دوفصلنامه چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی
سال سوم، بهار و تابستان ۱۴۰۴
دوره ۳. شماره ۱. صفحه: ۲۸-۳۷
https://zpaleo.znu.ac.ir/
شماره شاپا: ۱۷۷۵-۲۹۸۱

Stratigraphy and Paleontology
Spring - Summer 2025.
Volume; 3 Issue; 1 Pages; 28-37
DOI: 10.30470/zpaleo.2025.731742
ISSN: 2981-1775

تحلیل لیتواستراتیگرافی و توزیع فونای نهشته‌های پرموتریاس در غرب کمان قطرفارس و عربستان سعودی

لیلا صمدپور*[۱]، حسین مصدق[۲]، بیژن بیرانوند[۳] و حسین رحیم‌پور بناب[۴]

۱- دانشجوی دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران.
۲- دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران.
۳- دانشیار، پژوهشکده علوم زمین، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران.
۴- استاد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشکدگان علوم، دانشگاه تهران، تهران.

*مسئول مکاتبات: لیلا صمدپور، Std_samadpour@khu.ac.ir

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۶/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/ ۳۰

چکیده

نهشته‌های پرموتریاس در حوضه خلیج فارس یکی از مهم‌ترین واحدهای کربناته مخزنی در منطقه خاورمیانه محسوب می‌شوند و سازند خوف به‌عنوان معادل اصلی سازندهای دالان و کنگان، نقش کلیدی در ارزیابی‌های چینه‌شناسی، رسوب‌شناسی و مخزنی دارد. بررسی برش الگو و چاه زیرسطحی از عربستان سعودی و چاهی در خلیج فارس ایران نشان می‌دهد که سازند خوف با ستبرای ۱۷۱ تا ۸۵۴ متر از توالی‌های کربناته و تبخیری تشکیل شده و بر اساس ویژگی‌های لیتولوژیکی و محتوای فسیلی، به واحدهای Khuff-A تا Khuff-D در عربستان سعودی، عضوهای اش‌شیقاق، حوقیل، دوهایسان، میدهناب، خارتم در برش سطح الارضی عربستان سعودی، سازند کنگان و سازند دالان در خلیج فارس تقسیم می‌شود. تحلیل فونای شامل فرامینیفرها و جلبک‌های آهکی، امکان تطابق این واحدها را در سراسر ورقه عربی فراهم می‌سازد. این مقایسه سازند خوف با سازندهای دالان و کنگان در چاه C میدان گلشن بیانگر هم‌ارزی چینه‌ای و شباهت لیتوفاسیس‌ها است. دولومیتی‌شدن، شکستگی‌ها و تکوین منافذ قالبی مهم‌ترین عوامل بهبود تخلخل و نفوذپذیری در این مخازن هستند. بررسی روند رسوب‌گذاری سازندهای دالان و کنگان نشان می‌دهد که نهشته‌ها از غرب به شرق حوضه، افزایش تدریجی ضخامت نهشته‌ها و گسترش شرایط دریایی مشاهده می‌شود که نشانگر رمپ هموکلینال است.

واژه‌های کلیدی: نهشته‌های پرموتریاس، سازند خوف، لیتواستراتیگرافی، توزیع فونا.

ماخذنگاری: صمدپور، ل.، مصدق ح.، بیرانوند ب. و رحیم پور بناب ح. (۱۴۰۴). تحلیل لیتواستراتیگرافی و توزیع فونای نهشته‌های پرموتریاس در غرب کمان قطرفارس و عربستان سعودی. دو فصلنامه چینه نگاری و دیرینه شناسی، (۱)۳، ۲۸-۳۷.

©حقوق معنوی مقاله برای دوفصلنامه چینه نگاری و دیرینه شناسی و نویسندگان محفوظ است.

10.30470/zpaleo.2025.731742

This is an open access article under the by-nc/4.0/ License
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
OPEN ACCESS

Lithostratigraphic Analysis and Permotriassic Fauna Distribution in the Western Qatar–Fars Arc and Saudi Arabia

Leila Samadpour[*1], Hossein Mosaddegh[2], Bijan Biranvand[3], Hossein Rahimpour-Bonab[4]

1- PhD Candidate in Stratigraphy and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
2- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
3- Associate Professor, Earth Science Research Institute, Research Institute of Petroleum Industry, Tehran, Iran
4- Professor, Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

Corresponding author: Leila Samadpour: Std_samadpour@khu.ac.ir

Abstract:

