

ارزیابی محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی، تعیین کیفیت و گسترش زون‌های مخزنی سازند کنگان، واقع در تاق‌دیس تابناک (زاگرس جنوبی)

محمد نیک‌بین^۱، محمد خانه‌باد^{۱*}، رضا موسوی حرمی^۱، اسداله محبوبی^۱، مهدی خدای^۲ و احسان غفرانی^۲

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۲- شرکت ملی نفت مناطق مرکزی ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۳۱

چکیده

سازند کنگان به سن تریاس پیشین (اسکی تین) یکی از مهم‌ترین سنگ‌های مخزنی در میدین گازی زاگرس جنوبی و شمال خلیج فارس است. میدان گازی مورد مطالعه در غرب استان هرمزگان واقع شده و یکی از مهم‌ترین میدین گازی ایران و حتی شناخته شده در جهان به‌شمار می‌آید. به منظور ارزیابی محیط و سکانس‌های رسوبی این سازند در چاه مورد نظر، مطالعات میکروسکوپی و نیز تحلیل نمودارهای پتروفیزیکی به‌خصوص نمودار پرتو گاما، مورد بررسی قرار گرفته که حاصل آن منجر به تشخیص هفت ریز رخساره در قالب چهار زیر محیط پهنه جزر و مدی، لاگون، به‌طور عمده؛ پشته‌های سدی و به‌طور محدود؛ دریای باز، و دو سکانس رسوبی رده سوم با مرز سکانسی نوع دو (پیوستگی معادل ناپیوستگی) که هر سکانس از دسته رخساره‌های TST (غالباً شامل رخساره‌های پهنه جزر و مدی و لاگون) و HST (غالباً شامل رخساره‌های سدی) تشکیل شده، گردید. همچنین این مطالعه با هدف بررسی کیفیت و گسترش زون‌های مخزنی و ارتباط آن با محیط رسوب‌گذاری و توالی‌های رسوبی انجام گرفت. زیرا در مطالعات گذشته، سازند کنگان به لحاظ ویژگی‌های سنگ‌شناسی به چهار زون کلی طبقه‌بندی شده بود ولی در این پژوهش با تکیه بر فایل‌های رقمی در دسترس حاصل از مطالعات چاه‌پیمایی و بسط این اطلاعات در فضای نرم‌افزار و در نهایت تلفیق اطلاعات تفسیری نمودارهای خروجی موجود از جمله لاگ‌های پرتو گاما، صوتی (سانیک)، چگالی (دانسیته)، تخلخل مؤثر و ستون سنگ‌شناسی با بررسی‌های پتروگرافی مقاطع نازک و توالی‌های رسوبی، سازند کنگان در چاه مورد نظر از میدان مورد مطالعه به سه زون کلی به لحاظ مخزنی تقسیم شد.

کلمات کلیدی: محیط رسوبی، سکانس رسوبی، زون‌بندی مخزنی، سازند کنگان، تاق‌دیس تابناک

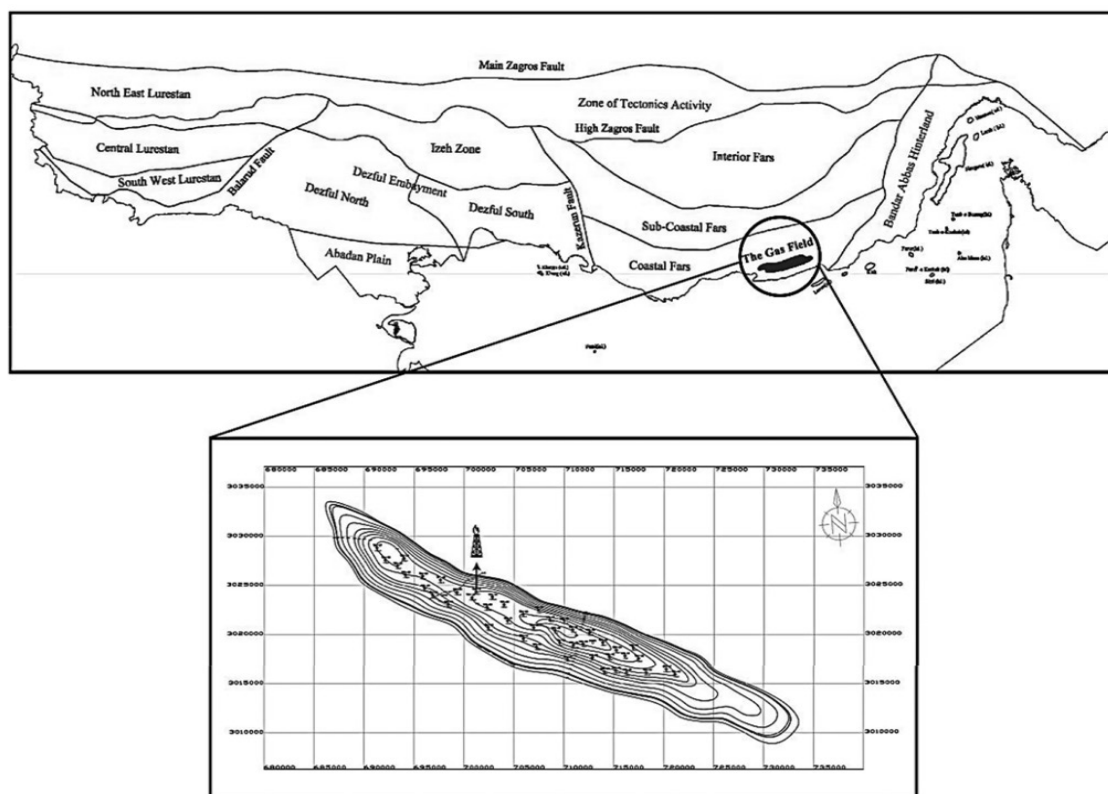
مقدمه

مخازن هیدروکربنی میدان مورد مطالعه شامل سازندهای دالان و کنگان با سن پرمین-تریاس و معادل آن‌ها یعنی سازند خوف در صفحه عربی از مهم‌ترین مخازن گازی در خاورمیانه و همچنین در جهان هستند [۱]. از این رو شناخت ویژگی‌های مخزنی این سازندها به‌ویژه سازند کنگان و ارائه تصویر کامل‌تری از شرایط محیط رسوب‌گذاری آن در میدان مورد مطالعه، ضروری به نظر می‌رسد. رسیدن به این مهم، نیازمند مطالعات پتروگرافی، چینه‌نگاری سکانسی و بررسی‌های پتروفیزیکی است. این مطالعه در جهت تعیین کیفیت و موقعیت زون‌های تولیدی در بخش‌های مخزنی از سازند کنگان، بسیار حائز اهمیت است. به‌علاوه، جهت افزایش و بهره‌وری تولید از این مخزن لازم است زون‌های مخزنی و غیرمخزنی، مورد ارزیابی مجدد قرار گیرند تا در برنامه‌های آینده توسعه میدان مورد مطالعه، برای بخش‌های مختلف از سازند که قابلیت بهتری در تولید هیدروکربور (گاز) دارد، آگاهانه‌تر تصمیم‌گیری شود. در سال‌های اخیر در ارتباط با حوضه تریاس زاگرس، به‌ویژه سازند کنگان در میادین مختلف، مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است؛ که از جمله آن، می‌توان به بررسی محیط رسوبی [۷-۲] و ارزیابی پتروفیزیکی و زون‌بندی مخزنی سازند [۸-۱۸] اشاره داشت. همان‌گونه که در بالا اشاره شد، هدف این تحقیق در رابطه با شناخت دقیق مخزن از دیدگاه رسوب‌شناسی و پتروفیزیکی است تا بتواند به بهره‌برداری بهتری از این میدان کمک نماید.

جایگاه زمین‌شناسی و چینه‌شناسی

کمربند کوه‌زایی زاگرس یکی از بخش‌های مهم زمین‌شناسی ایران است که در حاشیه شمال خاوری ورقه عربی با راستای شمال باختر- جنوب خاور از ترکیه تا تنگه هرمز به طول تقریبی ۲۰۰۰ km گسترش یافته است. این منطقه که بخشی از رشته

کوه‌های آلپ- هیمالیا است، با فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر صفحه ایران و در پی برخورد صفحه عربی با صفحه ایران به‌وجود آمده است [۱۹]. میدان گازی مورد مطالعه واقع در تقادیس تابناک، در زون ساختاری فارس ساحلی کمربند چین‌خورده حوضه زاگرس، به موازات سواحل خلیج فارس واقع شده است (شکل ۱) [۲۰]. مخزن این میدان یکی از سازندهای گروه دهرم (سازند کنگان) است، که رسوبات آن در طی پیشروی دریا در اوایل تریاس برجای گذاشته شده است. گروه دهرم به‌ترتیب از سه سازند فراقان (دونین تا پرمین)، دالان (پرمین) و کنگان (تریاس پیشین) از پایین به بالا تشکیل شده است [۲۰]. برش نمونه سازند آهکی کنگان در چاه شماره ۱ کوه سیاه است که در تقادیس به همین نام در جنوب خاوری شهر بوشهر و در باختر تقادیس و گنبد نمکی خورموج معرفی شده است. این سازند همانند بیشتر مخازن این ناحیه دارای هیدروکربور نوع گازی است و مخرن اصلی میدان مورد مطالعه به‌شمار می‌آید. به‌طور کلی در این سازند، سه رخساره قابل تشخیص است که عبارتند از: ۱- رخساره کربناته، ۲- رخساره رسی و شیلی قاعده‌ای و ۳- رخساره کربناته-تبخیری [۲۱] که در چاه مورد مطالعه غالباً متشکل از رخساره‌های کربناته تمیز (در آن‌ها رس کمتر یافت و شامل گرینستون‌های الیبتیک و پلتی است) با میان لایه‌هایی از شیل و انیدریت است. مرز فوقانی سازند کنگان از گروه دهرم با سازند تبخیری دشتک (بخش شیلی آغار) از گروه کازرون به‌طور همشیب بوده [۲۰] ولی مرز تحتانی آن با سازند دالان به‌وسیله یک ناپیوستگی جدا می‌شود [۲۲]. حداقل ضخامت سازند کنگان در میدان مورد مطالعه ۱۷۲ m و حداکثر ضخامت آن ۱۸۶ m است. چاه مورد مطالعه در موقعیت کلی باختر میدان مورد نظر قرار گرفته است (شکل ۱)؛ عمق حفاری این چاه حدود ۵۲۷ m است که از عمق ۲۵۹۸ m تا ۲۷۷۴ m معادل ۱۷۶ m متعلق به سازند کنگان است [۲۳].



شکل ۱ نقشه تقسیمات ساختاری حوضه زاگرس و تراز زیرزمینی میدان گازی مورد مطالعه بر روی افق کنگان و موقعیت کلی چاه مورد مطالعه

روش مطالعه

نام‌گذاری شدند و سپس شناسایی رخساره‌های میکروسکوپی با توجه به ویژگی‌های پتروگرافی و مجموعه زیستی و نیز مقایسه با رخساره‌های رسوبی ارائه شده توسط ویلسون [۲۵] و فلوگل [۲۶] انجام گرفت. طبق اصول و روش کلی، چینه‌نگاری سکansı این سازند با استفاده از بررسی خصوصیات رخساره‌ای و هم‌ارزی آن‌ها با لاگ‌های پتروفیزیکی خصوصاً لاگ SGR، الگوی انباشتگی پاراسکانس‌ها، مرزهای سکانسی و نیز بررسی ارتباط آن‌ها با منحنی نوسانات سطح آب دریاها، به شناسایی سکانس‌های رسوبی انجامیده است [۲۷-۴۴]. همچنین به جهت تعیین زون‌های مخزنی و تبیین و تصویر کلیه داده‌های چاه‌پیمایی از لاگ‌های پتروفیزیکی در دسترس از جمله لاگ پرتو گاما، لاگ صوتی، لاگ چگالی و لاگ تخلخل موثر، استفاده و سعی به تفسیر و ارتباط آن با مطالعات پتروگرافی و سکانس‌های رسوبی شده است.

