

“Research article”

Sedimentary environment and microfacies of Sarvak Formation, Zone 3 in South Azadegan field

Sara Maleki Kheymeh sari^{1*} , Hossein Lotfian Zadeh²

¹Department of Geology, Be.C., Islamic Azad University, Behbahan, Iran

² Department of Geology, Be.C., Islamic Azad University, Behbahan, Iran

*Corresponding author email: Sa.Maleki@iau.ac.ir

(Received: 28 August 2025, Accepted: 30 September 2025)

Abstract

In order to study the Sarvak Formation in Zone 3 of the South Azadegan oil field in the Abadan Plain, 10 cores and 50 thin sections prepared from drilled cores were examined. petrographic analysis led to the identification of seven depositional microfacies. these include lagoonal facies such as miliolid wackestone and benthic foraminifera-bearing packstone/wackestone; barrier facies including benthic foraminifera- and peloid-bearing grainstone, rudist boundstone, and rudist packstone; and open marine facies including pelagic foraminifera (oligosteginid) wackestone and bioclastic echinoid packstone. based on faunal assemblages, the presence of micrite in the sedimentary fabric of most facies, the occurrence of lagoonal, barrier, and open marine facies, and their gradual facies transitions, the depositional model of the Sarvak Formation in Zone 3 of the South Azadegan field has been interpreted as a shallow-water carbonate platform of a homoclinal ramp type. the reservoir quality of the Sarvak Formation is closely related to diagenetic processes. Cementation and compaction are the main processes reducing reservoir quality, whereas dissolution, vuggy porosity, fracture-related porosity, and dolomitization enhance it. lagoonal mud-supported facies, due to dissolution and fracturing, exhibit better reservoir properties. understanding the role of diagenetic processes in reservoir rocks can significantly contribute to evaluating the reservoir quality of the Sarvak Formation in the South Azadegan field.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Microfacies, Depositional environment, Sarvak Formation, South Azadegan oil field



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال شانزدهم، شماره‌ی ۶۲
تابستان ۱۴۰۴، صفحات ۸۶-۷۳

"مقاله پژوهشی"

محیط رسوبی و میکروفاسیس سازند سروک، زون ۳ در میدان آزادگان جنوبی

سارا ملکی خیمه‌سری^{۱*}، حسین لطفیان‌زاده^۲

۱ گروه زمین شناسی، واحد بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان، ایران

۲ گروه زمین شناسی، واحد بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: Email: Sa.Maleki@iau.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۰۶، پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۷/۰۸)

چکیده

جهت مطالعه سازند سروک در زون ۳ میدان نفتی آزادگان جنوبی در دشت آبادان تعداد ۱۰ مغزه و ۵۰ مقطع نازک میکروسکوپی از مغزه‌های حفاری گرفته شد. مطالعات میکروسکوپی رخساره‌ها منجر به شناسایی ۷ رخساره رسوبی شده است. این رخساره‌ها عبارتند از محیط‌های لاگونی شامل وکستون حاوی میلیولید و پکستون/ وکستون دارای فرامینفرهای بتتیک، محیط‌های سدی شامل گرینستون حاوی فرامینفرهای بتتیک و پلوئید، باندستون رودیستی و رودیست پکستون و محیط‌های دریای باز شامل وکستون حاوی فرامینفر پلاژیک (الیگوستنژید) و پکستون اکینوئیدی بیوکلاستی شده می‌باشند. بر اساس مجموعه فونی، وجود میکرایت در بافت رسوبی اکثر رخساره‌ها، وجود رخساره‌های لاگون، سد و دریای باز و تغییرات تدریجی رخساره‌ها مدل رسوبی سازند سروک در زون ۳ میدان آزادگان جنوبی پلاتفرم کربناته کم عمق از نوع رمپ هموکلینال شناسایی شده است. کیفیت مخزنی سازند سروک ارتباط نزدیکی با فرایندهای دیاژنزی دارد. فرایندهای دیاژنتیکی مانند سیمانی شدن و تراکم باعث کاهش کیفیت مخزنی و فرایندهای دیاژنتیکی ماندانحلال، تخلخل حفره‌ای، تخلخل حاصل از شکستگی و دولومیتی شدن افزایش دهنده آن بوده است. گل‌پشتیان‌های بخش لاگون به دلیل تاثیر انحلال و شکستگی در آنها، دارای کیفیت مخزنی بهتری هستند. بررسی عملکرد فرایندهای دیاژنزی بر روی سنگ‌های مخزنی می‌تواند کمک شایانی به شناسایی کیفیت مخزنی سازند سروک در میدان آزادگان جنوبی نماید.

واژه‌های کلیدی: میکروفاسیس، محیط رسوبی، سازند سروک و میدان آزادگان جنوبی

مقدمه

ایران به لحاظ منابع نفتی و گازی به ترتیب مقام سوم و دوم را در جهان به خود اختصاص داده است. یکی از مهم‌ترین این مخازن، مخزن نفتی بنگستان است که پس از مخزن آسماری دومین مخزن تولیدی بزرگ در ایران به شمار می‌آید. سازندهای سروک و ایلام جزء این مخزن هیدروکربوری مهم هستند که از نظر سن در محدوده کرتاسه میانی - پایانی (سنومانین - سانتونین) در حوضه زاگرس نهشته شده‌اند.

حوضه رسوبی زاگرس در مطالعات زمین شناسی ایران و خاورمیانه از جایگاه مهم و ویژه‌ای برخوردار است. به دلیل نفت خیز بودن سازندهای حوضه رسوبی زاگرس به خصوص دوره کرتاسه، مطالعات سنگ شناسی و میکروبیواستراتیگرافی متعدد بر روی آن‌ها انجام شده است.

همچنین شناخت محیط رسوبی، ریز رخساره‌های رسوبی و ویژگی‌های توزیع مخزن برای شناسایی توزیع نفت باقی‌مانده و چاه‌ها حائز اهمیت است. مطالعه ریزرخساره‌ها، تعیین محیط رسوبی، ارائه الگوی محیطی مربوطه در بررسی‌های مخزنی و اکتشاف ذخایر هیدروکربوری اهمیت زیادی دارند. سازند سروک توالی ضخیمی از سنگ‌های کربناته با سن کرتاسه است و یکی از مخازن مهم هیدروکربنی در جنوب غرب ایران محسوب می‌شود (۲).