The Permian deposits in the Persian Gulf basin are among the most important carbonate reservoir units in the Middle East, and the Khuff Formation, as the main equivalent of the Dalan and Kangan formations, plays a key role in stratigraphic, sedimentological, and reservoir assessments. The study of a subsurface well and a sample section from Saudi Arabia and a well in the Persian Gulf of Iran shows that the Khuff Formation is composed of carbonate and evaporite sequences with a thickness of 171 to 854 m and is divided, based on lithological characteristics and fossil content, into the Khuff-A to Khuff-D units in Saudi Arabia, the Ash shiqqah, Huqayl, Duhaysan, Midhnab, Khartam members in the surface section of Saudi Arabia, the Kangan Formation, and the Dalan Formation in the Persian Gulf. Fossil analysis, including foraminifers and calcareous algae, allows the correspondence of these units across the Arabian plate. This comparison of the Khuff Formation with the Dalan and Kangan Formations in Well C of the Golshan Field indicates stratigraphic equivalence and lithofacies similarity. Dolomitization, fractures, and the formation of molded pores are the most important factors in improving porosity and permeability in these reservoirs. An examination of the depositional process of the Dalan and Kangan Formations shows that deposits are deposited from the west to the east of the basin, with a gradual increase in the thickness of the deposits, and the spread of marine conditions is observed, which indicates a homoclinal ramp.

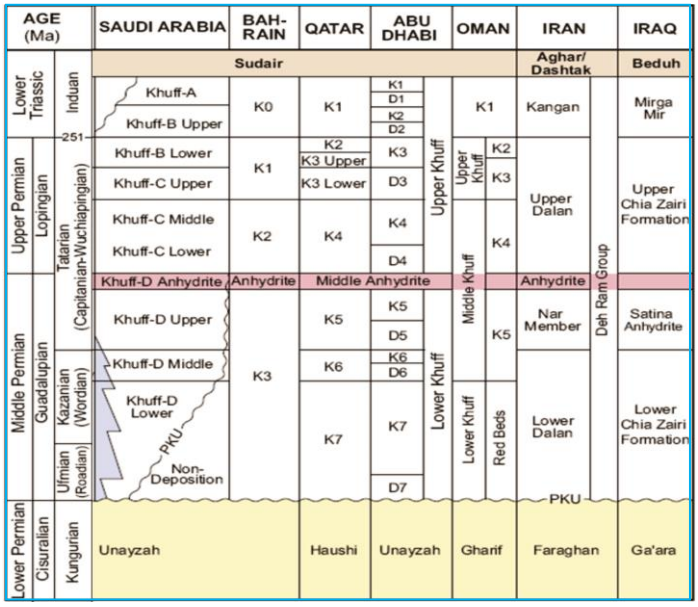
Keywords: Permo–Triassic deposits, Khuff Formation, Lithostratigraphy, distribution of fauna

مقدمه

نخستین بار زابو و خردپیر (Szabo and Kheradpir, 1978) سازندهای دالان و کنگان را با ضخامت بیش از ۲۰۰۰ متر در حوضه زاگرس مطالعه نمودند. این رسوبات نهشته شده از توالی‌های کربناته توده‌ای و تبخیری تشکیل شده‌اند. این چینه‌ها در قالب واحدهای لیتواستراتیگرافی شناسایی شده و نقشه مربوط به این واحدها مشخص شده است (شکل ۱). تا کنون مطالعات متعددی از محیط رسوبی و تحلیل حوضه، فسیل‌شناسی و تعیین سن، چینه‌شناسی ایزوتوپی و ژئوشیمیایی، مطالعات سکانسی و کیفیت مخزنی توسط (Insalaco *et al.* 2006; Tavakoli *et al.* 2011; Abdolmaleki *et al.* 2016; Enayati-Bidgoli *et al.* 2016; Mehrabi *et al.* 2016; Kakemem *et al.* 2023) انجام شده است، با این وجود مطالعات در مقیاس منطقه‌ای و مقایسه محتوای فسیلی و سنگی، همراه با تطابق این سازندها با کشورهای همجوار، شناخت دقیق‌تری ایجاد می‌کند و شناسایی ویژگی‌های لیتواستراتیگرافی امکان تعیین ویژگی‌های مخزنی و شناسایی مناطق بالقوه ذخایر گاز را فراهم می‌آورد، از طرفی به زمین‌شناسان در تشخیص ضخامت لایه‌ها، ساختارهای رسوبی، شکستگی‌ها و تعیین محیط‌های رسوبی کمک می‌کند. مطالعه لیتولوژی سازندها موجب می‌شود استراتژی‌های مناسبی برای حفاری انواع چاه‌ها انتخاب شده و هرگونه مشکل پیش‌بینی نشده در حین عملیات حفاری حل شود.