کلیه مطالعات انجام شده در این تحقیق به دو بخش مطالعات پتروگرافی با هدف شناسایی کمربندهای رخساره‌ای، محیط رسوب‌گذاری و بررسی‌های نرم‌افزاری لاگ‌های پتروفیزیکی با هدف تعیین دقیق سکانس‌های رسوبی، کیفیت و گسترش زون‌های مخزنی خلاصه می‌شود. در این پژوهش به منظور پی بردن به خصوصیات سنگ‌شناسی، انواع رخساره‌ها، فرآیندهای دیاژنزی و محیط رسوبی سازند کنگان، تعدادی مقطع نازک تهیه شده با فواصل کمتر از 0.5 m از $19/9\text{ m}$ مغزه حفاری بازیافت شده از چاه مورد نظر، مطالعه شده است تا با بررسی آن‌ها، مشخصه‌های رسوبی از جمله خصوصیات سنگ‌شناسی، فسیل‌شناسی و بافتی نمونه‌ها اعم از فراوانی آلوکم‌ها (اسکلتی و غیراسکلتی)، سیمان، ذرات آواری و ماتریکس در این بخش از چاه به‌دست آید. در این مطالعه ریزرخساره‌ها با استفاده از طبقه‌بندی دانه‌ام [۲۴]

نتایج و بحث

ریزرخساره‌ها

با توجه به اهمیت رخصاره‌های رسوبی در کنترل خصوصیات مخزنی، مقاطع نازک تهیه شده از نظر رخصاره‌ای و محیط رسوبی مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به این مطالعه، سنگ‌شناسی عمده سازند کنگان در این بخش از چاه، عمدتاً سنگ آهک و به مقدار کمتری دولومیت است. سنگ آهک‌ها عمدتاً از نوع گرینستون و دولومیت‌ها در اندازه دولومیکرایت تا دولومیکرواسپارایت (غالباً ریزبلور تا متوسط بلور) هستند. در ادامه به اختصار به بررسی ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی آن‌ها می‌پردازیم:

کمربند رخصاره‌ای پهنه جزر و مدی:

در این کمربند رخصاره‌ای تنها یک نوع ریزرخساره رسوبی مشاهده شد.

• ریزرخساره T-MF1: مادستون دولومیتی شده

این رخصاره از دولومیت عمدتاً در اندازه دولومیکرایت (به‌طور متوسط 40μ) و به مقدار کمتر دولومیکرواسپارایت (به‌طور متوسط 100μ) یا تناوبی از آنها، آهک از جنس مادستون و انیدریت به‌صورت سوزن‌های پراکنده‌ای تشکیل شده است (شکل ۲-الف). این رخصاره فاقد هرگونه آثار فسیلی بوده و همچنین ذرات کوارتز در حد سیلت نیز در بعضی اعماق در این رخصاره قابل مشاهده‌اند. به‌طور کلی مادستون‌های آهکی تا دولومیتی همراه با ذرات ریز کوارتز در حد سیلت در مراحل اولیه دیاژنز در قسمت داخلی پهنه‌های گلی جزرومدی تشکیل می‌شوند [۴۵]. که به‌طور کلی از فرآیندهای دیاژنزی موجود در این رخصاره می‌توان به دولومیتی شدن، دولومیتی شدن، سیمانی شدن (به مقدار زیاد سیمان انیدریتی و به مقدار خیلی کم سیمان‌های سیلیسی)، انحلال بخشی که منجر به ایجاد تخلخل‌های حفره‌ای شده است، اشاره کرد. در این رخصاره تخلخل‌های حفره‌ای، کانالی و بین بلوری مشاهده می‌شوند که مقداری از این خلل و فرج توسط سیمان‌های انیدریتی و به مقدار

خیلی کم توسط سیمان‌های سیلیسی پر شده‌اند. رخصاره مزبور با ریزرخساره‌های استاندارد^۱ شماره ۲۳ ویلسون [۲۵] و فلوگل [۲۶] قابل مقایسه است.

کمربند رخصاره‌ای تالابی یا لاگون:

این کمربند رخصاره‌ای تنها دارای یک نوع ریزرخساره است.

• ریزرخساره L-MF2: وکستون بایوکستی^۲

در این ریزرخساره خرده‌های فسیلی با مقدار فراوانی بیش از ۱۰٪ و مقادیر کمی پلوئید با اندازه متوسط 0.4 mm و اینتراکلیست‌های گردشده (حدود ۵٪) شناسایی شده است. اجزاء اسکلتی این رخصاره عمدتاً شامل پوسته دوکفه‌ای بنتیک و گاستروپود است (شکل ۲-ب). میکریتی شدن و تراکم فیزیکی را می‌توان فرآیندهای دیاژنتیکی غالب در این رخصاره دانست. به‌طور کلی تنوع و فراوانی کم اجزاء اسکلتی شناسایی شده، تایید کننده نهشت این رخصاره در یک محیط محدود است. تمامی این شواهد نشان‌دهنده یک جایگاه لاگونی محدود شده در پشت سد کریناته با عمق کم، انرژی پایین و مواد غذایی محدود است [۴۶]. رخصاره مزبور با ریزرخساره استاندارد شماره ۱۸ ویلسون [۲۵] و فلوگل [۲۶] قابل مقایسه است.

کمربند رخصاره‌ای پشته‌ای یا سد:

این کمربند رخصاره‌ای حاوی چهار نوع ریزرخساره است که به اختصار به توضیح هریک پرداخته می‌شود.

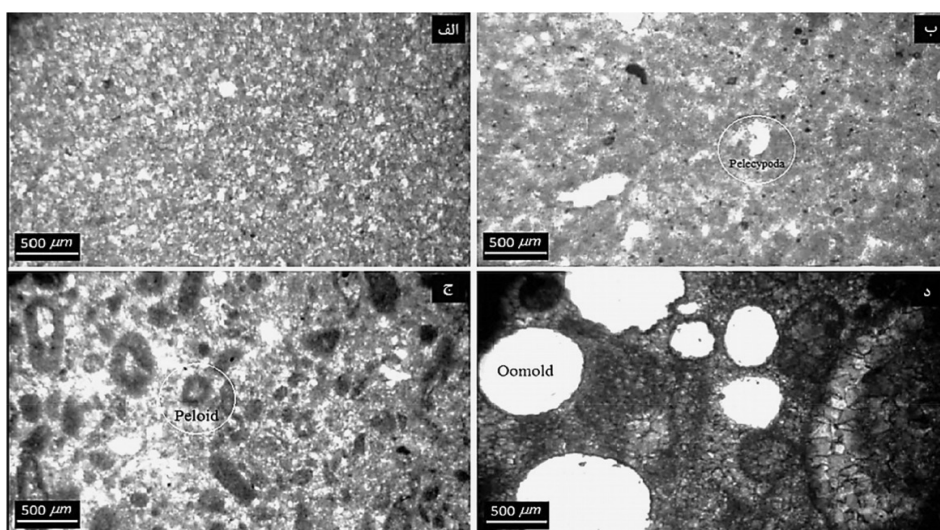
• ریزرخساره Sh-MF3: گرینستون پلوئیدی^۳

در این ریزرخساره پلوئیدها با اندازه متوسط 0.6 mm با بیش از ۵۰٪، (شکل ۲-ج) و ائیدها با اندازه متوسط 1.0 mm و ۱۰٪ اینتراکلیست‌های گردشده یافت می‌شود، که این آلوکم‌ها همراه با مقادیر مختلفی از خرده‌های بایوکلیست (حدود ۱۰٪) از نوع دو کفه‌ای و به مقدار خیلی کمتر گاستروپود دیده می‌شود.

1. Standard Micro Facies (SMF)

2. Bioclast Wackestone

3. Peloid Grainstone



شکل ۲ چاه مورد مطالعه، نور پلاریزه: الف) ریزرخساره T-MF1؛ رخساره مادستونی دولومیتی شده، تناوبی از دولومیت‌های ریزبلور (دولومیکرایت) و متوسط بلور (دولومیکرواسپارایت)، عمق ۲۶۵۲/۶۵ m. ب) ریزرخساره L-MF2؛ سنگ آهک و کستونی بایوکستدار، نمایی از بایوکست‌های استراکود و پوسته دوکفه‌ای، عمق ۲۷۵۷/۶ m. ج) ریزرخساره Sh-MF3؛ سنگ آهک گرینستون پلوئیدی به همراه مقادیری ائید و خرده اسکلتی گاستروپود، عمق ۲۶۷۰/۶ m. د) ریزرخساره Sh-MF4؛ سنگ آهک پکستون ائیدی، مناسب بودن ترکیب کانی‌شناسی (آراگونیتی یا HMC) ائیدها برای انحلال (انحلال قالبی)، عمق ۲۶۶۱ m.

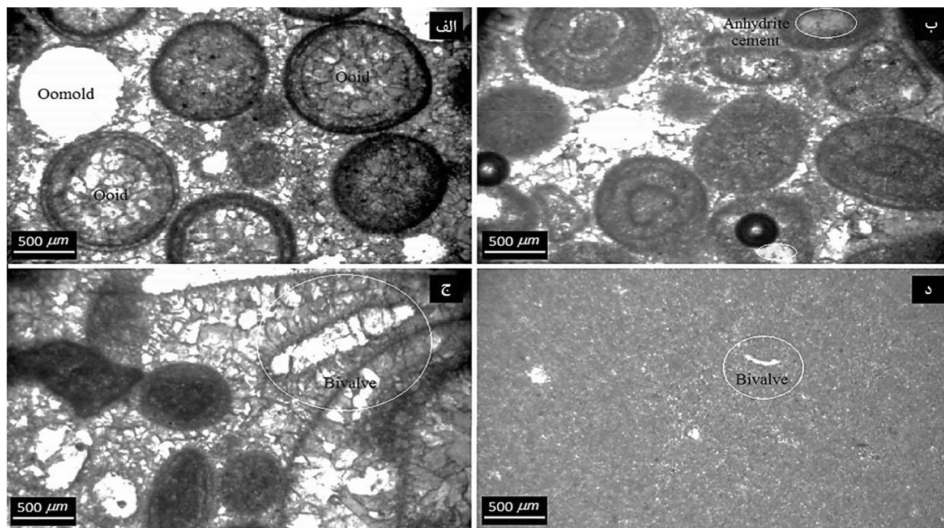
قالبی و پرشدن آن با سیمان کلسیتی است که ناشی از ترکیب ناپایدار ساختمان داخلی ائیدها (ترکیب سنگ‌شناسی آراگونیتی و یا HMC) است (شکل ۲-د). این رخساره با ریزرخساره استاندارد شماره ۱۵ ویلسون [۲۵] و فلوگل [۲۶] قابل مقایسه است.

• ریزرخساره Sh-MF5: گرینستون اوئیدی^۲
این ریزرخساره دارای بیش از ۶۰٪ ائیدهای جور شده است. اندازه متوسط این ائیدها حدود کوچک‌تر از ۲ mm و نکته قابل ذکر؛ فابریک منظم و واضح داخلی آن‌ها است. اگرچه در برخی مناطق فرآیند سیمانی شدن توسط انیدریت تخلخل موثر این رخساره را تحت تاثیر قرار داده است اما انحلال ائیدها و نبود گل آهکی این کاهش تخلخل را تا حد بسیاری جبران کرده است (شکل ۳-الف). به‌طور کلی حضور رخساره‌های گرینستونی با جورشدگی و گردشگی بالا مبین محیط‌های پر انرژی مانند سدها است.