میدان نفتی آزادگان جنوبی در استان خوزستان، در ۸۰ کیلومتری غرب شهر اهواز و نزدیک به مرز ایران و عراق واقع شده است. این میدان در دشت آبادان قرار گرفته و در سال ۱۳۷۶ توسط اداره اکتشاف شرکت ملی نفت ایران در محدوده‌ای به وسعت ۲۰ × ۷۵ کیلومتر، کشف شد و بزرگترین میدان نفتی ایران

محسوب می‌شود. میدان نفتی آزادگان از شمال در مجاورت میدان مجنون عراق قرار دارد و هیچ رخنمون سطحی ندارد و توسط روش لرزه نگاری دوبعدی شناسایی شده است. مخازن تولید نفت این میدان مشابه با میادین دیگر در منطقه و جنوب عراق است. این میدان همچنین به سمت شمال تا باتلاق حورالعظیم امتداد می‌یابد که منطقه وسیعی را در امتداد مرز ایران و عراق پوشش می‌دهد.

در میدان نفتی آزادگان، سازند سروک با ضخامت بالغ بر ۶۰۰ متر در بین سازند داریان در پایین و سازند ایلام در بالا قرار گرفته است. این سازند متشکل از توالی ضخیمی از سنگ آهک و میان لایه‌هایی از سنگ آهک رسی بوده، بنابراین تغییرات سنگ‌شناسی قابل‌توجهی در آن مشاهده نمی‌شود (۱۸). بالاآمدگی و فرسایش پلت فرم کربناته سروک بالایی در اواخر سنومانین سبب خارج شدن آن از آب و نبود رسوبگذاری در بخش‌هایی از حوضه رسوبی زاگرس و از جمله در منطقه میدان نفتی آزادگان شده است (۱۰). بطوریکه در سازند سروک میدان آزادگان طی اواخر سنومانین گسترش نهشته‌های کانالی گزارش شده است (۱۲).

با مطالعه وضعیت زمین‌شناسی سازند سروک در برش نمونه واقع در تاقدیس بنگستان (۱۵۰ نمونه دستی) در خوزستان و برش سفیدکوه (۵۰ نمونه دستی) در لرستان، ۱۲ میکروفاسیس از وکستون تا گرینستون و باندستون شناسایی گردید که در چهار گروه محیطی دریای باز، سد، لاگون و پهنه جزر و مدی قرار گرفته‌اند (۹).

مطالعه‌ای مبنی بر تحلیل حوضه رسوبی سازند سروک در دو میدان نفتی آزادگان و هندیجان در

جنوب ایران منجر به شناسایی ۴ رخساره رسوبی معرفی شده است که به ترتیب، در بخش عمیق دریای باز، بخش کم عمیق دریای باز، برآمدگی یا سد کربناته و کانال نهشته شده‌اند. شرایط تشکیل هیدروکربور در بخش ۲ و ۳ بهترین حالت بوده است و با توجه به وجود مرز ناپیوستگی در رأس سازند سروک؛ می‌توان وجود تله‌های چینه‌ای را در این دو بخش انتظار داشت (۱۹).

با مطالعه چینه نگاری سکانشی سازند سروک در برش چینه شناسی گل نرگسی، شمال خاوری برازجان از استان بوشهر دو سکانس رسوبی برای نهشته‌های سازند سروک شناسایی شده است. سکانس یک (آلبین تا سنومانین) شامل بخش زیرین سازند سروک و بخش بالایی سازند کژدمی و دربرگیرنده رخساره محیط‌های دریای باز و سدی است. سکانس دو (سنومانین) مربوط به بخش بالایی سازند سروک بوده و دارای رخساره محیط‌های لاگون و پهنه‌های جزر و مدی است (۱۶).

مطالعه بایواستراتیگرافی، رخساره‌ها و چینه‌نگاری سکانشی سازند سروک در میدان نفتی اهواز، شمال زون فروافتادگی دزفول منجر به شناسایی ۲۱ جنس و ۱۶ گونه از فرامینیفرهای بنتیک، ۵ جنس و ۶ گونه از فرامینیفرهای پلانکتونیک و ۳ جنس و ۳ گونه از الیگوسترنیدها گردید (۱۵).

مطالعه تاریخچه رسوب گذاری و محیط رسوبی بخش بالایی سازند سروک (کرتاسه) در میدین هیدروکربوری مرکز و جنوب فروافتادگی دزفول، جنوب غرب ایران منجر به شناسایی ۱۴ ریز رخساره رسوبی شده است. این ریز رخساره‌ها در شش مجموعه رخساره‌ای شامل حوضه، رمپ بیرونی، رمپ

میانی، دریای باز، پشته‌های زیرآبی و لاگون محصور شده دسته بندی شده‌اند. بر این اساس، محیط رسوب گذاری سازند سروک در میدان‌های مطالعه شده، رمپ کربناته هم شیب پیشنهاد شده است (۲۰). با مطالعه سازند سروک به سن سنومانین در برخی از چاه‌های میدان نفتی آزادگان در شمال فروافتادگی دزفول در جنوب غرب ایران چهار مجموعه رخساره مربوط به جزر و مد، تالاب، سد و دریای باز شناسایی شده است که نشان می‌دهد که سروک در محیط فلات حاشیه‌دار کربناته نهشته شده است (۵).

مطالعه میکروبیواستراتیگرافی و محیط رسوبی سازندهای سروک و کژدمی در میدان نفتی بهرگانسر منجر به شناسایی چهارده ریز رخساره از سه کمر بند رخساره‌ای شامل محیط‌های باز دریایی، سدی و لاگون شد (۱).

هدف از این مطالعه بررسی محیط رسوبی با تکیه بر خصوصیات میکروفاسیس سازند سروک و عوامل موثر بر این خصوصیات در میدان نفتی آزادگان می‌باشد. بررسی ریزرخساره‌ها، شناسایی محیط رسوبی و تحلیل و تفسیر آن به منظور دستیابی به حداکثر برداشت ذخایر هیدروکربونی از مخازن نفت و گاز، یک ضرورت مهم محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

هدف کلی از این مطالعه بررسی محیط رسوبی با تکیه بر خصوصیات میکروفاسیس سازند سروک و عوامل موثر بر این خصوصیات در میدان نفتی آزادگان جنوبی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه بدلیل داشتن کیفیت مخزنی بسیار خوب یکی از منابع هیدروکربنی بسیار مهم کشور محسوب می‌شود و داشتن اطلاعات کافی از محیط و میکروفاسیس قدیمه آن می‌تواند تاثیر

بسیار زیادی در برداشت حداکثری انرژی هیدروکربنی از این میدان داشته باشد.

در این تحقیق از سه روش زیر استفاده شده است:

۱- روش کتابخانه‌ای که شامل موارد زیر است:

الف- بررسی مطالعات پیشین.

