

چینه‌شناسی و رخساره‌های سنگی سازنده‌های فهلیان / گرو در خلیج فارس با هدف کاربرد در مدل‌سازی سیستم‌های هیدروکربنی

محمدعلی صالحی، استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ایران*

بیژن بیرانوند، استادیار، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

علی ایمن دوست، کارشناس ارشد پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

چکیده

سازند فهلیان به سن کرتاسه پیشین یکی از مخازن با اهمیت هیدروکربنی در خلیج فارس و کشورهای عربی هم‌جوار به شمار می‌رود. از لحاظ چینه‌شناسی این سازند عمدتاً از توالی سنگ آهک، سنگ آهک آرزلیتی و دولومیت تشکیل شده است. سازند فهلیان قابل تفکیک به سه بخش پایینی، میانی و بالایی است و معادل با سازندهای سولای، یاماما و رتاوی در کشورهای عربی حاشیه جنوبی خلیج فارس است. سازند فهلیان در بخش شمال غربی خلیج فارس با سازند گرو به صورت بین‌انگشتی قرار می‌گیرد. به طوری که بخشی از سازند گرو به عنوان معادل زمانی سازند فهلیان به حساب می‌آید و به عنوان یک سنگ منشأ در شمال غرب خلیج فارس شناخته شده است. بررسی داده‌های مختلف زمین‌شناسی و پتروفیزیکی در چاه‌های مورد مطالعه از سازند فهلیان و معادل آن سازند گرو به شناخت ۲۱ رخساره منجر گردیده است که در سه زیر محیط داخلی، میانی و خارجی یک پلتفرم کربناته و همچنین حوضه‌های عمیق بین پلتفرمی نهشته شده‌اند. با توجه به الگوی توزیع رخساره‌ها، محیط رسوب‌گذاری سازند فهلیان در ناحیه مورد مطالعه به صورت یک سکوی کربناته از نوع رمپ با شیب ملایم در نظر گرفته شده است. با توجه به رخساره‌های سنگی شناسایی شده در هر کدام از واحدهای چینه‌شناسی، توزیع مکانی سنگ منشأ، مخزن و یا پوش سنگ مشخص گردیده است تا نقشه‌های رخساره‌ای با دقت بیشتری در مدل‌سازی سیستم‌های نفتی مورد استفاده قرار گیرد. کلیدواژه‌ها: رخساره‌های سنگی، نقشه رخساره‌ای، عناصر سازنده سیستم هیدروکربنی، سازند فهلیان/گرو، خلیج فارس

مقدمه

حوضه رسوبی را فراهم می‌کند. در ادامه نقشه‌های رخساره‌ای به منظور بررسی گسترش جانبی رخساره‌های سنگی تهیه و توصیف گردیده‌اند. با تعیین رخساره‌های سنگی نقش هر واحد چینه‌شناسی از لحاظ نوع عملکرد آن به عنوان سنگ منشأ، مخزن و پوشش و توزیع مکانی آن‌ها بررسی شده است تا بتوان با دقت بیشتری نقشه‌های رخساره‌ای را در مدل‌سازی سیستم‌های نفتی استفاده کرد.

موقعیت زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل تمامی بخش قرار گرفته از ساحل تا محدوده مرز آبی ایران در خلیج فارس است که از لحاظ تفاوت در خصوصیات چینه‌شناسی، ساختاری و سیستم هیدروکربوری به بلوک A تا E تقسیم گردیده است (برای مثال طاعتی کواریم ۱۳۷۵؛ یوسف‌پور و همکاران ۱۳۹۰) (شکل ۱). یکی از افق‌های تولیدی این محدوده سازند فهلیان به سن کرتاسه پیشین است که در سایر بخش‌های خلیج فارس نیز دارای ذخیره نفت قابل توجهی است (Shebl and Alsharhan 1994). به طور کلی کرتاسه پیشین یکی از با اهمیت‌ترین چرخه‌های رسوبی در خاورمیانه از لحاظ حجم ذخیره هیدروکربن است (Alsharhan 2014).

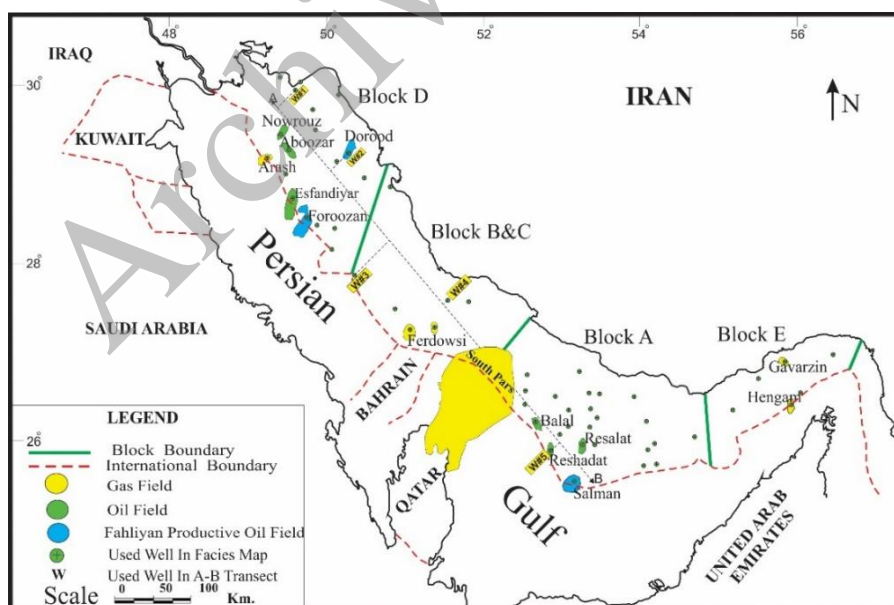
سازند فهلیان حاصل ته‌نشست رسوبات کربناته کم عمق بر روی حاشیه غیر فعال قاره‌ای صفحه عربستان است که در حوضه زاگرس و خلیج فارس گسترش دارد (Murriss 1980). برش نمونه این سازند در جنوب شرق زون ایذه در یال جنوبی تاق‌دیس فهلیان معرفی شده و در مطالعات اخیر مورد بازنگری قرار گرفته است (James and Wynd 1965; Hosseini et al. 2016). سازند فهلیان در منطقه مورد مطالعه به صورت همساز اما ناپیوسته بر روی سازند هیث و زیر سازند گدوان قرار دارد (مطیعی ۱۳۸۲) (شکل ۲). در بخش جنوبی خلیج فارس در محدوده کشورهای عربستان، بحرین، قطر و عراق این سازند به ترتیب معادل سازندهای سولای و یاماما است در حالی که در کشور کویت معادل با سازند میناگیش است

سیستم هیدروکربنی در برگیرنده سنگ‌های منشأ و تمامی هیدروکربنی که از آن‌ها تولید گردیده است و همچنین به تمامی ساختارهای زمین‌شناسی و فرایندهایی که در تجمع هیدروکربن نقش اساسی دارند اطلاق می‌گردد (Magoon and Dow 1994). مدل‌سازی سیستم نفتی یک مدل عددی از یک حوضه رسوبی است که قابل شبیه‌سازی به منظور درک و پیش‌بینی فرایندهای زایش، مهاجرت و تجمع هیدروکربن در حوضه است (Hantschel and Kauerauf 2009). مدل‌سازی حوضه‌های رسوبی یک فرایند عمدتاً پیچیده و به صورت ترکیبی از اطلاعات زمین‌شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک است که امروزه با پیشرفته‌ترین روش‌ها و به روزترین نرم‌افزارهای تخصصی انجام می‌شود. تطابق واحدهای چینه‌شناسی، تعیین رخساره‌های سنگی و تعریف نقش واحد چینه‌شناسی در سیستم هیدروکربنی یکی از اولین مراحل در مدل‌سازی سه بعدی سیستم‌های هیدروکربنی است (Hantschel and Kauerauf 2009). در صورتی که رخساره‌های سنگی به درستی تفکیک شوند ویژگی‌های واقعی حوضه رسوبی نیز با دقت بالاتری در گام‌های بعدی توسط متخصصان اکتشاف قابل مدل‌سازی خواهد بود.

سازند کربناته فهلیان از سازندهای گروه خامی و از مخازن مهم هیدروکربنی در حوضه رسوبی زاگرس و خلیج فارس به شمار می‌رود (مطیعی ۱۳۸۲؛ Bordenave and Hegre 2010). سازند گرو که معادل با سازند فهلیان در شمال غرب خلیج فارس است در بخش‌هایی از این حوضه دارای نقش منشأ نیز است (مطیعی ۱۳۸۲؛ Bordenave and Hegre 2010). این مطالعه به منظور تفکیک واحدهای چینه‌شناسی، تطابق آن‌ها و تعیین رخساره‌های سنگی سازندهای فهلیان و گرو در خلیج فارس انجام شده است. در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از داده‌های مختلف رخساره‌های سنگی تفکیک و توصیف شوند. شناسایی رخساره‌های سنگی علاوه بر بازسازی جغرافیای دیرینه، داده‌های مورد نیاز برای مدل‌سازی

ته‌نشست رسوبات بر روی یک پلتفرم کربناته کم شیب از نوع رمپ است (Davis et al. 1997; Sadooni 1997). سازند فهلیان در منطقه مورد مطالعه متعلق به بایوزون شماره ۱۴ به سن نئوکومین با مجموعه زون زیستی سدوسیکلامینا لیتوس-تروکولینا (Pseudocyclammina litus - Trocholina - assemblage zone) و همچنین در برخی مناطق شامل بایوزون شماره ۱۵ به سن بارمین-آپتین با مجموعه زون زیستی شوفاتلا-سیکلامینا (Choffattella - Cyclammina - assemblage zone) است (Wynd 1965). این سازند در منطقه شمال غرب خلیج فارس (در محدوده تغییرات از سازند فهلیان به سازند گرو) نیز گاهی به صورت رخساره شماره ۱۱ با مجموعه زیستی کالپیونلا (Calpionella) و رخساره شماره ۱۲ با مجموعه زیستی رادیولر (Radiolarian) حضور دارد (Wynd 1965). این سازند در خلیج فارس از سنگ آهک آرزلیتی، سنگ آهک و به مقدار کمتر شیل و دولومیت تشکیل شده است.

