Silwadi *et al.* (1996) در امارات متحده عربی بررسی شده است،

(شکل ۴):

Glomospirella sp., (*Amijiella*) *Haurania amiji*, *Kurnubia jurassica*, *Kurnubia palastiensis*, *Kurnubia wellingsi*, *Nautiloculina oolithica*, *Paleogaudryina* sp., *Salpingoporella annulata*, *Verneollina* sp., Miliolids, Textularids.

2- *Clypeina jurassica* Range Zone

این زیست‌زون با ظهور *Clypeina jurassica* مشخص شده است. این زیست‌زون بخش بالایی چاه مورد مطالعه را شامل می‌شود. این مجموعه فسیلی با زیست‌زون شماره ۸ در نوشته Wynd (1965)، زیست‌زون *Clypeina jurassica* در نوشته *Chiocchini et al.* (2008) و زیست‌زون‌های Am-4 تا Him-3 در نوشته Hughes (2018) مطابقت دارد. این مطابقت دلالت بر سن ژوراسیک پسین (کیمریجین - تیتونین) دارد. برخی فسیل‌های همراه این زیست‌زون عبارتند از (شکل ۴):

Clypeina jurassica, *Glomospirella* sp., *Kurnubia jurassica*, *Kurnubia morrissi*, *Nautiloculina oolithica*, *Pfenderina salernitana*, *Pseudocyclamina* sp., *Pseudocyclamina chuberti*, *Salpingoporella annulata*, *Siphovalvulina gibraltarenensis*, *Siphovalvulina variabilis*, *Trocholina elongata*, *Verneollina minuta*, Miliolids, Textularids.

بنابراین با توجه به زیست‌زون‌های شناسایی شده، سن نسبی بخش عرب در چاه مورد مطالعه در میدان نفتی بلال واقع در حوضه خلیج فارس کیمریجین - تیتونین می‌باشد.

آنالیز رخساره‌ها و تفسیر محیط رسوبی دیرینه

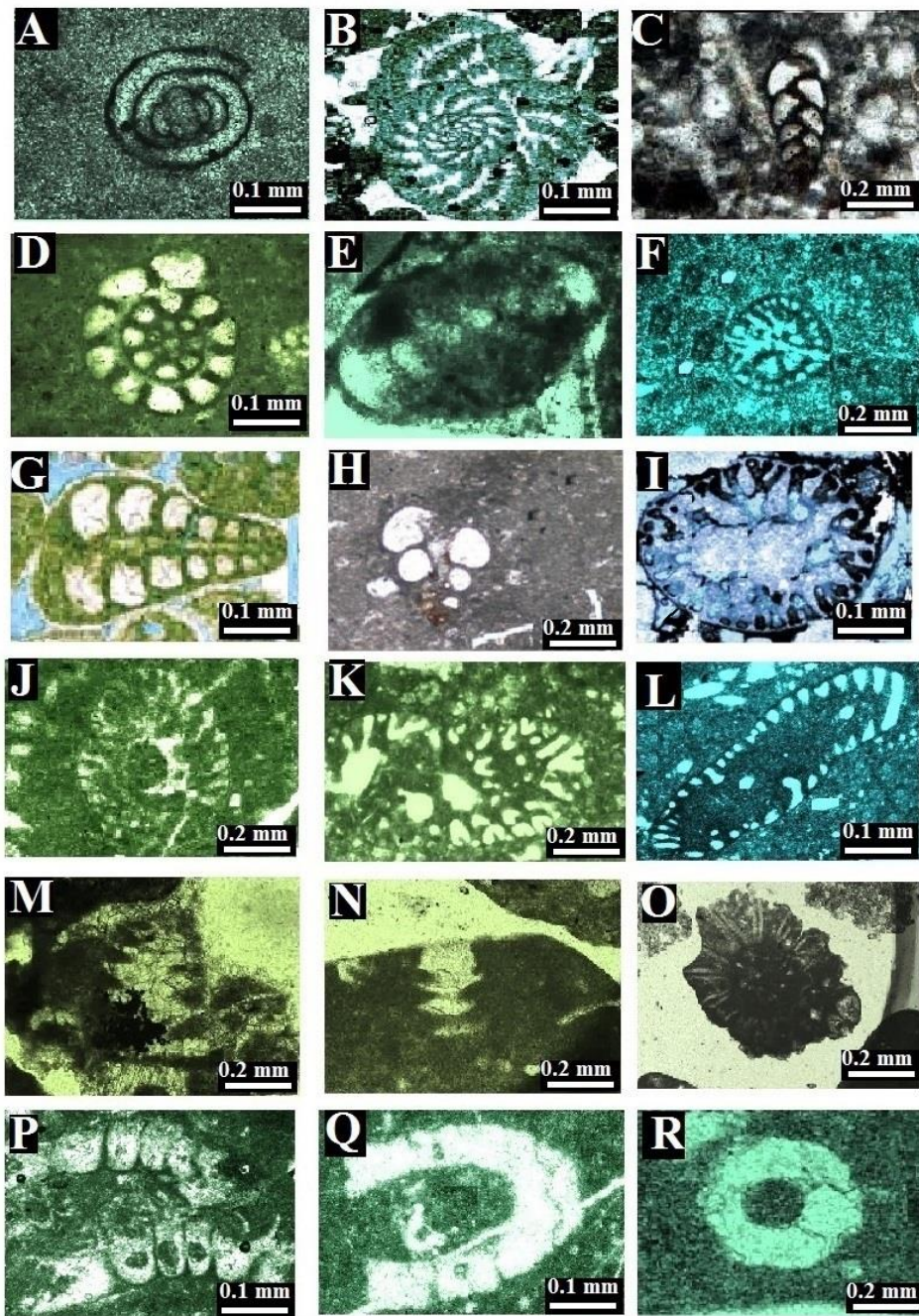
بر اساس نشانه‌های شاخص در شناخت رخساره‌ها از قبیل میزان فراوانی خرده‌های اسکلتی و غیراسکلتی، تعداد ۱۲ رخساره در چاه مورد مطالعه شناسایی شده است (شکل‌های ۵ و ۶). در ادامه با مقایسه آنها با رخساره‌های استاندارد و معرفی شده توسط Flügel (2010) چهار زیرمحیط یا کمر بند مرتبط با این رخساره‌ها مشخص شده و در پایان