موقعیت جغرافیایی منطقه

بیش از ۵۵ درصد مخازن نفتی و نزدیک به ۳۲ درصد از مخازن گازی جهان در میادین هیدروکربوری بزرگ خاورمیانه واقع شده که بیشتر این میدان‌ها مختص به کمربند چین خورده زاگرس و حوضه خلیج فارس بوده و تجمع این هیدروکربورها در آن مرتبط با چینه‌شناسی و تکامل



شکل۱. تطابق سازند خوف در ایران و کشورهای همجوار در مقیاس منطقه‌ای (با تغییراتی از Alsharhan, 2006).

ساختاری حوضه زاگرس است (Alavi, 2007). سیستم پرموتریاس توسط شیل‌های سیلورین سرچاهان هدایت می‌شود و مخازن دالان و کنگان غنی از گاز آن را تغذیه می‌کند و توسط تبخیری‌های دشتک تریاس مسدود شده است (Hassanzadeh and Piryaei, 2025). در زمان پرمین میانی تا تریاس آب و هوا به تدریج گرم‌تر و خشک‌تر شده و پلتفرم کربناته-تبخیری بوجود آمد که در آن نهشته‌های کربناته- تبخیری گسترده‌ای تشکیل شد. شواهد رسوب‌شناسی و چینه‌شناسی نیز این مطلب را تأیید می‌کند به گونه‌ای که در سازندهای دالان و کنگان که سنگ مخزن گازی در بسیاری از میادین در حوضه خلیج فارس است، رخساره‌های فوق شور لاگونی و تبخیری‌ها بیشتر گسترش دارند (Alsharhan and Nairn, 1994; Rahimpour-Bonab et al., 2009). کربنات‌ها و انیدریت‌های گسترده‌ای در کل فلات عربستان در محیط‌های کم‌عمق دریایی تا جزر و مدی مسطح رسوب کردند (Konert *et al.*, 2001). اولین چاه میدان گلشن به منظور ارزیابی توان هیدروکربوری در سازندهای گازی کنگان، دالان و فراقون در سال ۱۹۹۳ حفر شد. میدان گلشن واقع در آب‌های خلیج فارس در فاصله ۱۸۰ کیلومتری جنوب شرقی بوشهر و در ۲۵ کیلومتری مرز آبی ایران، بین میادین پارس جنوبی، پارس شمالی و میدان فردوسی، واقع شده است. در این مطالعه موقعیت چاهی از این میدان به همراه یک برش و یک چاه از عربستان سعودی مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۲).

روش کار

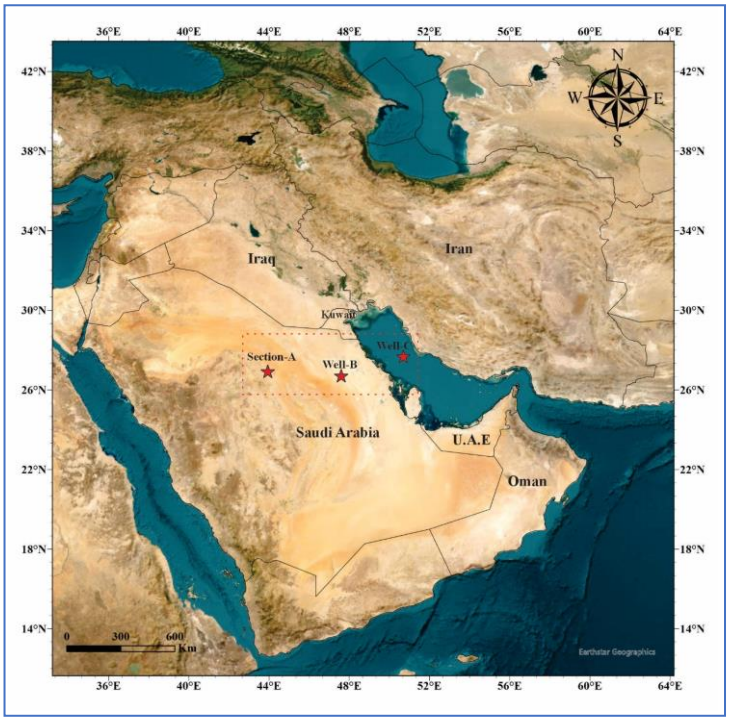
موقعیت قرارگیری میدان مورد مطالعه در بخش غربی کمان قطر فارس است که با چاههای عربستان سعودی مقایسه و تطبیق داده شده است. به‌منظور تحلیل ویژگی‌های لیتواستراتیگرافی سازندهای دالان و کنگان، حدود ۱۰۰۰ مقطع نازک میکروسکوپی حاصل از مغزه‌ها و خرده‌های حفاری چاه C در میدان گلشن مطالعه و با اطلاعات لاگهای پتروفیزیکی از جمله لاگ گاما ارزیابی گردید. در این چاه، سازند دالان با ضخامت ۷۱۸ متر و سازند کنگان با ضخامت ۱۳۶ متر شناسایی شد. سنگ مخزن اصلی گروه دهرم سازند کنگان و بخش بالایی سازند دالان است که در بخش زیرین سازند دالان مخزن درجه دومی وجود دارد. در مخزن پایینی عضو انیدریتی نار از سازند دالان و در مخزن بالایی از لایه‌های تبخیری دشتک و شیل آغار سنگ‌پوش هستند (آقانباتی، ۱۳۸۳).