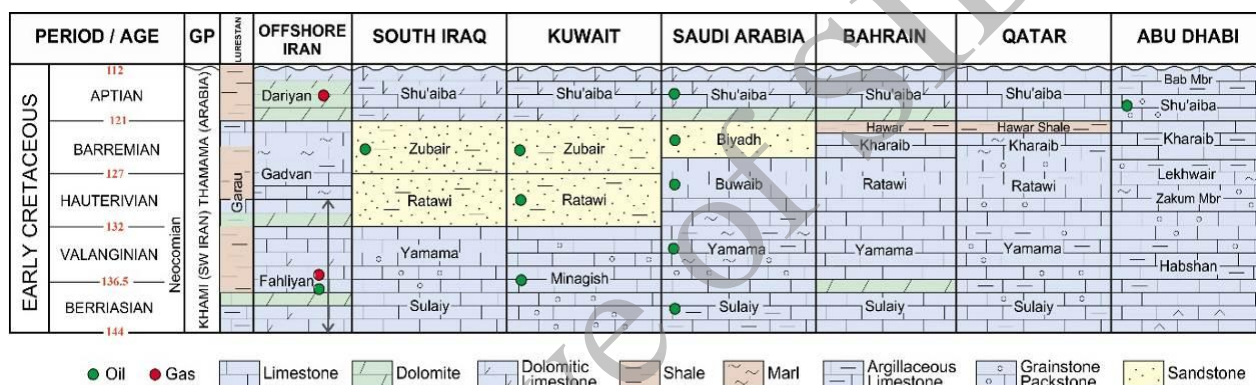
(شکل ۲). علاوه بر این بخش بالایی سازند فهلیان در کشور کویت و عراق معادل با بخش پایینی سازند رتاوی است (Shebl and Alsharhan 1994; Christian 1997) (شکل ۲). در جنوب شرق خلیج فارس در بخش دور از ساحل کشور امارات سازند فهلیان معادل سازند حبشان و بخش بالایی این سازند معادل با عضو زکوم است (Aziz and El-Sattar 1997). واحدهای دولومیتی و آهکی سازند فهلیان متخلخل بوده و افق‌های تولیدی نفت و گاز در میدان‌های گورزین، (بلوک E)، سلمان (بلوک A)، درود و فروزان (بلوک D) به وجود آورده‌اند. سازندهای سولای و یاماما (معادل سازند فهلیان) نیز در محدوده آب‌های کشور عربستان در خلیج فارس دارای ذخیره هیدروکربن هستند که می‌توان به میدان‌های مرجان، زولفا و منیفا اشاره کرد (Shebl and Alsharhan 1994; Alsharhan 2014). معادل‌های این سازند همچنین مخازن مهمی را در کشورهای عراق و کویت نیز به وجود آورده‌اند (Alsharhan 2014). بررسی رخساره‌های اکثر سازندهای معادل با سازند فهلیان در کشورهای عربی همجوار حاکی از



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی چاه‌ها و تعدادی از میداین مورد مطالعه در خلیج فارس (اقتباس با تغییراتی از نقشه میداین نفت و گاز، شرکت ملی نفت ایران ۱۳۸۴). مسیر ترانسکت چینه‌شناسی A-B مربوط به شکل ۴ نشان داده شده است.

اشکان (۱۳۸۳)؛ علا و همکاران و بوردانف و باروود ارزیابی شده است (Ala et al. 1980; Bordenave and Burwood 1990). رسوب‌گذاری نهشته‌های سازند گرو در حوضه گرو و در زمان حداکثر پیشروی سطح آب دریا در طی نئوکومین صورت گرفته است (James and Wynd 1965) (شکل ۳A). در رابطه با سن پایانی سازند گرو نیز تفاسیر مختلفی از آپتین پسین تا تورونین پسین وجود دارد (Ghazban 2007; Navidtalab et al. 2014; Sarfi et al. 2015).

سازند گرو در تاق‌دیس کبیرکوه لرستان و در تنگ گرو معرفی شده است (James and Wynd 1965). این سازند در برش نمونه با ضخامت بیشتر از ۸۰۰ متر عمدتاً از سنگ‌های آهک آرژیلیتی رادیولردار و شیل سیاه رنگ بیتومن‌دار تشکیل یافته است (جمالیان و همکاران ۱۳۹۰) (شکل ۲). سازند گرو بر روی سازند گوتیا قرار گرفته است و مرز بالایی آن بسیار متغیر است. این سازند معادل زمانی با سازندهای فهلیان، گدون، داریان، کزدمی، سروک و ایلام است (مطیعی ۱۳۸۲). پتانسیل هیدروکربن زایی این سازند توسط محققانی نظیر



شکل ۲- تطابق چینه‌شناسی کرتاسه پیشین در خلیج فارس و کشورهای عربی همجوار (اقتباس با تغییراتی از Christian 1997).

(Log) و لاگ‌های چاه پیمایی پتروفیزیکی بررسی گردیده‌اند و برای هر واحد چینه‌شناسی تفکیک شده در هر چاه درصد لیتولوژی‌های سازنده تخمین زده شده است. در این مطالعه رخساره در مقیاس بزرگ و با هدف آنالیز سیستم‌های هیدروکربنی در مطالعات اکتشافی صورت گرفته است. از این‌رو با توجه به هدف و مقیاس مطالعه در تعیین رخساره از آنالیز اطلاعات سنگ‌شناسی و پتروفیزیکی چاه‌های مورد مطالعه استفاده شده است. در این مطالعه به منظور تعیین بافت رخساره‌های سنگی و نوع آلوکم‌های آن‌ها (اسکلتی و غیر اسکلتی) از پالئولاگ‌های چاه‌های مورد مطالعه کمک گرفته شده است. با توجه به تعدد و تنوع سنگ‌شناسی سازندهای فهلیان و گرو در چاه‌های مورد مطالعه، بر اساس میزان درصد

داده‌ها و روش مطالعه

این پژوهش در یک منطقه گسترده از خلیج فارس و در راستای مدل‌سازی سه بعدی سیستم‌های هیدروکربنی انجام گردیده است. از این‌رو داده‌های زمین‌شناسی ۶۰ میدان اکتشافی و توسعه‌ای در سرتاسر محدوده مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱). در این تحقیق سعی شده است تا از هر میدان حداقل یک چاه به عنوان نماینده که دارای کامل‌ترین داده‌های زمین‌شناسی و پتروفیزیکی در سازندهای فهلیان و گرو بوده است، مورد استفاده قرار گیرد. در مجموع در این مطالعه ۷۵ چاه بررسی شده است. به منظور تعیین رخساره سنگی داده‌های نظیر لاگ گرافیکی چاه (Graphic Well Log)، پالئولاگ (Paleo Well

بررسی نحوه گسترش و پراکندگی رخساره‌ها و زیر محیط‌های رسوبی کدهای تعیین شده در نرم‌افزار پترل و با استفاده از الگوریتم اختصاص کد رخساره برای نزدیک‌ترین نقطه (assign to the closest point)، نقشه‌های رخساره‌ای برای هر سه بخش چینه‌شناسی این سازند تهیه گردیده است.

فراوانی لیتولوژی‌های مختلف رخساره‌های سنگی دسته‌بندی و تفکیک گردیده‌اند. برای نام‌گذاری رخساره‌ها از علامت اختصاری سنگ‌شناسی به همراه درصد‌های سازنده آن‌ها استفاده شده است (جدول ۱). در نهایت برای هر رخساره شناسایی شده یک کد عددی اختصاص یافته است. به منظور

جدول ۱- بخشی از داده‌های رخساره سنگی در بخش بالایی سازند فهلیان در بلوک B & C و D