اکثر آلوکم‌های این ریزرخساره تحت تاثیر پدیده میکریتی شدن قرار گرفته‌اند. پلوئیدها در این مجموعه احتمالاً حاصل خردشدگی رخساره‌های لاگونی یا بر اثر میکریتی شدن ائیدها حاصل شده‌اند. این رخساره همچنین به مقدار محدود تحت تاثیر انیدریتی شدن قرار گرفته است که این پدیده سبب کاهش خواص مخزنی در قسمت‌هایی از این رخساره شده است، از این رو در برخی موارد با گسترش محدود، فرآیند انحلال به چشم می‌خورد که سبب ایجاد تخلخل قالبی نیز شده است. این رخساره با ریزرخساره استاندارد شماره ۱۵ ویلسون [۲۵] و فلوگل [۲۶] قابل مقایسه است

• ریزرخساره Sh-MF4: پکستون اوئیدی^۱
در این ریزرخساره ائیدها با حدود ۷۰٪ و در اندازه ۱/۵ mm با جورشدگی تقریباً خوب و قطر نسبتاً زیاد و حدود ۵٪ پلوئیدهایی در اندازه ۰/۵ mm یافت می‌شود. تفاوت عمده این رخساره با ریزرخساره قبلی (گرینستون پلوئیدی) زمینه میکرایتی است که حاکی از کاهش انرژی محیط نسبت به رخساره گرینستونی است. یکی از فرآیندهای مهم دیاژنتیکی این رخساره، انحلال برخی از ائیدها و ایجاد تخلخل

1. Ooid Packstone
2. Ooid Grainstone



شکل ۳ چاه مورد مطالعه، نور پلاریزه: الف) ریزرخساره Sh-MF5؛ سنگ آهک گرینستون ائیدی، انحلال برخی ائیدها به دلیل ترکیب کانی‌شناسی ناپایدار و پرشدن قالب آن‌ها با سیمان کلسیتی، عمق ۲۶۴۴/۷ m. ب) ریزرخساره Sh-MF5؛ سنگ آهک گرینستون ائیدی، نخلخل درون ذره‌ای پر شده با سیمان انیدریتی، عمق ۲۶۴۴/۷ m. ج) ریزرخساره Sh-MF6؛ سنگ آهک گرینستون ائیدی بایوکلست دار، حضور اوئیدهایی با هسته انحلال پیدا کرده و پر شده از سیمان و تخلخل قالبی خرده پوسته‌های دو کفه‌ای در این رخساره، عمق ۲۶۶۵ m. د) ریزرخساره O-MF7؛ سنگ آهک مادستونی فسیل‌دار، فسیل پوسته دوکفه‌ای، عمق ۲۶۶۴ m.

نیز مشاهده شده است که نشان‌دهنده انرژی بالای محیط رسوب‌گذاری است. در این رخساره انواع سیمان از نوع حاشیه هم ضخامت و موزاییکی و همچنین انواع تخلخل بین دانه‌ای و قالبی نیز قابل مشاهده است. این رخساره با ریزرخساره استاندارد شماره ۱۵ ویلسون [۲۵] و فلوگل [۲۶] قابل مقایسه است.

کمبرند رخساره‌ای دریای باز:

در این کمربند رخساره‌ای تنها یک نوع ریزرخساره شناسایی شد.

• ریزرخساره O-MF7: مادستون فسیل‌دار^۲

این ریزرخساره یک مادستون با زمینه میکرایتی تیره رنگی است که در بعضی اعماق با ۲ تا ۵٪ پوسته دوکفه‌ای همراه است (شکل ۳-د). از فرآیندهای دیاژنتیکی موجود در این رخساره می‌توان به‌طور محدود به دولومیتی شدن و سیمانی شدن اشاره کرد. این رخساره فاقد تخلخل است و از همین رو فاقد کیفیت مطلوب مخزنی است و با ریزرخساره استاندارد شماره ۳ ویلسون [۲۵] و فلوگل [۲۶] قابل مقایسه است.

انواع پدیده سیمانی شدن به‌صورت سیمان بین دانه‌ای از نوع سیمان حاشیه هم ضخامت و سیمان موزاییکی در این رخساره دیده می‌شود. در برخی بخش‌ها نیز هسته ائیدها حل و توسط سیمان انیدریتی پر شده‌اند (شکل ۳-ب). در بین دانه‌های ائید در این رخساره، مقادیری خرده‌های اسکلتی که توسط جریان‌های طوفانی، احتمالاً از لاگون و دریای باز، به این محیط حمل شده است نیز مشاهده می‌شود. این رخساره درحقیقت مهم‌ترین بخش مخزنی در سازند کنگان (چاه مورد مطالعه) محسوب می‌شود و با ریزرخساره استاندارد شماره ۱۵ ویلسون [۲۵] و فلوگل [۲۶] نیز قابل مقایسه است.

• ریزرخساره Sh-MF6: گرینستون ائیدی بایوکلست دار^۱

این ریزرخساره دارای ائید جور شده در حد ۲ mm با فراوانی حدود ۴۰٪ و ۲۰٪ خرده‌های اسکلتی از نوع پوسته دو کفه‌ای و مقدار کمتری گاستروپود است (شکل ۳-ج). جورشدگی و گرد شدگی بالای ائیدها در زمینه اسپارایتی انرژی بالای محیط را نشان می‌دهد. در برخی از نمونه‌ها پلوئید با قطر ۰/۵ mm و به مقدار ناچیز اینتراکلست‌های بزرگ

1. Ooid Bioclast Grainstone
2. Fossiliferous Mudstone

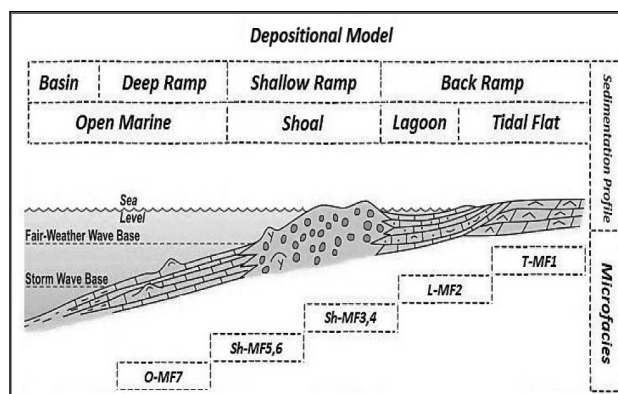
تفسیر محیط رسوبی و کیفیت مخزنی

تغییر تدریجی بین کمربندهای رخساره‌ای نسبتاً وسیع و تنوع کم رخساره‌ای، وجود رخساره‌های گرینستونی پرانرژی رو به خشکی، نبود شاهدهی بر وجود یک شکست مشخص در شیب پلاتفرم و یا گسترش ریف حاشیه‌ای مشخص [۴۷ و ۲۶ و ۲۵] نشان می‌دهد که توالی مورد مطالعه در یک رمپ کربناته نهشته شده است. (شکل ۴). با بررسی اختصاصات بافتی رخساره‌های سدی می‌توان موقعیت گسترش هریک را چنین تفسیر کرد که در کل رخساره‌های پکستونی و گرینستون‌های پلوئیدی در بخش پشت سد، رخساره گرینستون آئیدی در بخش مرکزی و رخساره گرینستون آئیدی بایوکلست‌دار در بخش جلویی سد و متصل به محیط دریای باز هستند. از این رو رخساره‌های جلوی سد عمدتاً گرینستونی و رخساره‌های پشت سدی غالباً پکستونی هستند. در نهایت هم می‌توان نتیجه گرفت که پیرو گفته‌های قبلی، در این بخش از چاه میدان مورد مطالعه، به دلیل پایین بودن میزان ماتریکس (میکریت) و تراکم فیزیکی و شیمیایی، تخلخل بالا خصوصاً از نوع قالبی، درون ذره‌ای، حفره‌ای و کانالی، همچنین گسترش کم سیمان شدگی و وجود فرآیندهای دیاژنتیکی غالب از جمله انحلال و دولومیتی شدن، باعث شده که این رخساره از کیفیت مخزنی بالایی برخوردار باشد (شکل ۵). از این رو، این کمر بند رخساره‌ای به‌عنوان

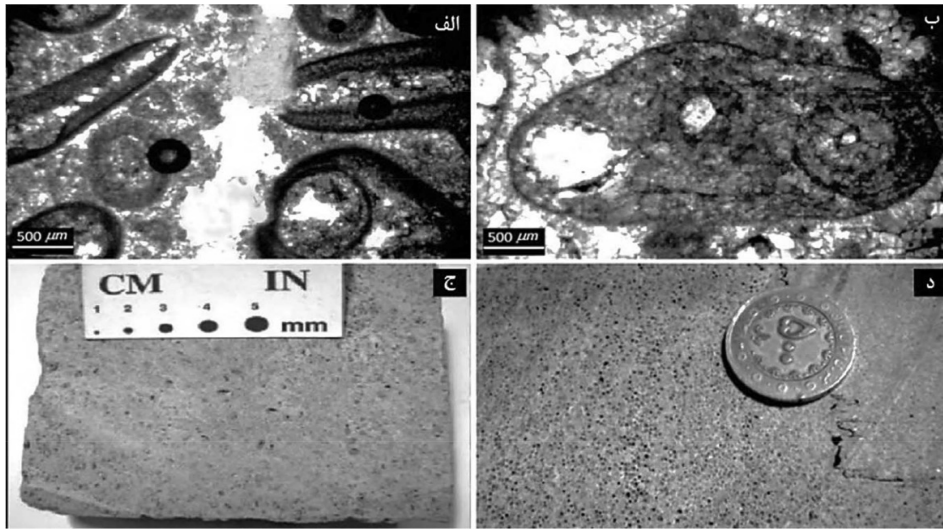
مخزن اصلی سازند کنگان در میدان مورد مطالعه به‌شمار می‌آید.

