



## آنالیز حوضه رسوبی سازند کنگان در ناحیه غرب کمان قطر فارس و زاگرس چین خورده

لیلا صمدپور (نویسنده مسئول)<sup>۱</sup>، حسین مصدق<sup>۲</sup>، بیژن بیرانوند<sup>۳</sup>، حسین رحیم پور بناب<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران  
Leila93samadpour@gmail.com

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران Mossadegh@khu.ac.ir

<sup>۳</sup> استادیار، پژوهشکده علوم زمین، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران Biranvandb@ripi.ir

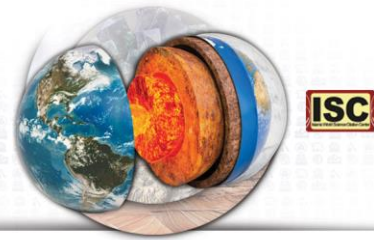
<sup>۴</sup> استاد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشکده‌گان علوم، دانشگاه تهران، تهران Hrahimpor@gmail.com

### چکیده

مطالعات مربوط به سازندهای دالان و کنگان به دلیل اهمیت مخزنی آنها به عنوان بزرگترین میزبان ذخایر گازی دنیا، در ورقه عربی مورد توجه می‌باشند. به منظور شناخت بهتر تکامل حوضه رسوبی تریاس زیرین و نحوه رسوبگذاری و تغییرات رخساره‌های سازند کنگان مطالعه و مقایسه‌ای انجام گرفت که نگرشی کلی از شرایط آن زمان در اختیار ما قرار می‌دهد. این نگرش در طرح‌های کلان اقتصادی با اهداف کاربردی، انجام مطالعات بنیادی و پایه‌ای بسیار حائز اهمیت می‌باشد، این‌گونه مطالعات با هدف کاهش هزینه‌های ناخواسته در پروژه‌ها انجام می‌شود. در این پژوهش چاه A در میدان گلشن با چاه B میدان پارس جنوبی، برش C در کوه سورمه و برش F در کوه دنا مورد مقایسه قرار گرفته است. ضخامت سازند کنگان در میدان گلشن ۱۳۵ متر است که ریزرخساره انیدریت لایه‌ای آن زیاد است ولی در برشهای کوه سورمه و دنا ضخامت سازند کمتر می‌شود و همچنین فقدان ریزرخساره‌های تبخیری از جمله انیدریت لایه‌ای نشان‌دهنده این است که محیط آن مستعد تشکیل چنین ریزرخساره‌ای نبوده است. در مدل رسوبی ارائه شده برای نهشته‌های کنگان دوازده ریزرخساره رسوبی مشخص شده است که به ترتیب در زیرمحیط‌های مربوط به رمپ داخلی شامل پهنه جزر و مدی، لاگون، شول و دریای باز و بخشی از رمپ میانی نهشته شده‌اند. مجموع این ریزرخساره‌ها در بخش غربی کمان قطر فارس و توالی آنها در زاگرس نشان‌دهنده تشکیل نهشته‌های کربناته تبخیری کنگان در یک محیط رمپ هموکلینال می‌باشد. همچنین یافته‌های حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که رخساره‌ها روند عمیق شدگی از خلیج فارس به سمت زاگرس را دارند.

### واژه‌های کلیدی

کنگان، آنالیز حوضه رسوبی، خلیج فارس، زاگرس

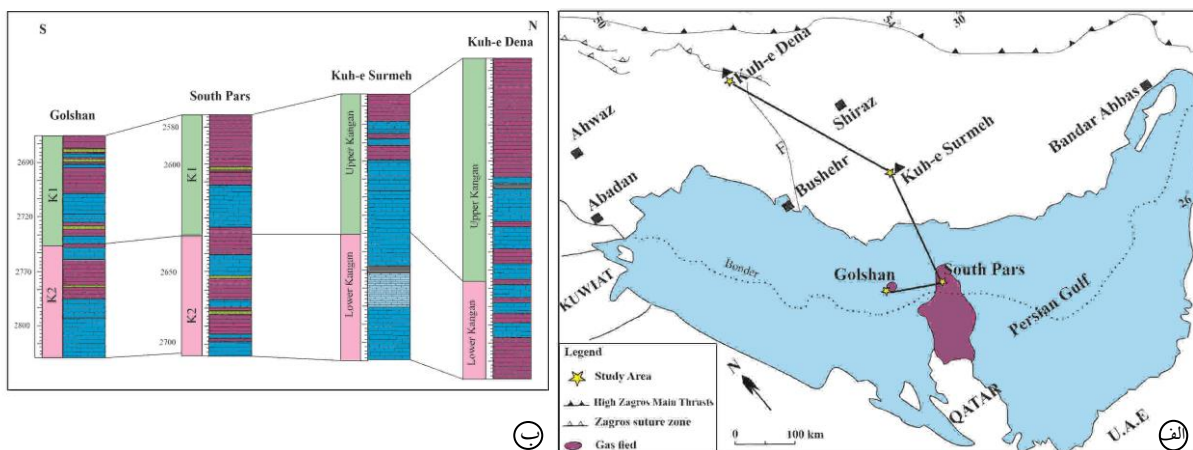


۱. مقدمه

حوضه خلیج فارس غنی ترین منطقه دنیا از لحاظ منشأ هیدروکربن بشمار می آید و بزرگترین ایالت گازی دنیا در این منطقه واقع شده است. مخازن خوف میدین شمال قطر و پارس جنوبی ایران به ترتیب ۱۴ و ۵ درصد کل منابع گازی جهان را دارا هستند. سازند خوف در کشورهای عربی از قبیل کویت، قطر، امارت متحده عربی، عربستان سعودی و بحرین معادل با سازندهای دالان و کنگان است [22]. این سازند یک واحد سنگی گسترده در حوضه عربی است که از کربناته‌های کم عمق دریایی و تبخیریها تشکیل شده است. سازند کنگان معادل با بخش بالایی سازند خوف در کشورهای عربی بوده و با توجه به اهمیت این سازند مخزنی از جمله مطالعات پیشینی که انجام شده است بر روی موضوع‌هایی از قبیل ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی، دیاژنز و کیفیت مخزنی و چینه‌نگاری سکansı در بخشهای مختلف خلیج فارس بوده است [22, 17, 7, 16, 26, 27, 23, 18]. در بخش غربی کمان قطر فارس روند طاق‌دیس‌ها در این ناحیه متأثر از حرکت گنبد‌های نمکی است و با سایر نقاط خلیج فارس متفاوت است. حرکت نمک‌ها موجب کاهش ضخامت در بخش‌های فوقانی طاق‌دیس، تضعیف پوش سنگ و مهاجرت مواد هیدروکربنی به قسمت‌های سطحی می‌شود [22]. مقایسه و بررسی ویژگی‌های سنگ‌شناسی رسوبی و رخساره‌ای و تغییرات محیط رسوبی سازند مذکور در نواحی مختلف زاگرس و خلیج فارس موجب تکامل حوضه رسوبی می‌شود. این سری مطالعات دارای ارزش بسیاری است زیرا که امکان شناخت هرچه بهتر ویژگی‌های مخزنی را فراهم می‌کند.