مرز زیرین دالان با سازند فراقان ناپیوسته و مرز بالایی کنگان با سازند دشتک هم‌شیب بوده و به‌عنوان پوش‌سنگ مخزن عمل می‌کند (Rahimpour-Bonab *et al.*, 2009). سازند دالان عمدتاً از آهک، دولومیت و آهک دولومیتی به‌همراه میان‌لایه‌هایی از رسوبات تبخیری دیده می‌شود. سازند کنگان نیز از تناوب آهک، دولومیت و دولومیت انیدریتی تشکیل شده است. مقایسه محتوای فونا و سنگی چاه C با برش A و چاه B در عربستان سعودی، تطابق چینه‌ای را نشان می‌دهد و بیانگر شباهت واحدهای لیتواستراتیگرافی در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۳).

نتایج

سازند خوف در بازه زمانی پرمین-تریاس در مرکز عربستان سعودی در امتداد کمربندی شمالی-جنوبی به طول حدود ۱۲۰۰ کیلومتر رخنمون دارد (Powers, 1966). این سازند در برش الگو ۱۷۱٫۴ متر ضخامت دارد و به پنج عضو تقسیم می‌شود. از قدیمی‌ترین عضو تا جدیدترین عضو عبارت‌اند از عضو اش‌شیقاق، حوقیل، دوهایسان،

میدهناب، خارتم نامگذاری شده‌اند. مرز زیرین سازند خوف با ناپیوستگی منطقه‌ای پره‌خوف مشخص می‌شود و مرز بالایی آن به‌صورت پیوسته با سازند سودیر قرار دارد. در برش تیپ سازند خوف، عضو اش‌شیقاق ۳۵ متر ضخامت دارد و لیتولوژی سنگ رس سیلتی و دولومیت با ماسه‌سنگ سفید دانه‌ریز و لامینیت‌های جلبکی و ساختارهای فنسترال تشکیل شده است. عضو اش‌شیقاق بر اساس حضور *Monodiexodina kattaensis* و *Reichelina* sp. به کاپیتانین نسبت داده می‌شود.



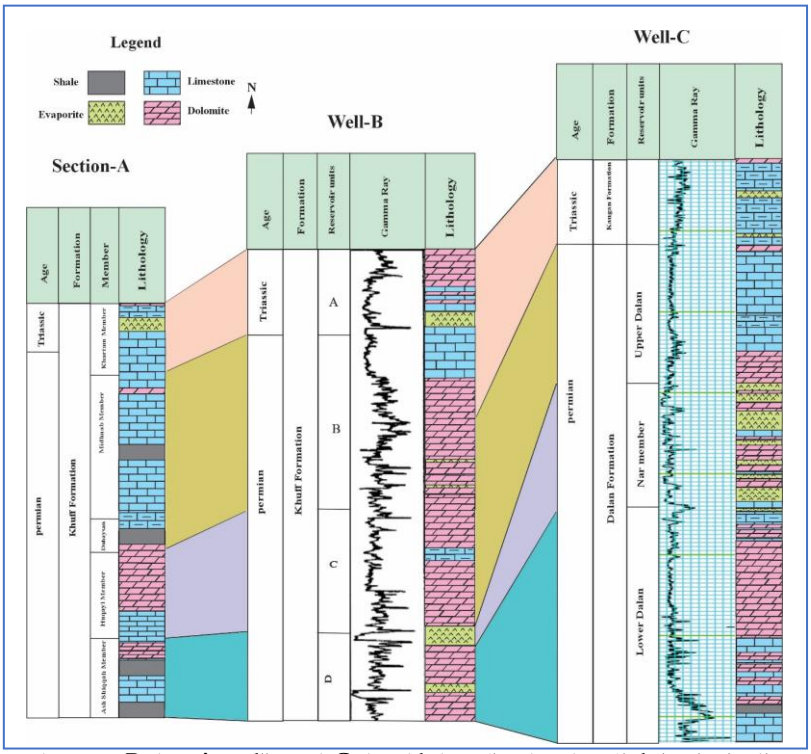
شکل ۲. موقعیت جغرافیایی چاه C در میدان گلشن با برش و چاه منطقه مورد مطالعه.