زمین‌شناسی مخزن

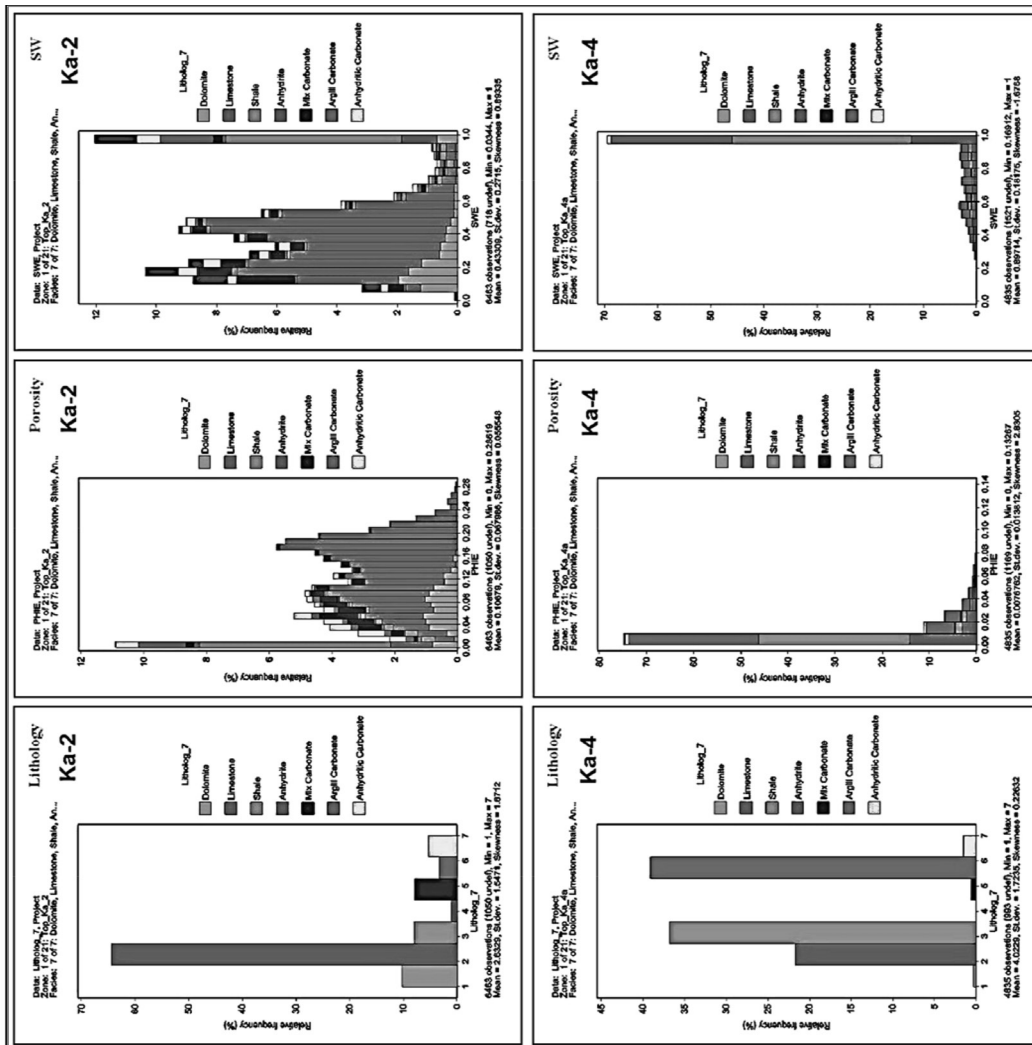
براساس مطالعات انجام شده در گذشته، سازند کنگان از لحاظ مخزنی به چهار زون Ka-3، Ka-4، Ka-2 و Ka-1 طبقه‌بندی شده است که زون‌های یک و چهار این طبقه‌بندی هرکدام به دو زیر زون Ka-1a و Ka-1b، Ka-4a و Ka-4b تقسیم می‌شوند. این زون‌بندی براساس برآیند ویژگی‌های سنگ‌شناسی و نوسانات نمودارهای ارزیابی پتروفیزیکی سازند کنگان در چاه‌های حفاری شده در میدین مختلف بوده است [۲۳]. از این رو با نگاه کلی به خصوصیات مخزنی زون‌های سازند کنگان می‌توان نتیجه گرفت که زون Ka-2 بهترین زون تولیدی و زون Ka-4 پایین‌ترین زون از نظر تولید است که با توجه به خصوصیات سنگ‌شناسی، محیط رسوبی و پارامترهای پتروفیزیکی آن‌ها می‌توان این مهم را اثبات کرد؛ بدین گونه که زون دوم با میانگین اشباع آب و تخلخل کل به ترتیب ۴۳/۳ و ۱۰/۷٪ یکی از بهترین زون‌های تولیدی مخزن است، به طوری که تنها ۱۳٪ از لیتولوژی کلی آن تخلخل کل کمتر از ۲٪ دارند. اما زیرزون اول زون چهارم از نظر کیفیت مخزنی با میانگین تخلخل کل کمتر از ۰/۸٪ و اشباع آب حدود ۸۹/۷٪ به دلیل لایه‌های رسی در متن لیتولوژی، بسیار ضعیف است (شکل ۶).



شکل ۴ نیمرخ شماتیک رسوبی سازند کنگان به‌همراه توزیع و تعیین جایگاه رخساره‌های میکروسکوپی در بخش‌های مختلف آن در ناحیه مورد مطالعه (برگرفته شده از مدل تاگر و رایت [۳۸])



شکل ۵ چاه مورد مطالعه، نور پلاریزه: الف) گریستون دارای ائید و رگه پر شده با سیمان انیدریتی که ائیدها را قطع کرده است و نشان می‌دهد تشکیل این سیمان بعد از ته نشست ائیدها و به صورت ثانویه بوده است، عمق ۲۶۴۳/۱۵ m. ب) گریستون دارای ائید مرکب سه تایی، دارای سیمان ایزوپیک، عمق ۲۶۴۷/۲ m. ج) تصویر ماکروسکوپی از آهک خاکستری رنگ متخلخل، رخساره سدی، عمق ۲۶۴۳/۶۵ m. د) تصویر ماکروسکوپی از آهک خاکستری رنگ متخلخل، حاوی استیلولیت، رخساره سدی، عمق ۲۶۵۵/۸۵ m.



شکل ۶ مقایسه پارامترهای پتروفیزیکی؛ درصد پراکندگی نوع لیتولوژی، تخلخل کل و اشباع آب کل در زون‌های Ka-2 (زون مخزنی) و Ka-4 (زون غیرمخزنی) از سازند کنگان در میدان مورد مطالعه

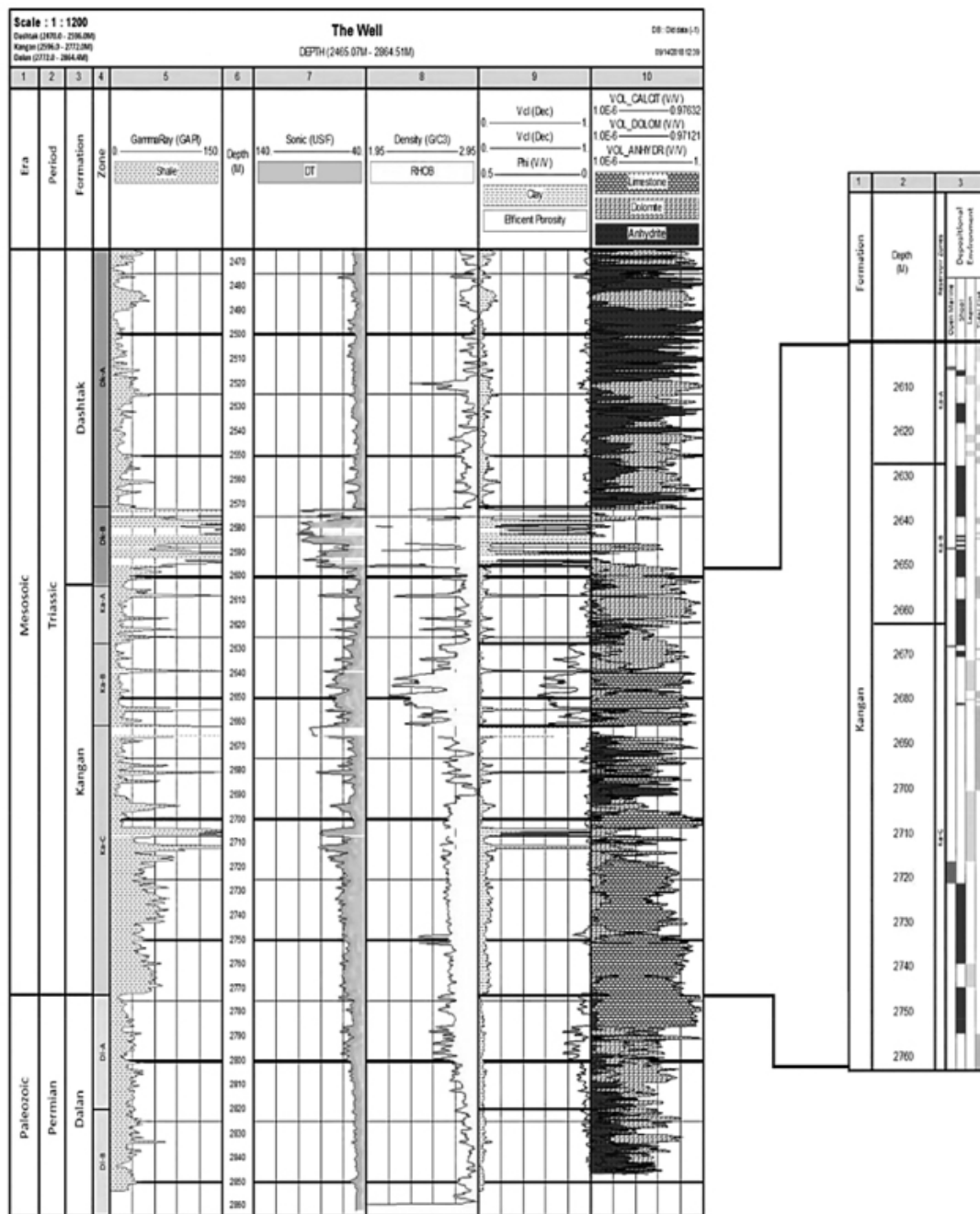
نمودار، پیک‌های لاگ دانسیته (چگالی) به‌سمت ماکزیمم عددی میل خواهد کرد. تخلخل موثر هم یکی از مهم‌ترین پارامترهای مهم مخزنی است که محاسبه آن برای انجام زون‌بندی بسیار ضروری است. در سازند کنگان به‌دلیل تنوع لیتولوژی خصوصاً به لحاظ مخزنی، پیک‌های لاگ تخلخل مؤثر به جهت دقت، از اهمیت بالایی برخوردارند و هرچه این پیک به عدد بیشتری میل کند میزان تخلخل موثر سازند بالا خواهد بود، به‌عنوان مثال شیل واحد سنگی است با ریزتخلخل‌های فراوان اما به‌دلیل عدم ارتباط این خلل و فرج با یکدیگر سبب شده که تخلخل موثر آن بسیار پایین باشد. نکته قابل ذکر این است که با تلفیق این لاگ با سایر نگاره‌های مذکور می‌توان صحت توانایی لیتولوژی‌های متعدد یک سازند را از لحاظ مخزنی ثابت کرد. همچنین میزان وجود عناصر پرتوزا در یک ماده می‌تواند بررسی‌های رادیواکتیویته را تحت شعاع قرار دهد؛ بدین‌گونه؛ واحدهای سنگ‌شناسی که در ساختمان کانی‌شناسی آن‌ها عناصر پرتوزا وجود دارد نسبت به واحدهای خنثی، شاهد پیک‌های پرتو گاما ماکزیمم بیشتری هستیم [۴۸] که می‌توان براساس همین نگاره، حجم شیل^۱ سازند را محاسبه کرد که در تفسیر کیفیت و گسترش زون‌های مخزنی چاه مورد نظر کمک فراوان می‌کند. از همین رو کلیه این پارامترها در گراف زیر (شکل ۷)، ستون‌های لاگ صوتی (سانیک)، چگالی (دانسیته)، تخلخل مؤثر و اشعه گاما را برای انجام مطالعه‌ای جامع با هدف زون‌بندی مخزنی به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به کلیه نکات کلیدی فوق، سه زون کلی به لحاظ ویژگی مخزنی برای این سازند تعیین شد. که در ادامه هرکدام به‌طور جداگانه و مختصر بررسی می‌شود:

اگر بخواهیم آن بخش از چاه مورد مطالعه را که متعلق به سازند کنگان است، از نظر زون‌بندی مخزنی مورد ارزیابی قرار دهیم با توجه به کلیه مطالعات انجام شده در بخش‌های قبلی از جمله، پتروگرافی و محیط رسوب‌گذاری، بایستی این بخش از چاه را جزو زون Ka-2 بدانیم؛ لکن برای اثبات این نکته، با تکیه بر تلفیق بررسی‌های پتروگرافی و داده‌های چاه‌نگاری در قسمت بعدی به زون‌بندی این بخش از سازند کنگان به سه زون کلی براساس ویژگی‌های مخزنی پرداخته خواهد شد.

