

تاریخچه نهشت و پسانهشت و اثرات آن‌ها بر کیفیت مخزنی سازند آسماری در میدان نفتی اهواز

اکبر حیدری^(۱)، میلاد فرجی^(۲) و نرگس شگری^(۳)

۱. استادیار گروه زمین‌شناسی نفت و حوضه‌های رسوبی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی نفت، گروه زمین‌شناسی نفت و حوضه‌های رسوبی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳. استادیار گروه زمین‌شناسی نفت و حوضه‌های رسوبی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۱

چکیده

توالی‌های کربناته سازند آسماری همراه با نهشته‌هایی از ماسه‌سنگ در اغلب نواحی حوضه رسوبی زاگرس از جمله ناحیه اهواز در بازه زمانی الیگو-میوسن ته‌نشین شده‌اند. در این مطالعه اثرات محیط‌های رسوب‌گذاری و پس از رسوب‌گذاری بر کیفیت مخزنی زون A7 سازند آسماری در چاه شماره ۴ میدان نفتی اهواز مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعه توالی‌های سازند آسماری در این برش منجر به شناسایی تعداد ۱۱ رخساره کربناته، یک رخساره تبخیری، یک رخساره آمیخته کربناته-آواری و یک رخساره سیلیسی آواری شد. محیط‌های رسوبی پهنه جزر و مدی، لاگونی، ریف مرجانی و دریای باز برای ته‌نشینی رخساره‌های شناسایی شده معرفی شده است. با توجه به نبود تغییرات ناگهانی، به نظر می‌رسد نهشته‌های مورد مطالعه در یک پلتفرم کربناته نوع رمپ ته‌نشین شده‌اند که تحت اثر ورود رسوبات سیلیسی-آواری از سیستم‌های رودخانه‌ای زاگرس بوده است. همچنین از فرایندهای دیاژنتیکی که توالی‌های مورد بررسی را تحت تأثیر قرار داده‌اند می‌توان به میکرایتی‌شدن، سیمانی‌شدن، نئومورفیزم افزایشی، تراکم فیزیکی و شیمیایی، انحلال، شکستگی و پرشدگی، دولومیتی‌شدن و انیدریتی‌شدن اشاره کرد که در محیط‌های پارسوبی دریایی، متئوریک و تدفینی رخ داده‌اند. بسیاری از شکستگی‌ها توسط مواد نفتی پر شده‌اند که نشان‌دهنده این موضوع است که شکستگی‌ها در کنار دولومیتی‌شدن، تراکم شیمیایی و روزه‌های فنسترال از مهم‌ترین عارضه‌های پارسوبی جهت افزایش کیفیت مخزن هستند. درحالی‌که سیمانی‌شدن و انیدریتی‌شدن با بستن فضاها در کاهش کیفیت مخزن اثرگذار بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: چینه‌نگاری سکansı، دیاژنز، سازند آسماری، رخساره رسوبی، محیط رسوبی، مخزن.

مقدمه

تشکیل شده است. این توالی‌ها از پایین به بالا به پنج سازند پابده، آسماری، گچساران، آغاچاری و بختیاری تقسیم شده است (شکل ۱). یکی از سیستم‌های اصلی و بزرگ هیدروکربنی حوضه رسوبی زاگرس در این توالی تشکیل

توالی‌های سنوزوئیک حوضه رسوب زاگرس در نواحی میانی فروافتادگی دزفول به‌طور عمده از سنگ‌های شیل و مارن، سنگ‌آهک، ماسه‌سنگی، تبخیری و کنگلومرایی

* نویسنده مرتبط: A.Heidari@SCU.ac.ir

سازند شهبازان است و در منطقه فارس این مرز با سازند جهرم تغییر یافته است. همچنین در برخی نواحی نظیر جنوب شرق حوضه رسوبی زاگرس، مرز بالایی سازند با توالی‌های شیل، ماسه‌سنگ و تبخیری سازند رازک است. کربنات‌های ته‌نشین شده در محیط‌های دریایی کم‌عمق سازند آسماری، یکی از مهم‌ترین توالی‌های مخزنی جنوب‌غرب ایران محسوب می‌شوند (Sadeghi et al., 2018) (شکل ۱). بسیاری از تاقدیس‌های سازند آسماری، تله‌های نفتی مناسبی را برای ذخیره هیدروکربن در کوه‌های زاگرس ایجاد کرده‌اند (Rahmani et al., 2012). سازند آسماری در برش الگو متشکل از ۳۰۰ متر سنگ‌آهک و دولومیت با میان لایه‌هایی از شیل و ماسه‌سنگ است (مطیعی، ۱۳۷۳). ته‌نشینی رسوبات کربناته‌ی سازند آسماری از الیگوسن (اشکوب راپلین) آغاز شده و تا بازه زمانی میوسن (اشکوب بوردیگالین) ادامه یافته است (Sadeghi et al., 2018). سازند آسماری در زون فروافتادگی دزفول از رخساره‌های رسوبی مختلفی تشکیل شده است. این باعث شده که خصوصیات مخزنی در مناطق مختلف حوضه زاگرس متفاوت از هم باشد (Van Buchem et al., 2010).

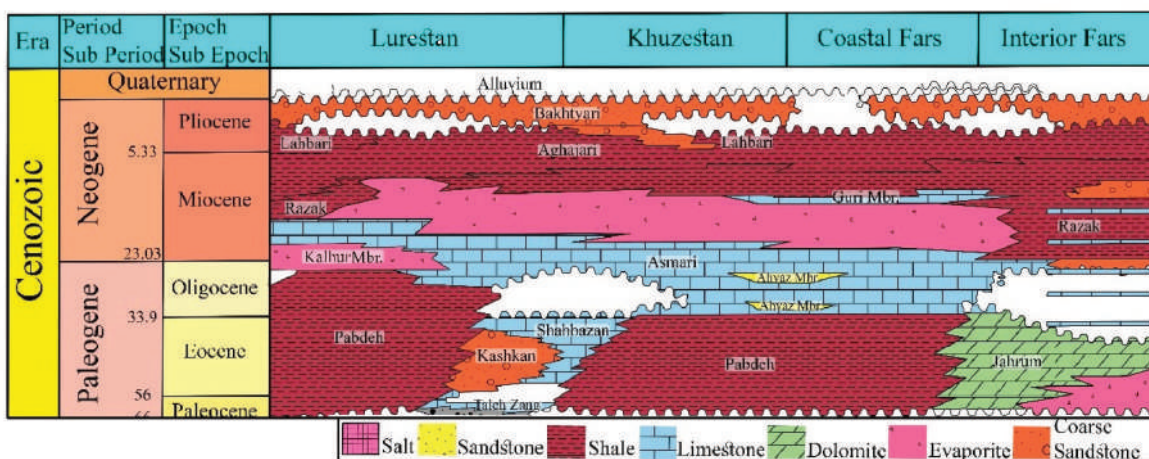
روش مطالعه

در این مطالعه بخش A۷ از سازند آسماری در چاه شماره ۸ میدان نفتی اهواز مورد مطالعه قرار گرفته است. میدان نفتی اهواز در موقعیت عرض جغرافیایی $31^{\circ}19'13''$ و طول جغرافیایی $48^{\circ}40'09''$ و جنوب غربی ایران در کنار شهر اهواز قرار گرفته است (شکل ۲). هدف این مقاله ارزیابی اثرات پارامترهای رسوب‌گذاری و پس از رسوب‌گذاری بر خصوصیات مخزنی سازند آسماری در میدان مورد بررسی است. برش مورد بررسی متشکل از سنگ‌آهک، دولومیت، ماسه‌سنگ و انیدریت است (شکل ۳). برای رسیدن به این هدف تعداد ۴۵ مقطع نازک از خرده‌های حفاری و مغزه‌های تهیه شده از سازند آسماری مورد مطالعه قرار گرفته است. بررسی رخساره‌های رسوبی با کمک روش دانهام (۱۹۶۲) و امبری و کلووان انجام شده و دسته‌بندی آن‌ها به کمک روش‌های ویلسون (۱۹۷۵) و فلوگل (۲۰۱۰) انجام شده است. برخی