۱.۱. موقعیت جغرافیایی

میدان گلشن در ۶۵ کیلومتری از ساحل خلیج فارس و میدان پارس جنوبی در فاصله ۱۰۰ کیلومتری از بندر عسلویه در ساحل جنوبی ایران واقع شده است. این میدان ادامه میدان گنبد شمالی در قطر بوده که بخش قطری آن در سال ۱۹۷۱ میلادی اکتشاف شد [24] و میدان پارس جنوبی در سال ۱۹۹۰ میلادی با حفر چاه شماره SP-1 کشف گردید [6]. برش C در جنوب استان فارس و در بخش غربی تاقدیس کوه سورمه قرار گرفته که مختصات جغرافیایی آن به طول جغرافیایی ۲۹° ۵۲' و عرض جغرافیایی ۳۰' ۲۸° می‌باشد. برش F در جنوب غربی کوه دنا واقع شده است و در طول جغرافیایی ۲۰' ۵۱° شمالی و عرض جغرافیایی ۲' ۳۱° شرقی واقع شده است [5]. موقعیت مورد مطالعه محدوده غرب کمان قطرفارس میدان گلشن و میدان پارس جنوبی بر روی این کمان است و همچنین از لحاظ ریزرخساره‌ای با برش‌های سطح الارضی کوه سورمه و کوه دنا مقایسه شده است. موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه و تطابق چینه‌شناسی آنها در شکل ۱ دیده می‌شود.



شکل ۱: الف) موقعیت جغرافیایی و نقشه پراکندگی میدانی گازی در کمربند زاگرس چین‌خورده و خلیج فارس در برشها و چاههای مورد مطالعه: چاه A میدان گلشن، چاه B میدان پارس جنوبی، برش C در کوه سورمه و برش F در کوه دنا، با تغییراتی از [12]. ب) تطابق چینه‌شناسی سازند کنگان در ستونهای مورد مطالعه.



## ۲.۱. چینه‌شناسی

نزدیک به ۳۲ درصد از مخازن گازی جهان در میداين هیدروکربوری بزرگ خاورمیانه واقع شده که بیشتر این میداين‌ها مختص به کمربند چین خورده زاگرس و حوضه خلیج فارس بوده و تجمع این هیدروکربورها در آن مرتبط با چینه‌شناسی و تکامل ساختاری حوضه زاگرس است [8]. کوه‌های زاگرس و مناطق همجوار آن به دلیل ذخایر هیدروکربنی قابل توجه و فعالیت‌های تکتونیکی بسیار جوان از دیرباز مورد توجه بوده‌اند [21]. در تریاس پیشین پلاتفرم کریناته-تبخیری پرمین پسین به یک کمربند باریک با روند شمالغربی-جنوبشرقی تبدیل می‌شود. در بخش جنوب تا جنوبغربی این کمربند کریناته-تبخیری، رسوبات تخریبی دریائی کم عمق نهشته شده است [34]. زون زاگرس در حاشیه شمال شرقی ورقه عربی واقع شده است و کمان قطرفارس نیز بخشی از ورقه عربی در حوضه خاورمیانه است. این حوضه شامل خلیج فارس کل مناطق غرب و جنوب زاگرس، شبه جزیره عربستان، عراق، اردن، سوریه و جنوب شرق ترکیه می‌باشد. ورقه عربی از شمال به وسیله درز بتلیس، در غرب به زون گسترش دریای سرخ، از شرق به تراست زاگرس و از جنوب به وسیله زون شکستگی اوون در دریای عرب منتهی می‌شود [9, 24, 34]. از لحاظ لیتولوژی این سازند در خلیج فارس شامل کربنات، شیل و انیدریت است و اغلب واحدهای کربناته دولومیتی شده‌اند [2] که از دو بخش K1 با لیتولوژی آهک و دولومیت و دولومیت انیدریتی و K2 از آهک و دولومیت تشکیل شده است. این سازند در زاگرس از دیدگاه سنگ‌شناختی سه رخساره متفاوت دارد [30]. رخساره کربناتی تمیز، شامل گرینستون‌های آئیدی، پلتي و گل‌سنگ است که گاهی کمی انیدریت دارد و به‌طور بخشی و یا همه آن دولومیتی شده است. رخساره رسی قاعده‌ای و شیلی، این رخساره گسترش جغرافیایی محدود دارد و شامل شیل و سنگ‌آهک‌های رسی و لایه‌هایی از دولومیت است. سنگ‌آهک‌های نازک لایه این رخساره حاوی اثرات فراوان کرم و دوکفه‌ای‌های نوع *Claraia ourita* و *Claraia elegans* هستند [1]. رخساره کربناتی-تبخیری، از تبخیری‌ها، کربناته‌ها، سنگ‌آهک دولومیتی شده، سنگ دولومیت-انیدریت تشکیل شده است. این رخساره یک لایه راهنما برای سازند کنگان در منطقه لرستان است [2]. سازند کنگان در برش C کوه سورمه با ضخامت ۱۵۰ متر بطور هم‌شیب بر روی آهک‌های بخش بالایی سازند دالان قرار گرفته و از شیل‌های سبزرنگ آغار از سازند دشتک قابل تشخیص هستند [5]. سازند کنگان در برش F کوه دنا ۱۸۷ متر ضخامت دارد و از دو بخش متمایز تشکیل شده است که به ترتیب از پایین به بالا تحت عنوان کنگان زیرین و کنگان بالایی نامیده می‌شود. مرز زیرین با سازند دالان و مرز بالایی با سازند نیریز به‌صورت ناپیوستگی فرسایشی هم‌شیب می‌باشد [5]. این سازند در چاه B میدان پارس جنوبی ۱۴۵/۷ متر و در چاه A میدان گلشن ۱۳۵ متر است (جدول ۱).

جدول ۱. خصوصیات برش‌های سطح‌الارضی و تحت‌الارضی مورد مطالعه.