زون‌بندی مخزنی چاه مورد مطالعه

در این مطالعه پس از تصویرسازی و تفسیر هریک از نگاره‌های مورد نظر براساس خواص پتروفیزیکی و انطباق آن با دامنه لیتولوژی کل چاه، زون‌بندی مخزن انجام و برای سازند کنگان؛ سه زون Ka-A، Ka-B و Ka-C تعریف شد که زون B بهترین افق مخزنی با قابلیت بیشترین انباشت هیدروکربوری و زون A و C پایین‌ترین افق به لحاظ کیفیت مخزنی است. عمده لیتولوژی سازند در مغزه حاصل از چاه مورد مطالعه؛ سنگ آهک (گرینستون) با مقادیری دولومیت با میان لایه‌هایی از شیل و انیدریت است که باعث ایجاد خواص فیزیکی متفاوتی در این مخزن شده؛ از جمله سرعت عبور صوت که بسته به مدت زمان گذر آن است؛ که هرچه این مدت زمان کمتر باشد؛ سرعت صوت افزایش می‌یابد؛ به‌طور مثال واحد سنگ‌شناسی که متراکم است زمان گذر صوت نسبت به واحد متخلخل بسیار پایین‌تر خواهد بود، در نتیجه پیک نگاره صوتی (سانیک) به‌سمت مقدار کمتر از نمودار میل می‌کند و بالعکس. نکته قابل ذکر دیگر تغییرات سطح انرژی الکترون هاست که بستگی به دانسیته کل ماده (نوع لیتولوژی) دارد. تبیین این موضوع در گراف‌های چاه‌پیمایی بسیار ساده است، به‌عبارتی هرچه لیتولوژی متراکم‌تر باشد نسبت به واحد متخلخل جرم حجمی بیشتری دارد و در

1. Volume Clay Gamma Ray (VCLGR)



شکل ۷ نمودار ستون سنگ‌شناسی، نگاره‌های پتروفیزیکی، زون‌های مخزنی تعیین شده و محیط رسوب‌گذاری آنها برپایه اطلاعات رقومی در دسترس از چاه مورد مطالعه

• زون Ka-A:
 بالا و حداکثر مقدار عددی است. همچنین نگاره صوتی با حداکثر پیک مقدار ۱۰۰، نگاره دانسیته با مقدار عددی ۲/۷ و تخلخل مؤثر با حداکثر مقدار ۰/۰۵ حاکی از لیتولوژی با حجم رسی بالا و تخلخل مؤثر پایین (به دلیل حضور میان لایه‌های شیلی و انیدریتی) است.

این زون با ژرفای ۲۶۰۵ تا ۲۶۲۸ m از چاه مورد مطالعه دارای ترکیب سنگ‌شناسی کلی دولومیت با میان لایه‌هایی از شیل و انیدریت است و طبق مطالعات پتروگرافی، منطبق با رخساره شناسایی شده از زیر محیط پهنه جزرومدی است. براساس نمودار حجم شیل و پرتوگاما دارای درصد رسی نسبتاً

این زون با ژرفای ۲۶۶۳ تا ۲۷۷۲ m از چاه مورد مطالعه مشابه زون A است ولی با این تفاوت که دارای لیتولوژی آهکی با رس بالا و میان لایه‌هایی از دولومیت و انیدریت است. این شباهت را هم به‌طور محسوس در نمودارهای صوتی و دانسیته به‌ترتیب با مقادیر پیک عددی ۱۰۰ و ۲/۷-۲/۵ قابل مشاهده است. مقدار کمی نمودار اشعه گاما حاکی از بالا بودن حجم شیل تا بیش از مقدار عددی ۱۰۰ است که مشابه زون A است اما شاهد این هستیم که ضخامت زیادی در حدود ۲۷۱۵-۲۷۷۲ m، این حجم رسی تقریباً ثابت است که می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً این بخش از سازند ثبات رخساره‌ای بیشتر و از تغییرات رخساره‌ای کمتری برخوردار است. نگاره تخلخل مؤثر غالباً مقدار عددی زیر ۰/۱ نشان می‌دهد ولی تنها شاهد این مقدار در میان لایه‌های دولومیتی هستیم که به احتمال زیاد همین افق‌ها دارای ظرفیت مخزنی باشند. با همه این اوصاف و تفاسیر با علم به لیتولوژی کلی سازند در این چاه و مقادیر عددی ذکر شده، می‌توان رخساره‌های وکستونی را برای این زون تصدیق کرد زیرا این زون تقریباً سنگ آهکی با حجم بالای رس است و تقریباً فاقد کیفیت مخزنی مطلوب است. طبق گراف فوق؛ کاملاً مرز بین دو سازند کنگان و دالان در پایین منطبق بر زون بندی انجام شده، است که از همین رو می‌توان صحت و دقت این کار را تصدیق نمود.

بایستی به این نکته اذعان داشت که هدف کلی از ارائه زون بندی در این مطالعه، داشتن بررسی دقیق تری از افق‌های مخزنی سازند کنگان به‌ویژه مطالعه موردی چاه مورد نظر از میدان مورد مطالعه براساس داده‌های موجود بوده است. در این مطالعه با بررسی داده‌های چاه‌پیمایی و تلفیق این داده‌ها با مطالعات پتروگرافی سعی بر ارائه زون بندی دقیق شده است.

قاعدتا ویژگی‌های سنگ‌شناسی این افق برای یک مخزن با ظرفیت تولیدی، مناسب نیست و تنها احتمال حضور هیدروکربور (گاز) به مقدار جزئی در اعماقی که دولومیت تمیز و عاری از فرآیندهای دیاژنتیکی کاهنده (به‌ویژه گسترش سیمان انیدریتی)، افق‌های شیلی- انیدریت و آب اشباع است می‌رود. در ضمن این افق، آغاز سازند کنگان (در چاه مورد مطالعه) و به لحاظ زون بندی دقیقاً منطبق بر مرز دو سازند کنگان و دشتک است که کاملاً تغییر رخساره را تصدیق می‌کند.

• زون Ka-B:

سنگ‌شناسی این زون با ژرفای ۲۶۲۸ تا ۲۶۶۳ m از چاه مورد مطالعه را دولومیت و سنگ آهک‌هایی نسبتاً تمیز (پکستون- گرینستون) تشکیل می‌دهد. این زون کم‌ترین میزان حجم رسی را داراست و طبق نمودار حجم شیل، پیک‌ها در بازه ۰-۱ به سمت مقدار حداقل میل می‌کند. در این زون پیک نمودار سانیک (صوتی) و دانسیته (چگالی) هر دو روند تمایلی به چپ را دارند، در این افق، حداکثر مقدار عددی نگاره صوتی در حدود ۷۵ و ۲/۵ حداکثر مقدار عددی پیک دانسیته است. همچنین حداکثر مقدار عددی نمودار حجم شیل برای این افق حدوداً ۰/۴ (در یک لایه محدود) که نشان از پایین بودن میزان لیتولوژی دانه ریز است. تخلخل مؤثر در این زون همان‌طور که گفته شد بالاترین مقدار را در بین زون‌های دیگر با حداکثر پیک ۰/۲۵ داراست که در نهایت با قرار دادن این اعداد در کنار هم و تفسیر آنها با توجه به نکات گفته شده در بخش قبلی، می‌توان نتیجه گرفت که این زون دارای لیتولوژی با میزان تخلخل مؤثر نسبتاً بالا و حجم رس پایین است و با علم به لیتولوژی کلی سازند در این چاه، می‌توان منطبق بودن رخساره‌های سدی را که بالاترین کیفیت مخزنی را در میان سایر رخساره‌های سازند دارند، برای این افق تصدیق کرد.

• زون Ka-C:

پسرونده هستند [۳]. همچنین طبق بررسی نمونه‌های میکروسکوپی و ستون چینه‌شناسی سازند کنگان در چاه مورد مطالعه، به‌طور کلی سکانس‌های شناسایی شده از پائین سازند (مرز با سازند دالان)، به بالا (مرز با واحد سنگی آغار شیل از سازند دشتک)، به ترتیب Sq-I و Sq-II نام‌گذاری شده‌اند (شکل ۸) که ژرفای هر سکانس مربوط به همان عمق چاه مورد نظر است که در ادامه به تفسیر هریک و ارتباط آن‌ها با افق‌های مخزنی شناسایی شده در بخش قبلی به اختصار پرداخته می‌شود.

• سکانس رسوبی Sq-I

در چاه مورد مطالعه عمیق‌ترین سکانس با ضخامت ۸۰ m است. دسته رخساره‌ای تراز پیشرونده، عمدتاً از رخساره گرینستونی سد تشکیل شده و دارای ضخامت ۴۰ m و حداکثر سطح غرقابی^۱ در عمق ۲۷۲۰ m است. همچنین دسته رخساره تراز بالا، از رخساره‌های دولومیتی پهنه جزرومدی و پکستونی لاگون تشکیل شده که دارای ضخامتی ۴۰ m است و مرز سکانسی آن در عمق ۲۶۸۰ m و از نوع دوم (SB-II) است. دسته رخساره‌های تراز پیشرونده و تراز بالای این سکانس منطبق بر قاعده زون Ka-C است. با توجه به وجود رخساره‌های دانه پشتیبان این سکانس که بایستی منطبق بر افق مخزنی با کیفیت باشد، شاهد انطباق این سکانس با قاعده زون مخزنی C هستیم که می‌توان تاثیر زیاد فرآیندهای سیمان شدگی را در این بخش از حوضه برای آن تبیین کرد. (به‌طور کلی مجموعه رسوبات تراز پیشرونده بالعکس رسوبات تراز بالا در روی نمودار گاما افزایش ناگهانی در API را به‌صورت خم شدگی نشان می‌دهند).

همچنین بایستی توجه داشت که ممکن است زون‌های سازند کنگان به لحاظ مخزنی در چاه‌هایی از یک میدان بر اثر تغییرات رخساره‌ای و بالتبع پتروفیزیکی متفاوت باشد. به همین دلیل طبق این مطالعه پیشنهاد می‌شود برای شناسایی افق‌های مخزنی سازندی، چاه‌های مورد نظر به‌طور موردی، مطالعه و تحت بررسی قرار بگیرند.

چینه‌نگاری سکانسی

سکانس واحد اصلی چینه‌نگاری سکانسی بوده که در هنگام چرخه تغییرات سطح نسبی دریاها، به‌وجود می‌آید. به‌طور کلی یکی از مهم‌ترین کاربردهای چینه‌نگاری سکانسی، جدایش واحدهای مخزنی و غیرمخزنی و انطباق آن با واحدهای سکانسی سازندهای هیدروکربوری است. در چینه‌نگاری سکانسی، زمانی که داده‌های لاگ چاه در دسترس باشد، می‌توان با استفاده از روند نمودار گاما با دقت بالایی دسته‌های رخساره‌ای^۱ را تشخیص داد [۲]. یکی از اهداف این مطالعه هم ایجاد ارتباط بین سکانس‌ها و افق‌های مخزنی بررسی شده است. در این پژوهش با توجه به مطالعات ریزرخساره‌ای انجام شده و بازسازی محیط‌های رسوب‌گذاری آن و تحلیل و بررسی نمودار پرتو گاما، دو سکانس رسوبی رده سوم (در زمان تشکیل چرخه‌های رده سوم، تغییرات سطح آب دریاها جهانی بوده و به تغییرات محلی بستگی ندارد) با مرز سکانسی^۲ نوع دو (پیوستگی معادل ناپیوستگی^۳) که هر سکانس از دسته رخساره‌ای تراز پیشرونده^۴ (غالباً شامل رخساره‌های پهنه جزرومدی و لاگون) و دسته رخساره‌ای تراز بالا^۵ (غالباً شامل رخساره‌های سدی) در سیستم رسوبی مورد مطالعه شناسایی شده است که همگی در یک محیط رمپ کربناته رسوب‌گذاری کرده‌اند. دسته‌های رخساره‌ای در نمودار گاما، با الگوهای کاهشی و افزایشی مشخص می‌شوند. به‌طوری‌که کاهش روند نمودار لاگ گاما بیانگر دسته رخساره‌های پیشرونده و افزایش روند نمودار لاگ گاما نشان‌دهنده دسته رخساره‌های