ب- گردآوری و مطالعه منابع مرتبط با موضوع پژوهش

۲- روش آزمایشگاهی با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان دو چشمی

۳- استفاده از نرم افزارها که شامل موارد زیر است:

الف) گوگل ارث برای تعیین موقعیت مناطق مورد پژوهش جهت بازدید صحرایی و تهیه عکس هوایی از منطقه

ب) Arc GIS: برای تهیه نقشه جهت موقعیت دسترسی به منطقه

ج) Corel DRAW: برای ویرایش عکس مقاطع میکروسکوپی

در مطالعات تحت الارضی از یکی از چاه‌های سازند سروک در زون ۳ میدان نفتی آزادگان جنوبی تعداد ۱۰ مغزه و تعدادی خرده‌های حفاری برداشت شد و به محیط آزمایشگاه انتقال داده شد و از آن‌ها تعداد ۵۰ مقطع میکروسکوپی تهیه گردید.

نمونه‌های کربناته با کمک میکروسکوپ پلاریزان دو چشمی مورد بررسی قرار گرفتند. پس از شناسایی و تعیین درصد اجزای اسکلتی و غیر اسکلتی، سیمان، ماتریکس، گل و نوع بافت و تخلخل موجود، هر نمونه به روش دانه‌ام (۴) و امبری و کلوان (۶) نام‌گذاری شد و با توجه به اطلاعات به دست آمده نمونه‌ها تقسیم‌بندی و جهت تشخیص رخساره‌های میکروسکوپی، رخساره‌های شناخته شده با ریز

رخساره‌های پیشنهادی فلوگل (۷) مطابقت داده شد تا هم رخساره‌های پیشنهادی بررسی شوند و هم جایگاه آن‌ها در محیط رسوبی به دست آید. سپس مدل رسوب‌گذاری ارائه گردید (۷ و ۲۲).

با این مطالعه می‌توان به تاثیر محیط رسوبی در کیفیت مخزنی و تنوع میکروفاسیس‌های سازند سروک در میدان آزادگان جنوبی پی برد.

نتایج و بحث

در این پژوهش اجزای تشکیل دهنده در مقاطع نازک به دو دسته کربناته و غیر کربناته تقسیم می‌شوند. ارتوکم‌ها شامل میکرایت و اسپارایت بوده و آلوکم‌ها شامل اجزاء کربناته اسکلتی و غیر اسکلتی می‌باشند. اجزاء اسکلتی شامل فرامینفرهای پلاژیک (الیگوسترنید)، بنتیک (میلیولیدها و ...)، خارپوستان (اکینوئیدها) و دوکفه‌ای‌ها (رودیست‌ها) بوده و نیز اجزاء غیراسکلتی شامل پلوئیدها، پلت‌ها و ... می‌باشند (۲۱). رسوبات این سازند دارای بافت‌های بیومیکرایت تا بیواسپارایت در تقسیم‌بندی فولک و بافت‌های وکستون، گرینستون، باندستون و پکستون در تقسیم‌بندی دانه‌ام می‌باشد (۴ و ۸).

اجزای تشکیل دهنده سازند سروک در مقاطع نازک شناسایی و سپس با استفاده از روش دانه‌ام (۴) نام‌گذاری و میکروفاسیس‌های موجود نیز به روش فلوگل (۷) از یکدیگر تفکیک گردیدند.

با مطالعه مقاطع میکروسکوپی سازند سروک در منطقه مورد مطالعه، ۷ ریزرخساره در محیط‌های رسوبی لاگون، سد و دریای باز (به ترتیب کم‌عمق به عمیق) شناسایی شده است.

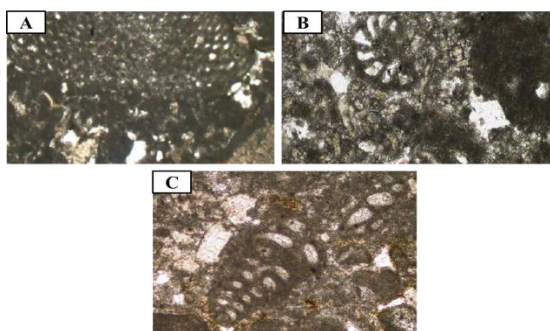
رخساره‌های محیط لاگون

و کستون حاوی میلیولید

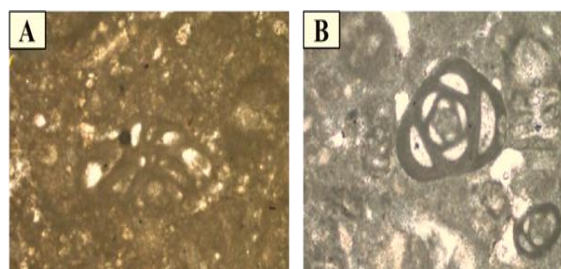
اجزای اصلی این ریز رخساره میلیولید و نزازاتا می‌باشد. پلویید با فراوانی ۵ درصد از اجزای غیراسکلتی تشکیل‌دهنده این ریز رخساره است. اجزای یادشده در زمینه‌ای از میکرایت قرار دارند و طی دیاژنز، تبلور مجدد یافته و اندازه بلورها درشت‌تر شده است. استیلولیتی شدن از جمله پدیده‌های دیاژنتیکی موجود در ریز رخساره است. این رخساره معادل رخساره RMF9 فلوگل است. وجود میلیولید به عنوان شاخص آب‌های آرام و کم عمق، نیمه شور تا فوق‌العاده شور از عوامل تایید کننده محیط کربناته لاگونی برای برخی از رخساره‌های این مجموعه است (۷).

میلیولیدها در محیط‌های بسیار کم عمق و فوق شور تا کم شور فراوان‌اند اما تا نزدیکی سرایشب هم زندگی می‌کنند و محیط‌های کم تلاطم با بستری از رسوبات دانه‌ریز را ترجیح می‌دهند فراوانی آن‌ها خاص رخساره‌های کولاب غنی از مغذی‌ها و نواحی پشت ریف است (شکل ۱: A,B).