در این تحقیق تعیین سن نسبی با استفاده از مطالعه جلبک‌ها و روزن‌داران کفزی موجود در مقاطع نازک حاصل از نمونه‌های چاه انجام گرفته است. پس از مطالعات صورت گرفته تعداد ۱۲ جنس و ۱۲ گونه از روزن‌داران کفزی و تعداد ۲ جنس و ۲ گونه از جلبک‌های آهکی شناسایی شده است.

جلبک‌های سبز مهم‌تر از سایر جلبک‌ها بوده و تکامل یافته‌تر هستند. این جلبک‌ها در آب‌های لب شور و کم عمق رشد می‌کنند. تنوع روزن‌داران کفزی با کاهش شوری کاهش می‌یابد. نوع پوسته آنها با میزان شوری در ارتباط بوده، به طوری که در شوری کم پوسته‌های آگلوتینه بیشتر دیده می‌شوند و برعکس در آب‌های دریایی فوق شور پوسته‌های پورسلانوز بیشتر یافت می‌شوند. به علت تمایل کم کربنات کلسیم به انحلال در آب‌های گرم‌تر، تجمع روزن‌داران در پلتفرم‌های کربناته عرض‌های جغرافیایی پایین متداول‌تر می‌باشد (Flügel, 2010). با توجه به جنس و گونه‌های شناسایی شده و بررسی‌های انجام گرفته جهت زیست‌پهنه‌بندی بخش مورد مطالعه، تعداد دو زیست‌زون شناسایی شدند که عبارتند از (شکل ۳):

1- *Kurnubia jurassica* Interval Zone

این زیست‌زون از اولین ظهور *Kurnubia jurassica* تا اولین ظهور *Clypeina jurassica* تعریف شده و سن آن ژوراسیک پسین (کیمریجین) است. این زیست‌زون بخش زیرین چاه مورد مطالعه را شامل می‌شود. این زیست‌زون قابل مقایسه با زون شماره ۷ در نوشته Wynd (1965)، قسمت بالایی زیست‌زون *Kurnubia ex. gr. palastinensis* در نوشته *Chiocchini et al.* (2008) و زیست‌زون‌های Jm-1 تا Am-4 در نوشته Hughes (2018) می‌باشد. برخی فسیل‌های همراه این زیست‌زون عبارتند از



شکل ۴: روزن‌داران کفزی و جلبک‌های آهکی شناسایی شده بخش عرب

A. *Glomospirella* sp., B. *Pseudocyclamina chuberti*, C. *Paleogaudryna* sp., D-E. *Nautiloculina oolithica*, F. (*Amijiella*) *Haurania amiji*, G. *Siphovalvulina* sp., H. *Siphovalvulina variabilis*, I. *Kurnubia jurassica*, J. *Kurnubia palastiensis*, K. *Kurnubia morrisi*, L. *Pfenderina salernitana*, M-N. *Trocholina elongate*, O-P. *Clypeina jurassica*, Q-R. *Salpingoporella annulata*.

مجموعه رخساره‌ای پشته سدی

در مغزه‌های حاصل از حفاری این مجموعه ساختار کوچک مقیاس از قبیل طبقه بندی مورب مسطح مشاهده می‌شود. این مجموعه شامل دو ریزرخساره است که به ترتیب عبارتند از:

مدل رسوبی پیشنهادی مربوط به بخش عرب ارائه شده است (شکل ۷). مجموعه رخساره‌های رسوبی شناسایی شده موجود بر مبنای تشکیل از دریا به سمت خشکی به ترتیب به شرح زیر هستند:

میکرایتی است. این رخساره عموماً دارای ترکیبی از بایوکلاست‌های مختلف در یک زمینه تیره رنگ از مواد آلی است. فراوان‌ترین اجزای سازنده این رخساره پلوئید و میلیولید هستند (شکل ۵C). این رخساره معادل با RMF20 از رخساره‌های استاندارد در نوشته Flügel (2010) است.

۴- ریزرخساره وکستون بایوکلاستی (Mf4)

آلوکم‌های این رخساره شامل پلوئید، روزن‌داران کفزی کوچک، مرجان، سوزن اسفنج و خرده‌های اکیئوئیدی است. ماتریکس میکرایتی به فراوانی در این رخساره یافت می‌شود (شکل ۵D). این رخساره معادل با RMF16 از رخساره‌های استاندارد در نوشته Flügel (2010) است.

۵- ریزرخساره وکستون تا پکستون بایوکلاستی (Mf 5)

اجزای این رخساره شامل دانه‌های پلوئید، روزن‌داران کفزی کوچک، خرده‌های مرجان و جلبک‌های آهکی از جمله *Clypeina jurassica* می‌باشد. ماتریکس میکرایتی در این رخساره به فراوانی مشاهده می‌شود (شکل ۵E). این رخساره معادل RMF17 از رخساره‌های استاندارد در نوشته Flügel (2010) است.

