

تحلیل ریزرخساره‌ها و خصوصیات مخزنی مقاومت ویژه پایین، سازند داریان جنوب شرق خلیج فارس

بی‌تا ارباب^۱، داود جهانی^۲ و بهرام موحد^۳

^۱دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

^۲دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

^۳دکتر، گروه مشاوران مهندسی فرایند به کمک کامپیوتر (cape)، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۷

چکیده

نهشته‌های سازند داریان (آپسین) در جنوب شرق خلیج فارس به‌طور معمول دارای مقاومت ویژه پایین از ۶ تا ۱ اهم‌متر هستند. بر پایه مطالعات آزمایشگاهی، ۸ ریزرخساره کرناته برای سازند مورد نظر تعیین شده است که در یک پلتفرم کرناته از نوع رمپ هموکلینال، در بخش‌های داخلی، میانی و خارجی رمپ نهشته شده‌اند. وجود تخلخل‌های میکروسکوپی از عوامل مهم در کاهش مقاومت ویژه است. فرایندهای دیاژنزی مؤثر مانند میکریتی شدن و پیریتی شدن در نمونه‌ها در کاهش مقاومت ویژه مخزن مؤثر است. محدوده‌های تخلخل ریزرخساره‌های سازند مورد بررسی، به‌صورت بین بلوری حاصل از نئومورفیسم، تخلخل حفره‌ای غیر مرتبط و مادستون میکروپروستی هستند. برای تعیین خواص مخزنی از نتایج تشدید مغناطیسی هسته‌ای مغزه و لاگ استفاده شده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که کاهش مقاومت ویژه به تغییرات بافت (اندازه کوچک دانه‌ها) بستگی دارد و ارتباطی با حضور آب قابل جابه‌جایی ندارد. میزان اشباع‌شدگی آب ۳۰ تا ۵۰ درصد در زون مخزنی محاسبه شده است.

کلیدواژه‌ها: سازند داریان، رمپ کرناته، ریزرخساره، تشدید مغناطیسی هسته‌ای، فابریک سنگ، زون هیدروکربوری با مقاومت ویژه پایین.

*نویسنده مسئول: بی‌تا ارباب

E-mail: bitaarbab@yahoo.com

۱- پیش‌نوشتار

به‌طور مرسوم از دیدگاه مطالعات مخزن، سازندهای نفت‌دار در نهشته‌های رسوبی با تخلخل مؤثر و مقاومت ویژه بالا در نظر گرفته می‌شوند؛ ولی خارج از این دیدگاه، نهشته‌های رسوبی کرناته‌ای یافت می‌شود که دارای مقادیر تخلخل متوسط و مقاومت ویژه پایین، کمتر از ۶ اهم‌متر هستند. در مخازن کرناته هیدروکربوری به دلیل متأثر بودن فرایندهای دیاژنزی، شناخت نوع منافذ و توزیع منافذ اهمیت دارد. مقطع تیپ سازند داریان که به اسامی سنگ اوریتولین‌دار و سنگ آهک آپسین-آلبین نامیده شده است. مقطع تیپ این سازند به ضخامت ۲۸۶/۵ متر در کوه گدون شمال دهکده داریان اندازه‌گیری شده است. این سازند شامل سنگ آهک خاکستری تا قهوه‌ای ضخیم لایه حاوی اربیتولین‌های فراوان است. سطح تماس آن در قسمت قاعده با سازند شیلی گدون و در قسمت رأس با شیل‌های کژدمی به‌صورت همشیب است. این سازند قابل مقایسه و معادل سازند شوئیا در عربستان سعودی، کویت، عراق و امارات متحده عربی است.

۲- زمین‌شناسی و موقعیت منطقه

در بخش جنوب شرق خلیج فارس از محدوده فلات قاره ایران میداین رشادت و سلمان انتخاب شده است. در طی آپسین میانی (Middle Aptian)، فلات کرناته وسیعی شامل سنگ آهک‌های بیوکستی پلت‌دار نهشته می‌شود که در حوضه بین شلفی (intrashelf basins) با آب‌های عمیق‌تر در جنوب و شمال خلیج فارس توسعه پیدا می‌کند (شرکت نفت فلات قاره، ۱۳۸۵). در این توده‌های آبی عمیق‌تر رس‌های کربن‌دار (سنگ منشأ) ته‌نشین می‌شوند. با افزایش مجدد سطح نسبی آب دریاها در آپسین، سکوی کرناته وسیع (داریان/ شوئیا) گسترش می‌یابد. در آلبین پیشین سطح آب دریا افت می‌کند. توالی‌های چینه‌شناسی، سازندهای موجود در بخش بالایی و زیرین سازند داریان/ شوئیا در ناحیه خلیج فارس و کشورهای عربی در شکل ۱ نمایش داده شده است.