اریتولین می‌باشد و از دیگر اجزای اصلی در این میکروفاسیس پلوییدها می‌باشند، زمینه سنگ در این رخساره سیمان میکرایت و گل پشتیبان می‌باشد که در بخش‌هایی از مقطع اسپاریتی شده است. فرامینفرها در یک زمینه میکرایت تا میکرو اسپاریت قرار دارند. از اجزای اسکلتی فرعی می‌توان به خرده‌های دو کفه‌ای (رودیت) اشاره نمود. فرامینفرهای موجود در این رخساره در محیط‌های نسبتاً عمیق با اکسیژن کم سازگار می‌باشند. تنوع زیاد این مجموعه فونی حاکی از بسترهای نرم و گلی است که از مواد غذایی غنی می‌باشد. این رخساره در بخش میانی رمپ داخلی قرار و در محیطی نسبتاً عمیق‌تر قرار دارند. تنوع فراوان فرامینفرهای بتتیک و همراه بودن منفذهای پورسلانوز با فون‌هایی مانند قطعات دو کفه‌ای نشانگر نهشته شدن این رخساره در لاگون نیمه محصور با چرخش آزاد آب است و قابل مقایسه با میکروفاسیس RMF16 فلوگل می‌باشد (۱۳). حضور قطعات رودیت بیانگر این است که این فسیل از رخساره‌های سدی و دریای باز به محیط لاگونی حمل شده است (شکل ۲: A,B,C).



شکل (۲): (A) رخساره پکستون/ وکستون حاوی اریتولین و پلویید، (B) رخساره پکستون/ وکستون حاوی نزازاتا در زمینه میکرایت و اسپاریت و (C) رخساره پکستون/ وکستون حاوی تکستولاریا به همراه رودیت در زمینه میکرایت و اسپاریت و حضور اکسیدهای آهن در اطراف دانه‌ها



شکل (۱): (A) رخساره وکستون حاوی نزازاتا و (B) رخساره فرامینفر حاوی میلیولید با بافت وکستون

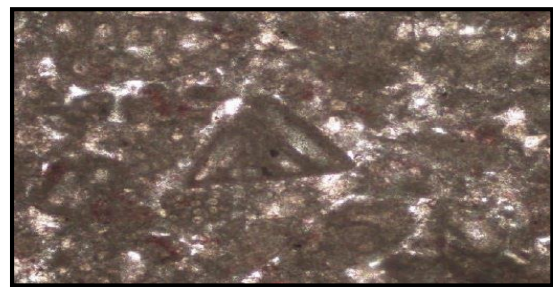
پکستون/ وکستون دارای فرامینفرهای بتتیک

اجزای اصلی اسکلتی این رخساره شامل فرامینفرهای بتتیک از قبیل تکستولاریا، نزازاتا و

رخساره‌های محیط سدی

گرینستون حاوی فرامینیفر بنتیک و پلوئید

اصلی‌ترین دانه تشکیل‌دهنده این رخساره، پلوئید با فراوانی ۲۵ تا ۳۰ درصد و در اندازه حد ۰/۲ میلی‌متر است. دانه‌های فرعی شامل فرامینیفرهای بنتیک (نظیر میلیولید، تکتولاریا و نزازاتا) با فراوانی کم‌تر از ۱۵ درصد و در اندازه ۰/۴ میلی‌متر می‌باشد. زمینه از اسپاریت تشکیل شده است. در رخساره گرینستون پلوئیدی، حضور فرامینیفرهای بنتیک نظیر (میلیولید و نزازاتا) و حضور پلوئید و ایتراکلیست‌های زاویه‌دار با جورشدگی ضعیف و عدم حضور گل، بیانگر این است که رخساره ذکر شده در بخش‌هایی از محیط سد که در مجاورت لاگون است تشکیل شده و ذرات کربناته غیراسکلتی به این رخساره انتقال یافته‌اند. تعداد گونه‌های فرامینیفرهای بنتیک در دریا‌های باز بیش‌تر از محیط‌های بسته و مردابی می‌باشد (۱۱). فرامینیفرهای بنتیک مشاهده شده در سازند سروک شامل میلیولیده، اربیتولینا، تکتولاریا و نزازاتا می‌باشد (شکل ۳).



شکل (۳): رخساره گرینستون حاوی فرامینیفر بنتیک و پلوئید

باندستون رودیستی

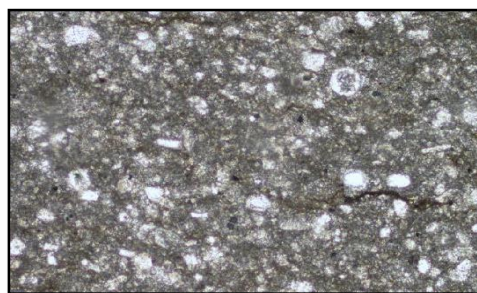
رودیست از فراوانترین اجزای اسکلتی است که در رخساره‌های مربوط به محیط سدی شناسایی شده است. رودیست‌ها معمولاً ساختمان‌های زیستی

وسیع‌ای ایجاد نمی‌کنند و بصورت توده‌هایی با برجستگی‌های کم دیده می‌شوند. بنابراین ریف‌های که توسط رودیست‌ها ایجاد می‌شود امکان تغییر نیمرخ توپوگرافی حوضه از رمپ به شلف را ندارند. رخساره باندستون رودیستی فقط بصورت ریف‌های پچ مانند محدود (ریف‌های توده‌ای) تشکیل شده و سد بیوکلاستی را تشکیل داده و گسترش زیادی نداشته است. با توجه به نبود گل آهکی در زمینه اکثر رخساره‌های شناسایی شده و فراوانی دانه‌هایی مانند رودیست، این رخساره بیانگر بخش جلویی سد به سمت دریای باز می‌باشد (۷). ویژگی اصلی این رخساره حضور فراوان قطعات رودیست است. اصلی‌ترین دانه این رخساره خرده‌های رودیست با فراوانی ۹۰ درصد و قطر ۲ میلی‌متر است. در نمونه‌های مورد مطالعه زمینه سنگ از اسپاریت تشکیل شده است. این رخساره در محیط‌های با انرژی بالا و جورشدگی ضعیف می‌باشد. بطور کلی رودیست‌ها در ساختن رخساره‌های بیولیتی، کالک آرنایتی و کلسی رودایتی اهمیت خاص دارند و معرف رخساره‌های ریف و بوده و اغلب با مرجان‌ها و جلبک‌ها خصوصاً در دوره کرتاسه همراه می‌باشند (شکل ۴: A).

رودیست پکستون

بخش اعظم این رخساره را قطعات درشت رودیست موجود در زمینه میکریت تشکیل می‌دهند. از فرآیندهای دیاژنزی می‌توان به تراکم، انحلال و تخلخل اشاره نمود. این ریز رخساره دارای جورشدگی و گردشدگی ضعیفی است.