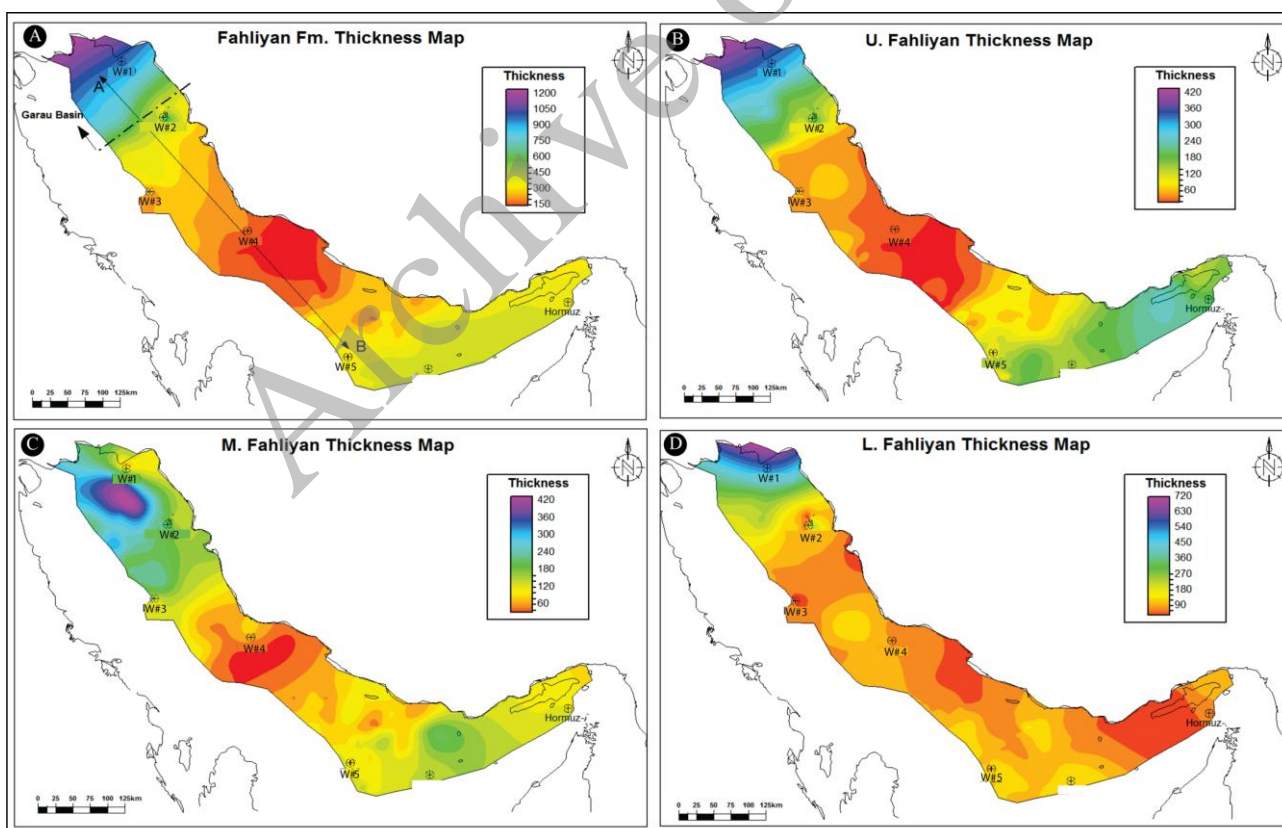
Block	Well	Zone	Thickness	Lithology	Facies code	Facies
D	MR-X	Fahliyan (Upper)	379.2	argiLst, Lst, Ml, Sand (55, 30, 10, 5)	6	argiLst, Lst, Sh (50, 30, 20)
D	BS-XX	Fahliyan (Upper)	326.4	argiLst, Sh, Lst, SandargiLst (40, 30, 10, 10)	2	argiLst, Sh (70, 30)
D	HD-XX	Fahliyan (Upper)	343.7	argiLst, Lst, Ml (50, 30, 20)	6	argiLst, Lst, Sh (50, 30, 20)
D	TBN-X	Fahliyan (Upper)	218.0	Sh, argiLst (70, 30)	1	Sh, argiLst (70, 30)
D	NR-XX	Fahliyan (Upper)	270.4	argiLst, Sh, Ml (60, 20, 20)	2	argiLst, Sh (70, 30)
D	ARX	Fahliyan (Upper)	223.2	argiLst, Sh (80, 20)	2	argiLst, Sh (70, 30)
D	A-XX	Fahliyan (Upper)	258.2	argiLst, Sh, Sand (65, 30, 5)	2	argiLst, Sh (70, 30)
D	H-X	Fahliyan (Upper)	203.1	argiLst, Sh, Lst (60, 30, 10)	2	argiLst, Sh (70, 30)
D	SR-XX	Fahliyan (Upper)	187.0	argiLst, Sh (60, 40)	2	argiLst, Sh (70, 30)
D	E-X	Fahliyan (Upper)	157.5	argiLst, Sh (70, 30)	2	argiLst, Sh (70, 30)
D	L-X	Fahliyan (Upper)	79.4	argiLst, Sh (60, 40)	2	argiLst, Sh (70, 30)
D	F-XX	Fahliyan (Upper)	63.5	argiLst, Sh (70, 30)	2	argiLst, Sh (70, 30)
D	BB-X	Fahliyan (Upper)	50.9	argiLst	4	argiLst
D	FA-X	Fahliyan (Upper)	53.2	argiLst, Lst (60, 40)	10	Lst, argiLst (50, 50)
D	J-X	Fahliyan (Upper)	132.0	argiLst, Ml (70, 30)	3	argiLst, Ml (60, 40)
D	D-XXX-WI	Fahliyan (Upper)	186.9	argiLst	4	argiLst
D	B-X	Fahliyan (Upper)	60.7	argiLst	4	argiLst
B	BR-X	Fahliyan (Upper)	48.8	argiLst	4	argiLst
B	FC-X	Fahliyan (Upper)	72.2	argiLst	4	argiLst
B	FB-X	Fahliyan (Upper)	51.6	argiLst, DolLst (70, 30)	8	argiLst, DolLst (60, 40)
B	FB-X	Fahliyan (Upper)	51.3	argiLst	4	argiLst

بحث

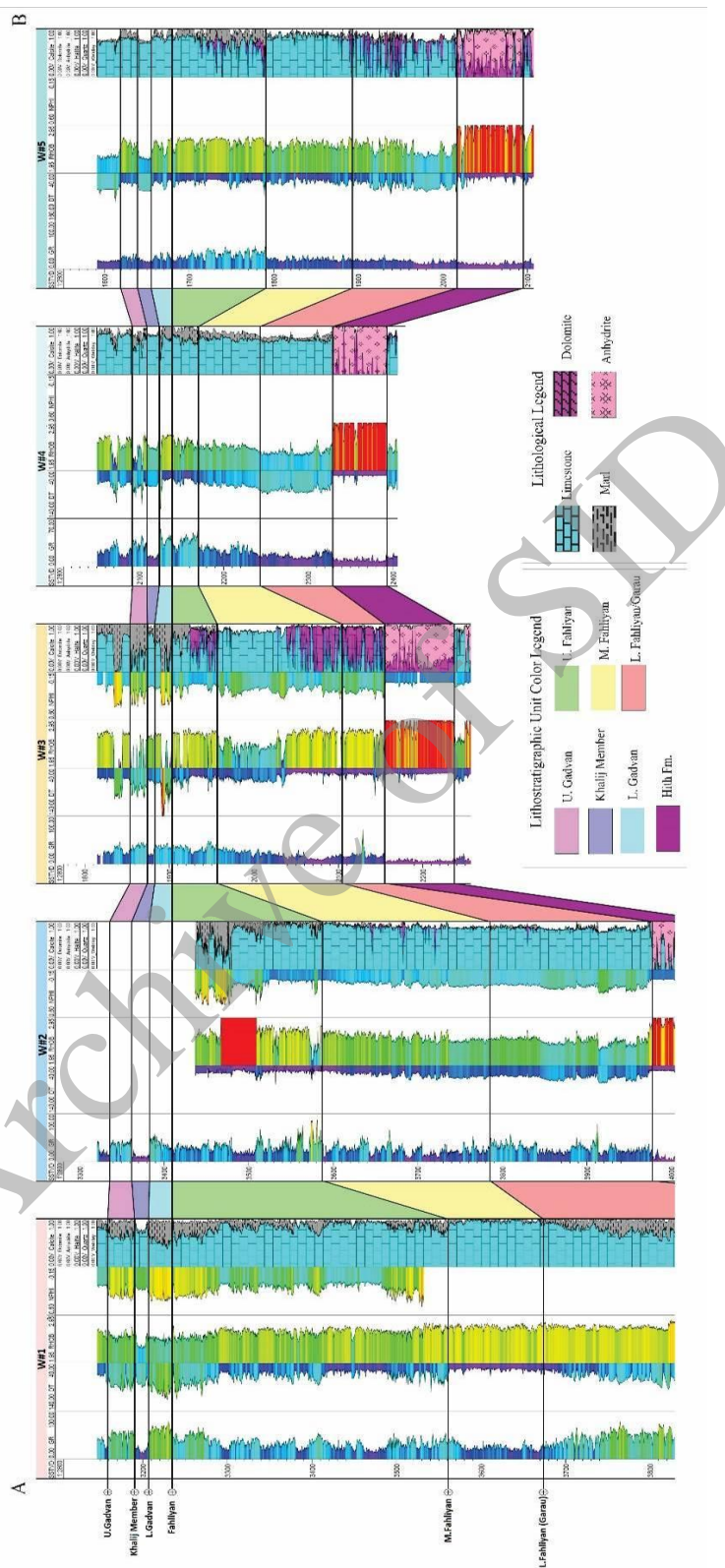
چینه‌شناسی

سازند فهلیان در کل گستره خلیج فارس نهشته شده است و ضخامت آن به سمت شمال غرب (بلوک D) افزایش می‌یابد (شکل ۳A). میانگین ضخامت این سازند در چاه‌های مورد مطالعه در خلیج فارس ۳۵۰ متر است. بیشترین مقدار ضخامت در بلوک D در میدان بهرگانسر (۹۸۵ متر) و کمترین میزان در بلوک B & C در میدان ایوان (۱۴۱ متر) مشاهده می‌شود. این سازند در بخش شمال غربی بلوک D تغییر ضخامت قابل ملاحظه‌ای دارد و در برخی مناطق با شیل‌های سازند گرو به صورت بین‌انگشتی قرار می‌گیرد (Ghazban 2007) (شکل ۳A). تغییرات رخساره و ضخامت در یک فاصله کوتاه در توالی‌های کرتاسه پیشین در بخش‌های مختلف حوضه زاگرس نیز گزارش شده است (Sepehr and

Cosgrove 2004). بررسی‌های چینه‌شناسی و الگوی تغییرات لاگ‌های چاه‌پیمایی نشان می‌دهد که سازند فهلیان قابل تفکیک به سه بخش پایینی، میانی و بالایی است و معادل با سه سازند سولای، یاماما و رتاوی در کشورهای عربی حاشیه جنوبی و غربی خلیج فارس است (Alsharhan and Nairn 1997; Christian 1997; Ghazban 2007) (شکل‌های B-D و ۴). بخش پایینی سازند فهلیان عمدتاً مقادیر لاگ گاما (GR) پایین و لاگ صوتی (DT) بالا نشان می‌دهد (شکل ۴). در مناطقی از شمال غرب منطقه مورد مطالعه در بلوک D با ظهور سازند گرو این بخش واجد مقادیر لاگ گاما بسیار بالا است. بخش میانی سازند فهلیان دارای مقادیر لاگ گاما (GR) و صوتی (DT) پایین تا متوسط است. بخش بالایی این سازند با ویژگی مقادیر لاگ گاما (GR) بالا و لاگ صوتی (DT) نسبتاً پایین تفکیک می‌گردد.



شکل ۳- نقشه هم‌ضخامت سازند فهلیان/گرو (A) و سه بخش بالایی، میانی و پایینی (B-D) در منطقه مورد مطالعه. مسیر ترانسکت چینه‌شناسی A-B مربوط به شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- تطابق سه بخش پایینی، میانی و بالایی سازند فهلیان در چاه‌های ۱ تا ۵. خط مبنا در تطابق، رأس سازند فهلیان / قاعده سازند گدوان است. برای مشاهده مسیر ترانسکت به شکل ۱ و ۳ مراجعه نمایید.