تفسیر کمر بند رخساره‌ای لاگون: از ویژگی‌های رخساره‌های این کمر بند حضور پلوئید، روزن‌داران کفزی از قبیل میلیولید، خرده‌های مرجانی و جلبک‌های آهکی در زمینه میکرایتی است که نشان‌دهنده محیط با انرژی متوسط می‌باشد. بافت‌های موجود نیز از قبیل بافت جانیشینی نشان‌دهنده انرژی کمتر محیط تشکیل آنها می‌باشند. جلبک‌های سبز داسی کلا داسه و ژیمنو کودیاسه عمدتاً در رخساره‌های کم عمق رمپ داخلی و محیط‌های لاگونی نیمه محصور و محصور شده یافت می‌شوند. ژیمنو کودیاسه نسبت به داسی کلا داسه تا اعماق بیشتری گسترش داشته‌اند. همچنین جنس *Salpingoporella* به طور معمول در پشت ریف و لاگون‌های باز دیده می‌شود (Flügel, 2010).

۱- ریزرخساره گرینستون بایوکلاستی پلوئیدی (Mf 1)
آلوکم‌های سازنده این رخساره شامل پلوئید، شکم‌پا، دوکفه‌ای و جلبک‌های آهکی از قبیل *Salpingoporella* است (شکل ۵A). زمینه در این رخساره کلسیت اسپاری است. این رخساره معادل با RMF17 از رخساره‌های استاندارد در نوشته Flügel (2010) است.

۲- ریزرخساره گرینستون تا پکستون بایوکلاستی پلوئیددار (Mf2)
اجزای این رخساره شامل پلوئید، اینتراکلاست، روزن‌داران کفزی کوچک، خرده‌های *Clypeina jurassica* و جلبک‌های آهکی است. پلوئیدها نسبتاً نیمه گرد شده هستند. اینتراکلاست‌های موجود در این رخساره جورشدگی متوسط تا خوب دارند و نیمه گرد شده تا نسبتاً گرد شده هستند. همچنین اندازه متوسط اینتراکلاست‌ها بین ۰/۱ تا ۰/۲۵ میلی‌متر در تغییر است. ماتریکس میکرایتی به ندرت یافت می‌شود و سیمان کلسیت اسپاری غالب است (شکل ۵B). این رخساره معادل با RMF30 از رخساره‌های استاندارد در نوشته Flügel (2010) است.

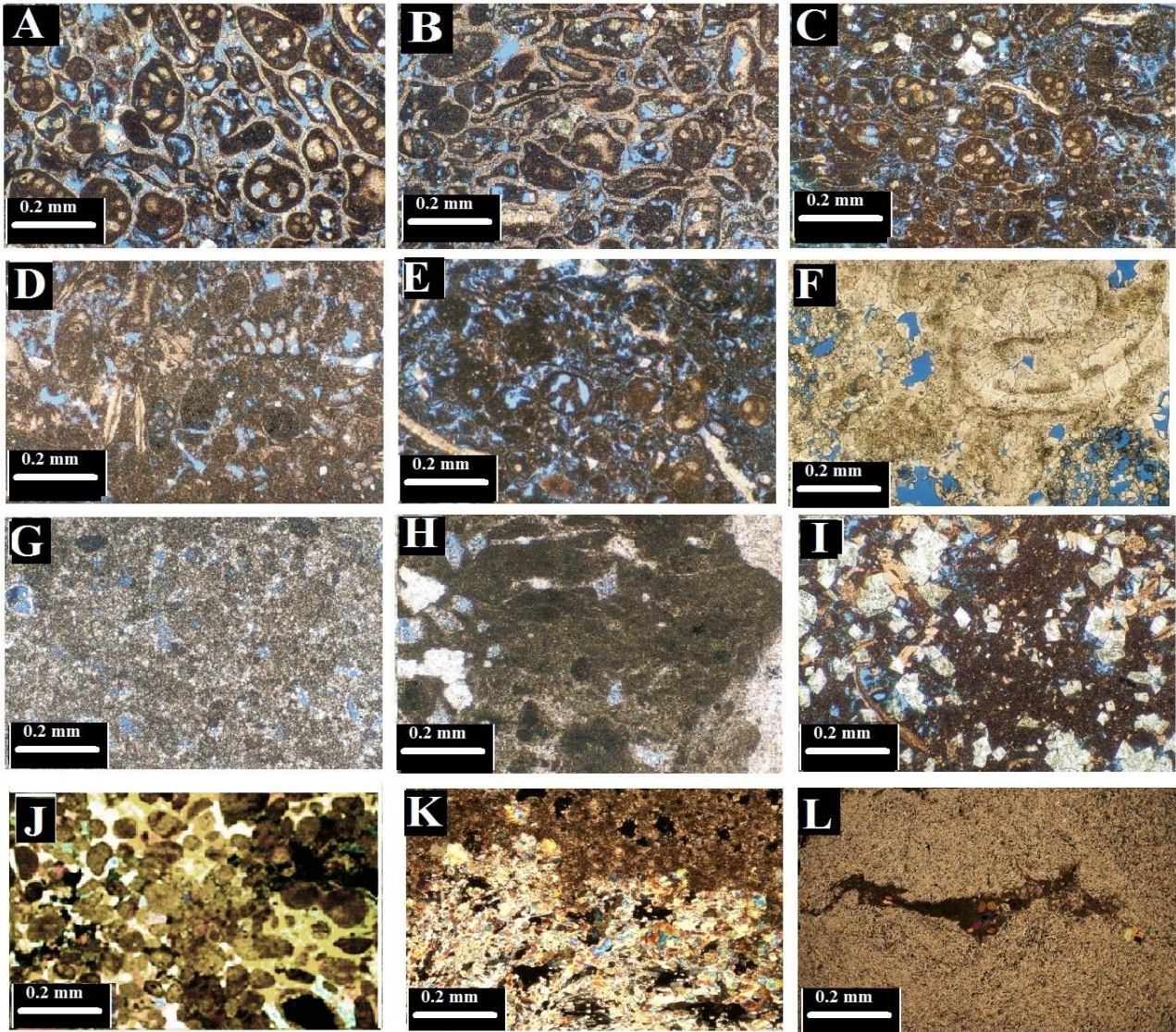
تفسیر کمر بند رخساره پشته سدی: این مجموعه رخساره‌ای به دلیل جورشدگی و در برخی موارد گردشگی بالای ذرات و نیز وجود ذرات درشت اسکلتی و نبود و یا وجود کمتر گل‌های آهکی در پشته سدی و در شرایط انرژی نسبتاً بالا و در بالای خط اثر امواج معمولی تشکیل شده است (Flügel, 2010).