رودیست‌ها در محیط‌های با درجه حرارت بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شوری متغیر توسعه و گسترش پیدا می‌کنند، لذا شرایط آب و هوایی در زمان تشکیل

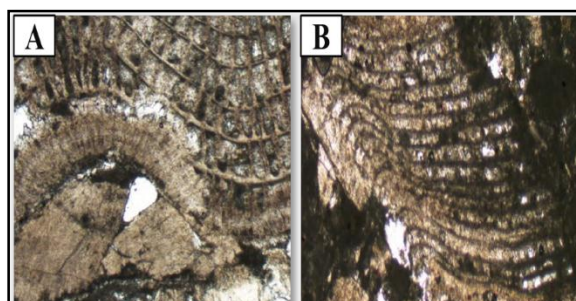


شکل (۵): رخساره فرامینفر پلاژیک (الیگوستژنید) با بافت وکستون

پکستون اکینوئیدی بیوکلاستی

اصلی‌ترین دانه تشکیل دهنده این رخساره قطعات اکینودرم با فراوانی ۵۰ تا ۶۵ درصد و در اندازه حدود ۱ میلی‌متر است. وجود قطعات اکینودرم بیانگر شرایط رسوب‌گذاری در دریای باز می‌باشند. در کرنات‌های سازند سروک در منطقه مورد مطالعه اکینوئیدها در اندازه‌های مختلف و به صورت بلورهای کلسیت منفرد و بزرگ که هردانه خاموشی یکنواخت نشان می‌دهد مشاهده می‌شوند. در این سازند همچنین اکینوئیدها در اندازه‌های مختلف (از حدود ۱ تا ۲ میلی‌متر) مشاهده شده‌اند و در بعضی موارد سیمان هم‌محور اطراف این اکینوئیدها را فرا گرفته است. اکینوئیدها دارای صدف سخت و خاردار و بدون ساقه و بازو هستند. صدف آن‌ها از تعداد زیادی صفحات آهکی تشکیل شده که بطور متقارن قرار گرفته‌اند. اکثر خارپوستان دوران دوم و سوم از نوع اکینوئیدها بوده و کرینوئیدها نسبت به آن‌ها کم‌تر هستند (۲۱) آنچه که از آن‌ها به عنوان فسیل در رسوبات دیده می‌شود در واقع فسیل خار آن‌هاست که به صورت تک بلور در زیر میکروسکوپ دیده می‌شود (شکل ۶: A, B).

رسوبات ناحیه مورد مطالعه گرم و مناسب برای زیست آن‌ها بوده است (۱۴). این ریز رخساره قابل مقایسه با ریز رخساره RMF۹ فلوگل است (شکل ۴: B).



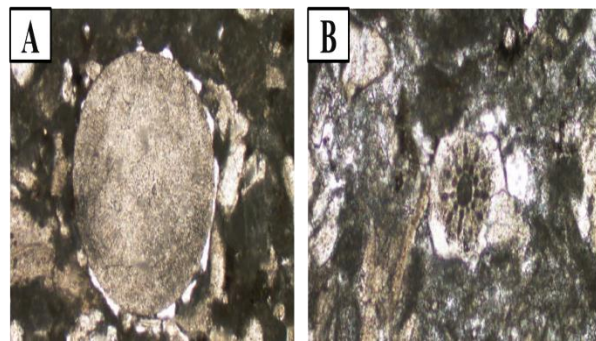
شکل (۴): (A) ریز رخساره بایندستون رودیستی و (B) رودیست پکستون در زمینه میکرایتی

رخساره‌های دریای باز

وکستون حاوی فرامینفر پلاژیک (الیگوستژنید)

این ریز رخساره از خرده‌های اسکلتی رودیست، اکینوئید و استراکود در مجموع به میزان ۱۲ درصد تشکیل شده است که در زمینه‌ای از میکرایت و اسپارایت جای گرفته‌اند فرامینفرهای بتتیک و پلانکتون از اجزای فرعی این رخساره هستند که به مقدار کم‌تر از ۱۰ درصد دیده می‌شوند. فراوانی الیگوستژنید در برخی مقاطع بررسی شده از این ریز رخساره متغیر است. دولومیتی شدن از پدیده‌های دیاژنتیکی موجود در این ریز رخساره است. این ریز رخساره معادل رخساره RMF۵ فلوگل می‌باشد (۷). اصولاً فرامینفرهای پلانکتون به اعماق بخصوصی از ستون آب تطابق و سازگاری دارند. ذخایر غذایی، درجه حرارت، اکسیژن، نور، شوری، چگالی آب و چرخش آب از عوامل مهم در تجمعات این فرامینفرهای پلانکتون در اعماق آب هستند. حضور فرامینفرهای پلانکتونیک مانند الیگوستژینا شاهد محیط‌های عمیق می‌باشد (شکل ۵).

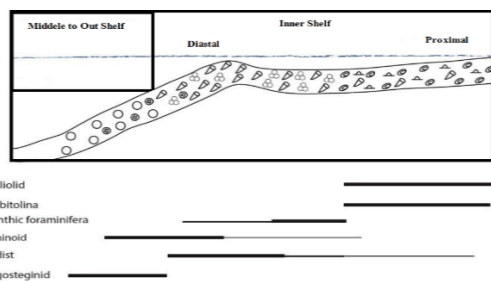
که محیط تشکیل رسوبات این سازند با خشکی آن زمان ارتباط نداشته است. در مجموع براساس مجموعه فونی، وجود میکرایت در اکثر رخساره‌ها، وجود رخساره سد و رخساره‌های لاگون و تغییرات تدریجی رخساره‌ها، مدل رسوبی سازند سروک در زون ۳ میدان آزادگان جنوبی، پلاتفرم کربناته کم‌عمق از نوع رمپ هموکلینال است (شکل‌های ۷ و ۸).



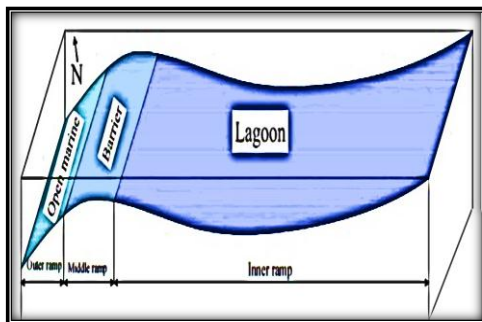
شکل (۶): (A,B) پکستون اکتیوئیدی بیوکلاستی