شکل ۱- چینه‌شناسی و تعیین مرز بالایی و زیرین سازند داریان در خلیج فارس و کشورهای عربی (Al-Husseini, 2007).

Epoch/Era		Offshore Kuwait and Iraq	Offshore Saudi Arabia & Bahrain	Offshore Qatar and UAE	Offshore Iran	
CRETACEOUS	Upper	Maastrichtian	Tayarat		Gurpi	
		Campanian	Bahra			
		Santonian	Gudair	Aruma	~ Simsima ~ ~ Fiqa ~	Ilam
		Coniacian			Halul Laffan	
	Middle	Turonian	Magwa	Mishrif Mbr Rumaila Mbr	Mishrif	
		Cenomanian	Ahmadi	Ahmadi Mbr Wara Mbr	Shilaif (Khatiyah)	Sarvak
		Albian	Mauddud	Mauddud Mbr	Mauddud	
			Burgan	Safaniya Mbr Khatij Mbr	Nahr Umr	Kazhdumi
		Aptian	Shu'aiba	Shu'aiba	Bab Mbr Shu'aiba	Dariyan
	Lower	Barremian	Zubair	Biyadh	Kharair	Gadvan
		Hauterivian		Buwaib	Lekhwaib Zakum Mbr	
		Valanginian	Ratawi	Yamama	Habshan	Fahliyan
Berriasian		Minagish	Sulay			

۳- روش مطالعه

پلانکتونیک است. خرده‌های اکینودرم و سوزن اسفنج نیز یافت می‌شود. لیتولوژی سنگ‌آهک تا آهک آرژیلیتی به همراه انحلال، سیمانی شدن بیوکست‌ها (گاستروپود پلانکتونیک) و شکستگی مشاهده می‌شود که در بخش میانی داریان توسعه دارد (شکل ۲- b). میزان تخلخل نتایج آنالیز مغزه ۱۵ تا ۳۳ درصد و نفوذپذیری کمتر از ۱۰ میلی داریسی اندازه‌گیری شده است (جدول ۱). این ریزرخساره با توجه به نوع بیوکست‌های پوسته نازک و بافت و کستون، در بخش عمیق حوضه توسعه داشته است.

۴- ۳. MF3: Bioclastic Wackestone

این ریزرخساره با فراوانی بیوکست‌ها کمتر از ۲۰ درصد در متن میکرویتی شناور است. بیوکست‌ها شامل اکینودرم، گاستروپود پلانکتونیک و فرامینیفراهای *Hedbergella sp.*, *Textulariidae*, *Orbitolina sp.* سیمانی شدن، آشفستگی زیستی و فشردگی تشخیص داده شده است (شکل‌های ۲- c و ۳). میزان تخلخل از نتایج روتین مغزه مقداری تا ۲۰ درصد و نفوذپذیری کمتر از ۵ میلی داریسی است (جدول ۱). رخساره گل‌پشتیان با بیوکست‌های همراه در بخش عمیق حوضه وجود بخش رمپ بیرونی را مشخص می‌دارد (شکل ۶).

۴- ۴. MF4: Bioclastic orbitolina Wackestone/Mudstone

این ریزرخساره دارای بیوکست‌های اربیتولین و خرده‌های اکینودرم در متن میکرویتی بوده و بافت سنگ از نوع و کستون تا مادستون به همراه آشفستگی زیستی تعیین شده است. فرایند پیریتی شدن، انحلال، سیمانی شدن و فشردگی از فرایندهای مهم دیاژنزی این ریزرخساره هستند (شکل‌های ۲- d و ۳).

اربتولین‌هایی نظیر *Orbitolina sp.*, *Mesorbitolina sp.*، *Orbitolina conica* and *Palorbitolina lenticularis* تعیین شده؛ تخلخل از ۱۰ تا ۳۴ درصد و نفوذپذیری کمتر از ۱۰ میلی داریسی اندازه‌گیری شده است (جدول ۱). بیوکست اربیتولین جزو اصلی رخساره‌ها در کرتاسه زیرین است که در محیط‌های کم‌عمق تروپیکال تا ساب‌تروپیکال در بخش جلویی ریف توسعه یافته‌اند و همراه با اکینودرم و رودیست بخش عمیق حوضه دریای باز را نمایان می‌سازند.