1. System Tracts (ST)

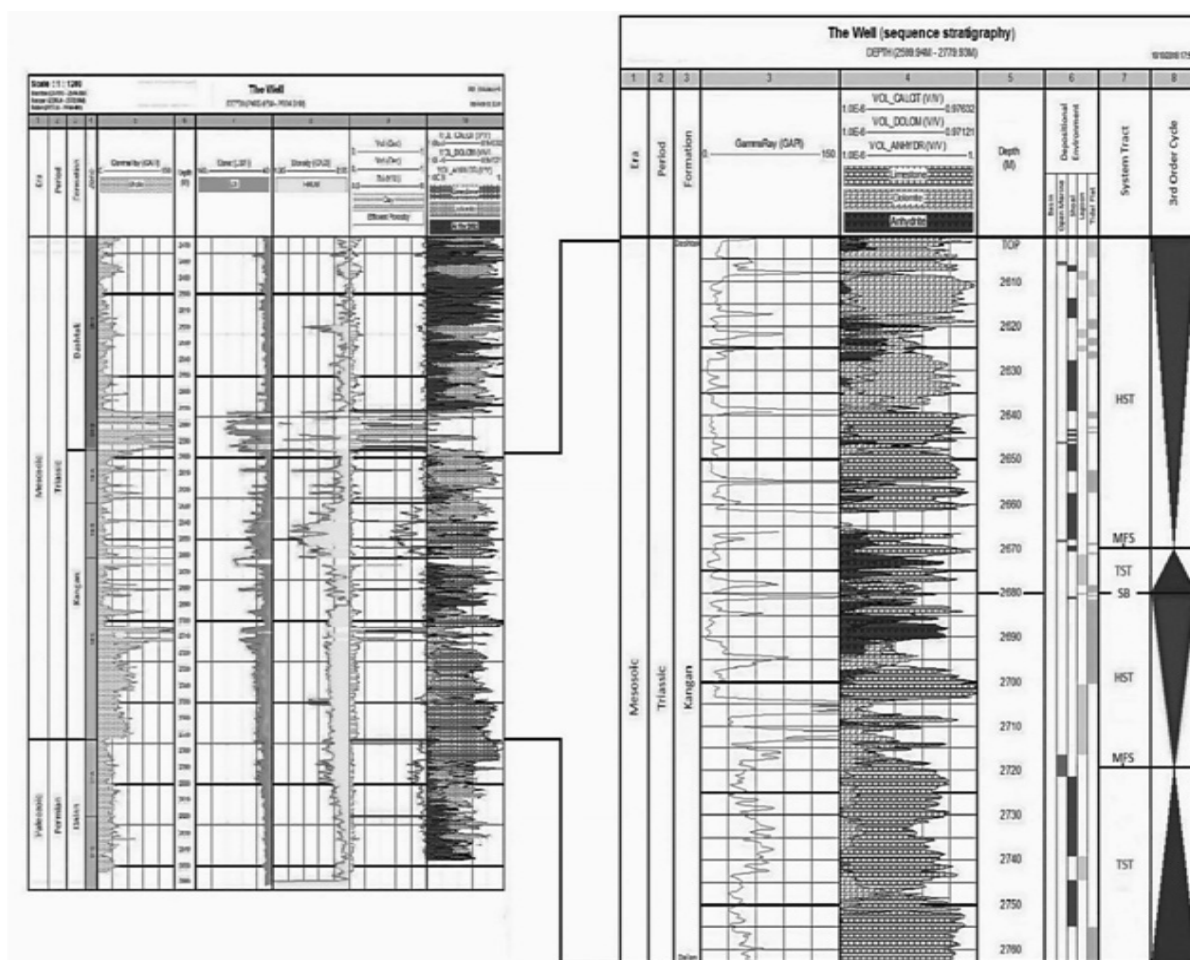
2. Sequence Boundary (SB)

3. Correlative Conformity

4. Transgressive System Tract (TST)

5. HighStand System Tract (HST)

6. Maximum Flooding Surface (MFS)



شکل ۸ محیط رسوب گذاری دسته رخساره‌ها و انطباق سکانس‌های رسوبی سازند کنگان با افق‌های مخزنی آن در میدان مورد مطالعه

چاه مورد مطالعه است که دارای ژرفای ۷۵ m است. دسته رخساره‌ای تراز پیشرونده، از رخساره‌های پهنه جزرومدی و عمدتاً لاگون تشکیل و دارای ضخامت حدود ۱۰ m و حداکثر سطح غرقابی در عمق ۲۶۷۰ m است. همچنین دسته رخساره‌ای تراز بالا، عمدتاً از رخساره‌های لاگون و عمدتاً پهنه جزرومدی و سد تشکیل که دارای ضخامتی ۶۵ m است که در بین دو مرز سکانش نوع دوم قرار گرفته است. این سکانس به لحاظ تقسیمات مخزنی متنوع و منطبق بر بخش فوقانی زون Ka-C و عمدتاً دو زون Ka-A و Ka-B است. دسته رخساره تراز پیشرونده این سکانس منطبق بر زون مخزنی C است و مهم‌ترین علت قرارگیری این دسته رخساره در این زون؛ گسترش سیمان‌های انیدریتی و در نتیجه پایین بودن کیفیت مخزنی است.

در بخش حداکثر سطح غرقابی این سکانس رخساره مادستونی دریای باز با میان لایه دولومیتی وجود دارد که با توجه به نمودار تخلخل موثر نسبت به واحدهای آهکی زیرین و بالایی خود دارای کیفیت مخزنی پایینی است. مرز زیرین این سکانس منطبق با مرز پرمین-تریاس است که مطالعات بسیاری درخصوص این مرز برای رسوبات کنگان-دالان انجام شده است [۴۹-۵۰]. همان‌طور که گفته شد حد چینه‌شناسی این دو سازند به‌صورت ناپیوستگی است و قاعدتاً مرز سکانش نوع اول است ولی به‌دلیل در دست نداشتن شواهد فیزیکی مناسب در این مطالعه نمی‌توان به‌طور دقیق SB (مرز زیرین) این سکانس را نوع اول در نظر گرفت.

• سکانس رسوبی Sq-II ژرفای این سکانس هم تقریباً مشابه سکانس اول در

در این مطالعه علاوه بر پتروگرافی سازند، با بررسی داده‌های چاه‌پیمایی و تلفیق نتایج به‌دست آمده با مطالعات سنگ‌شناسی و محیط رسوبی، زون‌بندی جدیدی بر مبنای سه زون کلی Ka-A، Ka-B، Ka-C، ارائه شد.

- سه زون تعیین شده در این مطالعه دارای ویژگی‌های مخزنی هستند اما در حالت کلی زون Ka-B نسبت به دو زون Ka-A و Ka-C از لحاظ مخزنی کیفیت بالاتری دارد و به‌طور نسبی بهترین زون به لحاظ مخزنی در کل چاه در نظر گرفته شده است. همچنین پارامترهای مخزنی دو زون A و C به لحاظ کمی مشابه هم هست و تنها وجه تمایز لیتولوژی غالب آن‌هاست.

- بررسی‌های انجام شده بر روی محیط رسوبی ریزرخساره‌ها و نوسانات لاگ پرتو گاما، دو سکانس رسوبی مرتبه سوم (Sq-I، Sq-II، Sq-III) به سن تریاس پیشین (اسکی تین) با مرزهای سکانسی از نوع دوم (SB-II) تشخیص داده شد که بیشترین بخش سکانس‌ها مربوط به دسته رخساره تراز بالا می‌شود.

- مقایسه افق‌های مخزنی و دسته رخساره‌های تعیین شده نشان می‌دهد که بهترین بخش از سکانس‌های رسوبی تعیین شده به لحاظ کیفیت مخزنی بخشی از دسته رخساره تراز بالا سکانس Sq-II و دسته رخساره پیشرونده سکانس Sq-I است:

- اطلاعات حاصل از پتروگرافی و محیط رسوبی، مکمل داده‌های پتروفیزیکی است، لذا برای یک زون‌بندی و چینه‌نگاری سکانسی دقیق بایستی تلفیق و تفسیری از مطالعات کیفی و کمی (نرم‌افزاری) داشت که تناسب و تطابق این دو نوع مطالعه حاکی از دقت و صحت پژوهش انجام شده است.

تشکر و قدردانی

این مطالعه در قالب طرح پژوهشی شماره ۳/۴۶۳۵۰ دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است. همچنین نگارندگان بر خود لازم می‌دانند که از مساعدت‌های

ژرفای ۲۶۷۰-۲۶۰۵ دسته رخساره تراز بالا این سکانس منطبق بر زون مخزنی A و B است. این دسته رخساره غالباً از نوع گرینستون‌های محیط سدی است که مرز فوقانی آن در ژرفای ۲۶۰۵ m و منطبق با قاعده واحد شیلی دشتک است. لیتولوژی در این بخش از سکانس؛ آهکی و دولومیتی با حداقل درصد شیلی است که از این رو سبب شده این بخش از دسته رخساره تراز بالا کیفیت مخزنی بهتری را داشته باشد. حداکثر سطح غرقابی در این سکانس منطبق بر رخساره وکستون-پکستونی با کیفیت بالاست. در این بخش از سکانس با وجود نوسان حجم شیلی، به دلیل گسترش سیمان دولومیتی کیفیت مخزنی کاهش پیدا کرده است. در پایان بایستی به این نکته توجه داشت که به‌طور کلی بررسی کیفیت و گسترش زون‌های مخزنی براساس تعیین سکانس‌های رسوبی روشی دقیق است ولی در این بخش از مطالعه سازند کنگان در میدان مورد نظر دارای روندی متغیر و پیچیده است. لذا برای یک زون‌بندی دقیق همان‌طور که قبلاً هم گفته شد بایستی تفسیری از مطالعات کیفی و کمی داشت از همین رو مشابه این پژوهش، لازم است کلیه داده‌های حاصل از پتروگرافی، چینه‌نگاری سکانسی و کیفیت مخزنی سازند مورد مطالعه با یکدیگر تلفیق و منطبق شوند.

نتیجه‌گیری

- با توجه به بررسی مقاطع نازک، سازند کنگان در میدان مورد مطالعه، در چهارچوب چهار کمربند رخساره‌ای شامل محیط پهنه جزرومدی، لاگون، سد و دریای باز، قرار می‌گیرد. با توجه به توالی رخساره‌های تشکیل دهنده، مدل رسوبی سازند مذکور مربوط به یک پلاتفرم بزرگ کریناته از نوع رمپ است.

- طبق مطالعات گذشته در حالت کلی برای سازند کنگان براساس اختصاصات سنگ‌شناسی و محیط رسوب‌گذاری، چهار زون اصلی تعیین شده بود لکن

فراوان معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و حمایت‌های ارزنده واحد زمین‌شناسی شرکت ملی نفت مناطق مرکزی ایران قدردانی نمایند.