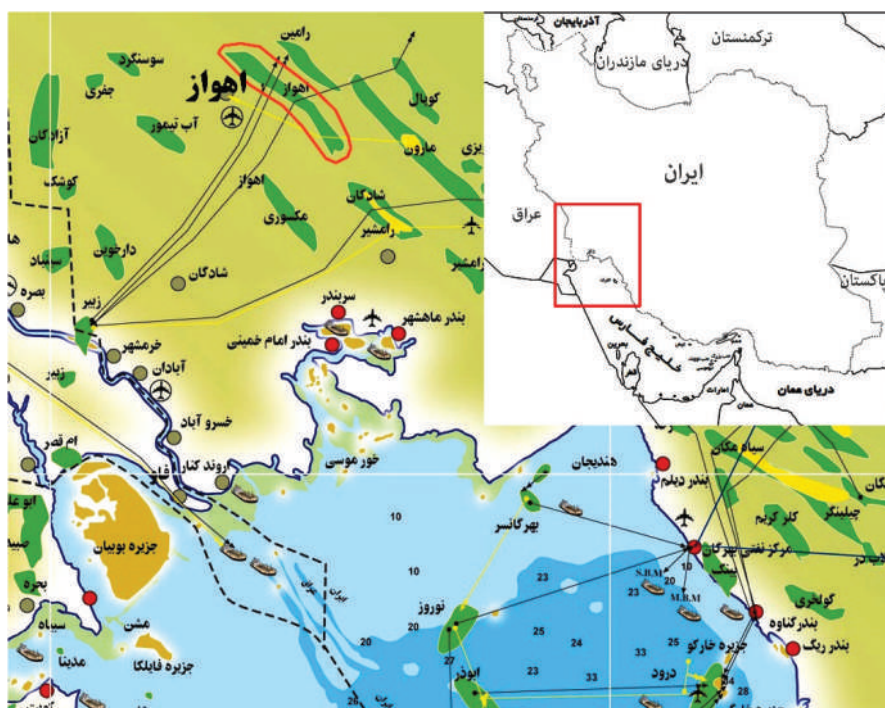
شده است که دارای اهمیت اقتصادی بسیار چشمگیری می‌باشد. سنگ مخزن این توالی سازند آسماری است که در بسیاری موارد با سن الیگوسن-میوسن دیده می‌شود. سازند آسماری در برخی نواحی از جمله پهنه‌های جنوبی‌تر فروافتادگی دزفول شامل یک عضو ماسه‌سنگی به نام اهواز است. مخزن آسماری در میدان نفتی اهواز یکی از بزرگ‌ترین مخازن نفتی کشور و حتی جهان محسوب می‌شود. به سبب حضور افق‌های حاوی هیدروکربن در توالی‌های الیگو-میوسن در فروافتادگی دزفول شکل ۲، مطالعات زیادی بر روی خصوصیات رخساره‌ای، محیط‌های رسوبی و دیاژنز آن‌ها انجام شده است (برای مثال مرادی و همکاران، ۱۳۹۵؛ نوروزی و همکاران، ۱۳۹۳؛ کاک‌مم و صادقی، ۱۳۹۳؛ Mehrabi et al., 2023; Khalili et al., 2021; Gharechelou et al., 2020; Honarmand and Amini, 2006; Vaziri-Moghaddam et al., 2012). در این مطالعه تلاش شده است تا با استفاده از داده‌های رخساره‌ای و دیاژنتیک خصوصیات مخزنی سازند آسماری مورد ارزیابی قرار گیرد. در این راستا رخساره‌های کربناته، تبخیری و سیلیسی آواری بررسی شده و محیط رسوبی قدیمه بازسازی شده است. همچنین با استفاده از داده‌های رخساره‌ای تلاش شده است که تغییرات سطح آب دریا به صورت تعیین دسته رخساره و منحنی سطح آب دریا رسم شود.

زمین‌شناسی

در بسیاری از نواحی حوضه‌ی رسوبی زاگرس از جمله اهواز، سازند آسماری به سن راپلین-بوردیگالین ته‌نشین شده است (Van Buchem et al., 2010; Laurson et al., 2009; Adams and Bourgeois, 1967; James and Wynd, 1965). سازند آسماری در اغلب نواحی حوضه‌ی رسوبی زاگرس بر روی نهشته‌های شیلی سازند پابده و در زیر نهشته‌های تبخیری سازند گچساران ته‌نشین شده است (شکل ۱). البته باید به این نکته اشاره نمود که در ناحیه لرستان این سازند بر روی توالی‌های سیلیسی آواری سازند کشکان ته‌نشین شده است (حیدری، ۱۴۰۱). مرز زیرین سازند برخی مناطق حوضه رسوبی زاگرس نظیر مناطقی از لرستان با



شکل ۱. ستون چینه‌شناسی حوضه رسوبی زاگرس، در بخش میانی آن سازند آسماری با رنگ آبی مشخص است



شکل ۲. نقشه میدان‌های نفتی جنوب غرب ایران، در آن موقعیت میدان نفتی اهواز با خط قرمز مشخص شده است

مرجانی، نومولیت فلوتستون و بایوکلیست فلوتستون شد. همچنین تعداد یک رخساره‌ی آمیخته‌ی کربناته-آواری و یک رخساره‌ی سیلیسی آواری و یک رخساره تبخیری مورد شناسایی قرار گرفت. در زیر به شرح هر یک از رخساره‌ها پرداخته شده است.

رخساره‌های آواری

رخساره ماسه‌سنگ (S): مقدار کربنات در برخی از رخساره‌ها به کمتر از ۲۰ درصد و در حد پرکننده بین

از مقاطع جهت تفکیک کلسیت و دولومیت توسط محلول آلیزارین قرمز به روش دیکسون (۱۹۶۵) رنگ‌آمیزی شدند. در نهایت داده‌های رسوبی و پسارسوب‌گذاری در جهت ارزیابی کیفیت مخزنی چاه مورد بررسی به کار گرفته شده است.

بحث

در چاه مورد مطالعه، بررسی مقاطع نازک منجر به شناسایی تعداد شش رخساره‌ی کربناته شامل مادستون، دولومادستون، میلیولیده مادستون-وکستون، فریمستون

عمده از میکرایت تشکیل شده است. در این رخساره نیز ساختار فنسترال و چشم پرنده‌ای دیده می‌شود. تفاوت این رخساره و رخساره پیشین در عدم گسترش دولومیت در این رخساره است. در این رخساره نیز حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد ذرات کوارتز در حد ماسه متوسط و درشت با جورشدگی و گردشدگی بد دیده می‌شود. این رخساره نیز فاقد هرگونه اجزای زیستی و غیرزیستی است (شکل ۴-D). در برخی مواد نئومورفیسم افزایشی در این رخساره دیده می‌شود.

مجموعه رخساره B

رخساره‌ی پلوئید مادستون-وکستون ماسه‌ای (B1): تنها اجزای این رخساره در حدود پنج تا ۱۰ درصد ذرات پلوئیدی است. با فراوانی کم به‌ندرت پوسته فرامینفر نوع آمونیا نیز در این رخساره دیده می‌شود. زمینه این رخساره به‌طور عمده میکرایتی می‌باشد (شکل ۴-E). در این رخساره نیز تا حدود سی درصد ذرات کوارتز وجود دارد.

رخساره میلیولیده مادستون-وکستون ماسه‌ای (B2): تنها اجزای این رخساره در حدود پنج تا ۱۰ درصد فرامینفرهای نوع میلیولیده است. زمینه این رخساره نیز اغلب میکرایتی می‌باشد. در این رخساره نیز تا حدود سی درصد ذرات کوارتز وجود دارد. اندازه پلوئیدهای این رخساره در حد ۱/۸ تا ۰/۲ میلی‌متر است. برخی از روزنه‌های میلیولیدها با سیمان پر شده و برخی نیز خالی باقیمانده است.

رخساره بایوکلاست وکستون (B3): از اجزای این رخساره می‌توان به حدود پنج درصد اجزای فرامینفرهای آمونیا، دو درصد میلیولیده، دو درصد دوکفه‌ای، یک درصد استراکود اشاره کرد.

مجموعه رخساره C

رخساره کورال فریمستون (C1): این رخساره به‌طور کامل از پیکره‌ی مرجان تشکیل شده است. البته در بسیاری موارد به سبب دولومیتی‌شدن فقط هاله‌ای از مرجان‌ها دیده می‌شود. زمینه این رخساره سیمانی است و مقدار اجزای کوارتزی در آن نسبت به سایر رخساره‌ها به‌شدت کاهش یافته است. گسترش این رخساره در توالی رسوبی کم است.

دانه‌های ماسه کوارتزی می‌رسد. این رخساره‌ها تحت عنوان سیلیسی‌آواری دسته‌بندی شده است. اندازه ذرات کوارتز در حد ماسه ریز تا درشت است. ذرات ماسه کوارتزی با جورشدگی بد دیده می‌شوند. همچنین دانه‌ها دارای زاویه بوده و گردشدگی در آن‌ها ضعیف تا بسیار ضعیف می‌باشد (شکل ۴-A). در برخی از ذرات کوارتز شکستگی‌هایی دیده می‌شود. گسترش این رخساره در توالی رسوبی مورد بررسی متوسط تا زیاد است. در برخی دیگر از رخساره‌ها، در دسته کربناته دسته‌بندی شده‌اند هنوز هم مقدار ذرات کوارتز زیاد است و تا ۴۰ درصد نیز می‌رسد.