رخساره‌های سنگی

تعریف جامعی که برای رخساره وجود دارد عبارت است از توده‌ای از سنگ‌های رسوبی که توسط مشخصاتی مانند ویژگی‌های سنگ‌شناسی، ساختمان‌های رسوبی، خصوصیات فسیل‌شناسی، جهت جریان دیرینه و شکل هندسی از سایر توده‌های سنگ جدا می‌شوند (Walker and James 1992; Selley 1996). در مطالعات تحت‌الارضی برای شناسایی و تفکیک رخساره، از منابع مختلفی از داده‌ها شامل لاگ‌های چاه پیمایی، مغزه‌ها، خرده‌های حفاری برای تعیین رخساره‌ها استفاده می‌شود (Selley 1996). از طرفی مفهوم رخساره در مدل‌سازی سیستم‌های هیدروکربنی با توجه به ماهیت اکتشافی آن بسیار ساده در نظر گرفته شده است و رخساره به توده‌ای از سنگ یا رسوب اطلاق می‌شود که دارای ویژگی‌های یک‌دست نظیر لیتولوژی است (Hantschel and Kauer auf 2009). بررسی لاگ‌های مختلف چاه پیمایی چاه‌های مورد مطالعه به شناخت ۲۱ رخساره سنگی در سازندهای فلهیان و گرو منجر گردیده است که در ارتباط با سه زیر محیط داخلی، میانی و خارجی پلتفرم کربناته و نیز حوضه‌های عمیق بین پلتفرمی (Intrashelf basin) نهشته شده‌اند که در زیر به شرح آن‌ها پرداخته خواهد شد (جدول ۲).

رخساره‌های سنگی پلتفرم داخلی

این زیر محیط رسوبی شامل رخساره‌های سنگی با لیتولوژی دولومیت، سنگ آهک دولومیتی و سنگ آهک (رخساره‌های شماره ۱۲ تا ۲۱) است (جدول ۲). بر اساس پالئولاگ‌های بررسی شده مربوط به چاه‌های مختلف، در سه بخش چینه‌شناسی سازند فلهیان بافت دولومیتی، مادستون فاقد فسیل، وکستون تا پکستون با محتوای فسیلی نظیر جلبک سبز (داسی کلاداسه *dasycladacea*)، سالیپینگوپورلا (*Salpingoporella* sp.) فرامینفرهای بتتیک (نظیر سدوسی‌کلامینا *Pseudocyclammina*)، تروکولینا (*Trocholina* sp.)، میلیولید (*Miliolid*)، تکستولاریا (*Textularia*)، لتیکولینا

(*Lenticulina* sp.) و رخساره پکستون تا گرینستون پلتی تا آلیتی مشاهده شده است (برای مثال بخش پایینی سازند فلهیان در میدان بلال، رشادت، پارس جنوبی و ساختمان *Structure*) جاودان در بلوک A و در بخش پایینی این سازند در میدان درود در بلوک D (شکل‌های ۵ و ۶). وجود رخساره‌های مادستونی فاقد آلوکم و یا آلوکم‌های بسیار پراکنده نظیر فرامینفرهای بتتیک و پلوئید و همراهی آن‌ها با رخساره‌های کم عمق بیانگر تشکیل در پهنه‌های جزر و مدی تا فوق جزر و مدی هستند (Flügel 2010; Mansouri-). مجموعه فسیلی فرامینفرهای بتتیک و جلبک سبز نیز در رخساره‌های وکستونی نشان‌دهنده زیر محیط کربناته لاگونی است (Adabi et al. 2010; Flügel 2010). همچنین رخساره‌های گرینستونی حاکی از تشکیل نهشته‌ها در بخش‌های پر انرژی پشته‌های سدی است (برای مثال صالحی و همکاران ۱۳۸۹؛ Adabi et al. 2010). این رخساره‌های سنگی بیانگر ته‌نشست رسوبات کربناته در زون‌های محدوده جزر و مدی، لاگون و پشته‌های آئیدی است که مشخصه بخش‌های داخلی یک پلتفرم محدود شده است (Wilson 1975; Flügel 2010). در بخش شمال غربی منطقه مورد مطالعه در میدان درود عمده سازند فلهیان در زیر محیط‌های لاگون باز و محصور و پشته‌های آئیدی رسوب‌گذاری کرده است (صالحی ۱۳۹۲). با توجه به فراوانی رخساره‌های سنگی قرار گرفته در زیر محیط پلتفرم داخلی، این زیر محیط دارای گسترش قابل توجهی در این سازند است (جدول ۲؛ شکل ۱۰).

رخساره‌های سنگی پلتفرم میانی

این زیر محیط رسوبی شامل رخساره‌های سنگی با لیتولوژی سنگ آهک و سنگ آهک آریلیتی (رخساره‌های شماره ۹ تا ۱۱) است که بر اساس پالئولاگ‌های بررسی شده در این سازند عمدتاً دارای بافت وکستون بایوکلیست‌دار با محتوای فسیلی نظیر لیتوکودیوم (*Lithocodium aggregatum*)، دوکفه‌ای‌ها و خرده‌های اکینودرم هستند (برای مثال بخش

(Intrashelf basin)

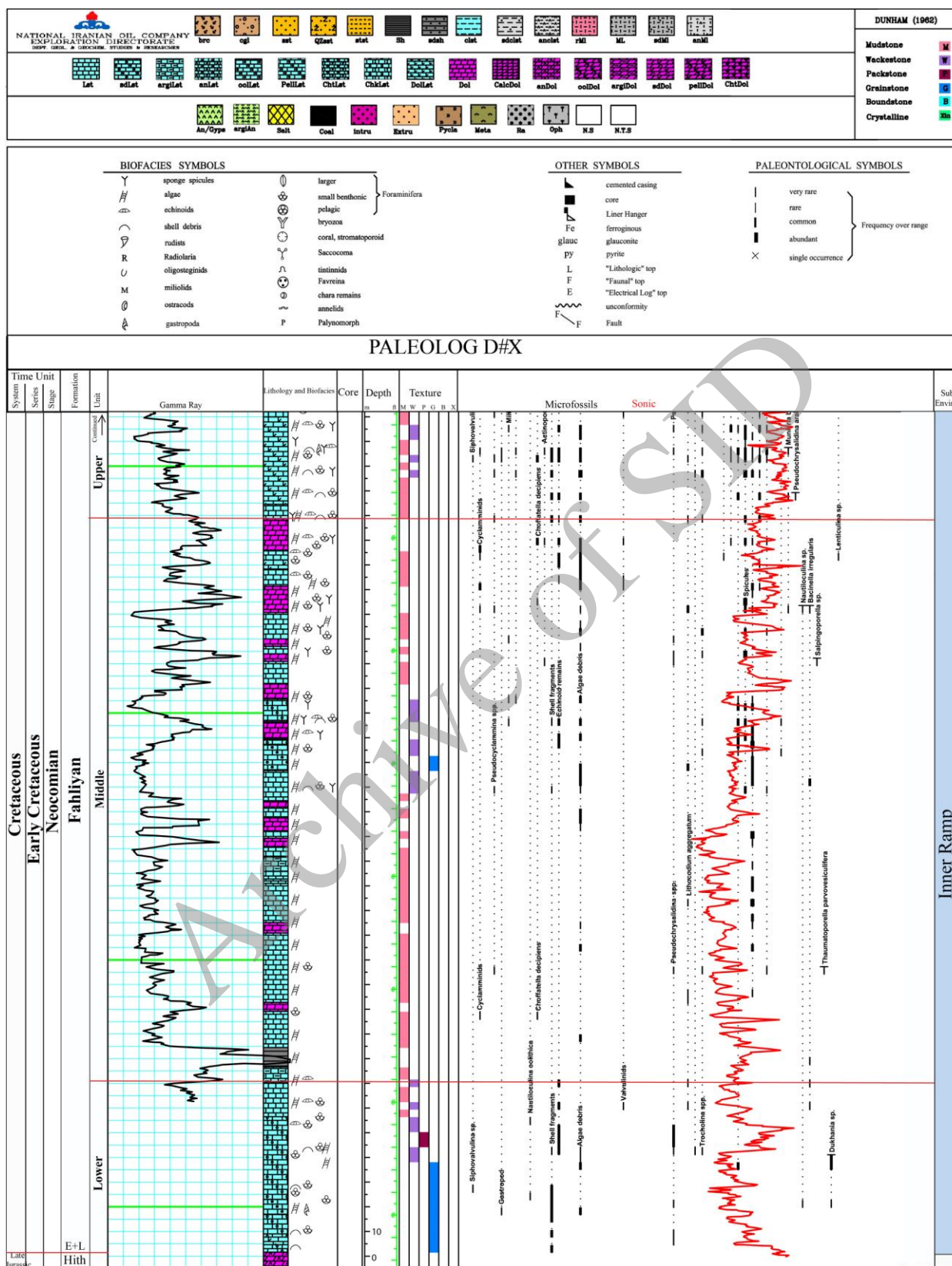
این زیر محیط رسوبی شامل رخساره‌های سنگی با لیتولوژی شیل/مارن و سنگ آهک آرژیلیتی است (رخساره سنگی شماره ۱) که بخش آهک آرژیلیتی دارای بافت وکستون تا مادستون و محتوای فسیلی عمدتاً از نوع رادیولر، سوزن‌های اسفنج، کالپینولا (*Calpionella*) و تیتینید (*Tintinnid*) است (برای مثال بخش پایینی سازند فهلیان (سازند گرو) در میدان نوروز، سروش و هندیجان) (Moghaddasi 2006) (شکل‌های ۸ و ۹). این مجموعه رخساره‌ها با مقدار بالای لاگ گاما نیز شناخته می‌شوند. شیل و مارن‌ها در این رخساره سنگی غنی از فسیل‌های پلانکتونیک و به علت محتوای بالای مواد آلی سیاه رنگ هستند. تجمعات رادیولرها در جاهایی که دیگر گونه‌های پلانکتونیک نادر هستند، نشان دهنده ژرف و سرد بودن آب دریا است (Flügel 2010). با توجه به فراوانی غالب اجزای اسکلتی دریایی در رخساره شماره یک، این رخساره در بخش‌های عمیق دریای باز (deep open marine) نهشته شده‌اند. رخساره‌های سنگی حوضه‌های عمیق بین پلتفرمی در برخی نقاط دیگر از گسترش پلتفرم کربناته سازند فهلیان در فروافتادگی دزفول و زون ایذه نیز گزارش شده است که دارای بافت و محتوای فسیلی مشابهی هستند (Adabi et al. 2010). حوضه عمیق بین پلتفرمی گرو در طی کرتاسه پیشین در شمال غربی خلیج فارس و دشت آبادان گسترش داشته است (Alsharhan and Nairn 1997; Ghazban 2007). با توجه به فراوانی رخساره‌های سنگی قرار گرفته در زیر محیط حوضه‌های عمیق بین پلتفرمی، این زیر محیط دارای گسترش بسیار ناچیزی نسبت به سایر زیر محیط‌های شناسایی شده در این سازند است (جدول ۲؛ شکل ۱۰).