۴- ۵. MF5: Foraminifera lithocodium algae Floatstone

این ریزرخساره شامل قطعات بزرگ جلبک سبز لیتوکودیوم *Lithocodium aggregatum* و استرماتوپورویید همراه با بیوکست میلیولید، اربیتولین، نازاتا و *Pseudocrysalidina conica*، در متن سنگ و کستون تا فلوستون پراکنده‌اند. انحلال، سیمانی شدن در داخل جلبک و بیوکست‌ها و شکستگی‌های پر شده با سیمان کلسیتی از فرایندهای مهم دیاژنزی در این رخساره است (شکل ۲- e). میزان تخلخل تا ۲۸ درصد می‌رسد و نیز تخلخل حفره‌ای غیر مرتبط نمایان است. میزان نفوذپذیری کمتر از ۵ میلی داریسی اندازه‌گیری شده است (جدول ۱). از آنجا که جلبک سبز لیتوکودیوم در اعماق ۱۰ تا ۲۰ متری آب در محیط کم‌عمق زندگی می‌کنند. در بخش رمپ داخلی و بالای موجسار آب آرام (FWWB; fair- weather wave base) دیده می‌شوند (شکل ۶).

۴- ۶. MF6: Boundstone Lithocodium

این رخساره شامل لیتوکودیوم باندستون همراه با باندهای استروماتوپورویید و مقادیر کم بیوکست‌های دیگر است. در بخش داریان زیرین توسعه و تخلخل‌های حفره‌ای، بین ذره‌ای، حفره‌ای به همراه شکستگی دارد (شکل ۲- f). تخلخل از ۱۵ تا ۲۸ درصد و نفوذپذیری کمتر از ۵۰ میلی داریسی است (جدول ۱). این رخساره بخش اصلی مخزنی در سازند مورد مطالعه را در یک محیط کم‌عمق و کم‌عمق لاگون در ریف کومه‌ای تشکیل می‌دهد (Flügel; 2004).

۴- ۷. MF7: Intraclast Wackestone / Packstone Foraminifera

این ریزرخساره با فراوانی اینتراکلاست و فرامینیفراها در بافت و کستون تا پکستون توسعه

در این مطالعه برای تحلیل ریزرخساره‌ها و تعیین خصوصیات فابریک سنگ از داده‌های ۵ حلقه چاه واقع در جنوب شرق خلیج فارس استفاده می‌شود. شایان ذکر است که انتخاب چاه‌ها بر اساس وجود گزارشات زمین‌شناسی، مقاطع نازک، نتایج آنالیز مغزه روتین و ویژه، نمودارهای پتروفیزیکی پیشرفته انجام شده است. در این بررسی از نتایج تشدید مغناطیس هسته‌ای (NMR-Nuclear Magnetic Resonance) حاصل از مغزه و لاگ نیز استفاده شده است. در توصیف و تفسیر ریزرخساره‌ها و فابریک سنگ از ۳۰۰ مقطع نازک رنگ‌آمیزی شده با آلزارین قرمز، نتایج آنالیز مغزه روتین و ویژه استفاده شده است. نام‌گذاری ریزرخساره‌ها بر اساس طبقه‌بندی Dunham (1962) است. در مطالعه فابریک سنگ، روش (Lønøy 2006) برای تعیین سیستم منافذ (Pore system) مورد استفاده قرار می‌گیرد. از نمونه‌های صیقلی شده مغزه و آنالیز سی‌تی اسکن نیز برای توصیف ریزرخساره‌ها استفاده شده است.

۴- توصیف و تفسیر ریزرخساره‌های سازند شوئیا

بررسی‌های آزمایشگاهی منجر به تشخیص ۸ ریزرخساره شده است. ریزرخساره‌های سازندهای مورد مطالعه شامل بیوکست مادستون و پکستون، لیتوکودیوم پکستون و فلوستون، بیوکست پلانکتونیک و کستون و اغلب دارای تخلخل‌های میکروسکوپی هستند. ماتریکس میکرویتی اغلب در ریزرخساره‌های جلبکی، ریزرخساره‌های باندستون جلبکی گلی، رخساره با فراوانی اربیتولین و رخساره‌های با فراوانی جلبک لیتوکودیوم توسعه یافته‌اند. حضور دانه‌های پوششی، فرایندهای میکرویتی شدن و بورینگ در نمونه‌ها، محیط فریاتیک دریایی آب آرام و متوریک را نمایش می‌دهد. فرایندهای دیاژنزی انحلال، سیمانی شدن، میکرویتی شدن و پوشش‌های میکرویتی، پیریتی شدن، گلوکونیتی شدن، استیلولیتی شدن، آشفستگی زیستی و دولومیتی شدن (به خصوص در امتداد استیلولیت‌ها)، تشخیص داده شده است (شکل‌های ۲ تا ۴). تخلخل‌ها بیشتر از تخلخل میکروسکوپی، درون دانه‌ای، بین دانه‌ای، قالبی و بین بلوری است. وجود تخلخل‌های میکروسکوپی در ریزرخساره‌ها به صورت تخلخل‌های هم‌بعد (equant) که قطر متوسط کمتر از ۱/۱۶ میلی‌متر دارند؛ از عوامل مهم در کاهش مقاومت ویژه است که در این مخزن منجر به کاهش میزان مقاومت ویژه بین ۶ تا ۱۱ اهم متر می‌شود. فرایندهای دیاژنزی مؤثر مانند میکرویتی شدن و پیریتی شدن در نمونه‌ها در کاهش مقاومت ویژه مخزن مؤثر است. میزان تخلخل و نفوذپذیری ریزرخساره‌ها بر اساس آزمایشات روتین مغزه در جدول ۱ نمایش داده شد. بر اساس تحلیل ریزرخساره‌ها بر روی نهشته سنگ‌های هیدروکربوری با مقاومت ویژه پایین، به دلیل تغییرات بطنی رخساره‌ها و نبود سدهای ریفی، مدل محیط رسوبی پلتفرم رمپ کربناته از نوع هموکلیتال برای نهشته سنگ‌های مورد مطالعه سازند داریان در نظر گرفته می‌شود. ریزرخساره‌ها در بخش رمپ داخلی، میانی و بیرونی تشخیص داده شده است.