مجموعه رخساره A

رخساره انیدریت ماسه‌ای (A1): این رخساره اغلب از لایه‌های انیدریتی تشکیل شده است. برخی از نهشته‌های انیدریتی به‌صورت بلورهای ریز، سوزنی، فاقدجهت‌یافتگی و با رنگ اینترفرازی سری یک و برخی دیگر به‌صورت درشت و با مقداری جهت‌یافتگی دیده می‌شوند (شکل ۴-B). این رخساره فاقد هرگونه آثاری از اجزای زیستی و غیرزیستی است و حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد در آن ذرات کوارتز دیده می‌شود.

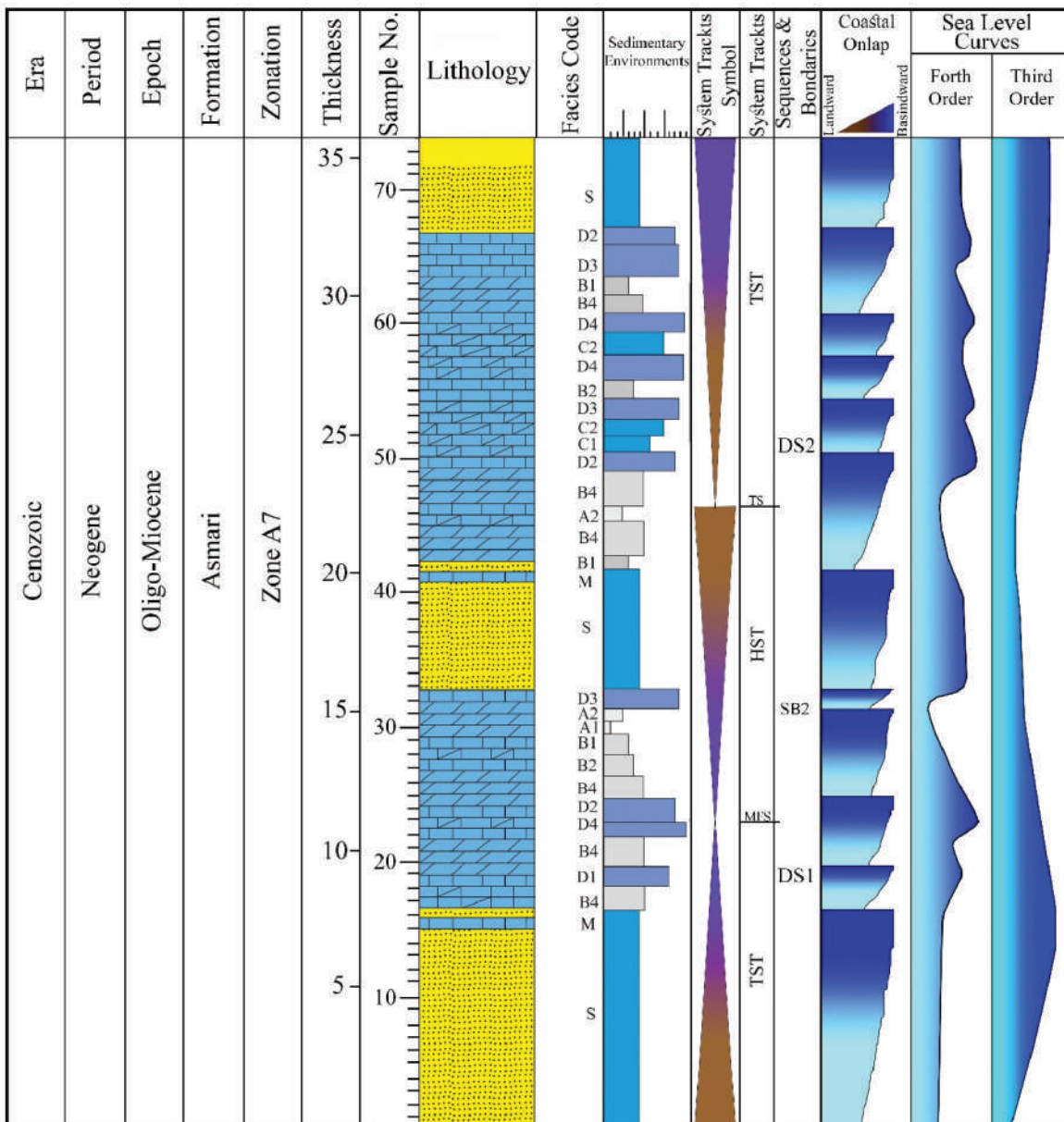
رخساره دولومیکرایت ماسه‌ای (A2): این رخساره به‌طور عمده از بلورهای ریز دولومیتی تشکیل شده است. از خصوصیات این رخساره به حضور ساختمان‌های فنسترال و چشم پرنده‌ای اشاره کرد (شکل ۴-C)، اغلب افقی در امتداد لایه‌بندی آرایش یافته‌اند. همچنین برخی از حفره‌ها توسط کانی‌های تبخیری پر شده است. به لحاظ بلوری اغلب دولومیت‌ها ریز بلور است و در حد ۱۰ تا ۱۵ میکرون می‌باشند.

این نوع دولومیت معادل بافت زنونتایپ (Friedman, 1965) و غیرصفحه‌ای آ (Mazzullo, 1992) هستند. در بسیاری موارد نیز حفره‌ها موجود در این رخساره توسط نفت پر شده است، این امر مؤثر بودن تخلخل‌های این رخساره در افزایش کیفیت مخزن را نشان می‌دهد. این رخساره فاقد هرگونه آثار فسیلی می‌باشد (شکل ۴-D). در این رخساره بین ۲۰ تا ۴۰ درصد ذرات کوارتز متوسط دانه دیده می‌شود که اغلب گردنشده و جورنشده هستند.

رخساره میکرایت ماسه‌ای (A3): این رخساره به‌طور

1. Xenotopic

2. Nonplanar-A



شکل ۳. ستون چینه‌شناسی و چینه‌نگاری سکansı واحد A7 سازند آسماری در چاه شماره ۸ میدان نفتی اهواز

مجموعه رخساره D

پوسته براکیوپود، سه درصد دوکفه‌ای است. زمینه این رخساره نیز میکرایتی است.
 رخساره ردآلجیا فلوتستون (D3): اجزای اصلی این رخساره جلبک‌های قرمز هستند. فراوانی آن‌ها به حدود ۱۵ درصد نیز می‌رسد. زمینه این رخساره اغلب از گل آهکی تشکیل شده است.
 رخساره براکیوپود فلوتستون (D4): اجزای اصلی این رخساره پوسته‌های براکیوپودی هستند، فراوانی آن‌ها به

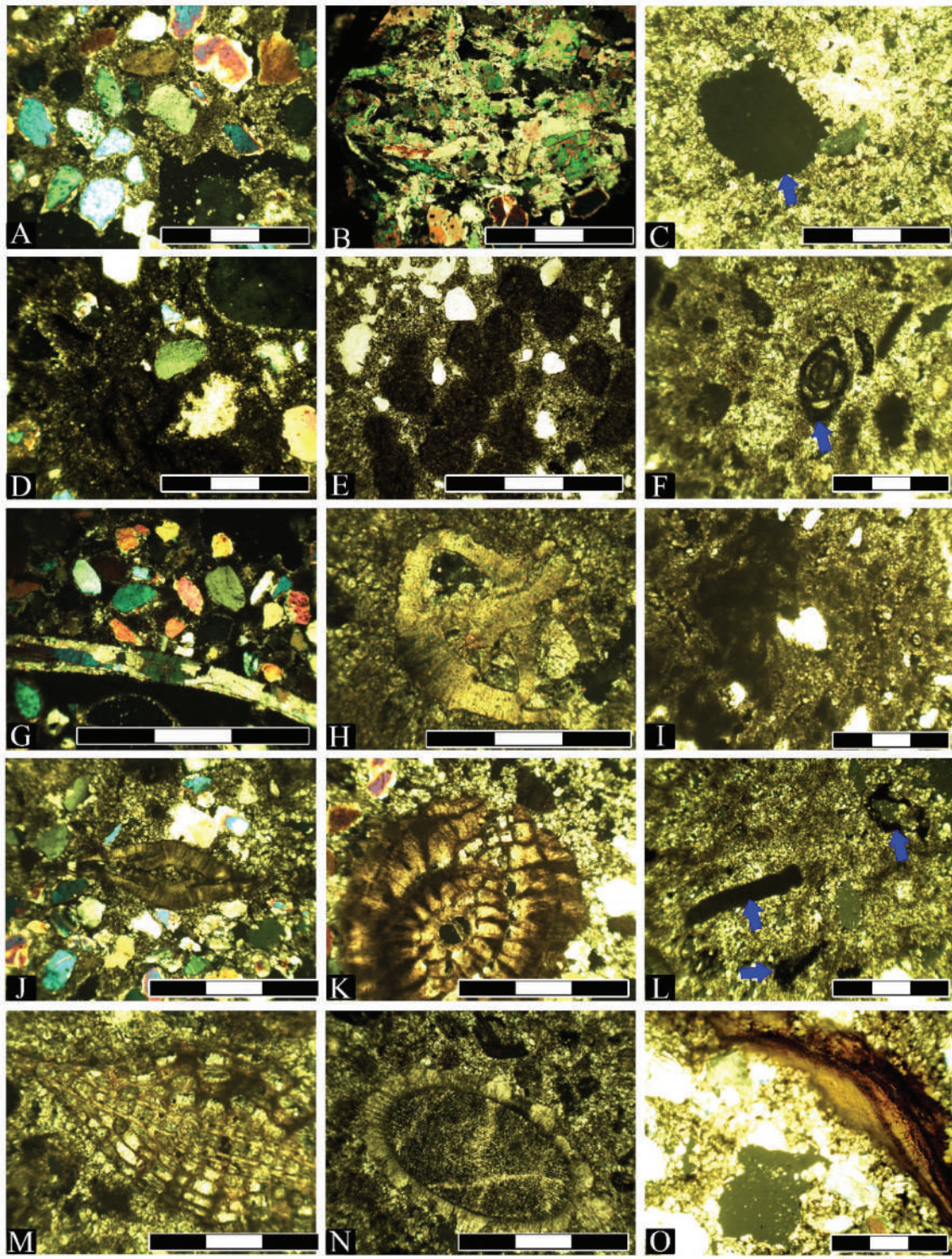
رخساره نومولیت فلوتستون (D1): پوسته‌های فرامینیفرهای بزرگ نومولیت اصلی‌ترین اجزای این رخساره هستند. زمینه‌ی این رخساره از میکرایت تشکیل شده و تا حدود ۳۰ درصد در آن ذرات متوسط و درشت ماسه کوارتزی دیده می‌شود.
 رخساره بایوکلست فلوتستون (D2): اجزای اصلی این رخساره زیستی است و شامل پنج درصد نومولیت، پنج درصد لپیدوسیکلینا، چهار درصد اکینوئید، سه درصد

حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد می‌رسد. زمینه این رخساره به‌طور عمده از گل آهکی تشکیل شده است. رخساره آمیخته M: در برخی از موارد مقدار ذرات آواری کوارتز به بیش از ۵۰ درصد رسیده است. همراه با این ذرات آهک میکرایتی دیده می‌شود. اندازه ذرات کوارتز در حد ماسه ریز تا درشت است و جورشدهگی و گردشدهگی ذرات کوارتز ضعیف است. به‌طور کلی بیشتر رخساره‌ای توالی مورد ارزیابی حاوی مقادیری ذرات کوارتز در اندازه ماسه ریز تا بسیار درشت است. زوایه‌دار بودن ذرات ریز و درشت کوارتز نیز یکی دیگر از خصوصیات اجزای آواری سازند آسماری در برش مورد مطالعه است. گاهی مقدار این ذرات کوارتز تا حدی افزایش می‌یابد، دیگر رخساره کربناته حذف شده و یک رخساره ماسه‌سنگی جایگزین می‌شود. در توالی مورد بررسی، در هر بخشی ورود این اجزا دیده می‌شود. برای مثال در همراه با رخساره‌های بالای جزر و مدی، لاگونی و دریای باز دیده می‌شوند. این مورد نشان‌دهنده هجوم جریان‌های حاوی ذرات ماسه بدون توجه به تغییرات سطح آب دریا است.

تفسیر محیط‌های رسوبی

وجود حجم زیادی از ذرات ماسه کوارتزی نشان در ارتباط با ورود رسوبات رودخانه‌ای به داخل حوضه کربناته آسماری در پهنه اهواز می‌باشد. این مقدار ورود گاهی تا بسیار زیاد شده و ته‌نشینی کربنات‌ها را متوقف کرده است. ورود ذرات ماسه در محیط‌های کربناته می‌تواند از سیستم‌های رودخانه‌ای نشأت گرفته باشد (Flugel, 2010; Chatalov et al., 2015). جورشدهگی و گردشدهگی ضعیف ذرات کوارتز موجود در رخساره‌های کربناته سازند آسماری در برش مورد بررسی نشان‌دهنده‌ی نزدیکی منشأ به دریا و سیستم رسوبی رودخانه‌ای است. علت کم بودن محتوای اسکلتی رخساره را نیز می‌توان به همین عامل مرتبط دانست. زیرا با ورود آب‌های شیرین همراه با رسوبات آواری، شرایط زیست بسیاری از جانداران را مختل می‌نماید. بنابراین ته‌نشینی توالی‌های آمیخته‌ی مورد مطالعه سازند آسماری را می‌توان در ارتباط با ته‌نشینی در محیط‌های رسوبی لاکستین دانست (برای مثال Chatalov et al., 2015; Bover-Arnal et al., 2011; Sheppard, 2006). بنابراین منشأ اصلی محتمل از سمت رشته کوه‌های زاگرس است. تغییرات در مقدار ذرات ماسه می‌تواند به سبب جابجایی کانال رودخانه و یا تغییرات دوره‌ای فعالیت تکتونیک کوه‌های زاگرس باشد. نبود تغییرات ناگهانی در تغییرات رخساره‌ها نیز نشان‌دهنده رسوب‌گذاری در یک پلتفرم نوع رمپ با یک ریف محدود مرجانی است (Burchette and Wright, 1990; Riera et al., 2022). همچنین دولومیتی شدن وسیعی که در توالی‌های کربناته سازند آسماری در میدان اهواز رخ داده را می‌توان به همین ورود حجم بالای آب رودخانه‌ای مرتبط دانست. دو منشأ متفاوت آب از رودخانه و دریا می‌تواند شرایط معروف دورگ را برای تشکیل دولومیت فراهم سازد (Badiozamani, 1973).

شواهد و آثار موجود در مجموعه رخساره A نظیر نبود اجزای اسکلتی، وجود حفره‌های فنسترال و چشم پرنده‌ای، حضور دولومیت‌های ریزبلور و رخساره‌های انیدریتی ریزبلور (شکل ۴) همگی نشان‌دهنده ته‌نشینی در محیط‌های رسوبی بالای جزر و مدی و سبخایی است، جریان آب دریا به‌ندرت و در شرایط طوفانی وارد آن می‌شود (Cuadrado, 2020; Fabbi et al., 2020; Flugel, 2010). در ارتباط با مجموعه رخساره B، خرده‌های اسکلتی مربوط به آب‌های محصور نظیر فرامینفرهای میلیولیده و آمونیا، وجود پلوئید و زمینه گل آهکی (شکل ۴) نشان‌دهنده محیط‌های با آب‌های محصور و کم انرژی لاگونی است (Flugel, 2010; Mahmoodabadi, 2020; Setijadi et al., 2020). در ارتباط با مجموعه رخساره C، نبود گل آهکی (شکل ۴) نشان‌دهنده انرژی تا حدودی بالای محیط ریفی است. همچنین حضور اجزای اسکلتی مرجان مؤید ریف مرجانی است (Brachert et al., 2020; Silva-Tamayo et al., 2020).



شکل ۴. A) رخساره آواری ماسه‌سنگی S، در آن ذرات زاویه‌دار کوارتز در زمینه گل آهکی دیده می‌شوند، B) رخساره انیدریتی، C) رخساره دولومادستون ماسه‌ای که حفره فنسترال در آن با پیکان نشان داده شده است، D) رخساره مادستون ماسه‌ای، E) رخساره پلوئید ماستون-وکستون ماسه‌ای که در آن اجزای پلوئیدی قابل مشاهده هستند، F) رخساره میلیولیده مادستون-وکستون ماسه‌ای که فرامینیفر میلیولیده با پیکان مشخص شده است، G) پوسته دوکفه‌ای در رخساره میلیولیده مادستون-وکستون ماسه‌ای، H) فرامینیفر روتالیا در رخساره میلیولیده مادستون-وکستون ماسه‌ای، I) رخساره کورال فریمستون، J) رخساره نومولیت فلوتستون، K) فرامینیفر نومولیت در رخساره بایوکلست فلوتستون (D2)، L) فسیل‌های جلبک قرمز در رخساره D2 که با پیکان مشخص شده‌اند، M) فرامینفر لپیدوسیکلینا در رخساره D2، N) فسیل خارپوست در رخساره D2، O) پوسته فسیلی براکیوپود در رخساره D2