میانی تا بالایی سازند فهلیان در میدان میناب، جاودان و لاوان در بلوک A و بخش میانی این سازند در میدان بینالود در بلوک D (Sadoni 2004) (شکل‌های ۶ و ۷). مطالعات رخساره‌ای نشان‌دهنده این است که این نهشته‌ها در قسمت‌های جلوی سد پلتفرم کربناته (پشته‌های آئیدی) نهشته شده‌اند به طوری که برخی از اجزا حاصل حمل شدن آلوکم‌های محیط‌های کم عمق لاگونی (نهشته‌های پلتفرم داخلی) در این رخساره هستند. لیتوکوديوم معمولاً در شرایط با اکسیژن بالا و نرمال دریا به صورت ساختارهای کربناته (buildup) در حاشیه پلتفرم تشکیل می‌شود (برای مثال Flügel 2010; Mansouri-Daneshvar et al. 2010). علاوه بر این قرابت این مجموعه رخساره‌ها با رخساره‌های عمیق‌تر حاکی از ته‌نشست رسوبات کربناته در بخش میانی پلتفرم است که نشان‌دهنده یک پلتفرم (دریای) باز است.

رخساره‌های سنگی پلتفرم خارجی

این زیر محیط رسوبی شامل رخساره‌های سنگی با لیتولوژی غالب سنگ آهک آرژیلیتی (رخساره‌های شماره ۲ تا ۹) است که بر اساس پالئولوگ‌های بررسی شده در سازند فهلیان برای چاه‌های مختلف این رخساره‌های سنگی دارای بافت وکستون بایوکلس‌دار تا مادستون و محتوای فسیلی نظیر فرامینیفرها، سوزن‌های اسفنج، خرده‌های اکینوئید و دوکفه‌ای‌ها هستند (برای مثال بخش بالایی سازند فهلیان در میدان هندیجان در بلوک D) (Fonooni 2007) (شکل ۸). فراوانی بافت مادستونی، آلوکم‌هایی نظیر سوزن اسفنج و فراوانی ناچیز فرامینیفرهای بتتیک و جلبک سبز بیانگر ته‌نشست این رخساره‌ها در بخش خارجی پلتفرم است (e.g. Jamalian et al. 2011).

رخساره‌های سنگی حوضه‌های عمیق بین پلتفرمی

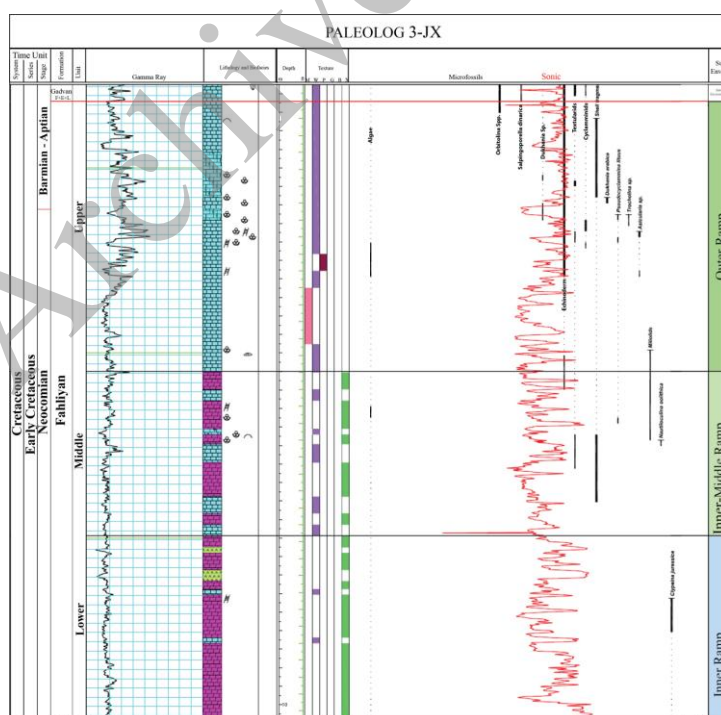


شکل ۵- ستون چینه‌شناسی بخش پایینی، میانی و ابتدای بخش بالایی سازند فهایان در چاه D-X از میدان درود (اقتباس با تغییراتی از (Mohammad Beigi 2007)). علائم ارائه شده در رهنمای بالای تصویر مربوط به شکل‌های ۹-۶ نیز است.

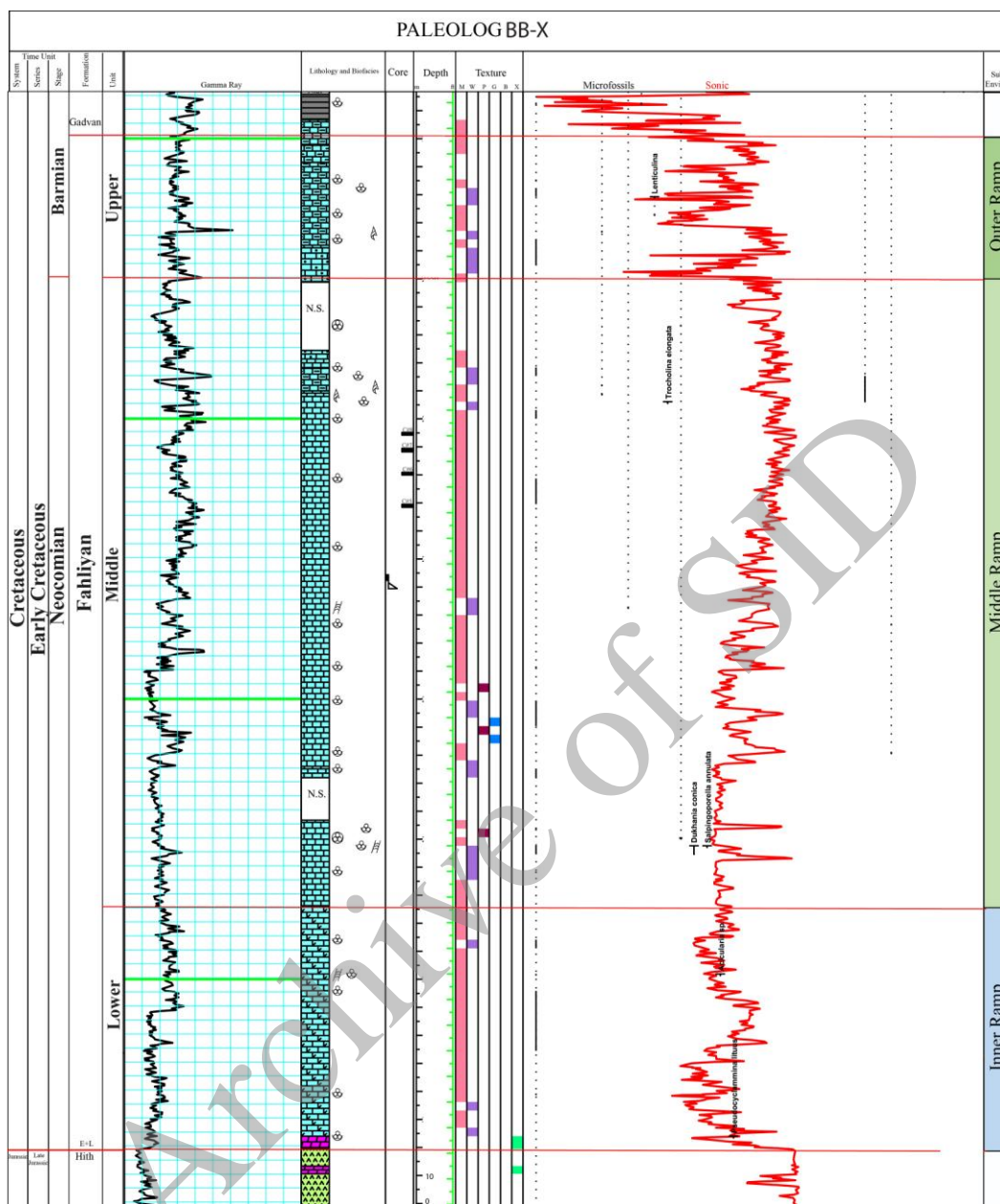
محیط رسوبی

با توجه به رخساره‌های سنگی شناسایی گردیده (جدول ۲)، دسته‌بندی آن‌ها و بررسی جانبی و عمودی رخساره‌ها محیط رسوب‌گذاری سازند فلهیان را در ناحیه مورد مطالعه یک سکوی کربناته از نوع رمپ با شیب ملایم (homoclinal ramp) در نظر گرفته شده است (شکل ۱۱). عدم گزارش رخساره‌های چارچوب‌ساز و تغییر تدریجی رخساره‌های سنگی تأیید کننده ته‌نشست این توالی‌های کربناته بر روی یک پلتفرم کربناته از نوع رمپ است. از این رو زیر محیط‌های بخش‌های داخلی، میانی و خارجی پلتفرم قابل انطباق با سه زیر محیط داخلی، میانی و خارجی رمپ هستند. نتایج به دست آمده از این مطالعه منطبق بر نتایج به دست آمده از مطالعات رخساره‌ای گسترده در پلتفرم عربی و همچنین در بخش فارس ساحلی است (Davies et al. 1997; Gaumet et al. 2002; Jamalian et al. 2011). در طی کرتاسه پیشین پلتفرم کربناته بسیار گسترده‌ای از نوع رمپ تمامی محدوده لبه شمالی بلوک عربستان را پوشانده است (Murriss

1980). اگر چه مطالعات رخساره‌های رسوبی این سازند در فروافتادگی دزفول و زون ایذه حاکی از ته‌نشست رسوبات بر روی یک پلتفرم شیبدار (شلف) است که حاکی از تأثیر گسل‌های پی سنگی در طی کرتاسه زیرین در این بخش از حوضه رسوبی زاگرس بوده است (لاسمی و همکاران ۱۳۸۲؛ Lasemi and Nourafkan Kondroud 2008; Adabi et al. 2010). با این وجود در شمال غرب منطقه مورد مطالعه نیز تشکیل و تکامل حوضه‌های عمیق بین پلتفرمی و تبدیل تدریجی آن در اطراف به پلتفرم کربناته کم عمق (رمپ) متأثر از گسل‌های پی سنگی نظیر خارگ-میش و هندیجان در نظر گرفته می‌شود (e.g. Mehrabi et al. 2015). اگر چه در این مطالعه پلتفرم رمپ کربناته برای بخش وسیعی از خلیج فارس (بلوک‌های A, BC و E) در نظر گرفته شده است اما در محل زون تدریجی و تبدیل آن به حوضه عمیق بین پلتفرمی (در بلوک D) می‌تواند به عنوان یک پلتفرم از نوع شلف بدون حاشیه (Non-rimmed shelf) نیز در نظر گرفته شود.