در برش نمونه، بخش حوقیل ۳۴,۲ متر ضخامت دارد و در سایر نقاط، ضخامت آن از ۳۰ تا ۴۰ متر متغیر است. دولومیت پلوئیدی حاوی بیوکلاست‌های آأئیدی، دولومیت بیوکلاستیکی، دولومیت حاوی لامینیت‌های جلبکی و ژیپس و انیدریت لیتولوژی غالب آن است. عضو حوقیل دارای سن ووچیاپینگین بوده و شامل فرامینیفرهای کوچکی همانند *Pseudomidiella cf. labensis*، *Earlandia* spp. و *Neodiscus aff. qinglongensis* است. برش نمونه عضو دوهایسان در جبل دوهایسان تعریف شده است (Le Nindre et al., 1990) که در آن ضخامت ۱۳,۴ متر است. عضو دوهایسان متشکل از لیتولوژی دولومیت خاکستری، اینتراکلاست‌ها و بیوکلاست‌ها با آشفتگی زیستی، لامینیت جلبکی که با دولومیت سفید با ساختارهای فنسترال پوشانده شده است. عضو دوهایسان به ووچیاپینگین- چانگسینگین تعلق دارد و با حضور گونه‌هایی مانند

Graecodiscus ،*Hemigordius baoqingensis* *cf. kotlyarae* و *Colaniella cf. minuta* شناخته می‌شود (Vaslet *et al.*, 2005). عضو میدهناب با ۵۷,۹ متر ضخامت که بخش میانی ضخامتی نسبتاً یکنواخت در حدود ۶۰ متر دارد و از لیتولوژی سنگ آهک کنگلومرایی و دولومیت و بیوکلاست‌های فراوان و سنگ آهک خاکستری از فسیل‌های دریایی که با لایه‌هایی از دولومیت رسی درهم آمیخته شده است. عضو میدهناب دارای سن چانگسینگین است و با وجود *Paradagmarita* sp. و *Glomospirella spirillinoides* و ناپدید شدن جنس‌های *Nankinella* و *Globivalvulina* مشخص می‌شود. برش نمونه عضو خارتم (Le Nindre et al., 1990) در شمال شرقی شهر خوف واقع شده است، جایی که این عضو حدود ۳۷ متر ضخامت دارد. بخش خارتم پایینی، با ضخامت ۱۴ متر از سنگ آهک پلوئیدی و دولومیت بیوکلست تشکیل شده است. بخش بالایی خارتم حداقل ۲۳ متر ضخامت دارد و از سنگ آهک اُائیدی و پلوئیدی کرم رنگ و ساختارهای استروماتولیتی تشکیل شده است. عضو خارتم شامل دو بخش است: بخش زیرین با سن چانگسینگین پسین و بخش بالایی با سن ایندوئن مشخص می‌گردد. مرزپرموتریاس بین عضوهای خارتم بالایی و خارتم پایینی قرار دارد. به دلیل وجود چندین گونه از *Paradagmarita* spp. و *Nodosaria* sp. در پایین‌ترین لایه‌های آن در سراسر واحد، عضو خارتم پایینی به عنوان پرمین پسین تعیین سن شده است. عضو خارتم بالایی بر اساس جنس *Spirorbis phlyctaena* به عنوان تریاس پیشین معرفی می‌گردد. همچنین عضو خارتم بالایی به عنوان آغاز توالی تریاس که به سازند سودیر امتداد می‌یابد، تفسیر می‌شود (Vaslet *et al.*, 2005). سازند خوف شامل قدیمی‌ترین کربنات‌هایی است که در فلات قاره کم‌عمق شرق عربستان سعودی رسوب کرده‌اند. این سازند، با ضخامت حدود ۵۱۰ متر، به چهار واحد مخزنی Khuff-D تا Khuff-A در یک توالی رو به بالا تقسیم شده است (Al-Jallal, 1995). نهشته‌های رسوبی از پهنه جزر و مدی و رسوبات کم‌عمق به سمت بالا شروع می‌شود و به رسوبات بین جزر و مدی و سبخایی می‌رسد. کیفیت مخزنی توسط پیوستگی یا ناپیوستگی جانبی رخساره‌ها و همچنین دیاژنز کنترل می‌شود (Alsharhan and Nairn, 1994). سازندهای دالان و کنگان در چاه C میدان گلشن ۸۵۴ متر ضخامت دارند و شامل لیتولوژی آهکی و دولومیتی با میان لایه‌های انیدریتی می‌باشند. این سازندها به پنج زون مخزنی تقسیم می‌شوند که از K1 تا K5 نامگذاری شده‌اند و سازند کنگان به دو واحد مخزنی K1 و K2 تقسیم می‌شود و K3 تا K5 مربوط به سازند دالان می‌باشد که این سازند به سه واحد لیتولوژی شامل عضوهای دالان پایینی، نار و دالان بالایی تقسیم می‌شود. سازند مخزنی کنگان معادل با خوف بالایی و در این چاه ۱۳۶ متر ضخامت دارد و محتوای فسیلی آن شامل *Earlandia* sp., *Spirorbis* *Mizzia phlyctaena*, Dasycladacean algae sp., *Gymnocodium* sp., می‌باشد. ساختارهای استروماتولیتی به صورت محلی در قسمت اوایل واحد مخزنی K1 توسعه یافته اند. عضو دالان بالایی با ستبرای ۲۴۱ متر شامل آهک و دولومیت و آهک دولومیتی است و روی عضو انیدریتی نار قرار گرفته است *Paraglobivalvulina monodi*, *Hemigordius* sp., *Agathammina* sp., *Globivalvulina* sp., *Pachyphloia* sp. و