مجموعه رخساره‌ای لاگون

در مغزه‌های این مجموعه ساخت لامیناسیون مشاهده می‌شود. این مجموعه از سه ریزرخساره تشکیل شده است که به ترتیب عبارتند از:

۳- ریزرخساره پکستون بایوکلاستی پلوئیدی (Mf3)

اجزای این رخساره شامل پلوئید، روزن‌داران کفزی کوچک، خرده‌های مرجانی، بایوکلاست و ماتریکس



شکل ۵: نمایش ریزرخساره‌های بخش عرب در میدان نفتی بلال: (A) رخساره گریستون بایوکلاستی پلوئیدی؛ (B) رخساره گریستون تا پکستون بایوکلاستی پلوئیدی؛ (C) رخساره پکستون بایوکلاستی پلوئیدی؛ (D) رخساره وکستون بایوکلاست‌دار؛ (E) رخساره وکستون تا پکستون بایوکلاست‌دار؛ (F) دولواستروماتولیت باندستونی؛ (G) رخساره پکستون دولومیتی با بافت فنسترال؛ (H) رخساره مادستون دولومیتی یا دولومادستون؛ (I) رخساره وکستون دولومیتی تا دولومیکرایت؛ (J) رخساره دولوگریستون اینتراکلاستی؛ (K) رخساره دولوستون انیدریتی؛ (L) رخساره انیدریتی.

مجموعه رخساره‌ای پهنه میان کشندی

در مغزه‌های این مجموعه ساخت کوچک مقیاس مورب مسطح و بایوتوریشن با فراوانی نسبتاً بالا مشاهده می‌شود. این مجموعه رخساره‌ای از دو ریزرخساره تشکیل شده است که عبارتند از:

۶- ریزرخساره دولواستروماتولیت باندستونی (Mf 6)

این رخساره دارای ترکیب دولومیتی بوده و لامینه‌های نامنظم با ظاهری تیره رنگ که نشان دهنده وجود مواد آلی

در این رخساره است، از ویژگی‌های آن است. علاوه بر این، فابریک چشم پرنده‌ای نیز از دیگر ویژگی‌های این ریزرخساره می‌باشد (شکل ۵F). این ریزرخساره معادل با RMF22 از رخساره‌های استاندارد در نوشته Flügel (2010) است.

۷- ریزرخساره پکستون دولومیتی با بافت فنسترال (Mf 7)

از دیگر ریزرخساره‌های شناسایی شده در این کمر بند رسوبی پکستون دولومیتی با بافت فنسترال است. در این

تفسیر کمربند رخساره فراکشندی: ریزرخساره دولوستون انیدریتی نشان دهنده شرایط گرم و خشک و فراکشندی است. هنگامی که میزان تبخیر از میزان بارش بیشتر باشد، به دلیل ایجاد شرایط فوق اشباع، محلول‌های غنی از سولفات تشکیل می‌شود (Lucia, 2007). ریزرخساره انیدریتی با بافت قفس مرغی معرف نهشته‌های فراکشندی و سبخای ساحلی است (Alsharhan & Kandal, 2003). این احتمال وجود دارد که با افزایش میزان تبخیر، مقدار منیزیم از کلسیم بیشتر شده و دولومادستون تشکیل می‌شود (Warren, 2000). دولومیت‌های میکرایتی شده در این مجموعه نشان‌دهنده محیط رسوب‌گذاری با انرژی بالا مانند نواحی بالای پهنه کشندی هستند (Flügel, 2010). حضور اینتراکلاست در ریزرخساره دولوگرینستون اینتراکلاستی نشان از تشکیل آن تحت تأثیر عملکرد امواج و پهنه فراکشندی است (Tucker, 2001). فقدان فسیل نیز نشان از نبود شرایط مساعد جهت زیست موجودات زنده و همچنین چرخش محدود آب و حاکی از نهشته شدن در پهنه فراکشندی است (Berbier et al., 2012).

مدل رسوبی

بر اساس قانون والتر و همچنین مقایسه بخش مورد مطالعه با محیط‌های عهد حاضر و دیرینه (برای مثال: Read, 1985; Einsele, 1986; Tucker & Wright, 1990; Reading, 2000)، مدل رسوبی بخش عرب شناسایی و ارائه گردید. تغییرات تدریجی رخساره‌ها در توالی رخساره‌ای، نبود رسوبات ناشی از تغییرات ناگهانی شیب محیط رسوبی و نیز نبود رخساره‌های رینی که بیانگر حضور سد حاشیه‌ای بر روی پلاتفرم می‌باشند و در نهایت مقایسه این سازند در برش‌ها یا چاه‌های مختلف خلیج فارس با یکدیگر، حاکی از

پلوئید، بایو کلاست‌ها و سوزن اسفنج است. قالب‌های بایو کلاستی نیز در این ریزرخساره مشاهده می‌شود (شکل ۵I). این ریزرخساره معادل با RMF10 از رخساره‌های استاندارد در نوشته Flügel (2010) است.