مدل رسوبی سازند سروک در زون ۳ میدان آزادگان

بر اساس نوع رخساره‌ها، تغییرات عمودی آن‌ها، نوع اجزای اسکلتی و زیر محیط‌های رسوبی تشخیص داده شده در میدان آزادگان و همچنین مقایسه آن با محیط‌های قدیمی و امروزی، مدل رسوبی سازند سروک در ناحیه مورد مطالعه بازسازی شده و مورد تفسیر و تحلیل قرار گرفته است. فرامینفرهای بنتیک در تشکیل پلاتفرم‌های کربناته نقش مهمی ایفا می‌کنند و به عنوان یک ابزار با ارزش برای تعیین عمق نسبی محیط رسوبی و بازسازی محیط‌های قدیمه می‌باشد. لازم به ذکر است که برای انجام این امر از مدل‌های ارائه شده توسط محققین مختلف نیز استفاده شده است (۲۷ و ۲۲). برای سنگ‌های آهکی سازند سروک در برش مورد مطالعه می‌توان یک پلاتفرم کربناته کم‌عمق از نوع رمپ هموکلینال که سه کمر بند رخساره‌ای دریای باز، سد و لاگون در آن قرار دارند پیشنهاد نمود. بدلیل فقدان ساختارهای ریفی پیوسته و بزرگ و عدم وجود ساخت‌های ریزشی نمی‌توان محیط رسوبگذاری سازند سروک را در ناحیه مورد مطالعه به پلاتفرم کربناته حاشیه‌دار نسبت داد و همچنین نبود رخساره‌های پهنه کشندی و تبخیری حاکی از آن است



شکل (۷): الگوی رسوبی سازند سروک در منطقه مورد مطالعه



شکل (۸): مدل رسوبی سازند سروک در زون ۳ میدان آزادگان جنوبی

فراوانی فرامینفرهای بنتیک بدون منفذ (میلیولید، نزازاتا و تکستولاریا) در رخساره‌های وکستون/پکستون حاوی فرامینفر بنتیک و وکستون میلیولیدی بیانگر رسوبگذاری در محیط لاگونی است. رخساره‌های گرینستونی و باندستونی در محدوده سطح اساس امواج نهشته شده‌اند. همچنین حضور سیمان کربناته حاکی از افزایش انرژی محیط و شسته شدن گل کربناته از محیط می‌باشد. در رخساره پکستون رودیستی و باندستون رودیستی فسیل‌های

عملکرد انرژی و با توجه به رخساره‌های برجای مانده در محیط، می‌توان به دو بخش آرام و متلاطم تقسیم نمود. بخش نزدیک به سد، که این منطقه نسبت به بخش مرکزی و نزدیک به ساحل، متلاطم‌تر بوده و رسوبات تشکیل دهنده در آن‌ها فابریک دانه پشتیبان داشته و بخش دور از سد با رخساره‌هایی با بافت‌های وکستون/پکستون که عمدتاً شامل فرامینفرهای بتتیک (اریتولین و میلیولید) بوده و شاخص محیط‌های کم انرژی و لاگون می‌باشند.

فرایندهای دیاژنتیکی سازند سروک در زون ۳

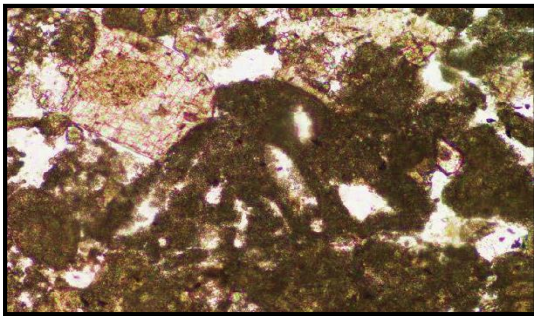
میدان آزادگان جنوبی

دیاژنز عبارتست از کلیه تغییرات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی که بعد از ته‌نشست اما قبل از دگرگون شدن بر روی رسوبات به وقوع می‌پیوندد. این فرایندها عمدتاً توسط پارامترهای مختلفی نظیر کانی‌شناسی رسوبی، شیمی سیالات درون منفذی، تاریخچه زمین شناسی رسوب نظیر تغییرات عمق، تدفین، بالا آمدگی و تغییرات سطح دریا و آب و هوا کنترل می‌شود (۲۱). مهم‌ترین فرایندهای دیاژنتیکی موثر شناسایی شده در بررسی کیفیت مخزنی سازند سروک در زون ۳ میدان آزادگان جنوبی عبارتند از: سیمانی شدن، تراکم، انحلال، تخلخل حفره‌ای، تخلخل حاصل از شکستگی و دولومیتی شدن.

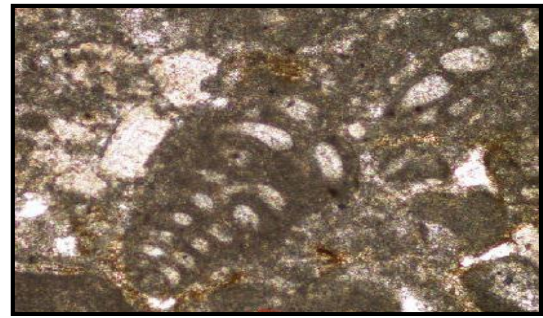
سیمانی شدن ممکن است باعث کاهش تخلخل و کم شدن تراکم سنگ و یا مانع از پیشرفت تراکم گردد (۱۴ و ۷). بررسی مقاطع نازک نشان می‌دهد که کلسیت اسپاری به صورت سیمان هم بعد بلوکی و رگه‌ای بسیاری از فضاهای خالی بیوکلاست‌ها، حفرات و همچنین شکستگی‌ها را پر می‌کند (شکل ۹).

رودیستی دیده می‌شود و بیانگر این است که این رخساره در قسمت‌های جلویی سد (رو به دریا) نهشته شده است. و حضور گل بیانگر نهشته شدن این رخساره در محیط با انرژی کم است. همچنین حضور سیمان کربناته حاکی از افزایش انرژی محیط و شسته شدن گل کربناته از محیط می‌باشد (۳). رودیست‌ها به صورت ریف‌های پچ مانند محدود تشکیل شده و سد بیوکلاستی سازند سروک را در میدان مورد مطالعه تشکیل داده است. و حضور گل بیانگر نهشته شدن این رخساره در محیط با انرژی کم است. فراوانی روزن‌داران شناور و الیگوستژنیدها و نبود فونای کفزی، فابریک گل‌پشتیان و نبود بیوکلاست‌های درشت، نشانگر محیط عمیق (دریای باز) هستند. همچنین حضور فرامینفرهای پلاژیک مانند الیگوستژنیدها و گل نشان‌دهنده این است که رخساره وکستون حاوی فرامینفر پلاژیک در یک محیط کم انرژی در زیر خط امواج نرمال در بخش‌های با عمق بیش‌تر دریای باز نهشته شده است. موجودات ریف‌ساز (رودیست) در سازند سروک، سدهای بیوکلاستی پیوسته و گسترده ایجاد نکرده‌اند و همچنین تغییرات تدریجی رخساره‌ها به یکدیگر حاکی از ته‌نشینی در یک رمپ با شیب ملایم است. این رمپ از سه بخش لاگون، سدی و دریای باز تشکیل شده است.