نام برش و چاه مورد مطالعه	منطقه و میدان	ضخامت	لیتولوژی
برش F	کوه دنا	۱۸۷ متر	کنگان بالایی: دولومیت‌های نازک لایه با میان‌لایه‌های شیلی، آهک‌های دولومیتی نازک لایه کنگان زیرین: آهک‌های نازک تا متوسط لایه و دولومیت-های متوسط تا ضخیم لایه
برش C	کوه سورمه	۱۵۰ متر	کنگان بالایی: دولومیت و آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه کنگان زیرین: آهک نازک تا متوسط لایه با میان‌لایه‌های شیلی
چاه B	میدان پارس جنوبی	۱۴۵/۷ متر	K1: آهک و دولومیت K2: دولومیت انیدریتی
چاه A	میدان گلشن	۱۳۵ متر	K1: آهک و دولومیت K2: دولومیت انیدریتی



### ۳.۱. روش مطالعه

برای بررسی تغییرات ریزرخساره‌ها ۵۰۰ نمونه دستی از رخنمونهای سورمه و دنا جهت مطالعات پتروگرافی و تهیه مقاطع نازک میکروسکوپی از سازند کنگان برداشت گردید [5]. با استفاده از داده‌های مغزه و خرده‌های حفاری به تعداد ۲۳۰ مقطع نازک میکروسکوپی از چاههای A میدان گلشن و B میدان پارس جنوبی جهت مطالعات رسوب‌شناسی سازند کنگان مورد مطالعه قرار گرفت. در بررسی‌های محیط دیرینه، به منظور تعیین رخساره‌ها، به بررسی آلوکوم‌های اسکلتی و غیر اسکلتی موجود، محتوای فسیلی و فابریک‌های موجود پرداخته شد. به دلیل اینکه اغلب توالی مورد مطالعه، متشکل از سنگ‌های کربناته است، رده بندی سنگهای آهکی براساس طبقه‌بندی دانهام [13] و امبری و کلوان [15] انجام شده و سپس جایگاه رخساره‌های شناسایی شده در محیط رسوبی با مدل فلوگل [19] تعیین و مقایسه شد.

### ۲. بحث

در مطالعه پتروگرافی ترکیب و بافت سنگ‌های رسوبی و اجزای رخساره‌ها از آلوکوم‌های اسکلتی همانند فرامینیفرها، دوکفه‌ای‌ها، جلبکها و آلوکوم‌های غیر اسکلتی از قبیل پلوئید، آتید مشخص شد. تجزیه و تحلیل رسوب‌شناختی مقاطع نازک سازند کنگان ۱۲ رخساره کربناتی تبخیری شناسایی شد که در به ترتیب در زیرمحیط‌های مربوط به رمپ داخلی شامل پهنه جزر و مدی، لاگون، شول و دریای باز و بخشی از رمپ میانی نهشته شده‌اند.

### ۱.۲. ریزرخساره‌های پهنه جزر و مدی

#### ریزرخساره LMF1: ریزرخساره انیدریت توده‌ای تا لایه‌ای (Massive to Layer Anhydrite)

این ریزرخساره آلوکوم اسکلتی و غیراسکلتی ندارد و از اجزای آن می‌توان به انیدریت‌هایی که به شکلهای سوزنی، تیغه‌ای و هم‌بند می‌باشند نام برد. دارای لایه‌های کم‌ضخامتی است که توسعه این رخساره به طور کلی اندک و بیشتر در بخش پایینی و انتهایی K1 در سازند کنگان وجود دارد، در واحد K2 این رخساره بندرت دیده می‌شود. در هر دو چاه مربوط به گلشن و پارس جنوبی این ریزرخساره دیده شد اما در کوه سورمه و دنا رخساره انیدریت لایه‌ای ملاحظه نشد که بیانگر نبود امکان تشکیل لایه‌های انیدریتی در این برشها بوده است. عدم تشکیل این ریزرخساره شرایط اقلیمی و محیطی حاکم بر پلتفرم کربناته سازند کنگان را نشان می‌دهد [5].

**تفسیر:** در اثر رسوبگذاری بلورهای ژپس در حوضچه‌های شور سابخاها و سپس در حین تدفین ژپس به انیدریت لایه‌ای تبدیل شده است [25]. با توجه به ماهیت انیدریتی این ریزرخساره می‌توان آن را کم‌عمق‌ترین ریزرخساره سازند کنگان معرفی کرد. این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد RMF25 فلوگل [19] است که این رخساره به‌صورت نهشته‌های سابخی گرم و خشک و در پهنه بالای جزر و مدی ایجاد می‌شود. کاک مم و همکاران [23] نیز مشابه ریزرخساره یاد شده را برای سازند کنگان در خلیج فارس گزارش کرده‌اند.

#### ریزرخساره LMF2: دولومادستون فابریک فنسترالی (Fabric Fenestral Dolomudstone)

انیدریتی‌هایی به شکل ندول و سیمان بصورت فراوانی در این ریزرخساره دیده می‌شود. در بخش بالایی سازند کنگان در برش کوه دنا این رخساره مشاهده شده است. در کوه سورمه ظهور این رخساره دولومیتی در انتهای سازند کنگان بیانگر پسروی تدریجی آب دریا بوده که نهایتاً منجر به گسترش این رخساره در مجاورت رخساره‌های تبخیری سازند دشتک شده است [5]. حداکثر گسترش این ریزرخساره در بخش K1 سازند کنگان است، از جمله ویژگی‌های بارز این ریزرخساره می‌توان به پدیده فابریک فنسترال، دولومیتی شدن، قالبهای بزرگ انیدریتی اشاره کرد. این ریزرخساره فاقد هر گونه فسیلی است و در مواردی جزئی می‌تواند پلوئید یا آنکوئید هم داشته باشد.

**تفسیر:** فابریک فنسترال به عنوان یکی از شواهد اصلی این رخساره به همراه آنکوئید، سیانوباکتریها و ترکهای گلی در این رخساره در کوه سورمه و دنا دیده می‌شود [5]. گسترش نسبی این ریزرخساره همزمان با پسروی جهانی آب دریا در تریاس میانی بوده که در اواخر تریاس به حداکثر گسترش خود رسیده است [20]. این ریزرخساره که مربوط به پهنه جزر و مدی سازند کنگان می‌باشد، در خلیج فارس گسترش بیشتری نسبت به زاگرس چین خورده دارد و می‌توان آن را معادل با رخساره استاندارد RMF23 فلوگل [19] دانست. این ریزرخساره مشابه به ریزرخساره MF2 فخار و همکاران [2] و نصرتی و همکاران [28] است.



### ریزرخساره LMF3: باندستون استروماتولیتی (Stromatolite Bindstone)

این رخصاره بطور گسترده‌ای در بخش فوقانی سازند کنگان در برش F کوه دنا دیده می‌شود و در برش C کوه سورمه نیز با اشکال نواری و موجی در مرزهای زیرین و بالایی سازند کنگان مشاهده شده است [5]. در چاههای مورد مطالعه گسترش این رخصاره بیشتر در بخش قاعده‌ای K2 و در میان لایه‌های دولومیتی بخش K1 قابل مشاهده می‌باشد. ویژگی اصلی این ریزرخساره لامینه‌های ظریف و نواری که نشانگر رشد سیانوباکتری‌ها و تبخیری‌ها هستند و در مواردی نیز با پلئیدها، تخلخل‌های فنسترال پر شده با سیمان انیدریت و کلسیت همراه می‌باشند.