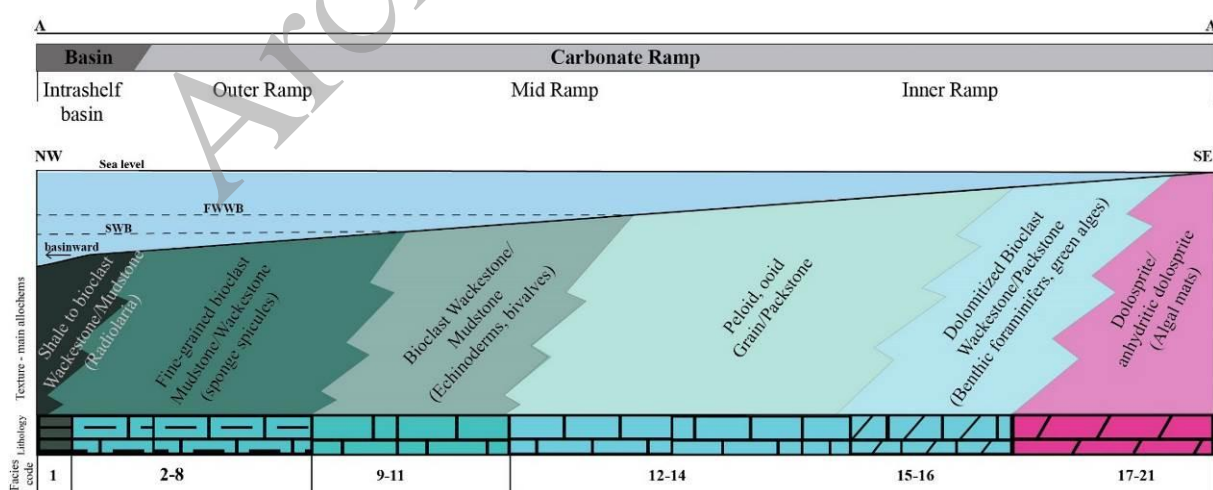
شکل ۶- ستون چینه‌شناسی سازند فلهیان در چاه 3J-X از ساختمان جاودان (اقتباس با تغییراتی از (Kalantari 2010)). برای مشاهده راهنما به شکل ۵ مراجعه نمایید.



شکل ۷- ستون چینه‌شناسی سازند فهلیان در چاه BB-X از میدان بینالود (اقتباس با تغییراتی از (Fahmasebi Sarvestani 2004)). برای مشاهده راهنما به شکل ۵ مراجعه نمایید.

جدول ۲- رخساره‌های سنگی، بافت‌های اصلی، فراوانی آن‌ها و زیر محیط‌های شناسایی شده در سازندهای فهلپان و گرو در خلیج فارس.

Co de	Lithofacies	Rock Fabric	Fre q.	Freq. %	Sub-environments	Freq. Total %
1	Sh, argiLst (70, 30)	Shale-Wackestone-Mudstone	1	1	Intrashelf Basin	1
2	argiLst, Sh (70, 30)	Mudstone-Wackestone	19	9		
3	argiLst, Ml (60, 40)	Mudstone-Wackestone	14	7		
4	argiLst	Mudstone-Wackestone	26	12		
5	argiLst, Lst, Sh (70, 20, 10)	Mudstone-Wackestone	8	4	Outer Ramp	41
6	argiLst, Lst, Sh (50, 30, 20)	Mudstone-Wackestone	11	5		
7	argiLst, Dol (70, 30)	Mudstone-Wackestone	6	3		
8	argiLst, DolLst (60, 40)	Mudstone-Wackestone	3	1		
9	Lst, Sh (70, 30)	Wackestone-Mudstone	3	1		
10	Lst, argiLst (50, 50)	Wackestone-Mudstone	27	13	Middle Ramp	17
11	Lst, argiLst (80, 20)	Wackestone-Mudstone	6	3		
12	Lst, Dol (75, 25)	Grainstone-Packstone	10	5		
13	Lst, DolLst (50, 50)	Dolomitized/Grainstone-Packstone	16	8		
14	Lst	Grainstone-Packstone	21	10		
15	DolLst	Dolomitized Wackestone to Packstone	3	1		
16	DolLst, Dol, Lst (60, 30, 10)	Dolomitized Wackestone to Packstone; Dolosparite	5	2	Inner Ramp	41
17	Dol, DolLst (50, 50)	Dolosparite-Dolomitized Grainstone to Packstone	4	2		
18	Dol, Lst, An (60, 30, 10)	Dolosparite-Dolomitized Grainstone to Packstone	4	2		
19	Dol, Lst (60, 40)	Dolosparite-Dolomitized Grainstone to Packstone	9	4		
20	Dol, DolLst (70, 30)	Dolosparite-Dolomitized Grainstone	4	2		
21	Dol	Dolosparite	10	5		



شکل ۱۱- مدل شماییک محیط رسوبی سازند فهلپان و گرو در خلیج فارس. برای مشاهده مسیر ترانسکت A-A' به شکل ۱۲ مراجعه نمایید.

گسترش رخساره‌های سنگی

نقشه‌های رخساره سنگی با توجه به هدف مطالعه به روش‌های مختلفی ترسیم می‌گردد که از آن جمله می‌توان به نقشه‌های نسبتی و هم ضخامت اشاره کرد (Miall 2000). نقشه رخساره‌های سنگی همان‌گونه که در روش مطالعه اشاره شده برای سه واحد چینه‌شناسی پایینی، میانی و بالایی تفکیک شده در سازند فهلیان در محدوده مورد مطالعه تهیه و به شرح زیر بررسی شده‌اند (شکل ۱۲).

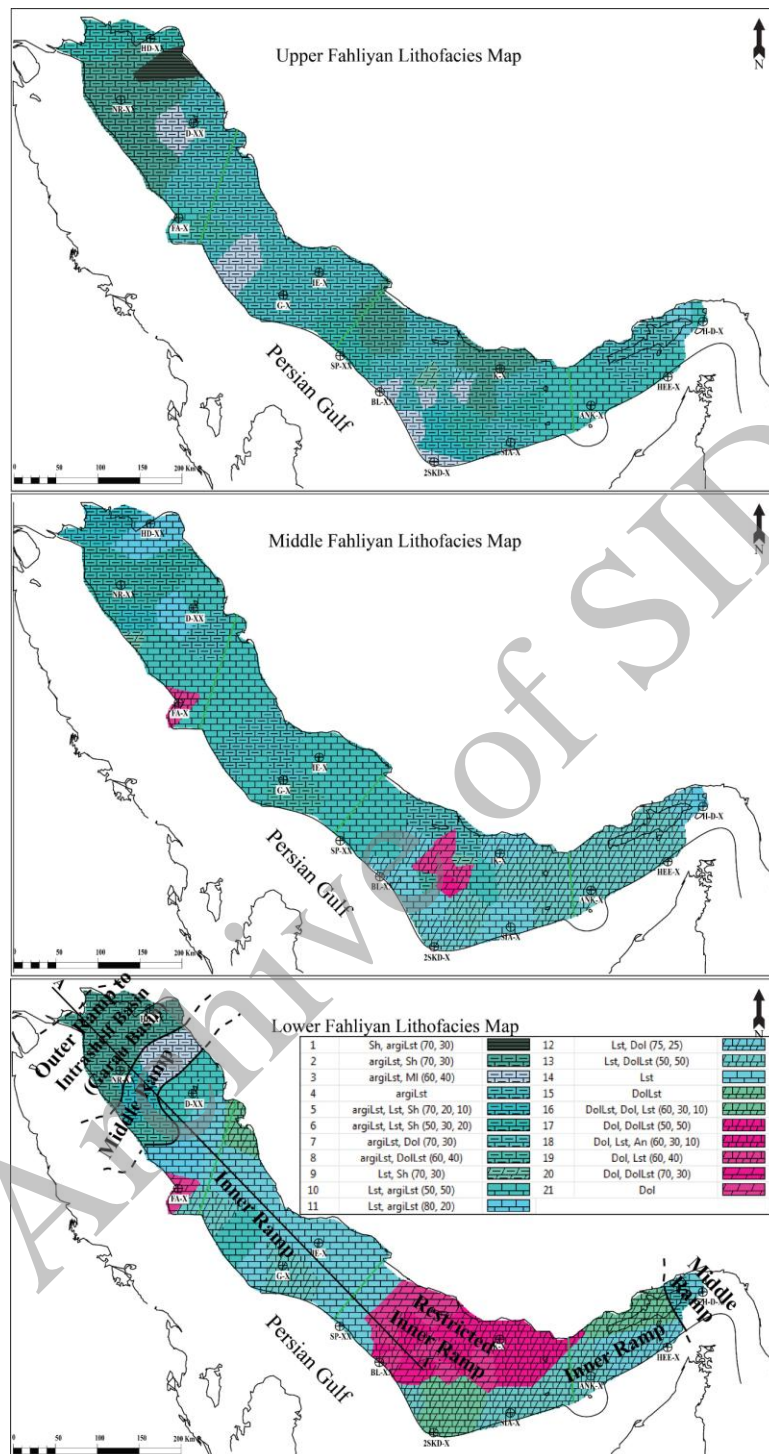
بخش پایینی سازند فهلیان

بررسی رخساره‌ها نشان می‌دهد که گسترش بخش‌های داخلی پلتفرم (رمپ داخلی) در بخش پایینی این سازند نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر است و شامل رخساره‌های سنگی دولومیتی، آهک دولومیتی و سنگ آهک است (شکل ۱۲). رخساره‌های دولومیتی نسبت به سایر رخساره‌ها در بلوک A غالب هستند. برخی از رخساره‌های نهشته شده در محیط رمپ داخلی نظیر زیر محیط پشته‌های سدی به دلیل تشکیل در محیط پر انرژی و حفظ شدن تخلخل اولیه بین دانه‌ای واجد کیفیت مخزنی بهتری هستند و افق‌های تولیدی نیز در سازند فهلیان با گسترش این زیر محیط همخوانی دارد. به طوری که موقعیت میدین سلمان در بلوک A و درود و فروزان در بلوک D در بخش‌های پایینی سازند فهلیان بر روی رمپ داخلی واقع هستند. رخساره‌های سنگی داخلی‌ترین و محصورترین بخش رمپ کربناته (Restricted inner Ramp) دولومیتی هستند که البته به دلیل حضور انیدریت دارای تخلخل و تراوایی بسیار پایین هستند. بخش محصور شده پلتفرم می‌تواند تحت تأثیر عملکرد بلندای قطر (Qatar Arc)