همچنین در این مطالعه رخساره مربوط به پهنه جزر و مدی، تبخیری و ناحیه ژرف دریای باز که مشخصه بارز آن فرامینفرهای پلانکتونیک می‌باشد، مشاهده نگردیده است. در محیط لاگون به دلیل وجود سدهای بیوکلاستی، تنوع کم گونه‌ها، حضور فرامینفرهای بتتیک تایید می‌گردد. بر این اساس، منطقه را از لحاظ



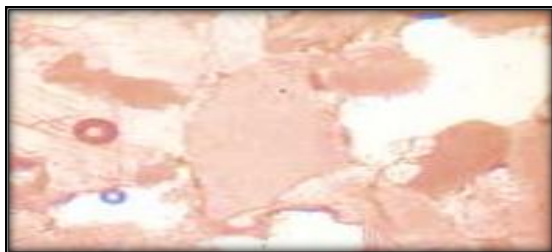
شکل (۱۱): انحلال و پر شدن توسط سیمان



شکل (۹): حفرات فرامینفر بنتیک توسط سیمان پر شده

بسیاری از تخلخل‌های حفره‌ای بر اثر انحلال به وسیله سیالات زیرزمینی غنی از CO_2 ایجاد می‌شوند که باعث بهبود کیفیت مخزنی می‌گردند. اندازه حفره‌های این نوع تخلخل بین ۱ میلی‌متر تا ۱ متر است و اشکال نامنظم دارند و دارای نفوذ پذیری متوسط می‌باشند (۲۱).

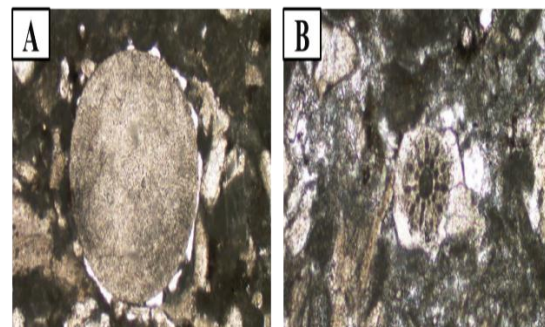
معمول‌ترین نوع تخلخل در مقاطع مطالعه شده تخلخل حفره‌ای است این نوع تخلخل از نظر اندازه بسیار متغیر می‌باشد (شکل ۱۲).



شکل (۱۲): تخلخل حفره‌ای حاصل از انحلال ترکیبات کربناته

تخلخل حاصل از شکستگی در سنگ‌های کربناته بسیار معمول بوده و پدیده‌ای است که بعد از تدفین رسوبات روی می‌دهد. این نوع تخلخل همراه با چین‌خوردگی، گسل‌خوردگی دیپیری شدن نمک‌ها، انحلال نمک‌ها یا افزایش بیش از حد فشار سیالات درون سازندی است (۱۷). تخلخل حاصل از شکستگی نیز در مقاطع مطالعه شده بعد از تخلخل حفره‌ای از فراوانی بالایی برخوردار است (شکل ۱۳).

تراکم از فرایندهای دیاژنتیکی تدفینی بشمار می‌آید که باعث آرایش نزدیکتر دانه‌ها، شکسته شدن بیوکلاست‌ها و در نهایت کاهش تخلخل و حجم کلی سنگ می‌شود (۲۱). (شکل ۱۰: A,B)



شکل (۱۰): تراکم و سیمانی شدن در اطراف دانه‌های اکتینوئید

انحلال یکی از پدیده‌های دیاژنتزی شیمیایی می‌باشد و زمانی رخ می‌دهد که در شرایط اسیدیته، فشار بالای گازکربنیک، دمای پایین و فشار هیدرواستاتیک بالا سیالات منفذی از نظر ترکیب نسبت به کانی‌های اطراف خود تحت اشباع باشند. در نتیجه این عمل، تخلخل افزایش می‌یابد (۷). در نمونه‌های مطالعه شده انحلال یکی از فرایندهای متداول می‌باشد که باعث انحلال تمام یا بخشی از بایو کلاست‌ها شده و یا حفره‌ها و کانال‌هایی را ایجاد کرده که بسیاری از آن‌ها توسط سیمان کلسیت هم بعد و یا بلوکی پر شده‌اند (شکل ۱۱).

از بین فرایندهای دیاژنتیکی، سیمانی شدن و تراکم باعث کاهش کیفیت مخزنی و تخلخل حفره‌ای، تخلخل حاصل از شکستگی، انحلال و دولومیتی شدن باعث افزایش تراوایی و بهبود کیفیت مخزنی سازند سروک در منطقه مورد مطالعه شده است. همچنین رخساره‌های گل پشتیان نسبت به رخساره‌های دان پشتیان کیفیت مخزنی بهتری دارند.

نتیجه‌گیری

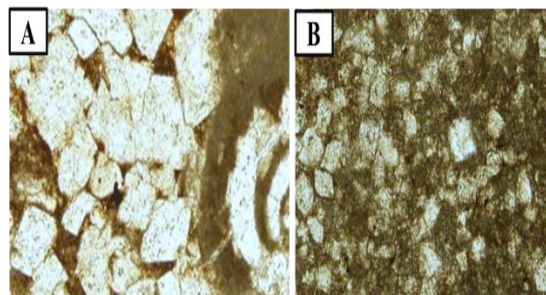
با بررسی‌های سنگ‌شناسی سازند سروک و مطالعات رخساره‌ای بعمل آمده بر روی ۵۰ مقطع نازک حاصل از مغزه‌ها و خرده‌های حفاری در زون ۳ میدان آزادگان جنوبی، از محیط کم‌عمق به عمیق ۷ رخساره در محیط‌های لاگون، سد و دریای باز شناسایی شده است. این رخساره‌ها شامل وکستون حاوی میلیولید و پکستون / وکستون دارای فرامینفرهای بتتیک (محیط‌های لاگونی)، گرینستون حاوی فرامینفرهای بتتیک و پلوئید، باندستون رودیستی و رودیست پکستون (محیط‌های سدی) و وکستون حاوی فرامینفرهای پلاژیک (الیگوسترنید) و پکستون اکیئوئیدی بیوکلاستی (محیط‌های دریای باز) است. با مطالعه مجموعه فرامینفرها، تغییرات تدریجی رخساره‌ها از لاگون به سمت محیط‌های عمیق‌تر سد و دریای باز، فقدان ساختارهای ریفی پیوسته و بزرگ، عدم ساختارهای ریزشی و همچنین نبود رخساره‌های پهنه جزر و مدی و تبخیری‌ها، سازند سروک در یک پلاتفرم کربناته کم‌عمق از نوع رمپ هموکلینال رسوبگذاری شده است. از مهم‌ترین فرایندهای دیاژنتیکی کنترل‌کننده خواص مخزنی سازند سروک در منطقه مورد مطالعه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:



شکل (۱۳): تخلخل حاصل از شکستگی به همراه تخلخل حفره‌ای

دولومیت، کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم است که عمدتاً با منشاء ثانویه بوده و در اثر جابجا شدن با کلسیت یا آراگونیت تشکیل می‌شود و عواملی چون هیدراسیون یون‌های Mg^{2+} ، فعالیت کم یون CO_3^{2-} ، کشش یونی قوی آب دریا، نرخ رسوب کربنات و حضور SO_4^{2-} و ترکیبات آن در ایجاد این فرآیند نقش دارند (۱۳ و ۲۱).