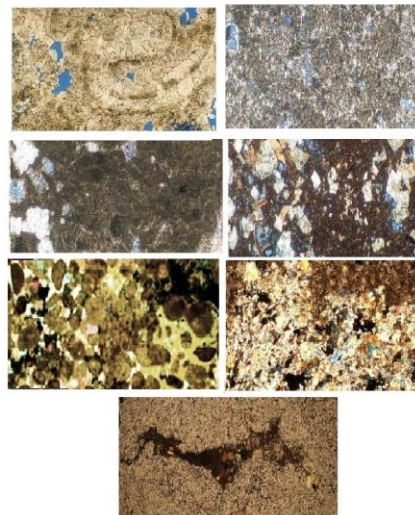
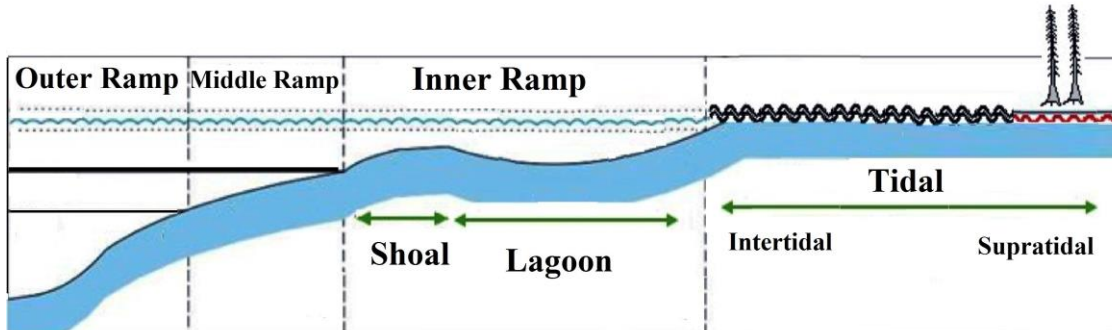
۱۰- ریزرخساره دولوگرینستون اینتراکلاستی (Mf 10)
در این ریزرخساره آلوکم غالب اینتراکلاست است. فراوانی اینتراکلاست‌ها بین ۱۰ تا ۲۰ درصد و اندازه متوسط آنها بین ۰/۱۵ تا ۰/۲۷ میلی متر متغیر است. اینتراکلاست‌های موجود نیمه گرد شده تا نسبتاً گرد شده هستند و از جورشدگی نسبتاً خوبی برخوردارند. از دیگر آلوکم‌های سازنده این ریزرخساره می‌توان به پلوئید و برخی خرده‌های بایو کلاستی اشاره کرد (شکل ۵J). این ریزرخساره معادل با RMF12 از رخساره‌های استاندارد در نوشته Flügel (2010) است.

۱۱- ریزرخساره دولوستون انیدریتی (دولومیت با نودول انیدریتی) (Mf 11)
اجزای اصلی این ریزرخساره دولومیت‌های ریزدانه و انیدریت با فراوانی یکسان است. سیمان انیدریتی به وفور در این ریزرخساره یافت می‌شود. زمانی که میزان سیمان انیدریتی خیلی بالا باشد، به جای دولومیت از واژه دولوستون برای ریزرخساره استفاده می‌شود (شکل ۵K). این ریزرخساره معادل با ریزرخساره RMF25 از رخساره‌های استاندارد در نوشته Flügel (2010) است.

۱۲- ریزرخساره انیدریتی (Mf 12)
آلوکم اصلی این ریزرخساره انیدریت است. دولومیت در این ریزرخساره وجود ندارد و یا به میزان کمی مشاهده می‌شود. انیدریت‌هایی که همزمان با رسوب‌گذاری تشکیل شده‌اند، نشان‌دهنده بافت قفس مرغی هستند (شکل ۵L). این ریزرخساره معادل با رخساره RMF25 از رخساره‌های استاندارد در نوشته Flügel (2010) است.

گرفت. به طور کلی از ابتدا به سمت انتهای توالی با توجه به تبدیل سنگ آهک به دولومیت و انیدریت و نهشته‌های تبخیری از میزان عمق محیط کاسته شده است.

نهشته شدن بخش عرب در یک رمپ کریناته با عمق کم می‌باشد (شکل ۶ و ۷). همچنین بر اساس تقسیم بندی Read (1982-1985) می‌توان این رمپ را از نوع هموکلینال در نظر



شکل ۷: مدل رسوبی پیشنهادی بخش عرب در میدان نفتی بلال

مطالعه قرار داده و پنج ناپیوستگی را در قاعده و رأس سازند سورمه، رأس انیدریت هیث، رأس سازند فهلیان و رأس سازند داریان شناسایی نموده است. بخش پایانی توالی ژوراسیک در حوضه خلیج فارس به خصوص سازند عرب با وجود مخازن عظیم هیدروکربنی اهمیت زیادی دارد. به همین خاطر، از جنبه‌های گوناگون از جمله چینه نگاری سکانسی مورد توجه و مطالعه قرار گرفته است. به عنوان مثال Sharland *et al.* (2001) سازند عرب را در نواحی مختلف پلاتفرم عربی مورد مطالعه قرار داده و بخش‌های A تا D آن را به صورت چهار سکانس رسوبی رده سوم (J70 تا J100) تعریف کرده‌اند. با این حال، تعمیم این