**تفسیر:** بیشتر حجم این ریزرخساره را میکرایت دارای لامیناسیون تشکیل می‌دهد. لامیناسیون در استروماتولیت‌ها بازتابی از رشد میکروبی در طول چرخه‌های شبانه‌روز و چرخه‌های جزر و مدی است. لامینه‌های آلی معمولاً با میکرایت یا مواد آواری خشکی‌زاد به‌طور متناوب مشاهده می‌شوند [29]. استروماتولیت‌ها نهشته‌های آهکی از گروه رسوبات زیستی هستند که دارای لایه‌بندی ظریف و انواع ساختمان‌های مسطح، گنبدی و مخروطی شکل می‌باشد. این رسوبات حاصل به تله افتادن و به هم چسبیدن رسوبات و همچنین نهشت آهک توسط مجموعه‌های زیستی و توسط سیانوباکتری‌های آهک‌ساز تولید می‌شوند [4]. این رخصاره اکثراً دولومیتی بوده و در آن انیدریت‌های همزمان یا بعد از رسوبگذاری دیده می‌شوند. با توجه به موارد گفته شده می‌توان این ریز رخصاره را با ریزرخساره استاندارد RMF19 فلوگل [19] معادل دانست که به بخش بالایی محیط بین جزر و مدی نسبت داده می‌شود. باندستون استروماتولیتی از اینسالاکو و همکاران [22] نیز گزارش شده است.

### ریزرخساره LMF4: باندستون ترومبولیتی (Thrombolite Bindstone)

در مشاهدات صحرایی بیشترین گسترش این رخصاره مربوط به برش کوه دنا است و در برش کوه سورمه در مرز زیرین سازند کنگان این رخصاره شناسایی شد. این ریزرخساره فابریک لخته‌ای دارد. در زیر میکروسکوپ بصورت ساختمان جلبکی با فابریک لخته‌ای دیده می‌شود و لامیناسیون آن همانند استروماتولیتها نیست.

**تفسیر:** این ریزرخساره به عنوان یک افق کلیدی و گذر از پرمین فوقانی به تریاس زیرین کم و بیش توسعه دارد [2]. ترومبولیتها در محیط‌های کم عمق دریایی و کم انرژی در پهنه جزر و مدی تشکیل می‌شوند. موجودات میکروبی بعد از انقراض دسته جمعی انتهای پرمین به دلیل از بین رفتن موجودات پرسولی تغذیه کننده از آنها گسترش می‌یابند [2]. ریزرخساره باندستون ترومبولیتی معادل با ریزرخساره استاندارد RMF19 فلوگل [19] است که به پهنه جزر و مدی نسبت داده می‌شود.

### ریزرخساره LMF 5: مادستون دولومیتی (Dolomitic Mudstone)

این ریزرخساره خرده‌های بیوکستی متنوع و فراوانی ندارد و تنها دارای قالبهای دولومیتی در زمینه میکرایتی است. پدیده دولومیتی شدن از مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی این رخصاره است.

**تفسیر:** گسترش این ریزرخساره در نواحی گلشن و پارس جنوبی بیشتر از مناطق زاگرس چین خورده است. این ریزرخساره نشان دهنده افت سطحی آب دریاست. ریزرخساره مربوطه را می‌توان با ریزرخساره استاندارد RMF22 فلوگل [19] معادل دانست که به پهنه جزر و مدی تعلق دارد.

### ۲.۲. ریزرخساره‌های پهنه لاگون

#### ریزرخساره LMF 6: مادستون با آشفستگی زیستی (Bioturbation Mudstone)

این ریزرخساره در بخش زیرین سازند کنگان در نواحی کوههای دنا و سورمه وجود دارد. برخلاف ریزرخساره‌های مادستونی پهنه جزر و مدی دارای مقادیر فراوان رس و مارن می‌باشد. در نمونه‌های مورد مطالعه دارای آثاری از آشفستگی زیستی به‌ویژه از نوع پلانولیتس می‌باشد و همچنین خرده‌های اسکلتی شامل دوکفه‌ای کلاریا، گاستروپود و *Spirorbis phiyctenae* مشاهده می‌شود [5]. در چاههای مورد مطالعه خلیج فارس برخلاف زاگرس چین خورده این ریزرخساره به صورت بسیار معدودی رویت شده است و در صورت وجود تنها در افق‌هایی از بخش K1 دیده می‌شود.



**تفسیر:** شرایط خاص حاکم بر شیمی آب دریا در آن زمان و تاثیرات پالئوآکولوژیکی انقراض جهانی پرموتریاس در تشکیل این رخساره نقش بسزایی داشته است. چنین رخساره‌ای در رسوبات تریاس سایر نواحی دنیا نیز به همین شکل گزارش شده است [32]. همچنین افق-های دارای آشفستگی زیستی نشانگر حداکثر پیشروی آب دریا در نواحی مختلف پلتفرم کریناته است. ریزرخساره مربوطه را می‌توان با ریزرخساره استاندارد RMF19 فلوگل [19] معادل دانست که به پهنه لاگونی تعلق دارد.

#### ریزرخساره LMF 7: وکستون تا پکستون بیوکلاستی با جلبک سبز و فرامینیفرهای بنتیک

##### (Bioclastic Wackestone/ Packstone with green algae and benthic foraminifera)

ریزرخساره برش کوه سورمه بیوکلاستی از قبیل دوکفه‌ای، جلبک سبز، استراکد و گاستروپود اصلی‌ترین آلوکم‌های این ریزرخساره را تشکیل می‌دهد. تنوع بیوکلاستی در بخش بالایی کنگان بیشتر از بخش پایینی آن بوده و همچنین گسترش این ریزرخساره در کوه سورمه بیشتر از کوه دنا است. این ریزرخساره تنها در بخش K1 چاههای گلشن و پارس جنوبی مشاهده می‌شود. همچنین علاوه بر بیوکلاستهای اصلی مذکور، درصد قابل توجهی از اشکال پلوئیدی نیز در چاههای خلیج فارس دیده می‌شود.

**تفسیر:** این ریزرخساره بیانگر محیط لاگونی در بخشهای مختلف سازند کنگان است. برخی از آلوکم‌های آن شامل گاستروپود، جلبک سبز و *Spirorbis phlyctenae* به عنوان شاخص این محیطی بشمار میرود که قابل مقایسه با رخساره‌های مشابه در سایر نواحی دنیاست [31]. رخساره‌های طوفانی سازند کنگان به شکل لایه‌های نازک اینتراکلاستی تا بیوکلاستی به‌ویژه در بخش K2 این نواحی گسترش دارد. این رخساره در یک محیط نیمه بسته با انرژی آرام تا متوسط در لاگون نهشته شده است [33]. این ریزرخساره معادل با ریزرخساره استاندارد RMF20 فلوگل [19] است که به محیط لاگونی نسبت داده شود.

#### ۳.۲. ریزرخساره‌های پهنه شول

#### ریزرخساره LMF 8: پکستون تا گرینستون آئیدی پلوئیدی (Ooid/ Peloid Packstone to Grainstone)

آلوکم‌های سازنده این ریزرخساره شامل آئیدها، بیوکلاست‌هایی نظیر گاستروپود، دوکفه‌ای، خرده‌های جلبک سبز، فرامینیفرهای بنتیک، و پلوئیدها هستند. دانه‌های آگرگات در برخی نمونه‌ها حضور دارند. این رخساره دارای جورشدگی بالا و فاقد گل آهکی است. **تفسیر:** این ریزرخساره در نواحی خلیج فارس گسترش بیشتری نسبت به زاگرس چین خورده دارد و بیوکلاستهای نظیر گاستروپود و جلبکها تحت تاثیر جریان‌های کشندی به این رخساره انتقال یافته‌اند. نبود گل کریناته، بیوکلاستهای زاویه‌دار، آئیدهای متحدمرکز نشان دهنده بالا بودن انرژی محیط و نهشت این رخساره می‌باشد [22]. ریزرخساره مربوطه را می‌توان با ریزرخساره استاندارد RMF27 فلوگل [19] معادل دانست که به محیط شول تعلق دارد.