تاریخچه‌ی پسانهشت

مطالعه پتروگرافی توالی‌های سازند آسماری در چاه مورد ارزیابی منجر به شناسایی برخی فرآیندهای پسارسوبی شد. از جمله‌ی این فرآیندها می‌توان به میکرایتی‌شدن، سیمانی‌شدن، نئومورفیسم افزایشی، تراکم فیزیکی (شکل‌های D-۶ و E) و شیمیایی (شکل H-۶)، انحلال (شکل L-۶)، شکستگی و پرشدگی (شکل O-۶)، دولومیتی‌شدن (شکل N-۶) و انیدریتی‌شدن (شکل N-۶) اشاره کرد که در محیط‌های پسارسوبی دریایی، متئوریک و تدفینی رخ داده‌اند. برخی از حفره‌ها و شکستگی‌ها توسط مواد نفتی و برخی دیگر توسط سیمان‌های کلسیتی، دولومیتی و یا انیدریتی پر شده‌اند. برخی از حفره‌ها نیز خالی باقی مانده‌اند. در ارتباط با فرآیندهای مفید برای کیفیت مخزن و مخرب آن ارزیابی هر یک از فرآیندها و اثرات آن بر نفوذپذیری دارای اهمیت است. فرآیندهای میکرایتی‌شدن (شکل A-۶) و سیمان‌های هم‌محور (شکل B ۶) در مرحله دیازنز دریایی رخ می‌دهند. برخی فرآیندها نیز مانند انحلال در چند محیط دیازنتیک از جمله متئوریک و تدفینی رخ می‌دهند. پر شدن بسیاری از حفره‌ها انحلالی توسط نفت و انیدریت نشان‌دهنده‌ی وقوع حداقل بخشی از فرآیند انحلال پیش از تدفین و محیط‌های متئوریک است. به‌خصوص وجود ذرات ماسه فراوان یک ورودی مداوم جریان آب رودخانه را نشان می‌دهد. ورود این آب‌ها می‌تواند عامل اصلی گسترش دولومیت (شکل‌های L ۶ و N) از طریق پدیده دورگ باشد. همچنین گسترش انحلال (شکل K ۶) پیش از تدفین را نیز می‌توان در ارتباط با این جریان آب رودخانه به دریا و یا محیط لاکستین یا خلیج دهانه‌ای دانست (شکل ۵). باید به این نکته اشاره کرد که با توجه به در دسترس نبودن رخنمون تفسیر با احتیاط بیشتری باید انجام شود. برخی از فرآیندها نظیر دولومیت‌های نوع دوم که بلورهای شکل‌دار با دیواره‌های مستقیم است و در زمینه تشکیل شده‌اند (شکل N ۶) و همچنین دولومیت‌های نوع سوم با بلورهای شکل‌دار با دیواره مستقیم حفره‌ها را پر نموده‌اند در مرحله تدفینی تشکیل شده‌اند. بلورهای فرم‌دار دولومیت نیز حفره‌ها را پر کرده‌اند. این امر نشان می‌دهد که

آن‌ها بعد از فاز انحلالی و به احتمال زیاد در مرحله‌ی تدفینی حفره‌ها را پر کرده‌اند.

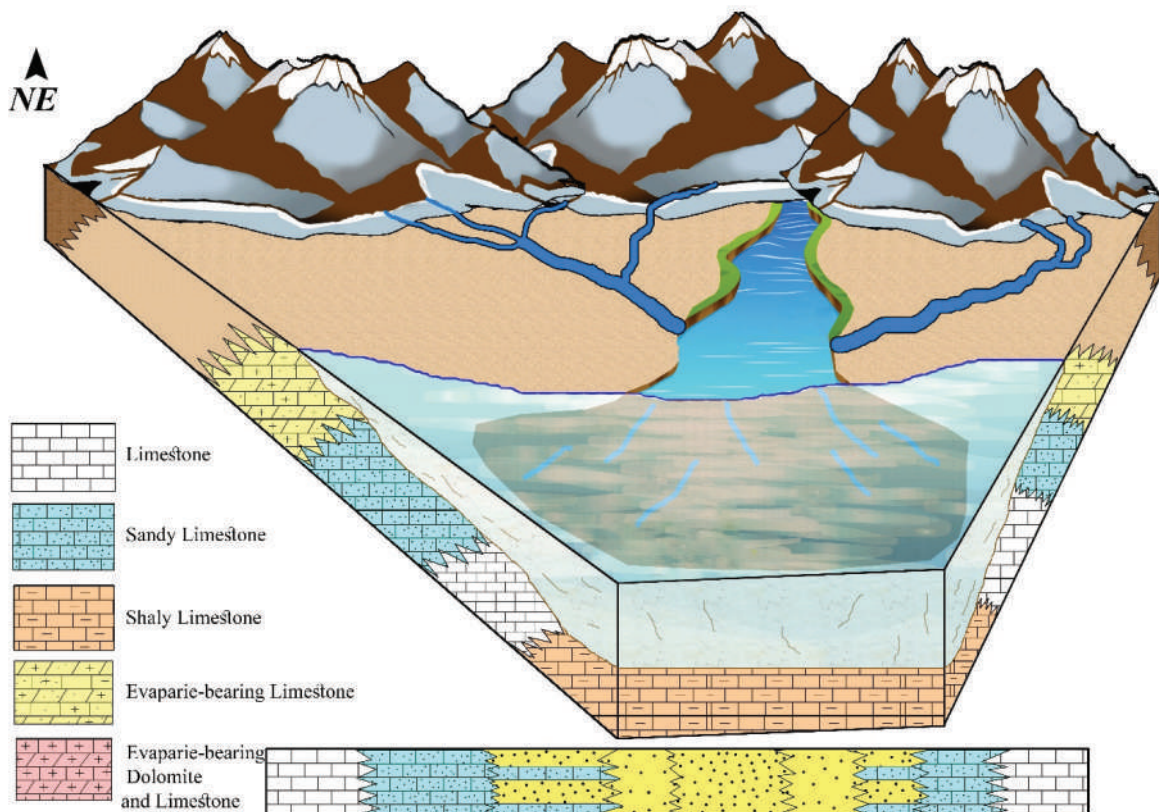
چینه‌نگاری سکانسی

چینه‌نگاری سکانسی الگوهای رسوب‌گذاری چرخه‌ای را در پاسخ به تغییرات در شرایط فضای رسوب‌گذاری و شرایط رسوب‌گذاری ایجاد می‌شود، مطالعه می‌کند. چرخه‌ای بودن توالی‌های چینه‌ای با توجه به اهداف مطالعه و یا دقت برداشت داده‌ها، در مقیاس‌های مختلفی قابل ملاحظه است. در حقیقت می‌توان گفت، استاندارد واحدی برای مقیاس‌های فیزیکی و فضائی واحدهای چینه‌نگاری سکانسی وجود ندارد. بنابراین واحدهای چینه‌نگاری سکانسی و سطوح محدودکننده آن‌ها ممکن است در دامنه وسیعی به لحاظ مقیاس گسترش یابند و یک چارچوب چینه‌ای خاص حوضه ایجاد شود، نشان‌دهنده اثر متقابل عوامل کنترل‌کننده محلی و جهانی بر فضای رسوب‌گذاری و رسوب‌گذاری است (Catuneanu, 2020). تاکنون روش‌های متعددی برای تعیین سکانس‌های رسوبی و تفکیک دسته رخساره‌ها ارائه شده است (برای مثال: Frazier, 1974 و Galloway, 1989 روش سکانس‌های ژنتیک؛ Mitchum et al., 1977 روش سکانس رسوبی ۱ با استفاده از چینه‌نگاری لزره‌ای؛ Johnson and Murphy, 1984 و Embry and Johannessen, 1992 روش سکانس‌های T-R؛ Haq et al., 1987 و Posamentier et al., 1988 روش سکانس رسوبی ۲؛ Neal و Van Wagoner et al., 1988, 1990 and Abreu, 2009 روش سکانس رسوبی ۳؛ Hunt and Tucker, 1992, 1995 و Helland-Hansen and Gjelberg, 1994 روش سکانس رسوبی ۴؛ Catuneanu et al., 2011 روش سکانس رسوبی-استانداردسازی روش‌ها). در این مطالعه از روش سکانس رسوبی ۳، جهت تعریف سطوح سکانسی و سکانس‌ها استفاده شده است.