و بالاآمدگی این بخش از حوضه بوده است (Alsharhan and Nairn 1997; Murriss 1980). بخش مختصری از رخساره‌های این واحد چینه‌شناسی در بلوک D (با لیتولوژی غالب سنگ آهک آرژیلیتی و مارن) در زیر محیط‌های رمپ میانی و خارجی نهشته شده‌اند. زیر محیط رمپ میانی همچنین در منتهی الیه بلوک E نیز گسترش دارد (شکل ۱۲). حضور رخساره‌های دریای باز نیز در این بخش از خلیج فارس گزارش شده است (Mansouri-Daneshvar et al. 2015; Hosseini et al. 2016). عمیق‌ترین زیر محیط در بخش پایینی سازند فهلیان در بلوک D وجود داشته است که شامل زیر محیط حوضه عمیق بین پلتفرمی (سازند گرو) در منتهی الیه شمال غرب این بلوک با گسترش محدودی است. گسترش این زیر محیط‌ها در این بخش از خلیج فارس با شروع حوضه عمیق سازند گرو/سولای در شمال غرب خلیج فارس همخوانی دارد (مطبیعی ۱۳۸۲). در میدینی نظیر نوروز، سروش و هنديجان زبانه‌های از سازند گرو در بخش پایینی سازند فهلیان مشاهده گردیده است (شکل‌های ۸ و ۹).

بخش میانی سازند فهلیان

بخش عمده این واحد چینه‌شناسی از رخساره‌های سنگی پلتفرم داخلی تا میانی (رخساره‌های ۲۱-۹) تشکیل شده است (شکل ۱۲). رخساره‌های بلوک E با لیتولوژی غالب سنگ آهک دولومیتی احتمالاً تنها در بخش داخلی پلتفرم (رمپ داخلی) نهشته شده‌اند. بررسی رخساره‌ها نشان می‌دهد که گسترش رخساره‌های سنگی پلتفرم میانی در این بخش از سازند نسبت به بخش پایینی بیشتر است و شامل رخساره‌های سنگ آهک و به نسبت کمتر سنگ آهک آرژیلیتی است.



شکل ۱۲- نقشه توزیع رخساره‌های سنگی در بخش پایینی، میانی و بالایی سازند فهلیمان در خلیج فارس. زیر محیط‌های پلتفرم کرنااته در بخش چینه‌شناسی پایینی مشخص گردیده است. ترانسکت A-A' در بخش پایینی سازند فهلیمان مربوط به شکل شماره ۱۱ است. رخساره سنگ آهک آرژیلیتی در بلوک B و C از گسترش قابل توجهی برخوردار است. رخساره‌های سنگی مربوط به حوضه عمیق بین پلتفرمی نیز که در بخش پایینی در بلوک D در اثر فعالیت گسل‌های پی سنگی وجود داشته است در این مرحله توسط رسوبات پلتفرم پر گردیده است و شواهدی از زبانه‌های سازند گرو در بخش میانی سازند فهلیمان وجود ندارد.

بخش بالایی سازند فهلیان

زیر محیط بخش‌های میانی تا خارجی پلتفرم (رخساره‌های ۱۱-۲) در این واحد چینه‌شناسی از گسترش قابل توجه‌ای برخوردار است (شکل ۱۲). به طوری که نزدیک به ۸۰ درصد مساحت منطقه مورد مطالعه توسط این رخساره‌های سنگی پوشیده شده بوده است. رخساره‌های سنگی بلوک‌های A، B&C و D عمدتاً شامل رخساره‌های سنگی آهک آرژیلیتی و به مقدار بسیار کمتر شیل است (شکل ۱۲). رخساره‌های سنگی پلتفرم میانی با لیتولوژی غالب سنگ آهک و آهک آرژیلیتی تنها محدود به بخش جنوبی بلوک E گردیده است.

نقش سازندهای فهلیان/گرو در سیستم هیدروکربنی

در مدل‌سازی سیستم‌های هیدروکربنی تعیین نقش هر واحد چینه‌شناسی از لحاظ عملکرد آن به عنوان سنگ منشأ، مخزن و یا پوش سنگ و تعیین گسترش جانبی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Hantschel and Kauerauf 2009). در این مطالعه، با توجه به رخساره‌های سنگی شناسایی شده در سازندهای فهلیان و گرو، نوع ویژگی هر واحد چینه‌شناسی از لحاظ سنگ منشأ، مخزن و یا پوش سنگ در هر بلوک مشخص گردیده است (جدول ۳). توالی رسوبی کرتاسه زیرین در منطقه مورد مطالعه دارای هر سه نقش سنگ منشأ، مخزن و پوشش است. در سایر توالی‌های رسوبی خلیج فارس نظیر توالی‌های ژوراسیک و کرتاسه میانی نیز نهشته‌ها به صورت جانبی نقش متفاوتی در سیستم هیدروکربنی ایفا می‌کنند (Alsharhan and Magara 1994; Alsharhan 2014). در محدوده گسترش نهشته‌های کم عمق پلتفرمی سازند فهلیان در خلیج فارس این سازند یکی از اهداف اکتشافی و توسعه‌ای است. واحد چینه‌شناسی پایینی سازند فهلیان با حضور رخساره‌های سنگی رمپ داخلی (رخساره‌های ۱۷-۱۱ و ۲۱-۱۹) در بلوک‌های A، B&C، E (میادین هنگام، گورزین، سلمان) و بخش شمال شرقی D (میدان درود) دارای نقش مخزن است. بر اساس آنالیز مغزه مقادیر ۱۸٪-۱۴٪

درصد تخلخل برای این واحد چینه‌شناسی در بخش مرکزی بلوک A و ۱۵٪-۱۳٪ درصد تخلخل در میدان درود در بخش شمال شرقی بلوک D گزارش شده است (صالحی ۱۳۹۲؛ Ghazban 2007). بر خلاف آن در برخی نقاط خلیج فارس این واحد چینه‌شناسی دارای تولید بسیار ناچیز و بنابراین مخزن محسوب نمی‌گردد. به طوری که در محدوده گسترش رخساره سنگی دولومیت انیدریت دار و انیدریت (رخساره سنگی شماره ۱۸) در بلوک A ویژگی سنگ پوشش خواهد داشت. واحد چینه‌شناسی پایینی سازند فهلیان در بخش شمال غربی و جنوبی بلوک D به سبب حضور زیر محیط رمپ میانی، خارجی و حوضه عمیق بین پلتفرمی (سازند گرو) (رخساره‌های ۱۰-۱) نیز دارای نقش سنگ منشأ است (جدول ۳). بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی نهشته‌های غنی از ماده آلی کرتاسه زیرین (سازند گرو) در شمال غرب خلیج فارس به عنوان یکی از سنگ منشأهای اصلی هیدروکربن‌های تولیدی از مخازن میدانی نظیر نوروز، درود و فروزان در بلوک D در نظر گرفته شده است (Rabani and Kamali 2005). با توجه به وجود سازندهای تبخیری هیث و گوتیا به سن ژوراسیک پسین به عنوان سنگ پوشش مؤثر در جدایش کامل سیستم هیدروکربنی کرتاسه زیرین از ژوراسیک (Bordenave and Hegre 2010) و از طرفی مجاورت سنگ منشأهای غنی از ماده آلی (سازند گرو) و مخازن تولیدی در بلوک D (نظیر میدان درود) وجود نقش‌های متفاوت سنگ منشأ، مخزن و پوشش به صورت جانبی و عمودی در جهت تولید، مهاجرت و تجمع هیدروکربن در این واحد چینه‌شناسی مشخص گردیده است (Kamali 2015).

واحد چینه‌شناسی میانی به جز بخش محدودی از بلوک‌های A، B&C و D که رخساره‌های با ویژگی سنگ منشأ گسترش دارد در تمامی بلوک‌ها نقش مخزن را ایفا می‌کند.

واحد چینه‌شناسی بالایی سازند فهلیان به سبب حضور رخساره‌های سنگی پلتفرم خارجی در تمامی بلوک‌ها دارای

نفت فلات قاره ایران: روابط عمومی شرکت نفت فلات قاره ایران.

صالحی، م.ع.، م.ح. آدابی، ه. قلاوند، و م. خطیبی‌مهر، ۱۳۸۹، محیط رسوبی، ژئوشیمی و دیاژنز سازند فهلیان در برش نمونه و میدان نفتی گچساران: فصلنامه علوم زمین، ش ۷۶، ص ۴۴-۳۳.

صالحی، ع.ر.، ۱۳۹۲، رخساره‌ها، محیط رسوبی، دیاژنز و کیفیت مخزنی سازند فهلیان در میدان نفتی درود، خلیج فارس، ایران: رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، ۱۷۰ ص.

طاعتی کواریم، ف.، ۱۳۷۵، میکروبیواستراتیگرافی رسوبات پرمین تا میوسن زیرین در چاه‌های خلیج فارس: رساله کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید بهشتی، ۲۱۴ ص.

مطیعی، ه.، ۱۳۸۲، زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس: انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، چاپ دوم، ۵۸۳ ص.

یوسف‌پور، م.، ح. رضایی، و م. بداغی، ۱۳۹۰، گزارش ارزیابی فنی میدان گازی قشم: گزارش داخلی شرکت نفت فلات قاره ایران، ۱۰۱ ص.

Adabi, M. H., M. A. Salehi, and A. Ghabeishavi, 2010, Depositional environment, sequence stratigraphy and geochemistry of Lower Cretaceous carbonates (Fahliyan Formation), south-west Iran: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 39(3), p. 148-160.