#### ریزرخساره LMF 9: گرینستون آئیدی (Ooid Grainstone)

ریزرخساره گرینستون آئیدی یکی از مهم‌ترین ریزرخساره‌های تشکیل دهنده بخشهای تحت الارضی K1 و K2 به شمار می‌رود. این ریزرخساره به‌صورت متناوب با ریزرخساره گرینستونی دیگر به ویژه گرینستون اینتراکلاستی آنکوئیدی مشاهده می‌شود. این رخساره با دو لیتولوژی آهکی و دولومیتی در این نواحی از گسترش قابل ملاحظه‌ای برخوردار است.

حداکثر ضخامت و گسترش جانبی رخساره‌های بخش زیرین سازند کنگان در ناحیه خلیج فارس مشاهده می‌شود. با این وجود به سمت نواحی شمالی‌تر دارای گسترش قابل ملاحظه‌ای نیست و در بخش کنگان زیرین نواحی داخلی زاگرس وجود ندارد. در مطالعات صحرائی این رخساره در ناحیه کوه سورمه از گسترش و ضخامت بیشتری نسبت به کوه دنا برخوردار است که ضخامت این رخساره را در بخش کنگان بالایی از نواحی جنوبی به سمت نواحی شمالی‌تر به‌تدریج کاهش یافته و در کوه دنا به حداقل می‌رسد [5].

**تفسیر:** آئیدها آلوکم‌های غیر اسکلتی در محیط‌های نهشتی شول کریناته هستند [19]. گسترش آئیدهای مذکور به‌دلیل نوسانات جهانی سطح آب دریا است که در زمان پرمین بالائی تا تریاس میانی که سطح جهانی آب دریا دچار افت نسبی شده بود [31]. این ریزرخساره در بخش مرکزی شول تشکیل می‌شود و به طور جانبی به ریزرخساره گرینستونی دیگری می‌تواند تبدیل شود. ریزرخساره گرینستون آئیدی را می‌توان با ریزرخساره استاندارد RMF29 فلوگل [19] معادل دانست که به محیط شول تعلق دارد.



#### ریزرخساره 10 LMF: گرینستون اینتراکلاستی آنکوئیدی (Intraclast/ Oncoid Grainstone)

اجزای تشکیل دهنده این ریزرخساره در سازند کنگان شامل اینتراکلاست، آنکوئید، جلبک سبز و خرده‌های دوکفه‌ای و آئید است. این رخصاره تنها در بخش بالایی کنگان و در مجاورت مرز فوقانی آن ظاهر شده است. بر این اساس این رخصاره در بخش کنگان زیرین نواحی کوه سورمه و کوه دنا به جز در قاعده آن وجود ندارد. گسترش این رخصاره در کوه سورمه بیشتر از کوه دنا است [5]. گسترش این رخصاره در بخشهای مختلف سازند کنگان بخصوص در بخش K2 مشهود است.

**تفسیر:** بیوکلاستها و اینتراکلاستهای زاویه‌دار می‌تواند ناشی از برخورد امواج با شول و جدا شدن ذرات باشند. ذرات اینتراکلاست بیانگر محیطی با انرژی متفاوت هستند [19] عدم حضور گل کربناته و حضور سیمان دریایی موید این است که جایگاه نهستی محیط دریایی کم‌عمق تحت تاثیر امواج و در بالای قاعده امواج معمولی در یک آب و هوای خشک می‌باشد [31]. این ریزرخساره معادل با ریزرخساره استاندارد RMF28 فلوگل [19] بوده که به محیط شول تعلق دارد.

#### ۴.۲. ریزرخساره پهنه دریای باز

#### ریزرخساره 11 LMF: وکستون تا پکستون بیوکلاستی اینتراکلاستی

##### (Bioclastic/ Intraclast Wackestone to Packstone)

این ریزرخساره بر اساس گسترش نسبی استراکد و خرده‌های اکینودرم و خرده‌های جلبک و اینتراکلاست با ۱۰ تا ۵۰٪ دارای لیتولوژی آهکی است و در بخش زیرین سازند کنگان در نواحی مذکور گسترش دارد و در برخی موارد با آشفتنگی زیستی همراه می‌شود. این ریزرخساره در نواحی مختلف خلیج فارس گسترش محدودی دارد و قابل مقایسه با کوه سورمه و دنا نیست [5]. معدود لایه‌های آهکی این رخصاره تنها در بخشهای میانی K2 وجود دارد که بر اساس وجود جلبک و استراکد، خرده‌های اکینودرم شناسایی شده است.