در این مطالعه تلاش شده بین نوسانات سطح آب دریا و تغییرات رخساره‌های رسوبی در یک توالی عمودی ارتباط برقرار شود. البته اشاره به این نکته ضرورت دارد، با استفاده از یک برش بررسی سکانسی دشوار است. در توالی مورد بررسی بر اساس تغییرات رخساره‌ای تعداد دو سکانس

به‌عنوان مرز دودسته رخساره و بالاترین سطح آب دریا (MFS) شناسایی شده است. افت سطح آب پس از این مرز تا رسیدن به رخساره A2 مربوط به نواحی بالای جزر و مدی عقب نشسته و به‌عنوان دسته‌رخساره HST سکانس اول در مترائ ۲۲ توالی سنگ آهکی سازند آسماری شناسایی شده است. پس از آن دوباره با ته‌نشست رخساره‌های دریای باز روند سطح آب صعودی شده، به‌عنوان دسته‌رخساره TST سکانس دوم شناسایی شده و تا انتهای توالی نیز ادامه یافته است. لذا مرز بالای رخساره A2 در مترائ ۲۲ به‌عنوان مرز دو سکانس شناسایی شده که معادل با حداکثر افت سطح آب دریا و به‌عنوان پیوستگی معادل (Correlative Conformity) (Posamentier et al., 1988) شناسایی شده است. همچنین به سبب پیشروی سطح آب از این مرز به بعد این سطح به‌عنوان مرز TS نیز شناسایی شده است (شکل ۳)

رسوبی رده چهارم و یک سکانس رسوبی رده سوم شناسایی شده است. هر یک از سکانس‌های شناسایی شده از یک دسته رخساره پیشروی دریا (TST) و یک دسته رخساره ایستایی سطح آب دریا (HST) تشکیل شده است (شکل ۳). شواهدی از خروج از آب مشاهده نگردید، از این رو همه مرزها از نوع دوم SB2 و ناپیوستگی معادل (Posamentier et al., 1988) شناسایی شده است. سکانس اول با یک مرز سکانس نوع دوم بر روی سازند زیرین پایده قرار دارد و در مجموع دارای ۱۵ متر ضخامت است. بخش‌های ابتدایی این سکانس به‌طور کلی ماسه سنگی است و در ادامه به رخساره‌های لاگونی B3 می‌رسد. در نهایت با رسیدن به رخساره دریای باز D4، عمیق‌ترین رخساره توالی مورد بررسی است، سطح آب به حداکثر خود می‌رسد که پس از آن ته‌نشینی رخساره لاگونی افت سطح آب را نشان می‌دهد. بنابراین، مرز بالایی رخساره D4 در مترائ ۱۲ سازند



شکل ۵. مدل رسوبی سازند آسماری در چاه مورد مطالعه. در این شکل ورود جریان‌های قوی آب شیرین و ایجاد دهانه ورودی رودخانه به دریا نشان می‌دهد چگونه دریای الیگومیوسن در ناحیه مورد مطالعه تحت تأثیر شدید ورود مواد سیلیسی آواری بوده و اغلب رخساره‌ها را ماسه‌ای نموده است. با فاصله از جریان اصلی مواد آواری و محیط اس‌چواری محیط دریایی کربناته غالب شده و مقدار ته‌نشست رخساره‌های کربناته افزایش می‌یابد

خصوصیات مخزنی

بین‌دانه‌ای، درون‌دانه‌ای، شکستگی، حفره‌ای، فنسترال و چشم‌پرنده‌ای، استیلولیتی، پناهگاهی، ناشی از رشد شبکه و بین‌بلوری اشاره کرد. در میان این تخلخل‌ها در سازند آسماری در برش مورد مطالعه، تخلخل‌های رشد شبکه، استیلولیتی، چشم‌پرنده‌ای، حفره‌ای، شکستگی و بین‌بلوری در توسعه تخلخل و افزایش کیفیت مخزن نقش مهمتری ایفا کرده‌اند. با توجه به این‌که تخلخل‌های چشم‌پرنده‌ای و رشد شبکه ریف در ارتباط با محیط رسوبی است و می‌تواند با ایجاد یک شبکه بهم‌پیوسته توانسته‌اند تخلخل متصل ایجاد کنند (Archie, 1950) در افزایش کیفیت مخزن در ارتباط با محیط رسوبی نقش داشته‌اند. بنابراین هر دو عوامل محیط رسوبی و دیاژنتیک بر افزایش کیفیت مخزنی سازند مورد بررسی تأثیر داشته‌اند.

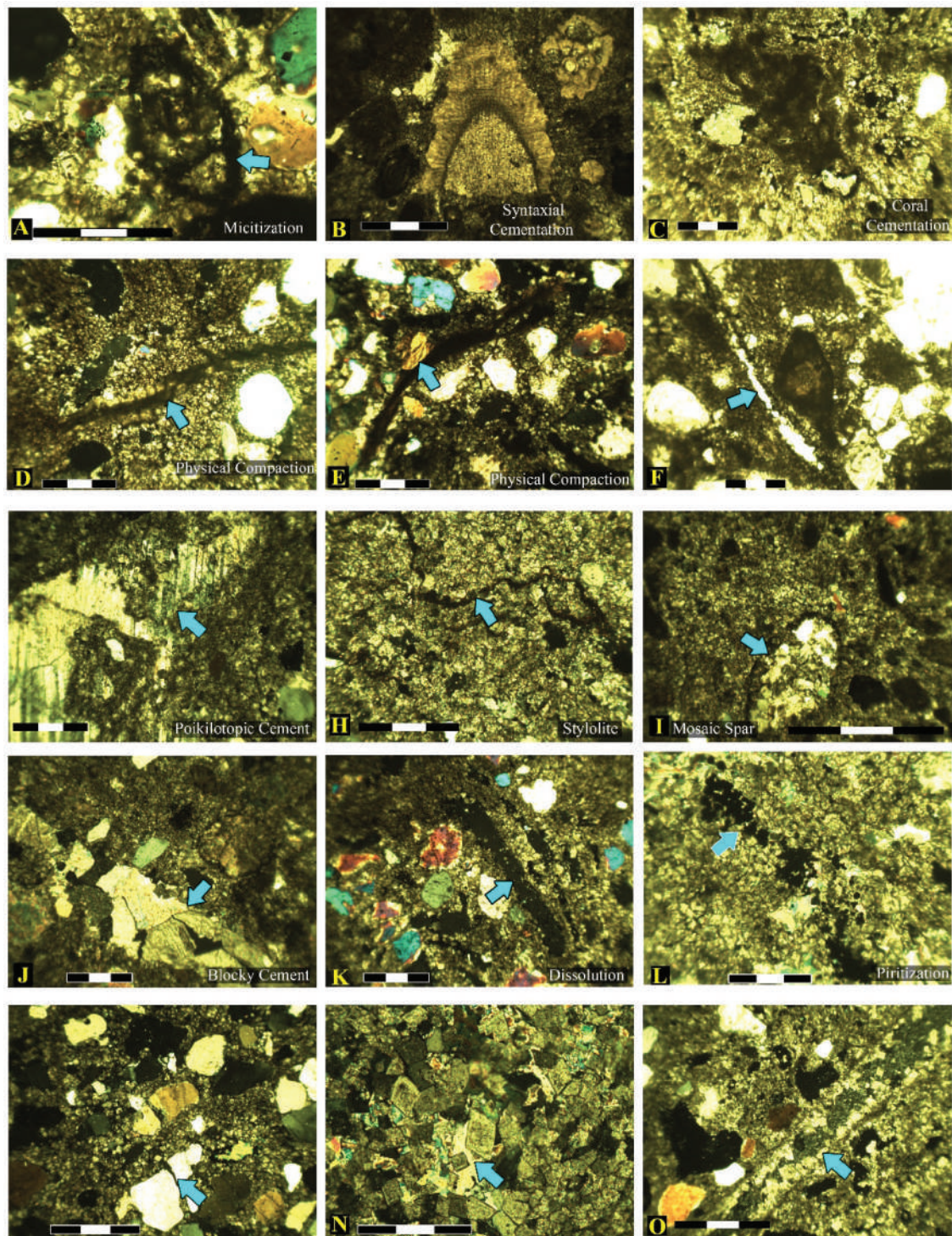
نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه تأثیر محیط‌های نهشت و پسانهشت را بر خصوصیات مخزنی زون A7 سازند آسماری در چاه شماره ۴ میدان نفتی اهواز به‌خوبی نشان می‌دهد. بررسی سنگ‌های رسوبی در این برش منجر به شناسایی تعداد ۱۱ رخساره کربناته، یک رخساره تبخیری، یک رخساره آمیخته کربناته-آواری و یک رخساره سیلیسی-آواری شد. محیط‌های رسوبی پهنه جزر و مدی، لاگونی، ریف مرجانی و دریای باز برای ته‌نشینی رخساره‌های شناسایی شده تعیین شدند. عدم تغییرات ناگهانی نشان‌دهنده ته‌نشست نهشته‌های مورد بررسی در یک پلتفرم کربناته نوع رمپ است. این پلتفرم تحت تأثیر ورود شدید رسوبات سیلیسی-آواری از سیستم‌های رودخانه‌ای زاگرس بوده است. ورود مواد آواری زیاد باعث کم شدن تنوع زیستی در توالی مورد مطالعه شده است. از بین رخساره‌های بررسی شده، رخساره سیلیسی-آواری، رخساره مادستون و دولومادستون از محیط بالای جزر و مدی و رخساره کورال فریمستون از ریف دارای بهترین شرایط مخزنی هستند. همچنین از فرآیندهای دیاژنتیکی شناسایی شده می‌توان به میکرایتی‌شدن، سیمانی‌شدن،