مراجع

- [1]. Kashfi M.S., "Geology of the Permian Super-Giant Gas Reservoirs in the Greater Persian-Gulf Area," Journal of Petroleum Geology, Vol. 15(4), pp. 465- 480, 2008.
- [۲]. پیروی م.، کمالی م. و رحیم‌پور بناب ح.، "محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند کنگان در میدان کیش"، فصلنامه علمی - پژوهشی زمین‌شناسی محیط زیست، سال ۶، شماره ۲۰، صفحات ۷۳-۶۵، ۱۳۹۱.
- [۳]. جودی نعمتی م. و ثیاب قدسی ع. الف.، "محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند دالان و کنگان در چاه A میدان پارس جنوبی"، سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، ۹ صفحه، ۱۳۹۴.
- [۴]. درویش ز.، لاسم، ی.، جهان، د.، جمال، الف. م. و اصیلیان مهاباد، ح.، "رخساره‌ها و چینه‌نگاری سکانسی سازند کنگان در چاه‌های نار- ۱ و عسلویه- ۱، جنوب باختر ایران"، فصلنامه زمین، شماره ۴، صفحات ۲۵-۳۷، ۱۳۸۸.
- [۵]. نوبهار ف.، ثیاب قدسی ع. الف.، کدخدایی ایلخچی ع. و موحدنیا م.، "بازسازی محیط رسوبی سازند کنگان در میدان گازی تابناک، غرب استان هرمزگان، زیرپهنه زاگرس چین خورده"، همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، صفحات ۸- ۱، ۱۳۹۴.
- [۶]. نیک‌نژاد قمصری م.، کهنسال قدیم‌وند، ن.، لطف‌پور، م.، اسدی اسکندر الف. و مصطفوی الف.، "رخساره‌ها، فرآیندهای موثر بر کیفیت مخزنی و ارزیابی پتروفیزیکی سازند های کنگان و دالان در میدان گازی پارس جنوبی"، چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، صفحات ۷-۱، ۱۳۸۹.
- [7]. Insalaco E., Virgone A., Courme B., Gaillot J., Kamali M., Moallemi A., Lotfpour M., Monibi S., "Upper Dalan Member and Kangan Formation Between the Zagros Mountains and offshore Fars, Iran: Depositional System Biostratigraphy and Stratigraphic Architecture," Geo Arabia, Vol. 11, No. 2, 2006.
- [۸]. پورامینی بزنجانی س.، آدابی م. ح.، "تأثیر دیاژنز بر کیفیت مخزنی سازند کنگان در میدان لاوان، خلیج فارس"، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۰، صفحات ۴۷-۳۳، ۱۳۹۳.
- [۹]. جهانی د.، موحد ب. و محمدی اکبری ن.، "ارزیابی پتروفیزیکی سازندهای کنگان و دالان در میدان گازی پارس جنوبی"، فصلنامه زمین، سال چهارم، شماره ۱، صفحات ۷۹-۶۱، ۱۳۸۸.
- [۱۰]. کدخدایی ایلخچی ر.، رحیم‌پور بناب ح.، موسوی حرمی ر. و کدخدایی ایلخچی ع.، "فاکتورهای کنترل کننده گسترش بافت‌های مختلف سیمان انیدریت و ارتباط آن با کیفیت مخزنی در مخازن کربناته دالان بالایی و کنگان- میدان پارس جنوبی"، پژوهش های چینه نگاری و رسوب شناسی، سال ۲۷، شماره ۴۷، صفحات ۲۶-۱، ۱۳۹۰.
- [۱۱]. مسی بیگی م. و باصره م.، "ارزیابی پتروفیزیکی و زون‌بندی سازندهای کنگان و دالان در چاه اکتشافی بندوبست- ۱ با استفاده از نگاره‌های چاه پیمایی"، اکتشاف و تولید، شماره ۷۳، صفحات ۶۵- ۶۰، ۱۳۸۹.
- [۱۲]. وفایی، ح.، پیروی، م.، "ارزیابی کیفیت مخزنی سازند کنگان در یکی از چاه‌های میدان گازی کیش با استفاده از نرم‌افزار ژئولاگ"، فصلنامه علوم زمین، سال ۲۵، شماره ۹۶، صفحات ۳۶-۲۹، ۱۳۹۴.

- [13]. Enayati-Bidgoli A., Rahimpour-Bonab H., "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, Vol. 73, pp. 36-58, 2016.
- [14]. Esrafil-Dizaji B., Kiani-Harchegani F., Rahimpour-Bonab H., Kamali M.R., "Controls on Reservoir Quality in the Early Triassic Kangan Formation, Iran," In book: Permo-Triassic Sequence of the Arabian Plate, Chapter: 10, European Association of Geoscientists and Engineers, pp. 219-245, 2013.
- [15]. Karimi H., Kohansal-Ghadimvand N., Kangazian A.S., "Sedimentary Environment and Sequence Stratigraphy of the Kangan Formation in Kish Gas Field (Kish Well A1 Subsurface Section)," Indian Journal of Science and Technology, Vol. 8(7), pp. 655-663, 2015.
- [16]. Kiakojury M., Sheikhi-Zakariaei J., Riahi M.A., "Investigation of Petrophysical Parameters of Kangan Reservoir Formation in One of the Iran South Hydrocarbon Fields," Open Journal of Yangtze Gas and Oil, Vol. 3, pp. 36-56. 2018.
- [17]. Moradpour M., Zamani Z., Moallemi S.A., "Controls on reservoir quality in the lower Triassic Kangan Formation," Southern Persian Gulf, Journal of Petroleum Geology, Vol.31 (4), pp.367-386, 2008.
- [18]. Tavakkoli V., "Dual Impact of Sequence Stratigraphy on Reservoir Quality in Carbonate Reservoir: An Example from Kangan and Dalan Formations in South Pars Gas Field," Petroleum Research, Vol. 26, pp. 37-51, 2016.
- [19]. Alavi M., "Tectonics of Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretation," Tectonophysics, Vol. 229, Issues 3-4, pp.211-238, 1994.
- [۲۰]. مطیعی، ه.، "زمین‌شناسی ایران- چین‌شناسی زاگرس"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، صفحات ۴۹۹-۵۳۶، ۱۳۷۲.
- [۲۱]. مطیعی، ه.، "زمین‌شناسی ایران- زمین‌شناسی نفت زاگرس"، ۱- انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۸۹ صفحه، ۱۳۷۴.
- [۲۲]. کاووسی، م. ع.، "سنگ‌شناسی رسوبی و محیط‌های رسوبی سازند دالان و فراقون (پرمین زیرین- پرمین فوقانی) در ناحیه دنا"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ایران، ۱۱۰ صفحه، ۱۳۷۴.
- [۲۳]. شرکت نفت مناطق مرکزی ایران، "گزارش زمین‌شناسی میدان گازی تابناک"، شرکت مهندسی و خدمات پارس پتروزاگرس، ۱۳۶ صفحات ۱۳۶-۱۳، ۱۳۸۸.
- [24]. Dunham R., J., "Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture," In: Ham WE, (Eds.), Classification of Carbonate Rocks: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Memoir 1, pp. 108-121. Ham W.E., (Eds.), Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, pp.108-121, 1962.
- [25]. Wilson J. L., "Carbonate Facies in Geologic History," Springer, New York, p. 471, 1975.
- [26]. Flugel E., "Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application," second edition, Springer Verlag, Berlin, p. 984, 2010.
- [۲۷]. امینی ع.، "مبانی چین‌نگاری سکانسی"، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۳۲ صفحه، ۱۳۸۸.

[۲۸]. لاسمی ی.، "رخساره‌ها، محیط‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکانس نهشته سنگ‌های پرکامبرین بالایی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۷۸، ۱۸۰ صفحه، ۱۳۷۹.

- [29]. Emery D., Myers K.J., "Sequence Stratigraphy," Oxford (Blackwell), 297 p, 1996.
- [30]. Haq B. U., Hardenbol J., Vail, P. R., "Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Eustatic Cycles," Society for Sedimentary Geology, Vol. 42, pp. 71-108, 1988.
- [31]. Hunt D., Tucker, M., "Standard Parasequences and the Forced Regressive Wedge System: Deposition during Base Level Fall-Reply," Sedimentary Geology, Vol. 95, pp. 147-160, 1995.
- [32]. Lever H., "Cyclic Sedimentation in the Shallow Marine Upper Permian Kennedy Group, Carnarvon Basin, Western Australia," Sedimentary Geology, Vol.172, pp. 187-209, 2004.
- [33]. Miall A. D., "The Geology of Stratigraphic Sequence," Springer-Verlag, p. 433, 1997.
- [34]. Miall A. D., "Principals of Sedimentary Basin Analysis," Springer Verlag, Berlin, p. 616, 2000.
- [35]. Plint A. G., & Nummedal D., "The Falling Stage Systems Tract: Recognition and Importance in Sequence Stratigraphic Analysis," In: Hunt D., and Gawthrop R.L., (Eds.), Sedimentary Responses to Forced Regressions, Geological Society of London, Vol. 172, pp. 1-17, 2002.
- [36]. Sarg J. F., "Carbonate Sequence Stratigraphy," Society for Sedimentary Geology. Vol. 42, pp.155-181, 1988.
- [37]. Sarg J. F., "The Sequence Stratigraphy, Sedimentology and Economic Important of Evaporate Carbonate Transitions: a review," Sedimentary Geology, Vol.149, pp. 9-42, 2001.
- [38]. Tucker M.E., Wright V.P., "Carbonate Sedimentology," Oxford (Blackwell), p. 482, 1990.
- [39]. Tucker M.E., "Carbonate diagenesis and sequence stratigraphy," Sedimentary Review, pp. 51-72, 1992.
- [40]. Van Wagoner J. C., Posamentire H. W., Mitchim R. M., Vail P. R., Sarg J., "An Overview of the Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definitions," Society for Sedimentary Geology, Vol. 42, pp. 39-45, 1988.
- [41]. Catuneanu O., Abreu V., Bhattacharya J.P., Blum M.D., Dalrymple R.W., Eriksson P.G., Fielding C.R., Fisher W.L., Galloway W.E., Gibling M.R., Giles K.A., Holbrook J.M., Jordan R., Kendall C.G.St.C., Macurda B., Martinson O.J., Miall A.D., Neal J.E., Nummedal D., Pomar L., Posamentier H.W. Pratt B.R. Sarg J.F., Shanley K.W., Steel R.J., Strasser A., Tucker M.E., Winker C., "Towards the standardization of sequence stratigraphy," Earth-Science Reviews, Vol. 92, No. 1, pp. 1-33, 2009.
- [42]. Posamentier H. W., James D. P., "Sequence stratigraphy – uses and abuses," in: Posamentier H. W. Summerhayes C. P. Haq B. U. Allen G. P. (Eds.), Sequence Stratigraphy and Facies Associations. International Association of Sedimentologists Special Publication 18, pp. 3-18, 1993.
- [43]. Vail P. R., Todd R. G., Sangree J. B., "Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level: Part 5. Chronostratigraphic Significance of Seismic Reflections," Section 2. Application of Seismic Reflection Configuration to Stratigraphic Interpretation Memoir 26, pp. 99 -116, 1977.
- [44]. Tucker M. E., Hunt, D., "Sequence stratigraphy of carbonate shelves with an example from the mid-Cretaceous (Urgonian) of southeast France," In: H. W. Posamentier, C. P. Summerhayes, B. U. Haq G. P. Allen (Eds.), Sequence Stratigraphy and Facies Associations, Special Publications - International Association of Sedimentolo

gists, 18, pp.307-34, 1993.

[45]. Preto N., Breda, A., Dal Corso, J., Spotl, C., Zorzi, F., Frisia, S., "Primary Dolomite in the Late Triassic Travenezes Formation, Dolomites, Northern Italy: facies control and possible bacterial influence," *Sedimentology*, 62(3), pp.697-716, 2015.

[46]. Aamo A.O. Kaminski, M.A., Setoyama, E., "Diversity of Foraminifera in Shallow Restricted Lagoon in Bahrain," *Micropaleontology*, 62, pp. 197-211, 2016.

[47]. Read J. F., "Carbonate platform facies models," *AAPG Bull.*, 69, pp.1-21, 1985.

[۴۸]. رضایی م. و چهارازی ع., "اصول برداشت و تفسیر نگاره‌های چاه‌پیمایی," انتشارات دانشگاه تهران، ۶۹۹ صفحه، ۱۳۸۵.