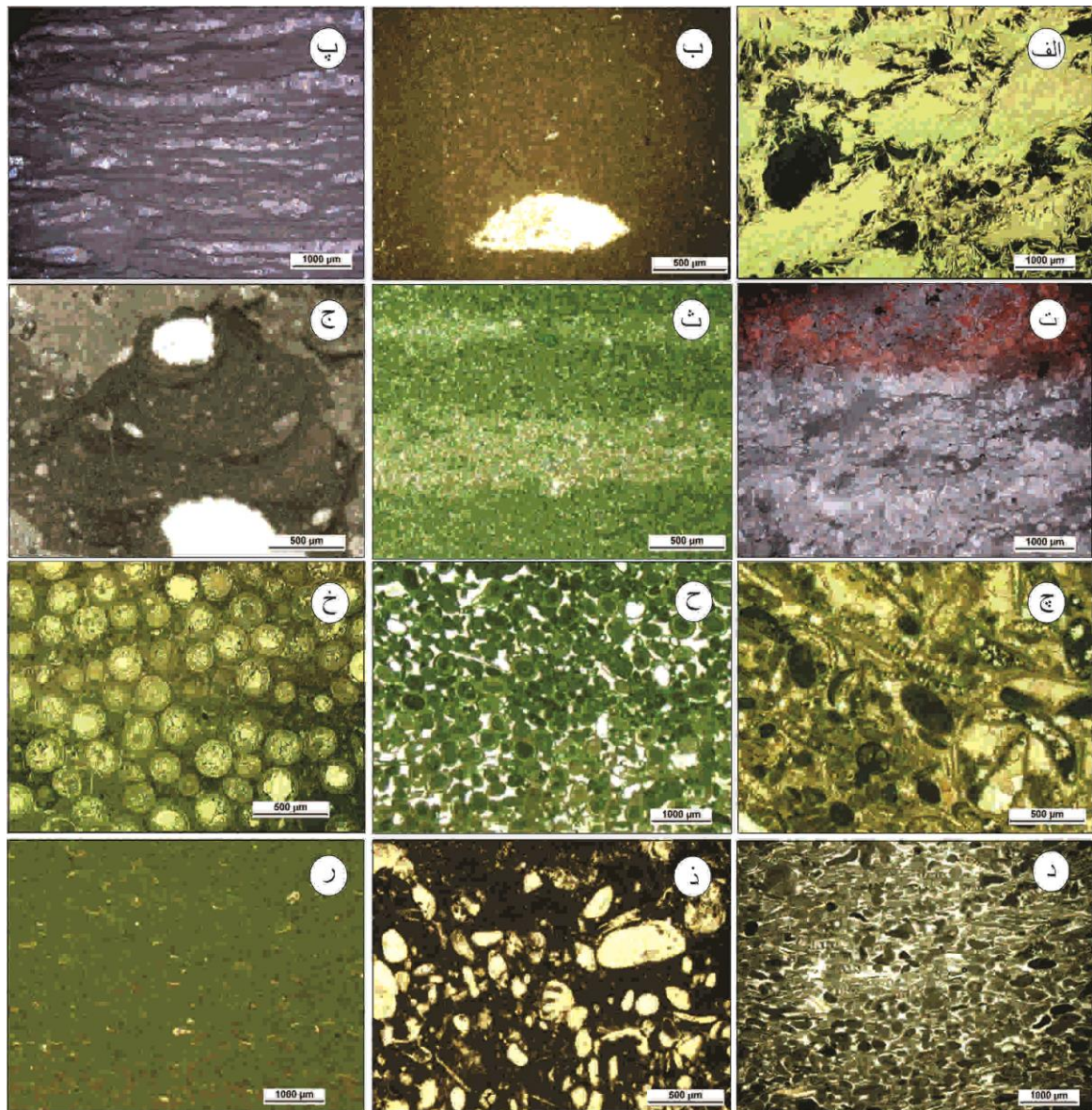
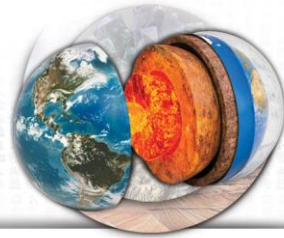
**تفسیر:** این رخصاره مربوط به نواحی انتهایی پلتفرم کربناته در نواحی کوه سورمه و کوه دنا است که بیانگر پیشروی سریع و ناگهانی دریا در این نواحی می‌باشد. لایه‌های متشکل از این رخصاره معمولاً بسیار نازک لایه تا لامینه‌ای و به رنگ کرم تا قهوه‌ای روشن می‌باشد. به نظر می‌رسد که تنوع و فراوانی بیوکلاستها این رخصاره در ناحیه کوه سورمه بیشتر از کوه دنا است که احتمالاً تحت تاثیر شرایط محیطی و اقلیمی است. این رخصاره در بخش کنگان زیرین نواحی مذکور قرار گرفته است [5]. ریزرخساره مربوطه را می‌توان با ریزرخساره استاندارد RMF7 فلوگل [19] معادل دانست که به نواحی جلویی دریای باز نسبت داده می‌شود.

#### ۵.۲. ریزرخساره رمپ میانی

#### ریزرخساره 12 LMF: مادستون بیوکلاستی (Bioclastic Mudstone)

این ریزرخساره بیوکلاستهای چندانی وجود ندارد و فراوانی آن از ۱۰-۲۰٪ فراتر نرفته است. بیوکلاستهایی که اکثراً از فونای دریای باز نظیر خرده‌های بسیار کوچک اکینودرم، استراکد تشکیل شده است. این ریزرخساره تنها در بخش کنگان زیرین وجود دارد و به صورت لایه‌های شیلی تا مارنی مشاهده می‌شود. گسترش این رخصاره در کوه دنا و کوه سورمه در تناوب با ریزرخساره شماره ۱۱ مشاهده می‌شود، هر چند به نظر می‌رسد که گسترش آن در ناحیه کوه سورمه اندکی بیشتر است.

**تفسیر:** یکی از ویژگی‌های این رخصاره در برشهای سطح الارضی وجود لامینه‌های گرینستونی است. این لامینه‌ها می‌تواند دلیل بر تشکیل افق‌های سخت شده (hard-ground) در اثر پایین رفتن نرخ رسوبگذاری نیز باشد. می‌تواند نشانگر افزایش ناگهانی انرژی محیط و تاثیر طوفانهای کوتاه مدت باشد. این رخصاره بیانگر رسوبگذاری در عمیق‌ترین و دورترین بخش پلتفرم کربناته سازند کنگان می‌باشد [5]. گسترش ریزرخساره در ناحیه خلیج فارس بسیار محدود است. این رخصاره تنها در بخش‌های میانی K2 مشاهده می‌شود که عمدتاً دارای استراکدهای دیواره نازک و برخی جلبک‌هاست. ریزرخساره مربوطه را می‌توان با ریزرخساره استاندارد RMF11 فلوگل [19] معادل دانست که به محیط رمپ میانی تعلق دارد.



شکل ۲. ریزرخساره‌های شناسایی شده سازند کنگان در مناطق مورد مطالعه: الف) انیدریت لایه‌ای، ب) فنسترال مادستون دولومیتی، پ) باندستون استروماتولیتی، ت) باندستون ترومبولیتی، ث) مادستون دولومیتی، ج) مادستون با آشفستگی زیستی، چ) وکستون تا پکستون بیوکلستی، ح) پکستون تا گرینستون آئیدی پلوئیدی، خ) گرینستون آئیدی، د) گرینستون اینتراکلستی، آنکوئیدی، ذ) وکستون تا پکستون بیوکلستی، اینتراکلستی، ر) مادستون بیوکلستی.





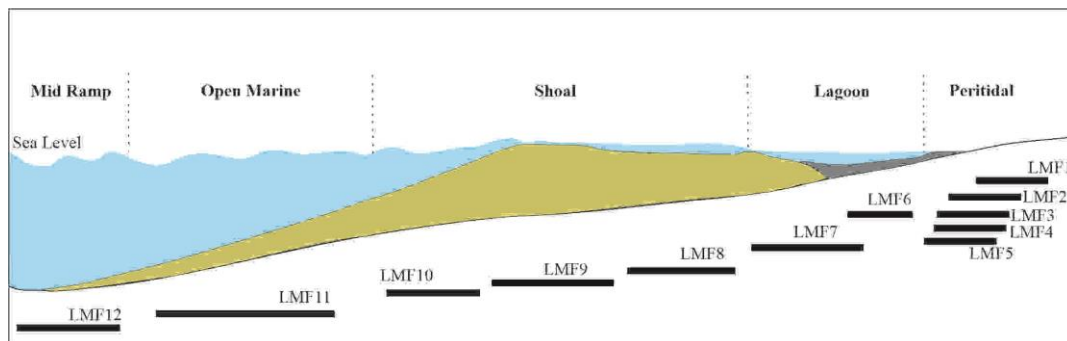
جدول ۲. خلاصه‌ای از ریزرخساره‌های شناسایی شده سازند کنگان در چاه A میدان گلشن، چاه B میدان پارس جنوبی، برش سطح الارضی C در کوه سورمه و برش سطح الارضی F در کوه دنا.