چینه نگاری سکانسی

چینه نگاری سکانسی ابزاری است که ارتباط بین توالی‌های رسوبی و مرزهای سکانسی را امکان پذیر می‌کند (Catuneanu, 2014; Kelechi *et al.*, 2016). در این مطالعه سکانس‌های رسوبی بر اساس روش VanWagoner (1988-1990) *et al.* مشخص و تفکیک شده‌اند (شکل ۸). Wells (1965) لیتوفاسیس و زمین شناسی تاریخی گروه خامی (شامل سازندهای سورمه، هیث، فهلیان، گدون و داریان) را مورد مطالعه قرار داده و آن را به پنج چرخه رسوبی عمده تقسیم کرده است. Kheradpir (1975) چینه نگاری گروه خامی را در جنوب غرب ایران مورد

تغییرات سطح آب دریای بخش عرب در زمان رسوب گذاری با منحنی تغییرات سطح آب دریای جهانی (Haq *et al.*, 1987) تا حدود زیادی مطابقت می کند که این نشان از یکسان بودن شرایط رسوب گذاری آنها است (شکل ۸). لازم به ذکر است که حضور چشمگیر تبخیری ها در سازندهای عرب، هیث و گوتنیا بیانگر آب و هوای گرم و خشک اواخر ژوراسیک پسین در خاورمیانه است.

نتیجه گیری

به طور کلی بخش بالایی سازند سورمه (بخش عرب) یک توالی کربناته - تبخیری و نسبتاً کم عمق است که در میدان نفتی بلال در بخش دور از ساحل خلیج فارس نهشته شده است. بر اساس مطالعات فسیل شناسی صورت گرفته، بخش بالایی سازند سورمه (بخش عرب) در میدان مورد مطالعه، در ژوراسیک پسین و در کیمریجین تا تیتونین نهشته شده است. آنالیز رخساره ها نشان می دهد که بخش عرب در چهار کمربند رسوبی به ترتیب شامل پشته سدی، لاگون، پهنه میان کشندی و پهنه فراکشندی متعلق به رمپ هموکلینال با عمق کم نهشته شده است. از ابتدا به سمت انتهای توالی با توجه به تبدیل سنگ آهک به دولومیت و انیدریت و نهشته های تبخیری از میزان عمق تشکیل آن کاسته شده است. بر اساس مطالعات چینه نگاری سکانسی، بخش عرب که آخرین سکانس رسوبی سازند سورمه است، از یک سکانس رسوبی رده سوم شکل گرفته است. همچنین این توالی نشان دهنده شرایط آب و هوایی گرم و خشک در اواخر ژوراسیک پسین در این حوضه است.

سپاس گذاری

نویسندگان مقاله از پژوهشگاه صنعت نفت مرکز اهواز و شرکت نفت فلات قاره برای حمایت های ویژه از این طرح قدردانی می نمایند.

همچنین در سطح بیشینه غرق شدگی جایی که اکسیژن و کربنات کلسیم محلول در آب به حداقل می رسد، روزن داران کفزی با پوسته کلسیتی نیز به کمترین مقدار رسیده و یا غایب هستند (Nagy *et al.*, 2001). در این سطح اجتماعات فسیلی متنوع و فراوان حضور دارند (شکل ۸) (Brett, 1995; Emery & Myers, 1996).

در انتهای تیتونین و در انتهای این سکانس رسوبی با تبدیل سنگ آهک ها به دولومیت و انیدریت و به طور کلی تبدیل ریزرخساره های لاگونی و پشته سدی به ریزرخساره های کمربند بالا و میان کشندی از قبیل دولواستروماتولیت باندستونی و دولوستون انیدریتی شرایط به گونه ای بوده که نرخ تولید رسوب به تدریج از فضای رسوب گذاری بیشتر شده است و بنابراین در این بخش از سکانس پس روی سطح آب دریا صورت گرفته است. در چنین شرایطی، با وجود بالا بودن و ثبات نسبی سطح آب دریاها، تنها تناوبی از ریزرخساره های کم عمق ساخته شده در تالاب ها و پهنه های کشندی حضور دارند. همچنین در این بخش از سکانس رفته رفته از میزان API کاسته شده است که این خود نشان دیگری از پس روی سطح آب دریا است. از طرفی، این قسمت از سکانس فاقد هر گونه فسیلی است که این امر گویای نامساعد بودن شرایط و چرخش محدود آب و در نتیجه نهشته شدن این بخش از سکانس در دسته ریزرخساره پس روی است. مرز زیرین این سکانس رسوبی، با توجه به واقع شدن بخش عرب به صورت پیوسته بر روی سازند دارب و نبود شواهد فرسایشی از نوع SB2 و مرز بالایی آن با توجه به قرار گرفتن در زیر تبخیری های سازند هیث و شواهد خروج از آب از نوع SB1 است. همچنین مرز زیرین این سکانس رسوبی با توجه به شواهد پیش روی Ts است (شکل ۸).

منابع

آق‌آباتی، ع.، ۱۳۸۵. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.