همچنین رخساره‌های دریای باز و قطعات اکینوئید و جلبکهای قرمز نیز مشاهده شده‌اند. عضو دالان زیرین و عضو نار ضخامت ۴۷۷ متر از تناوب لایه‌های آهکی و سنگ آهک- دولومیتی تا دولومیت آهکی می‌باشد. مرز زیرین با ظهور *Pachyphloia* sp. مشخص می‌شود که نشانگر آغاز دالان زیرین است و با فسیلهای *Globivalvulina* sp., *Pachyphloia* sp., *Hemigordius* sp., *Kahlerina pachytheca* *Agathammina* sp., از فرامینیفرها و از جلبکها و پروبلماتیکها *Tubiphytes* sp., *Mizzia* sp., *Gymnocodium* sp., *Gymnocodium bellerophontis* شناسایی شدند و در قسمتهای بالاتر جلبک‌های *Pseudovermiporella* *sodalica*, *Pseudovermiporella* sp. نیز ظاهر می‌شوند (صمدپور و همکاران، ۱۴۰۳).

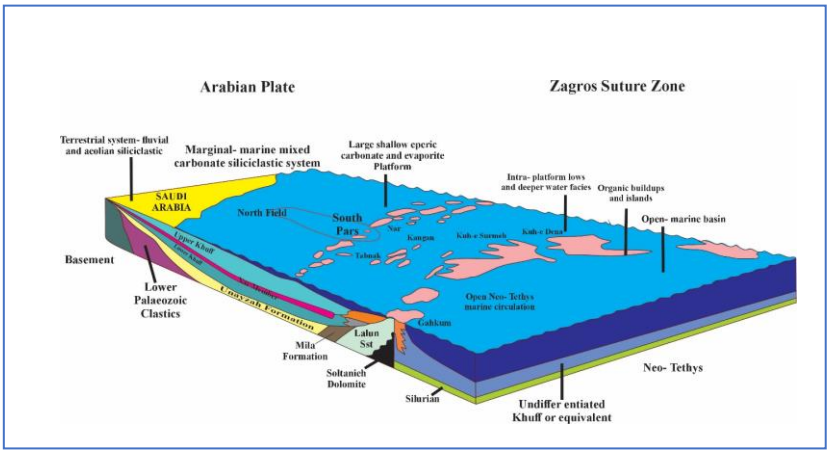
رخساره‌های غالب این نهشته‌ها از مادستون‌های دریای باز، دولومیت‌های لاگونی، تبخیری‌ها و رخساره‌های دانه‌پشتیبان پرانرژی تشکیل شده است. دولومیتی‌شدن، شکستگی‌ها و ایجاد منافذ قالبی مهم‌ترین عوامل بهبود تخلخل و نفوذپذیری در مخازن هستند (Abdolmaleki *et al.* 2016). تاریخچه دیاژنزی این توالی شامل دیاژنز دریایی، جوی و دفنی کم‌عمق و عمیق است. انحلال و دولومیتی شدن کیفیت مخزن را افزایش داده، سیمانی شدن کلسیت و انیدریت همراه با تراکم مکانیکی به طور قابل توجهی خواص مخزن را کاهش داده است (Shahkaram *et al.* 2025). توالی کلی کربنات و تبخیری دالان و کنگان، یک چرخه کم‌عمق رو به بالا را نشان می‌دهد. در ابتدا رسوبات مادستونی آهکی از یک محیط دریای باز دیده می‌شود که سپس با کاهش عمق آب، رسوبات دولومیتی، لاگونی و بین جزر و مدی، از جمله مادستونهای آهکی و تبخیری تشکیل می‌شوند. با ادامه کم‌عمق شدن و ایجاد شرایط محیطی محدودتر، آب‌های لاگون شورتر و در نهایت فوق‌شور می‌شوند. سبخاها به موازات حاشیه‌های لاگون تشکیل می‌شوند، جایی که ژیپس و انیدریت ممکن است تحت شرایط فوق جزر و مدی رسوب کنند. رسوبات پرانرژی تمایل دارند روی ارتفاعات محلی متمرکز شوند که ممکن است در اثر بالا آمدن گنبدهای نمکی یا چین‌خوردگی‌ها ایجاد شده باشند (Rahimpour-Bonab *et al.*, 2009). سپس رخساره‌های آأئیدی، گرینستونی و پکستونی در مراحل بعدی رسوب‌گذاری فراوان و گسترده می‌شوند که پکستون‌ها و گرینستون‌ها بهترین ویژگی‌های مخزنی را دارا هستند. اگرچه حجم منافذ بین ذرات ممکن است توسط سیمانی شدن کاهش یابد اما می‌تواند توسط دولومیتی شدن نیز افزایش یابد و تخلخل و نفوذپذیری بسیاری از مخازن دالان و کنگان و سازند خوف نیز توسط شکستگی‌ها افزایش یافته است. رخساره‌های دانه پشتیبان مرتبط با محیط‌های شول و لاگون، کیفیت مخزنی بالاتری را در مقایسه با رخساره‌های گل‌پشتیبان موجود در محیط پهنه جزر و مدی نشان می‌دهند (Mohammadi *et al.*, 2024). تحلیل تغییرات چینه‌ای و رخساره‌ای سازندهای دالان و کنگان نشان می‌دهد که با حرکت از نواحی مرکزی عربستان سعودی به سمت خلیج فارس، روندی از کم‌عمق شدن تدریجی به سمت افزایش عمق محیط رسوبی مشاهده می‌شود. این تغییر بیانگر شیب ملایم حوضه و گسترش شرایط دریایی باز در بخش‌های شرقی‌تر است (شکل ۴).