مطالعه میکروسکوپی مقاطع نازک نشان می‌دهد که دولومیتی شدن در نمونه‌های مورد مطالعه سازند سروک در سطح وسیعی گسترش دارد این فرآیند هم به صورت انتخابی، شکل‌دار، نیمه شکل‌دار و بی‌شکل در اجزاء اسکلتی به ویژه در فرامینفرهای پلاژیک و نیز در زمینه میکریتی به صورت متراکم و پراکنده دیده شده است و باعث افزایش تخلخل و تراوایی می‌شود (شکل ۱۴: A,B).



شکل (۱۴): A,B فرآیند دیاژنتیکی دولومیتی شدن

- [8] Folk, R. L., 1962, Spectral subdivision of limestone types.
- [9] Jalilian, A., 1996, Investigation of microfacies and sedimentary environment of Sarvak Formation in Lorestan and Khuzestan. Tarbiat Moallem University of Tehran, Faculty of Sciences.
- [10] Ghazban, F., 2007, Petroleum Geology of the Persian Gulf: Tehran University Publication, Tehran, 707 p.
- [11] Geel, T., 2000, Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits, Empirical models based on microfacies analysis of paleogene deposits in southeastern Spain: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 155, p. 211-238.
- [12] Honarmand, J., M. Nemati, and Monibi, S., 2009, Geological reservoir study of the Sarvak and Gadvan High Zagros, SW Iran: an outcrop reference model for the Arabian Plate, Geological Society, London, Special Publications; v. 329 (1), p. 187 - 218.
- [13] James, G.a., and Wynd, J.G., 1965, Stratigraphic nomenclature or Iranain oil consortium, agreement area: American Association of Petroleum Geologists Bullten, v. 49, p. 2118-2245.
- [14] Kaufman, J., Cander, H. S., Daniels, L. D., & Meyers, W. j., 1988, Calcite cement stratigraphy and cementation history of the Burlington-Keokuk Formation (Mississippian), Illinois and Missouri. Journal of Sedimentary Research, 58(2), 312-326.
- [15] Kazemzadeh, M., Lotfpour, M., 2015, Biostratigraphy, facies and sequence stratigraphy of the Sarvak Formation in the Ahvaz oil field, north of the Dezful depression zone. Stratigraphic and sedimentological research. Research Journal of Basic Sciences, University of Isfahan.
- [16] Mazdi, M., 2015, Study of microbiostratigraphy, sedimentary environment, microfacies and sequence stratigraphy of the Sarvak Formation in the Gol Nargesi stratigraphic section, northeast of Borazjan (Boshehr Province). Payam Noor University of Fars Province, Payam Noor Center, Shiraz.
- [17] Moore, C. H., 1989, Carbonate diagenesis and porosity. Elsevier.
- سیمانی شدن، تراکم، انحلال، تخلخل حفره‌ای، تخلخل حاصل از شکستگی و دولومیتی شدن. دو مورد اول باعث کاهش تخلخل و تراوایی و سایر موارد باعث افزایش تراوایی و بهبود کیفیت مخزنی سازند سروک در منطقه مورد مطالعه شده است.

منابع

- [1] Ahmadi, S., Vaziri, S. H., Khaksar, K., Jahani, D., & Ali, M. A., 2017, Microbiostratigraphy and sedimentary environment of the Sarvak and Kazhdumi Formations in Bahregansar oil field. International Journal of Geography and Geology, 6(5), 113-122.
- [2] AL-HABSHI, A., DARWISH, A.R., HAMDY, T. and SHEBL, H., 2003, Application of sequence stratigraphy and petrography in preparation of reservoir rock typing scheme in one of Thamama gas reservoirs of onshore Abu Dhabi. SPE paper no. 81533.
- [3] Carannanate. G., Ruberti, D., Sirna, M., 2000, Upper Cretaceous low-energy ramp limestones from the Sorrento Peninsula (southern Apennines, Italy): micro and macrofossil associations and their significance in the depositional sequences. Sedimentary Geology, Vol: 132, p: 89-124.
- [4] Dunham, R. J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: W. E. Ham(ed.)Classification of carbonate rocks,a symposium. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 1, pp. 108-121.
- [5] Eghtesadi, T., Kohansal Ghadimvand, N., & Taati, F., 2010, Facies analysis, depositional environments and diagenesis of the Sarvak formation in Azadegan oil field. In The 1 st International Applied Geological Congress, Department of Geology, Islamic Azad University Mashad Branch, Iran (pp. 26-28).
- [6] Embery, A. F., Klován. J. E., 1971, A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, Northwest territories: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Vol: 19, P: 730-781.
- [7] Flügel, E., 2010, Microfacies Analysis of Limestones, Analysis Interpretation and Application. Springer-Verlag, Berlin.

- [18] Moti'i, H., 1995, Geology of Iran, Geology of Zagros Oil Volumes 2 and 1, Publications of the Geological Organization of Iran, Plan for compiling the Geology of Iran book, 1010 pages.
- [19] Naserian, Asl, et al., 2014, Analysis of the Sasand sedimentary basin of Sarvuk reservoir in two oil fields in southwestern Iran, National Electronic Conference on New Achievements in Engineering and Basic Sciences, Ardabil.
- [20] Sobhani Foroshani, S, et al., 2021, Sedimentation-diagenesis history and sequence stratigraphy of the upper part of the Sarvak Formation (Cretaceous) in the hydrocarbon fields of the center and south of the Dezful depression, southwest Iran, Journal of Applied Sedimentology.
- [21] Tucker, M. E., & Wright, P., 1990, Carbonate Sedimentology. Blackwell Scientific Pub., Oxford, 482p.
- [22] Wilson, J.L., 1975, Carbonate facies in geological History, Springer- Verlag, New York, 471 pp.