- Al-Husseini, M.I., 2008. Launch of the Middle East geologic time scale. *GeoArabia*, 13 (4): 185-188.
- Alsharhan, A.S., & Kendall, C.G.S.T.C., 2003. Holocene coastal carbonates and evaporites of the southern Arabian Gulf and their ancient analogues. *Earth Science Review*, 61: 191-243
- Al-Silwadi, M.S., Kirkham, A., Simmons, M.D., & Twombly, B.N., 1996. New insights into regional correlation and sedimentology, Arab Formation (Upper Jurassic), offshore Abu Dhabi. *GeoArabi*, 1 (1): 6-27.
- Berbier, M., Hamon, Y., Callot, J.P., Floquet, M., Daniel, J.M., & Daniel, J.M., 2012. Sedimentary and diagenetic controls on the multiscale fracturing pattern of a carbonate reservoir, The Madison Formation (Sheep Mountain, Wyoming, USA). *Marine and Petroleum Geology*, 29: 50-67.
- Boudagher-Fadel, M.K., 2008. Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera. First edition, *Palaeontology and Stratigraphy*, 571p.
- Brett, C.E., 1995. Sequence stratigraphy, biostratigraphy and taphonomy in shallow marine environments. *Palaaios*, 10: 597-616.
- Catuneanu, O., 2014. International subcommission on stratigraphic classification: Guidelines for sequence stratigraphy. *Serach and Discovery Article, (Vision) Calgary TELUS convention centre & ERCB core research centre*, Calgary, AB, Canada, 10p.
- Chiocchini, M., Chiocchini, R.A., Didaskalou, P., & Potetti, M., 2008. Micropaleontological and biostratigraphical researches on the Mesozoic of the Latium-Abruzzi carbonate platform (Central Italy). *Memorie descrittive della, Carta Geologica D'Italia*, 6: 65-75.
- Dickson, J.A.D., 1965. A modified staining technique for carbonates in thin section. *Nature*, 205, 587p.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.H., (ed.), *Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 1: 108-121.
- Emery, D., & Myers, K., 1996. *Sequence Stratigraphy*. Blackwells, Oxford, UK, 297p.
- Einsele, G., 2000. *Sedimentary basin evolution, facies and sediment budget*, Second edition. Springer-Verlag, 292p.
- Embry, A.F., & Klovan, E.J., 1972. Absolute water depth limits of the Devonian paleoecological zones. *Geology Rundschau*, 61: 672-686.
- Flügel, E., 2010. *Micropaleontology of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 984p.
- Galazzo, F.B., Thomas, E., & Giusberti, L., 2015. Benthic foraminiferal response to the Middle Eocene Climatic Optimum (MECO) in the South-Eastern Atlantic (ODP Site 1263), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 417: 432-444.
- Hughes, G.W., 1996. A new bioevent stratigraphy of late Jurassic Arab-D carbonates of Saudia Arabia. *GeoArabia*, 1 (3): 417-434.
- Hughes, G.W., 2003. Middle to late Jurassic Biofacies of Saudia Arabia. *Rivista Italiana di Paleontologia Stratigrafia*, 10 (1): 173-179.
- Hughes, G.W., 2018. A new thin-section based micropaleontological biozonation for Saudia Arabia Jurassic carbonates. *Micropaleontology*, 64 (5-6): 331-364.
- Haq, B.U., Hardenbol, J., & Vail, P.R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.S.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A., Van Wagoner, J.C. (eds.), *Sea-level Changes: an Integrated Approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, 42:71-108.
- James, G.A., & Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area, *American Association Petroleum Geologists Bulletin*, 49 (12): 2182-2245.
- Kelechi, A.I., Beka, F.T., & Adiela, U.P., 2016. Sequence stratigraphy and reservoir characterisation; Case study of field X, Niger delta. *International Journal of Science Inventions*, 5 (3): 215-225.
- Kheradpir, A., 1975. Stratigraphy of Khami Group in Southwest Iran. *Iranian Offshore Oil Company*, 1235: 388-402. (Unpublished)

- Loeblich, A.R., & Tappan, H; 1988a. Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand, New York, 970 p.
- Loeblich, A.R., & Tappan, H; 1988b. Foraminiferal genera and their classification (Plates). Van Nostrand, New York, 212p.
- Lucia, F.J., 2007. Carbonate reservoir characterization, an integrated approach. *Springer*, Berlin, New York, p xii, 336p.
- Nagy, J., Finstad, E.K., Dypvik, H., Bremer, & M.G.A., 2001. Response of foraminiferal facies to trasgressive-regressive cycles in the Callovian of northeast Scotland. *Journal of Foraminiferal Research*, 3: 324-349.
- Read, J.F., 1982. Carbonate platforms of passive (extentional) continental margins type, characteristics and evolution. *Tectonophysics*, 81: 195-211.
- Read, J.F., 1985. Carbonate platform facies models. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 69: 1-21.
- Reading, H.G., 1996. Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. *Wiley-Blackwell*, 688p.
- Riding, R., 2006. Microbial carbonate abundance compared with fluctuations in metazoan diversity over geological time. *Sedimentary Geology*, 185: 229-238.
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D.M., Davies, R.B., Hall, S.H., Heward, H.P., Horbory, A.D., & Simons, M.D., 2001. Arabian plate sequence stratigraphy, Gulf Petrolink, Bahrain. *GeoArabia*, 370p.
- Tucker, M.E., 2001. Sedimentary petrology, Third edition. *Blackwell*, Oxford, 260p.
- Tucker, M.E., & Wright, V.P., 1990. Carbonate Sedimentology. *Blackwell Science*, Oxford, 492 p.
- Van Wagoner, J.C., Mitchum, R.M.Jr., & Campion, K.M., Rahmanian, V.D; 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, core and outcrops, concepts for high-resolution correlation of time and facies. *American Association of Petroleum Geologists, Methods in Exploration Series*, 7: 1-55.
- Van-Wagoner, J.C., W., Posamentier, Mitchum, H. R.M.Jr., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S., & Hardenbol, J., 1988. An Overview of the Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definitions. *In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Posamentier, H., Van Wagoner, J., Ross, Ch.A., & Kendall, Ch.G.St.C. (eds.), Sea Level Changes: An Integrated Approach. SEPM Special Publication*, 42: 39-45.
- Warren, J.K., 2006. Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons. *Springer-Verlag*, 1036p.
- Warren, J., 2000. Dolomite, occurrence, evolution and economically important associations. *Earth Science Reviews*, 52: 1-81.
- Wells, A.J., 1965. Lithofacies and geological history of Khami Group in South West of Iran. *Iranian Offshore Oil Company*, Report No. 1082 (Unpublished).