شکل ۳. تطابق لیتواستراتیگرافی سازندهای دالان و کنگان چاه C با برش الگوی A و چاه B در عربستان سعودی.

بحث و نتیجه گیری

نهشته‌های پرموتریاس در حوضه خلیج فارس، به ویژه سازند خوف و معادل‌های آن شامل دالان و کنگان، از مهم‌ترین واحدهای کربناته مخزنی در منطقه خاورمیانه به شمار می‌روند و بررسی‌های لیتولوژیکی، فسیلی و رخساره‌ای نشان می‌دهد که این واحدها دارای پتانسیل مخزنی بسیار بالایی هستند. تطابق واحدهای مختلف در عربستان سعودی و ایران با استفاده از تحلیل فونای فرامینیفرها و جلبک‌های آهکی امکان‌پذیر بوده و هم‌ارزی چینه‌ای این سازندها را تأیید می‌کند. رخساره‌های پرانرژی و ترکیب‌های کربناته–تبخیری، همراه با فرآیندهای دولومیتی‌شدن، شکستگی و توسعه منافذ قالبی، عامل اصلی بهبود تخلخل و نفوذپذیری در این مخازن است. روند رسوب‌گذاری نشان می‌دهد که نهشته‌ها از پهنه‌های جزرومدی و سبخایی به محیط‌های دریای باز تحول یافته و با افزایش ضخامت و گستردگی شرایط دریایی از غرب به شرق حوضه، رمپ هموکلینال قابل مشاهده است. این مطالعات نشان می‌دهد که ارائه چارچوبی برای تطابق چینه‌ای، درک بهتری از کنترل‌های رسوبی و دیاژنز مؤثر بر کیفیت مخزنی بزرگ‌ترین ذخایر گازی جهان فراهم می‌کند و می‌تواند راهنمایی مهم برای اکتشاف و بهره‌برداری بهینه از این مخازن باشد.



شکل ۴. شماتیک تغییرات نهشته‌های پرمین و تریاس در شیب ملایم ورقه عربی (اقتباس از Insalaco *et al.* 2006).

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی یا انتشار این مقاله ندارند.

منابع

آقانباتی، ع، ۱۳۸۳، "زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور،۶۲۲ ص.

صمدپور، ل، مصدق، ح، بیرانوند، ب، رحیم‌پوربناب، ح، ۱۴۰۳، "بیواستراتیگرافی و تاکسونومی فونای نهشته‌های گوادالوپین در غرب کمان قطر فارس"، هفدهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، بندرعباس

Abdolmaleki, J., Tavakoli, V., and 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, No.141, 90-113.

Alavi, M., 2007. “Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran”. American Journal of science, Vol. 9. No.307. 1064-1095.