Ala, M. A., R. R. F. Kinghorn, and M. Rahman, 1980, Organic geochemistry and source rock characteristics of the Zagros petroleum province, Southwest Iran: *Journal of Petroleum Geology*, v. 3, p. 61-89.

Alsharhan, A. S., and K. Magara, 1994, The Jurassic of the Persian Gulf basin: facies, depositional setting and hydrocarbon habitat. In: A. E. Embry, (Ed.), *Pangea: Global Environments and Resources: Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir, 17*, p. 397-412.

Alsharhan, A. S., and A. E. M. Nairn, 1997, *Sedimentary basins and petroleum geology*

انیدریت دارای تخلخل و تراوایی بسیار پایین هستند و در محدوده گسترش آن در بلوک A ویژگی سنگ پوشش دارد. واحد چینه‌شناسی میانی نیز در تمامی بلوک‌ها نقش مخزن دارد. واحد چینه‌شناسی بالایی سازند فهلیان در تمامی بلوک‌ها به سبب حضور رخساره‌های سنگ آهک آریلیتی دارای خاصیت سنگ منشأ است که البته به سبب دانه‌ریز بودن رخساره‌های آن‌ها ویژگی سنگ پوشش نیز دارند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از پردیس پژوهش و توسعه صنایع بالادستی پژوهشگاه صنعت نفت، اداره پژوهش و فناوری و طرح‌های اکتشافی شرکت نفت فلات قاره به سبب حمایت از این تحقیق و در اختیار قرار دادن داده‌ها سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

اشکان، م.ع.، ۱۳۸۳، اصول مطالعات ژئوشیمیایی سنگ منشأ هیدروکربوری و نفت‌ها با نگرش ویژه به حوضه رسوبی زاگرس: انتشارات شرکت ملی نفت ایران، ۳۵۵ ص.

جمالیان، م.، م.ح. آدابی، م. ر. موسوی، و ع. صادقی، ۱۳۹۰، ژئوشیمی و پتروگرافی سازند گرو (نئوکومین-آپسین) در برش نمونه (کبیرکوه، استان ایلام): پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ش ۴۳، ص ۲۶-۱.

لاسمی، ی.، ح. محمدخانی، م. خزائی، و م.ع. کاووسی، ۱۳۸۲، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند فهلیان در میداین نفتی رگ سفید، بینک و خويز، جنوب فروافتادگی دزفول: هفتمین گردهمایی سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران، ص ۳۲۳-۳۲۷.

شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۴، نقشه جامع میداین نفت و گاز خلیج فارس و حوزه فعالیت‌های عملیاتی شرکت

- Ghazban, F., 2007, Petroleum geology of the Persian Gulf: Tehran University Press, 707 p.
- Hantschel, T., and A. I. Kauerauf, 2009, Fundamentals of basin and petroleum systems modeling: Springer, Berlin, 485 p.
- Hosseini, S., M. A. Conrad, B. Clavel, and N. Carras, 2016. Berriasian-Aptian shallow water carbonates in the Zagros fold-thrust belt, SW Iran: Integrated Sr-isotope dating and biostratigraphy: *Cretaceous Research*, v. 57, 257–288.
- Jamalian, M., M. A. Adabi, M. Moussavi, A. Sadeghi, D. Baghbani, and B. Ariyafar, 2011, Facies characteristic and paleoenvironmental reconstruction of the Fahliyan Formation, Lower Cretaceous, in the Kuh-e Siah area, Zagros Basin, southern Iran: *Facies*, v. 57(1), p. 101–122.
- Kamali, M. R., 2015, Persian Gulf and Oman Sea 3D petroleum system modelling. Research Institute of Petroleum Industry (RIPI), Unpublished report.
- Lasemi, Y., and K. Nourafkan Kondroud, 2008, Sequence stratigraphic control on prolific HC reservoir development, southwest Iran: *Oil and Gas Journal*, v. 106 (1), p. 34–3.
- Magoon, L. B., and W. G. Dow, 1994, The petroleum system. In: L. B. Magoon, and W. G. Dow, (Eds.), *The Petroleum System from Source to Trap*: American Association of Petroleum Geologists, Memoir 60, p. 3–24.
- Mehrabi, H., H. Rhimpour-Bonab, E. Hajikazemi, and B. Esrafil-Dizaji, 2015. Geological reservoir characterization of the Lower Cretaceous Dariyan Formation (Shu'aiba equivalent) in the Persian Gulf, southern Iran: *Marine and Petroleum Geology*, v. 68, Part A, p. 132-157.
- Miall, A., 2000, *Principles of sedimentary basin analysis*: Springer, Berlin, 634 p.
- Moghaddasi, A., 2006, Biostratigraphy and micropaleontological studies on the cutting and core samples of the drilled sequence of Soroosh (Cyrus) well # 2 in Persian Gulf, Southwestern Iran: National Iranian Oil Company Exploration Directorate, Paleontological Note 677, 28 p.
- Mohammad-Beigi, A., 2007, Biostratigraphy and micropaleontological studies on the cutting samples of Dorrod well # 2 in Persian Gulf: National Iranian Oil Company Exploration Directorate, Paleontological Note 689, 19 p.
- Murris, R. J., 1980, Middle East: stratigraphic evolution and oil habitat. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, v. 64, p. 597–618.
- of the Middle East: Elsevier, Amsterdam, 843 p.
- Alsharhan, A. S., 2014, Petroleum systems in the Middle East. In: H. R. Rollinson, M. P. Searle, I. A. Abbasi, A. I. Al-Lazki, and M. H. Al Kindi, (Eds.), *Tectonic Evolution of the Oman Mountains*: Geological Society of London, Special Publication, v. 392, p. 361–408.
- Aziz, S. K., and M. M. A. El-Sattar, 1997, Sequence stratigraphic modeling of the Lower Thamama Group, east onshore Abu Dhabi, United Arab Emirates: *GeoArabia*, v. 2, p. 179–202.
- Bordenave, M. L., and J. A. Hegre, 2010, Current distribution of oil and gas fields in the Zagros Fold Belt of Iran and contiguous offshore as the result of the petroleum systems. In: P. Leturmy, and C. Robin, (Eds.), *Tectonic and Stratigraphic Evolution of Zagros and Makran during the Mesozoic-Cenozoic*: Geological Society of London, Special Publications, v. 330(1), p. 291–353.
- Bordenave, M. L., and R. Burwood, 1990, Source rock distribution and maturation in the Zagros belt; provenance of the Asmari and Bangestan reservoir oil accumulations: *Organic Geochemistry*, v. 16, p. 369–387.
- Christian, L., 1997, Cretaceous subsurface geology of the Middle East region: *GeoArabia*, v. 2, p. 239–256.
- Davis, R. B., C. D. Bishop, C. E. Hollis, R. S. Gaur, and A. A. Haider, 1997, Architecture of the Minagish oolite reservoir in the Umm Gudair Field, Kuwait, Jurassic/Cretaceous carbonate platform-basin systems: Middle East models conference abstract: *GeoArabia* v. 2, p. 476–496.
- Flügel, E., 2010, *Microfacies analysis of limestone: analysis, interpretation and application* (2nd Ed.): Springer, Berlin, 984 p.
- Foononi, B., 2007, Micropaleontological and biostratigraphical investigation on the drilled sequence of Hendijan Well#6 (South Dezful-North Persian Gulf): National Iranian Oil Company Exploration Directorate, Paleontological Report 707, 20 p.
- Gaumet, F., F. S. Van Buchem, D. Baghbani, R. Ashrafzadeh, H. Assilian, and F. Keyvani, 2002, Jurassic and Lower Cretaceous sedimentation patterns in the Dezful Embayment and Fars Area, SW Iran: *American Association of Petroleum Geologists, Annual Meeting*, Houston, Texas.

- of the lower Cretaceous Radiolarian Flood Zone of the base of the Garau Formation, northwest of Zagros Mountains, Iran: *Arabian Journal of Geosciences*, v. 8(9), p. 7245–7255.
- Selley, R. C., 1996, *Ancient sedimentary environments* (4th Ed.), Chapman & Hall, London, 300 p.
- Sepehr, M., and J. W. Cosgrove, 2004, Structural framework of the Zagros fold-thrust belt, Iran: *Marine Petroleum and Geology*, v. 21, p. 829–843.
- Shebl, H. T., and A. S. Alsharhan, 1994, Sedimentary facies and hydrocarbon potential of Berriasian-Hauterivian carbonates in Central Arabia. In: M. D. Simmons, (Ed.), *Micropalaeontology and Hydrocarbon Exploration in the Middle East*: Chapman & Hall, London, p. 159–175.
- Walker, G. R., and N. P. James, (Eds.), 1992, *Facies Models: Response to Sea Level Change*: Geological Association of Canada, 409 p.
- Wilson, J. L., 1975, *Carbonate facies in geologic history*. Springer, Berlin, 471 p.
- Wynd, J. G., 1965, *Biofacies of Iranian oil consortium agreement area*. IOOC report No. 1082, Unpublished paper.
- Navidtalab, A., H. Rahimpour-Bonab, A. Nazari-Badii, and M. Sarfi, 2014, Challenges in deep basin sequence stratigraphy: a case study from the Early–Middle Cretaceous of SW Zagros: *Facies*, v. 60(1), p. 195–215.
- Rabbani, A. R. and M. R. Kamali, 2005. Source rock evaluation and petroleum geochemistry, offshore SW Iran: *Journal of Petroleum Geology*, v. 28(4), p. 413–428.
- Sadoni, J., 2004, Biostratigraphy and micropaleontological investigations on the cutting samples of Lavan Well#2 in the Persian Gulf: National Iranian Oil Company Exploration Directorate, Paleontological Note 620, 11 p.
- Sadooni, F. N., 1997, From leeward ramp to block-faulted shelf: sequence stratigraphy and petroleum prospects of Cretaceous sediments of southern Iraq, Jurassic/Cretaceous carbonate platform-basin systems: Middle East Models Conference Abstracts: *GeoArabia*, v. 2(4), p. 476–496.
- Sarfi, M., E. Ghasemi-Nejad, A. Mahanipour, M. Yazdi-Moghadam, and M. Sharifi, 2015, Integrated biostratigraphy and geochemistry

Archive of SID