Biostratigraphy, depositional environment and sequence stratigraphy of Arab Member in the middle part of Persian Gulf

Ghalandari, Z.¹, Vahidinia, M.^{1*}, Moussavi-Harami, S.R.¹

- 1- Ph.D. student in Stratigraphy & Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
- 2- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
- 3- Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

* Email: vahidinia@um.ac.ir

Introduction

The Arab Member (upper part of Surmeh Formation) in the Balal oil field in the middle part of the Persian Gulf is 130 meters thickness. It consists of thin to medium grain limestone, thin to medium crystal dolomite, and anhydrite. It is equivalent to the Arab Formation of Saudi Arabia, Bahrain, Qatar, and the United Arab Emirates (Al-Husseini, 2008).

Materials and Methods

A total of 200 rock samples were selected for analysis. Thin-sections were prepared at the Ferdowsi University of Mashhad and the Iranian Offshore Oil Company. The preservation of the microfossils is good, and identification follows Loeblich & Tappan (1988), Boudagher-Fadel (2008), Chiocchini (2008), and Hughes (2018), and they were stained with Alizarin Red-S solution using the Dickson (1965) method to distinguish calcite from dolomite. According to Dunham (1962) and Embry & Klovan (1971), the carbonate microfacies were classified. Skeletal and non-skeletal grain identification follow Flügel (2010). Parasequences of the Arab Member were recognized according to the sedimentary cycles and their relative sea-level equivalents (Haq et al., 1988; Van Wagoner et al., 1988-1990).

Discussion

This research aims to determine the age of the studied member, microfacies, and sequence stratigraphy of the upper Surmeh Formation in Balal oil field in the Persian Gulf. The investigation of benthic foraminifera and green algae is led to the identification of 12 species belonging to 12 genera of benthic Foraminifera and 2 species 2 genera of Algae. Based on the index taxa, two biozones are distinguished within the Arab Member: *Kurnubia jurassica* Interval Zone and *Clypeina jurassica* Range Zone, which indicate the Kimmeridgian-Tithonian age for the Arab Member in this part of the Persian Gulf Basin. Petrographic investigations is led to the identification of 12 microfacies (Mf1-Mf12). These microfacies are grouped into four facies associations that are assigned to four depositional environments (supratidal, intertidal, lagoon, and shoal) sited on the inner part of a homoclinal carbonate ramp. Facies analysis was carried out mainly by using the standard facies model for ramps by Flügel (2010). One third-order sequence can be substantiated in this study. It should be noted that the lagoonal facies are considered to represent the maximum flooding surfaces (MFS) for depositional sequence due to the lack of other deeper facies. In addition, sequence boundaries are indicated based on a combination of methods, including core observations, microfacies analyses, and the presence of evaporite minerals along with gamma-ray logs. By sequence, stratigraphic analysis one third-order sequence was recognized in the studied member that consists of transgressive systems tract (TST) and highstand systems tract (HST).

Conclusion

Based on the determined biozones (*Kurnubia jurassica* Interval Zone and *Clypeina jurassica* Range Zone), the age of the studied succession is Kimmeridgian-Tithonian. Petrographic investigations are led to the identification of 12 microfacies. According to Walter's law and facies evidence, the Arab Member sited on the inner part of a homoclinal carbonate ramp. The Arab Member deposited in one depositional sequence

based on seismic data, facies changes, and benthic foraminifera; One third-order sequence consists of transgressive systems tract (TST) and highstand systems tract (HST).

Keywords: Arab Member; Jurassic; Benthic foraminifera; depositional environment; sequence stratigraphy; Persian Gulf.

Acknowledgment

Authors acknowledge the Research Institute of Petroleum Industry-Ahvaz Center & Iranian offshore Oil for their exceptional support of this project.

References

- Al-Husseini, M.I., 2008. Launch of the Middle East geologic time scale. *GeoArabia*, 13 (4): 185-188.
- Boudagher-Fadel, M.K., 2008. Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera. First edition, *Palaeontology and Stratigraphy*, 571p.
- Chiocchini, M., Chiocchini, R.A., Didaskalou, P., & Potetti, M., 2008. Micropaleontological and biostratigraphical researches on the Mesozoic of the Latium-Abruzzi carbonate platform (Central Italy). *Memorie descrittive della, Carta Geologica D'Italia*, 6: 65-75.
- Dickson, J.A.D., 1965. A modified staining technique for carbonates in thin section. *Nature*, 205, 587p.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.H., (ed.), Classification of carbonate rocks. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 1: 108-121.
- Embry, A.F., & Klovan, E.J., 1972. Absolute water depth limits of the Devonian paleoecological zones. *Geology Rundschau*, 61: 672-686.
- Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 984p.
- Haq, B.U., Hardenbol, J., & Vail, P.R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.S.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A., Van Wagoner, J.C. (eds.), *Sea-level Changes: an Integrated Approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, 42:71-108.
- Hughes, G.W., 2018. A new thin-section based micropaleontological biozonation for Saudia Arabia Jurassic carbonates. *Micropaleontology*, 64 (5-6): 331-364.
- Loeblich, A.R., & Tappan, H; 1988b. Foraminiferal genera and their classification (Plates). Van Nostrand, New York, 212p.
- Van Wagoner, J.C., Mitchum, R.M.Jr., & Campion, K.M., Rahmanian, V.D; 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, core and outcrops, concepts for high-resolution correlation of time and facies. *American Association of Petroleum Geologists, Methods in Exploration Series*, 7: 1-55.
- Van-Wagoner, J.C., W., Posamentier, Mitchum, H. R.M.Jr., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S., & Hardenbol, J., 1988. An Overview of the Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definitions. In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Posamentier, H., Van Wagoner, J., Ross, Ch.A., & Kendall, Ch.G.St.C. (eds.), *Sea Level Changes: An Integrated Approach. SEPM Special Publication*, 42: 39-45.