Al-Jallal, I. A., and Al-Husseini, M. I., 1995. “The Khuff Formation: Its regional reservoir potential in Saudi Arabia and other Gulf countries; depositional and stratigraphic approach”. In Middle East Petroleum Geosciences Conference, GEO Vol. 94. 103-119.

Alsharhan, A. S., 2006. “Sedimentological character and hydrocarbon parameters of the middle Permian to Early Triassic Khuff Formation, United Arab Emirates”. GeoArabia, Vol. 11 No.3, 121-158.

Alsharhan, A. S., and Nairn, A. E. M., 1994. “The Late Permian carbonates (Khuff Formation) in the western Arabian Gulf: Its hydrocarbon parameters and paleogeographical aspects”. Carbonates and Evaporites, Vol. 9. No.2. 132-142.

Enayati–Bidgoli, A. H., and Rahimpour–Bonab, H., 2016. “A geological based reservoir zonation scheme in a sequence stratigraphic framework: A case study from the Permo–Triassic gas reservoirs,

stratigraphy, diagenesis and geological zonation of the lower Triassic carbonate reservoir of the Kangan formation from the central to Northern Persian Gulf". Carbonates and Evaporites, Vol. 39. No. 3. 85.

Powers, R.W., L.F. Ramirez, C.D. Redmon and E.L. Elberg Jr., 1966. "Geology of the Arabian Peninsula: sedimentary geology of Saudi Arabia". United States Geological Survey, 147.

Rahimpour-Bonab, H., Asadi-Eskandar, A., and Sonei, R., 2009. "Effects of the Permian–Triassic boundary on reservoir characteristics of the South Pars gas field, Persian Gulf". Geological journal, Vol. 44. No.3. 341-364.

Steineke, M., Bramkamp, R. A., and Sander, N. J., 1958. "Stratigraphic relations of Arabian Jurassic oil".

Shahkaram, M., Aleali, M., Tavakoli, V., and Maleki, Z., 2025. "Comparative analysis of Permian–Triassic sequences in the Eastern Persian Gulf: insights into their paleoenvironments and diagenetic history". Iranian Journal of Earth Sciences.

Szabo, F., and Kheradpir, A., 1978. "Permian and Triassic stratigraphy, Zagros basin, south-west Iran". Journal of Petroleum Geology, Vol. 1. No.2. 57-82.

Tavakoli, V., Rahimpour-Bonab, H., and Esrafili-Dizaji, B., 2011. "Diagenetic controlled reservoir quality of South Pars gas field, an integrated approach". Comptes Rendus Geoscience, Vol. 343., No.1, 55-71.

Vaslet, D., Le Nindre, Y. M., Vachard, D., Broutin, J., Crasquin-Soleau, S., Berthelin, M., Gaillot, J., Halawani, M., and Al-Husseini, M., 2005. "The Permian-Triassic Khuff Formation of central Saudi Arabia". GeoArabia, Vol. 10. No. 4. 77-134.

Offshore Iran". Marine and Petroleum Geology, Vol. 73, 36-58.

Hassanzadeh, P., and Piryaei, A., 2025. "Review of the petroleum systems of the Iranian Zagros and Persian Gulf regions". Petroleum Geoscience, Vol. 31. No.4.

Insalaco, E., Virgone, A., Courme, B., Gaillot, J., Kamali, M., Moallemi, A., Lotfpour, M. and Monibi, S., 2006. "Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars, Iran: depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture". GeoArabia, Vol. 11., No.2,75-176.

Kakemem, U., Ghasemi, M., Adabi, M. H., Husinec, A., Mahmoudi, A. and Anderskouv, K., 2023. "Sedimentology and sequence stratigraphy of automated hydraulic flow units-The Permian Upper Dalan Formation, Persian Gulf". Marine and petroleum geology, Vol. 147.

Konert, G., Afifi, A.M., Al-Hajari, S.A., and Droste, H., 2001. "Paleozoic Stratigraphy and Hydrocarbon habitat of the Arabian Plate". GeoArabia, Vol. 6. No.3. 407-442.

Le Nindre, Y. M., Manivit, J., Manivit, H., and Vaslet, D., 1990. "Stratigraphie sequentielle du Jurassique et du Cretace en Arabie Saoudite". Bulletin de la Societe geologique de France, Vol. 6. No. 6. 1025-1034.

Mehrabi, H., Mansouri, M., Rahimpour-Bonab, H., Tavakoli, V., and Hassanzadeh, M., 2016. "Chemical compaction features as potential barriers in the Permian-Triassic reservoirs of Southern Iran". Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol.145, 95-113.

Mohammadi, M., Kadkhodaie, A., Rahimpour-Bonab, H., Kadkhodaie, R., and Aleali, M., 2024. "Sequence