[۴۹]. توکلی و., "نگاره انحراف معیار گاما: ابزاری جدید جهت جدایش واحدهای سکانسی در توالی‌های کربناته با مثالی از سازندهای کنگان و دالان در میدان گازی پارس جنوبی," پژوهش‌های چین‌نگاری و رسوب‌شناسی، دوره ۵۴، شماره ۱، صفحات ۹۷-۱۱۰، ۱۳۹۳.

[50]. Tavakoli V., "Uranium depletion across Permian-Triassic boundary in Persian Gulf and its implications for paleoceanic conditions," *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 351, pp. 101-113, 2012.



Depositional Environment, Sequence Stratigraphy, Quality and Deployment of Reservoir Zones in the Kangan Formation in the Tabnak Anticline (Southern Zagros)

Mohammad Nikbin¹, Mohammad Khanehbad*¹, Reza Mussavi-Harami¹, Asadollah Mahboubi¹,

Mahdi Khoddami² and Ehsan Ghofrani²

1. Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

2. Iranian Central Oil Fields Company, Tehran, Iran

mkhanehbad@ferdowsi.um.ac.ir

DOI: 10.22078/pr.2019.3667.2673

Received: March/13/2018

Accepted: April/20/2019

INTRODUCTION

The hydrocarbon reservoirs of the studied field include Dalan and Kangan formations with the age of Permo-Triassic and their equivalent, the Khuff Formation, on the Arabic plate, of the most important gas reservoirs in the Middle East as well as in the world [1]. Therefore, it is necessary to recognize the reservoir characteristics of these formations, especially Kangan Formation, and to provide a more complete view of the conditions of its depositional environment in this field, requires petrographic studies, sequence stratigraphy, and petrophysical studies. This study is very important for determining the quality and position of production zones in the reservoir sections

of the Kangan Formation.

RESULTS AND DISCUSSION DEPOSITIONAL ENVIRONMENT

Due to the importance of sedimentary facies in controlling reservoir properties, the thin sections obtained from the viewpoint of facies characteristics and depositional environment were investigated. According to this study, the major lithology of the Kangan Formation in this part of the well is mainly limestone and slightly dolomite. The limestones are mainly grainstone and dolomites in size of dolomicrosparite (medium crystalline). The result of this study led to the identification of seven microfacies belonging to four sections

of depositional environment of a homoclinal carbonate ramp including the tidal flat, Lagoon, shoal and open marine [Fig. 1].

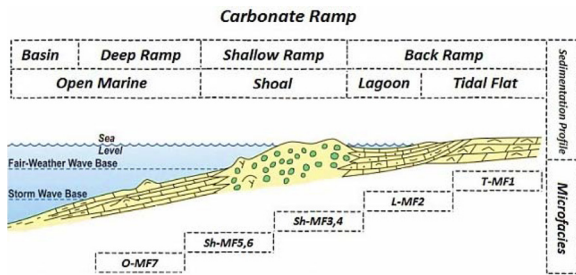


Figure 1: Depositional environments schematic profile of Kangan Formation with distribution and determination of microscopic facies position in its different sections in the study area.

RESERVOIR ZONATION

One of the main objectives of this research is to provide zonation based on reservoir properties for this formation in the studied area. Therefore, based on the combination of petrographic studies and well logging data in this study, the Kangan formation in this field is classified into three general zones, and the proposed zoning of this study is completely independent of other zonations that so far done. In this study, after illustrating and interpreting each of the logs (SGR, DT, RHOB and PHIE) according to the petrophysical properties and its adaptation to the total lithology of the well, reservoir zonation was performed and for the Kangan Formation, three zones Ka-A, Ka-B and Ka-C were defined. The B zone is the best reservoir horizon with the most hydrocarbon accumulation and zone A and C is the lowest horizon in terms of reservoir quality [Fig. 2]. It should be noted that the general purpose of presenting the zonation in this study was to have a closer look at the reservoir horizons of the Kangan Formation, especially in the field studied, and based on available data. Because the basis of zonation in past studies was

based on lithological changes and depositional environments of Kangan Formation and is steadily extended for the whole of the formation. Therefore, in this study, by studying well data and integrating these data with petrography studies, we tried to provide zonation but with the difference that Kangan Formation zones may be different in terms of reservoirs in wells of a field due to facies changes. Therefore, according to this study, it is suggested that the wells should be studied and investigated in order to identify reservoir horizons.

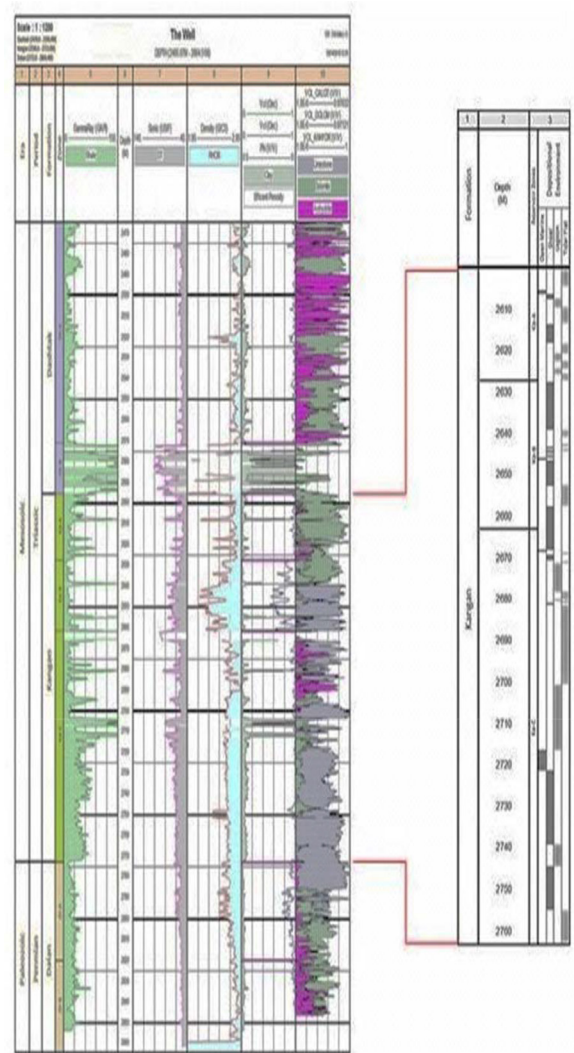


Figure 2: The lithological column, petrophysical logs, specified reservoir zones and their depositional environments based on available numerical data from the well.

SEQUENCE STRATIGRAPHY

In general, one of the most important applications of sequence stratigraphy is the separation of the reservoir and non-reservoir units and their adaptation to hydrocarbon formation sequence units. Considering that the selection of the model has a great influence on the result obtained, the best model for conducting this type of study is necessary [2]. In sequence stratigraphy, when well log data is available, it can be determined by using the gamma-ray log process with highstand system tract [3]. One of the objectives of this study is to establish a link between the sequences and the reservoir horizons studied. In this study, according to the microfacies studies and the reconstruction of its depositional environments, and the analysis of the gamma-ray log, two third-order sediment sequences (in the third-generation cycles, the sea level changes are global and dependent on local variation not detected) in the sedimentary system, all of which have been sedimentation in a carbonate ramp. The system tracts in the gamma log are characterized by decreasing and incremental patterns. As the process of decreasing the gamma log, representing the transgressive system tract and increasing the trend of the gamma log, regressive system tract [4-5]. Also, according to microscopic samples and stratigraphic column of Kangan Formation in the study area, the generally recognized sequences from the lower formation (the boundary with the Dalan Formation), up (boundary with the Aghar shale member of Dashtak Formation), respectively, Sq-I, Sq-II and Sq-III [Fig. 3], the depth of each sequence is related to the same well depth.

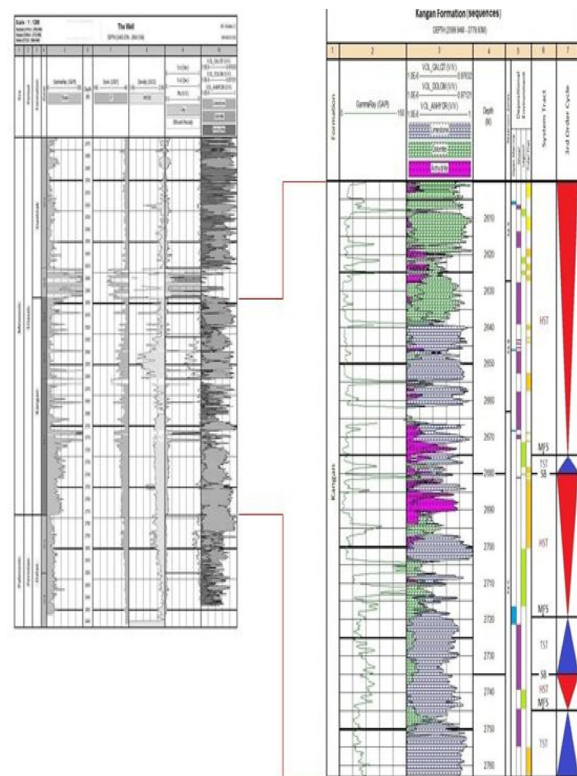


Figure 3: Depositional environment of system tracts and correlation of sedimentary sequences of Kangan Formation with its reservoir horizons in studied field.

CONCLUSIONS

Considering the study of thin sections of Kangan Formation in the study area, in the framework of four facies belt recognized including tidal flat, lagoon, shoal and open marine. According to the succession of facies, the sedimentary model of this formation is related to a large carbonate platform of the homoclinal ramp type.

According to previous studies, in general, for the Kangan Formation, four main zones were determined based on lithological and depositional environments, but in addition to the petrography of the formation, in this study, by studying the well data and combining the results with lithological studies and the depositional environment, a new zonation based on three general zones Ka-A, Ka-B, Ka-C was presented.

The three zones identified in this study have reservoir properties, but in general, the Ka-B

zone has a higher quality than the Ka-A and Ka-C zones in terms of reservoir, and in relative terms consider the best reservoir zone in the entire well, also, the reservoir parameters of the two zones A and C are slightly similar, and the only difference is the lithology of the dominant ones. Investigations on the depositional environment of the microfacies and the fluctuations of gamma rays, two third order sediment sequences (Sq-I, Sq-II and Sq-III) to the Early Triassic with second-order boundary (SB -II). It is recognized that most of the sequences belong to the highstand system tract.

Comparison of reservoir horizons and the system tracts identified indicate that the transgressive system tract, except in the Sq-III sequence, has good reservoir quality, but its extension is low in this part of the Kangan Formation in comparison with the highstand system tract. The best part of the sediment sequences determined in terms of reservoir quality is part of the highstand system tract of the Sq-III sequence, which has the best horizons in terms of the reservoir.

The data obtained from petrography and depositional environment are complementary to petrophysical data, therefore, for a precise sequence stratigraphy and zonation, there should be a combination and interpretation of qualitative and quantitative studies that the appropriateness of these two types of studies suggests the accuracy and the correctness of the research is done.

REFERENCES

- [1]. Kashfi M.S., "Geology of the Permian Super-Giant Gas Reservoirs in the Greater Persian-Gulf Area," Journal of Petroleum Geology, Vol. 15(4), pp. 465- 480, 2008.
- [2].Tavakkoli V., "Dual Impact of Sequence Stratigraphy on Reservoir Quality in Carbonate Reservoir: An Example from Kangan and Dalan Formations in South Pars Gas Field," Petroleum Research, Vol. 26, pp. 37-51, 2016.
- [3]. Emery D., Myers K.J., "Sequence Stratigraphy," Oxford (Blackwell), 297 p, 1996.
- [4]. Sarg J. F., "The Sequence Stratigraphy, Sedimentology and Economic Important of Evaporate Carbonate Transitions: a review," Sedimentary Geology, Vol.149, pp. 9-42, 2001.