ردیف	نام ریزرخساره	کد ریزرخساره	آلوکهای اسکلتی و غیراسکلتی	استاندارد (Flugel, 2010)	محیط رسوبی	نام چاهها و برشها
۱	انیدریت لایه‌ای	LMF1	ندارد	RMF25	پهنه بالای جزر و مدی	چاه A، چاه B،
۲	فنسترال مادستون دولومیتی	LMF2	پلوئید	RMF23	پهنه بین جزر و مدی	چاه A، چاه B، برش C، برش F
۳	باندستون استروماتولیتی	LMF3	ندارد	RMF19	پهنه بین جزر و مدی	چاه A، چاه B، برش C، برش F
۴	باندستون ترومبولیتی	LMF4	ندارد	RMF19	پهنه بین جزر و مدی	چاه B، برش C، برش F
۵	مادستون دولومیتی	LMF5	ندارد	RMF22	پهنه جزر و مدی	چاه A، چاه B
۶	مادستون با آشفته‌گی زیستی	LMF6	دوکفه‌ای‌ها، گاستروپود، آثار کرم، پلوئید	RMF19	لاگون	چاه B، برش C، برش F
۷	وکستون تا پکستون بیوکلستی	LMF7	جلبک سبز، دوکفه‌ای‌ها، فرامینیفرهای بنتیک، گاستروپود، استراکد، پلوئید	RMF20	لاگون	چاه A، چاه B، برش C، برش F
۸	پکستون تا گرینستون آئیدی پلوئیدی	LMF8	جلبک سبز، دوکفه‌ای‌ها، فرامینیفرهای بنتیک، گاستروپود پلوئید، آئید، آگرگات	RMF27	شول	چاه A، چاه B، برش C، برش F
۹	گرینستون آئیدی	LMF9	آئید	RMF29	شول	چاه A، چاه B، برش C، برش F
۱۰	گرینستون اینتراکلستی، آنکوئیدی	LMF10	جلبک سبز، دوکفه‌ای، آنکوئید آئید و اینتراکلست	RMF28	شول	چاه A، چاه B، برش C، برش F
۱۱	وکستون تا پکستون بیوکلستی، اینتراکلستی	LMF11	اکینودرم، استراکد، جلبک اینتراکلست	RMF7	دریای باز	برش C، برش F، چاه B
۱۲	مادستون بیوکلستی	LMF12	اکینودرم، استراکد	RMF11	رمپ میانی	برش C، برش F



#### ۴. محیط رسوبی و مدل پیشنهادی سازند کنگان

تغییرات ریزرخساره‌های شناسایی شده (جدول ۲) و بررسی ارتباط و نحوه پراکندگی عمودی و جانبی آنها بر اساس ریزرخساره‌های استاندارد فلوگل می‌تواند نشان‌دهنده نهشت توالی کربناته تبخیری سازند کنگان در یک رمپ کربناته هموکلینال باشد. روند آرام عمیق شوندگی حوضه رسوبی، عدم وجود ساختمان‌های ریفی دارای تداوم جانبی و گسترش زیاد رخساره‌های پهنه جزر و مدی و لاگون که دلالت بر شیب کم حوضه دارد [22] و نبود رخساره‌های ریزشی و لغزشی که بیانگر شیب نسبتاً بالای حوضه رسوبی است [28] همگی تایید کننده نهشت توالی مورد بررسی در یک رمپ کربناته هموکلینال است (شکل ۳).



شکل ۳. مدل رسوبی ارائه شده سازند کنگان بر اساس مطالعات ریزرخساره و توالی رخساره‌ای حاصل از آن نشانگر رمپ هموکلینال می‌باشد.

#### ۵. نتیجه‌گیری

رخساره‌های موجود در سازند کنگان ویژگی‌های محیطی مربوط به سکانس‌های کربناته - تبخیری را نشان می‌دهند و به طور کلی یک روند کم‌عمق شوندگی به سمت بالا را دنبال می‌کنند، واحد K2 بیشتر از رخساره‌های مجموعه شول‌های آئیدی به صورت یک واحد تجمعی تشکیل شده است که با رخساره‌های لاگونی تا بین جزر و مدی همراهند. گسترش شدید رخساره‌های میکروبی مانند استروماتولیت‌ها و ترومبولیت‌ها از محیط بین جزر و مدی تا زیر جزر و مدی کم‌عمق پیشروی کرده‌اند. به طور کل نوسانات سطح دریا در K2، منجر به ایجاد فضای رسوبگذاری مناسب جهت توسعه شول‌های گرینستونی و بایوکلاستی مستعد مخزن شده‌است. در واحد مخزنی K1 رخساره‌های تبخیری گرم و خشک مربوط به محیط بالای جزر و مدی، پهنه بین جزر و مدی، رخساره‌های میکروبی بویژه استروماتولیت‌ها گسترش دارند، گسترش تبخیری‌ها در افق‌های مختلف سازند کنگان بر اثر افت نسبی سطح آب دریاست. با شروع پیشروی دریا و بالا بودن سطح نسبی آب پس از یک توقف رسوبگذاری، رخساره‌های استروماتولیتی و ترومبولیتی ایجاد شده‌اند. با توجه به جدول ۱ تغییرات ضخامت می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که به سمت نواحی شمالی تر حوضه ضخامت سازند افزایش می‌یابد. از نظر لیتواستراتیگرافی شباهت‌های سنگ‌شناسی و رخساره‌ای زیادی ما بین رخنمون سازند کنگان در کوه دنا و کوه سورمه وجود دارد. همچنین با توجه به جدول ۲ سازند کنگان در نواحی زاگرس چین‌خورده از رخساره‌های مادستونی بیشتری تشکیل شده است در حالی که در خلیج فارس رخساره‌های گرینستونی بیشتری نسبت به زاگرس دارد. لایه‌های انیدریتی سازند کنگان در ناحیه خلیج فارس توسعه بیشتری دارند که به احتمال فراوان در شرایط زیرکشدی با تبخیر بسیار بالا تشکیل شده‌اند و به سمت نواحی شمالی تقلیل و در برشهای مورد مطالعه رخساره انیدریتی مشاهده نمی‌شود. روند عمیق‌شدگی حوضه به سمت شمال و شمال شرق می‌باشد به گونه‌ای رخساره‌های تبخیری و کم عمق بیشتر در سمت جنوب و کشورهای حاشیه خلیج فارس گسترش دارند و به سمت فارس ساحلی و داخلی رخساره‌ها عمیق می‌شوند یعنی حاشیه پلتفرم کم‌عمق در جنوب میدان و بخش دریای باز در شمال آن واقع است [22, 10, 34]. حوضه یاد شده در همه جا ژرفای یکسان ندارد به دلیل عمق بیشینه که در زاگرس مرتفع بوده ولی به سوی جنوب‌غربی و خلیج فارس، در اثر کاهش عمق، شرایط تبخیری حاکم بوده است [34]. با تمامی این تفاسیر و مقایسه آن با مطالعات انجام شده مشخص گردید که سازند کنگان بر روی یک پلتفرم کربناته رمپ هموکلینال در شرایط آب و هوایی گرم و خشک تشکیل شده‌است.