طیف وسیعی از فرآیندهای مرتبط با نهشت و پسانهشت، گسترش تخلخل و نفوذپذیری را در سنگ‌های کربناته کنترل می‌کنند. به‌لحاظ رسوب‌شناسی، در میدان‌های هیدروکربنی، اغلب رخساره‌های ذره‌غالب^۱ مانند گرینستون به‌طور معمول دارای خصوصیات مخزنی خوبی هستند (Honarmand and Amini, 2012). این پدیده در ارتباط با خصوصیات بافتی رخساره‌های ذره‌غالب می‌باشد و در ارتباط با انرژی بالا و مداوم محیط نهشت آن‌ها است (Flugel, 2010). در کنار رخساره‌های ذره‌غالب، رخساره‌های دیگر مربوط به نواحی پراثرژی محیط رسوب‌گذاری مانند فریمستون‌های مرجانی نیز به چند دلیل دارای پتانسیل مخزنی خوبی هستند. نخست این‌که سرعت بالای رشد توده‌های مرجانی باعث ایجاد حجم زیادی از تخلخل موسوم به تخلخل چهارچوبی می‌شود (Choquette and Pray, 1970). دلیل دوم نیز این‌که سدهای مرجانی در مقابل امواج دریای باز است و محیطی با انرژی مداوم و بالا هستند، این عامل باعث خروج ذرات دانه‌ریز پرکننده‌ی فضاهای خالی شده و سنگ را تمیز می‌کنند و اجازه پر شدن تخلخل‌ها را نمی‌دهند. دلیل سوم نیز پمپاژ بالای آب دریا به درون شبکه اسکلتی ریف است. این پمپاژ باعث سیمانی‌شدن سریع و شدید اولیه می‌شود. تشکیل سیمان‌های اولیه از تراکم فیزیکی پسانهشت ناشی از وزن طبقات بالا جلوگیری کرده و باعث حفظ تخلخل اولیه می‌شود. ورود ذرات آواری به درون حوضه رسوبی باعث توقف رشد و گسترش مرجان‌ها شده و از این جهت باعث کاهش گسترش رخساره‌های مخزنی مناسب می‌شود. دولومیت‌های نوع دوم با توجه به جایگزینی کلسیت و یا دولومیت‌های اولیه با کاهش حجم خود باعث بهبود کیفیت مخزنی می‌شوند. درحالی‌که دولومیت‌های نوع سوم با پر کردن حفره‌ها و تخلخل‌ها باعث کاهش کیفیت مخزنی می‌شوند. همچنین بلورهای تبخیری با پر کردن حفره‌ها و شکستگی‌ها اثر مخرب هم بر کیفیت مخزن و هم کیفیت نفت داشته است.

انواعی از تخلخل در توالی مورد مطالعه مورد شناسایی قرار گرفت. از جمله آن‌ها می‌توان به تخلخل‌های

1. Grain supported



شکل ۶. A) میکریتی شدن پوسته فسیلی، B) سیمان هم‌محور در پوسته فسیلی خارپوست، C) گسترش سیمان در اطراف پیکره فسیل مرجان، D) تراکم فیزیکی باعث شکستگی پوسته‌های فسیلی شده است، E) تراکم فیزیکی باعث فرو رفتن دانه کوآرتز به داخل پوسته فسیلی شده است، F) نئومورفسم افزایشی پوسته کلسیتی دوکفه‌ای، G) سیمان پوکیلوتاپیک، H) تراکم شیمیایی باعث ایجاد استیلولیت شده است که در ادامه توسط مواد هیدروکربوری پر شده است، I) حفره انحلالی درون پوسته فسیلی که با سیمان موزاییک اسپار پر شده است، J) سیمان بلوکی پرکننده حفره‌های بزرگ، K) فرآیند انحلال پوسته‌های فسیلی که باعث ایجاد تخلخل شده است و به دلیل عدم ارتباط با سایر تخلخل‌ها خالی باقی مانده است، L) فرآیند پیریتی شدن که به صورت محدود بر روی بلورهای متوسط دانه شکرکی تشکیل شده است، M) پس از بالا آمدن سازند و کاهش فشار شکستگی در سنگ و دانه‌ها گسترش یافته است، N) تشکیل دولومیت‌های درشت با فرم بلوری منظم که فضای بین آن‌ها توسط سیمان انیدریتی پر شده است، O) شکستگی‌های گسترش یافته که توسط سیمان کلسیتی پر شده است

- فارس، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۲۹(۸)، ۱۰-۱.
- Adams, T.D. and Bourgeois, F., 1967. Asmari biostratigraphy. Iranian Oil Operating Companies, Geological and Exploration.
 - Archie, G. E., 1950. Introduction to petrophysics of reservoir rocks. AAPG bulletin, 34(5), 943-961.
 - Badiozamani, K., 1973. The dorag dolomitization model, application to the middle Ordovician of Wisconsin. Journal of Sedimentary Research, 43(4), 965-984.
 - Brachert, T.C., Corrège, T., Reuter, M., Wrožyna, C., Londeix, L., Spreter, P. and Perrin, C., 2020. An assessment of reef coral calcification over the late Cenozoic. Earth-Science Reviews, 204, p.103154.
 - Bover-Arnal, T., Jaramillo-Vogel, D., Showani, A. and Strasser, A., 2011. Late Eocene transgressive sedimentation in the western Swiss Alps: records of autochthonous and quasi-autochthonous biofacies on a karstic rocky shore. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 312(1-2), 24-39.
 - Burchette, T.P. and Wright, V.P., 1992. Carbonate ramp depositional systems. Sedimentary geology, 79 (1-4), 3-57.
 - Catuneanu, O., 2020, Sequence stratigraphy. In Regional Geology and Tectonics; 605-686. Elsevier.
 - Catuneanu, O., Galloway, W.E., Kendall, C.G.St.C., Miall, A.D., Posamentier, H.W. and Strasser, A., et al., 2011. Sequence stratigraphy: methodology and nomenclature. Newsletters on Stratigraphy, 44 (3), 173_245.
 - Chatalov, A., Ivanova, D. and Bonev, N., 2015. Transgressive Eocene clastic-carbonate sediments from the Circum-Rhodope belt, north-eastern Greece: implications for a rocky shore palaeoenvironment. Geological Journal, 50(6), 799-810.
 - Choquette, P.W. and Pray, L.C., 1970. نفومورفیسیم افزایشی، تراکم فیزیکی و شیمیایی، انحلال، شکستگی و پرشدگی، دولومیتی‌شدن، انیدریتی‌شدن اشاره نمود. این فرآیندهای دیاننتیک در محیط‌های پسا رسوبی دریایی، متئوریک و تدفینی رخ داده‌اند. از بین این فرآیندها، سیمانی‌شدن، دولومیتی‌شدن، انحلال و توسعه شکستگی‌ها بیشترین اثر مثبت را بر مخزن نشان می‌دهند. چنانچه بسیاری از شکستگی‌ها توسط مواد نفتی پر شده‌اند که این امر نشان‌دهنده این موضوع است که شکستگی‌ها در کنار دولومیتی‌شدن، تراکم شیمیایی و روزه‌های فنسترال از مهم‌ترین عارضه‌های پسا رسوبی جهت افزایش کیفیت مخزن هستند. برخی انواع سیمان‌ها و انیدریتی‌شدن نیز با پر نمودن حفرات در کاهش کیفیت مخزن اثرگذار بوده‌اند.
- ### سپاسگزاری
- در پایان بسیار سپاسگزاری می‌کنیم از معاونت پژوهش و فناوری که این مقاله را در قالب گرنت شماره SCU.E1401.110 مورد حمایت قرار دادند.
- ### منابع
- حیدری، ا.، ۱۴۰۱. تاریخچه پس از رسوبگذاری نهشته‌های سازند آسماری با استفاده از داده‌های پتروگرافی و ایزوتوپهای کربن و اکسیژن در برش‌های حیدرآباد و رباط نمکی، شمال خرم‌آباد، مجله رسوب‌شناسی کاربردی، ۱۰ (۲۰)، ۱۷۳-۱۸۴. PSJ/۱۰/۲۲۰۸۴. ۲۰۲۲/۲۶۰۶۷/۱۳۴۷.
 - مرادی، ف. صادقی، ع. و امیری بختیار، ح. ۱۳۹۵. لیتواستراتیگرافی و بیواستراتیگرافی سازند آسماری دریال جنوبی تاقدیس میش، تنگ گناوه (شمال گچساران)، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۳۷(۱۰)، ۱-۱۰.
 - امید کاک‌م، ا. و صادقی، م.م.، ۱۳۹۳. دیاننز، میکروفاسیس و تعیین کانی‌شناسی اولیه کربنات‌های سازند آسماری در برش کوه ریگ، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۳۱(۸)، ۱-۱۰.
 - مطیعی، ه.، ۱۳۷۳. چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶.
 - نوروزی، ن. دانشیان، ج. باغبانی، د. و آقانباتی، س. ع.، ۱۳۹۳. چینه‌نگاری زیستی نهشته‌های الیگوسن و میوسن زیرین (سازندهای پایده، آسماری و گچساران) براساس روزن‌بران در جنوب غرب شهرستان قیر، استان

- Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. American Association of Petroleum Geology bulletin, 54(2), 207-250.
- Cuadrado, D.G., 2020. Geobiological model of ripple genesis and preservation in a heterolithic sedimentary sequence for a supratidal area. *Sedimentology*, 67(5), 2747-2763.
 - Dantas, M.V.S. and Holz, M., 2020. High-resolution sequence stratigraphy of a cretaceous mixed siliciclastic-carbonate platform succession of the Sergipe-Alagoas Basin, NE Brazil. *Facies*, 66(1), 1-17.
 - Dickson, J.A.D., 1965. A modified staining technique for carbonate in thin section. *Nature*, 205, 285.
 - Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture, texture, In: W.H. Ham (editor), *Classification of Carbonate Rocks*, American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 1, 108-121.
 - Embry, A.F. and Johannessen, E.P., 1992. T-R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic-Lower Jurassic succession, western Sverdrup Basin, Arctic Canada. In: Vorren, T.O., Bergsager, E., Dahl-Stamnes, O.A., Holter, E., Johansen, B., Lie, E., Lund, T.B. (Eds.), *Arctic Geology and Petroleum Potential*, vol. 2. Norwegian Petroleum Society (NPF), 121-146. (Special Publication).
 - Fabbi, S., Cestari, R., Marino, M., Pichezzi, R. and Chiochini, M., 2020. Upper Cretaceous stratigraphy and rudist-bearing facies of the Simbruini Mts. (Central Apennines, Italy): new field data and a review. *Journal of Mediterranean Earth Sciences*, 12, 87-103.
 - Flugel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks Analysis Interpretation and Application*. Springer-Verlag, 976.
 - Frazier, D. E., 1974. Depositional-episodes: their relationship to the Quaternary stratigraphic framework in the northwestern portion of the Gulf basin. *Virtual Landscapes of Texas*.
 - Friedman, G.M., 1965. Terminology of crystallization textures and fabrics in sedimentary rocks. *Journal of Sedimentary Research*, 35(3), 643-655.
 - Galloway, W. E., 1989. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. *American Association of Petroleum Geology bulletin*, 73(2), 125-142.
 - Gharechelou, S., Amini, A., Bohlooli, B. and Swennen, R., 2020. Relationship between the sedimentary microfacies and geomechanical behavior of the Asmari Formation carbonates, southwestern Iran. *Marine and Petroleum Geology*, 116, 104306.
 - Haq, B. U., Hardenbol, J. A. N. and Vail, P. R., 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235(4793), 1156-1167.
 - Helland-Hansen, W. and Gjelberg, J. G., 1994. Conceptual basis and variability in sequence stratigraphy: a different perspective. *Sedimentary Geology*, 92(1-2), 31-52.
 - Hunt, D. and Tucker, M. E., 1992. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall. *Sedimentary Geology*, 81(1-2), 1-9.
 - Hunt, R. A., Ciuffo, G. M., Saavedra, J. M. and Tucker, D. C., 1995. Quantification and localisation of angiotensin II receptors and angiotensin converting enzyme in the developing rat heart. *Cardiovascular research*, 29(6), 834-840.
 - Johnson, J. G. and Murphy, M. A., 1984. Time-rock model for Siluro-Devonian continental shelf, western United States. *Geological Society of America Bulletin*, 95(11), 1349-1359.
 - Khalili, A., Vaziri-Moghaddam, H., Arlian, M. and Seyrafian, A., 2021. Carbonate plat-

form evolution of the Asmari Formation in the east of Dezful Embayment, Zagros Basin, SW Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 181, 104229.

- Laursen, G.V., Monibi, S., Allan, T.L., Pickard, N.A.H., Hosseiney, A., Vincent, B., Hamon, Y., Van Buchem, F.S.P., Moallemi, A. and Druillion, G., 2009. Paper presented at: Shiraz 2009. First International Petroleum Conference and Exhibition: Shiraz, Iran. The Asmari Formation Revisited: Changed Stratigraphic Allocation and New Biozonation.

- Mahmoodabadi, R.M., 2020. Facies analysis, sedimentary environments and correlative sequence stratigraphy of Gachsaran formation in SW Iran. *Carbonates and Evaporites*, 35(1), p.1-28.

- Mehrabi, H., Hajikazemi, E., Zamanzadeh, S. M. and Farhadi, V., 2023. Reservoir characterization of the Oligocene-Miocene siliciclastic sequences (Ghar Member of the Asmari Formation) in the northwestern Persian Gulf. *Petroleum Science and Technology*, 1-26.

- Mitchum Jr, R. M., Vail, P. R. and Thompson III, S., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 2. The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis: Section 2. Application of seismic reflection configuration to stratigraphic interpretation.

- Honarmand, J. and Amini, A., 2012. Diagenetic processes and reservoir properties in the ooid grainstones of the Asmari Formation, Cheshmeh Khush Oil Field, SW Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 81, 70-79.

- James, G.A. and Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *American Association of Petroleum Geology bulletin*, 49(12), 2182-2245.

- Mazzullo, S.J., 1992. Geochemical and neomorphic alteration of dolomite: a

review. *Carbonates and evaporites*, 7(1), 21-37.

- Neal, J. and Abreu, V., 2009. Sequence stratigraphy hierarchy and the accommodation succession method. *Geology*, 37(9), 779-782.

- Noorian, Y., Moussavi-Harami, R., Reijmer, J.J., Mahboubi, A., Kadkhodaie, A. and Omidpour, A., 2021. Paleo-facies distribution and sequence stratigraphic architecture of the Oligo-Miocene Asmari carbonate platform (southeast Dezful Embayment, Zagros Basin, SW Iran). *Marine and Petroleum Geology*, 128, 105016.

- Posamentier, H.W., Jervey, M.T. and Vail, P.R., 1988. Eustatic controls on clastic deposition. I. Conceptual framework. In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.St.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A., Van Wagoner, J.C. (Eds.), *Sea Level Changes _ An Integrated Approach*, v. 42. SEPM Special Publication, 110_124.

- Rahmani, A., Taheri, A., Vaziri-Moghaddam, H. and Ghabeishavi, A., 2012. Biostratigraphy of the Asmari formation at khaviz and bangestan anticlines, Zagros Basin, SW Iran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 1-16.

- Riera, R., Bourget, J., Allan, T., Håkansson, E. and Wilson, M.E., 2022. Early Miocene carbonate ramp development in a warm ocean, North West Shelf, Australia. *Sedimentology*, 69(1), 219-253.

- Sadeghi, R., Vaziri-Moghaddam, H. and Mohammadi, E., 2018. Biofacies, depositional model, and sequence stratigraphy of the Asmari Formation, Interior Fars sub-zone, Zagros Basin, SW Iran. *Carbonates and Evaporites*, 33(3), 489-507.

- Setijadi, R., Widagdo, A. and Zaenurrohman, J.A., 2020. December. Limestone Facies Change of Jonggrangan to Sentolo Formation in The Western Part of Yogyakarta-

- Central Java Basin. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 982, 1, 012044, IOP Publishing.
- Sheppard, T.H., 2006. Sequence architecture of ancient rocky shorelines and their response to sea-level change: An Early Jurassic example from South Wales, UK. *Journal of the Geological Society, London* 163, 595-606.
 - Silva-Tamayo, J.C., Rincon-Martinez, D., Barrios, L.M., Torres-Lasso, J.C. and Osrio-Arango, C., 2019. Cenozoic Marine Carbonate Systems of Colombia. In *The Geology of Colombia*. Servicio Geológico Colombiano, Volume 3 Paleogene-Neogene, 187-201.
 - Van Buchem, F.S.P., Allan, T.L., Laursen, G.V., Lotfpour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N.A.H., Tahmasbi, A.R., Vedrenne, V. and Vincent, B., 2010. Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran. *Geological Society, London, Special Publications*, 329(1), 219-263.
 - Van Wagoner, J.C., Posamentier, H.W., Mitchum, R.M., Vail, P.R., Sarg, J.F. and Loutit, T.S., et al., 1988. An overview of sequence stratigraphy and key definitions. In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.St.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A., Van Wagoner, J.C. (Eds.), *Sea Level Changes _ An Integrated Approach*, vol. 42. SEPM Special Publication, 39_45.
 - Van Wagoner, J.C., Mitchum Jr., R.M., Campion, K.M. and 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, 55.
 - Vaziri-Moghaddam, H., Kimiagari, M. and Taheri, A., 2006. Depositional environment and sequence stratigraphy of the Oligo-Miocene Asmari Formation in SW Iran. *Facies*, 52(1), 41-51.
 - Wilson, V.P., 1975. *Carbonate Facies in Geologic History*, Springer-Verlag, New York, 471.