## "منابع"

- [1] علی آقائاتی، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [2] وحید توکلی، ۱۳۹۸. بررسی توالی‌های طوفانی سازند کربناته کنگان در بخش مرکزی خلیج فارس، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۷۳، ۸۱-۹۵.
- [3] احمدرضا ربانی، ۱۳۹۲. زمین‌شناسی و ژئوشیمی نفت خلیج فارس، انتشارات دانشگاه تفرش.
- [4] حسین رحیم‌پور بناب، ۱۳۸۹. سنگ‌شناسی کربناته با نگرشی بر کیفیت مخزنی، انتشارات دانشگاه تهران.
- [5] مسعود لطف‌پور، ۱۳۸۴. چینه‌شناسی توالی‌ها، محیط رسوبی و بیواستراتیگرافی سازندهای دالان و کنگان در زاگرس جنوبی با نگرش ویژه بر مرز پرموتریاس، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.
- [6] Aali, J., Rahimpour-Bonab, H., Kamali, M.R., 2006. Geochemistry and origin of the world's largest gas field from Persian Gulf, Iran, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 50(3-4),161-175.
- [7] Abdolmaleki, J., Tavakoli, V., Asadi-Eskandar, A., 2016. Sedimentological and diagenetic controls on reservoir properties in the Permian–Triassic successions of western Persian Gulf, southern Iran, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 141,90-113.
- [8] Alavi, M., 2007. Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran, *American Journal of science*, 307(9), 1064-1095.
- [9] Al-Husseini, M.I., 2000. Origin of the Arabian Plate structures: Amar collision and Najd rift, *GeoArabia*, 5(4),527-542.
- [10] Angiolini, L., Balini, M., Garzanti, E., Nicora, A., Tintori, A., Crasquin, S., Muttoni, G., 2003. Permian climatic and paleogeographic changes in Northern Gondwana: the Khuff Formation of Interior Oman, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 191, 269-300.
- [11] Bashari, A., 2005. Khuff formation Permian-Triassic carbonate in the Qatar-South Fars arch hydrocarbon province of the Persian Gulf, *First Break*, 23(11).
- [12] Bordenave, M.L., Hegre, J.A., 2005. The influence of tectonics on the entrapment of oil in the Dezful Embayment, Zagros Foldbelt, Iran, *Journal of petroleum geology*, 28(4),339-368.
- [13] Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture, *American Association of Petroleum Geologists Memoir*1, 108–121.
- [14] Edgell, H.S., 1996. Salt tectonism in the Persian Gulf basin. *Geological Society, London, Special Publications*, 100(1),129-151.
- [15] Embry, A.F., Klován, J.E., 1971. A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, NWT. *Bulletin of Canadian petroleum geology*, 19(4),730-781.
- [16] Enayati–Bidgoli, A.H., Rahimpour–Bonab, H., 2016. A geological based reservoir zonation scheme in a sequence stratigraphic framework: A case study from the Permo–Triassic gas reservoirs, Offshore Iran, *Marine and Petroleum Geology*, 73,36-58.
- [17] Esrafil-Dizaji, B., Rahimpour-Bonab, H., 2013. A review of Permo-Triassic reservoir rocks in the Zagros Area, Sw Iran: Influence of the Qatar-Fars Arch, *Journal of Petroleum Geology*, 36(3),257-279.
- [18] Fakhar, M., Rezaee, P., Torghabeh, A.K., 2024. Investigating the reservoir quality of the Early Triassic succession with a new perspective on diagenesis and sequence stratigraphy in the center of the Persian Gulf, South Pars, *Geoenergy Science and Engineering*, 232, 212367.
- [19] Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*, Springer Verlag, New York.
- [20] Haq, B.U., Hardenbol, J., Vail, P.R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change.
- [21] Heydari, E., 2008. Tectonics versus eustatic control on supersequences of the Zagros Mountains of Iran. *Tectonophysics*, 451(1-4),56-70.
- [22] Insalaco, E., Virgone, A., Courme, B., Gaillot, J., Kamali, M., Moallemi, A., Lotfpour, M., Monibi, S., 2006. Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars, Iran: depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture. *GeoArabia*, 11(2),75-176.
- [23] Kakemem, U., Jafarian, A., Husinec, A., Adabi, M.H., Mahmoudi, A., 2020. Facies, sequence framework, and reservoir quality along a Triassic carbonate ramp: Kangan formation, South Pars Field, Persian gulf Superbasin, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 198, 108166.
- [24] Konert, G., Afifi, A.M., Al-Hajri, S.I.A., Droste, H.J., 2001. Paleozoic stratigraphy and hydrocarbon habitat of the Arabian Plate, *GeoArabia*, 6(3), 407-442.
- [25] Lucia, F.J., 2007. Limestone reservoirs. *Carbonate Reservoir Characterization: An Integrated Approach*,181-215.
- [26] Mehrabi, H., Mansouri, M., Rahimpour-Bonab, H., Tavakoli, V., Hassanzadeh, M., 2016. Chemical compaction features as potential barriers in the Permian-Triassic reservoirs of Southern Iran, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 145, 95-113.
- [27] Nosrati, A., Kadkhodaie, A., Amini, A., Chehrizi, A., Mehdipour, V., Moslemnezhad, T., 2019. Reservoir properties distribution in the framework of sequence stratigraphic units: A case study from the Kangan Formation, Iranian offshore gas field, the Persian Gulf basin, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 65,1-15.
- [28] Pomar, L.U.I.S., Kendall, C.G.S.C., 2008. Architecture of carbonate platforms: a response to hydrodynamics and



- evolving ecology. In Controls on carbonate platform and reef development (89: 187-216). SEPM Special Publication.
- [29] Scholle, P.A., Ulmer-Scholle, D.S., 2003. A color guide to the petrography of carbonate rocks: grains, textures, porosity, diagenesis, AAPG Memoir 77 (Vol. 77). AAPG.
- [30] Szabo, F., Kheradpir, A., 1978. Permian and Triassic stratigraphy, Zagros basin, south-west Iran, Journal of Petroleum Geology, 1(2),57-82.
- [31] Tucker, M.E., Wright, V.P., 1990. Carbonate sedimentology, Blackwell scientific publications, 1-27.
- [32] Twitchett, R.J., Wignall, P.B., 1996. Trace fossils and the aftermath of the Permo-Triassic mass extinction: evidence from northern Italy. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 124(1-2),137-151.
- [33] Wilson, J.L., 1975. Principles of carbonate sedimentation, Carbonate Facies in Geologic History,1-19.
- [34] Zeigler, M.A., Martin, A.Z., 2001. Late Permian to Holocene paleofacies evolution of the Arabian Plate and its hydrocarbon occurrences. GeoArabia, 6(3), 445-504.