۴- ۱. MF1: Planktonic foraminifera Wackestone/Mudstone

این ریزرخساره گل‌پشتیان شامل فرامینیفراهای پلانکتونیک *Hedbergella sp.*، *Globigerinelloides sp.*، خرده‌های اکینودرم و سوزن اسپیکول اسفنج است. فراوانی آنها تا ۱۵ درصد می‌رسد که در زمینه ماتریکس میکرویتی تشخیص داده شده‌اند. لیتولوژی رسی، آشفستگی زیستی، کریستال‌های دولومیت و پیریت نیز مشاهده می‌شود. ساختار رگه‌های انحلالی نیز مشهود است که در بخش میانی سازند مورد مطالعه یافت می‌شود (شکل‌های ۲- a و ۳). تخلخل حفره‌ای و شکستگی میکرو در نمونه‌ها نیز موجود است. میزان تخلخل بر اساس نتایج آنالیز مغزه ۱۲ تا ۳۳ درصد و نفوذپذیری کمتر از ۳ میلی داریسی است (جدول ۱). به دلیل بافت گل‌پشتیان، ماهیت وجود فرامینیفراهای پلانکتونیک که در ابتدا ذکر شد؛ می‌توان محیط‌های کم‌انرژی دریای عمیق را برای این ریزرخساره در نظر گرفت (Flügel; 2004؛ شکل ۶).

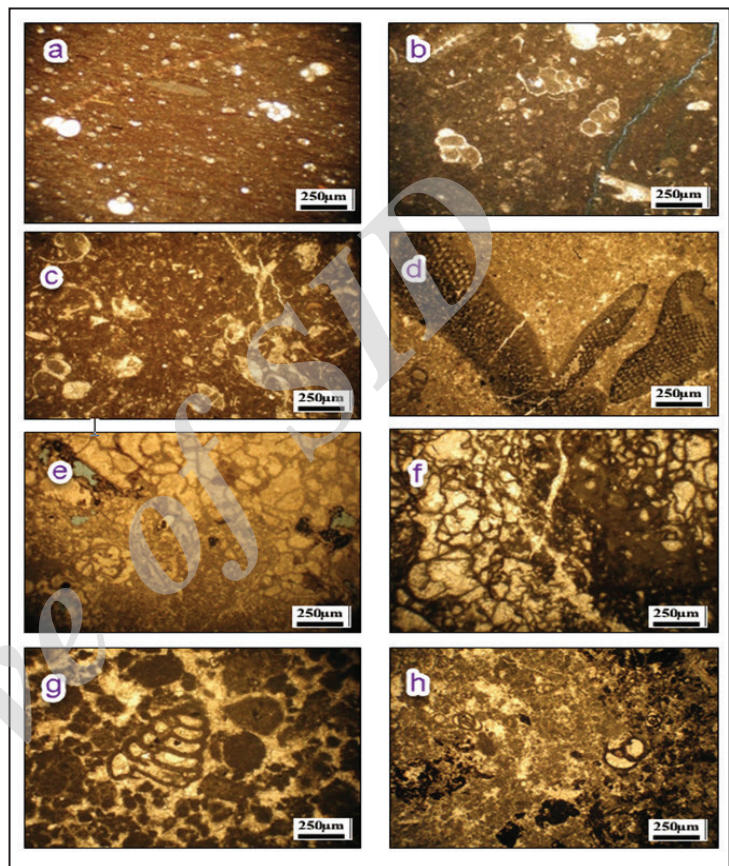
۴- ۲. MF2: Planktonic foraminifera gastropoda Wackestone

ریزرخساره مورد نظر از نوع و کستون با فراوانی گاستروپود و فرامینیفراهای

۴-۸. MF8: Bioclast Packeston / Grainstone

این ریزرخساره با خرده‌های اکتینودرم، جلبکی و فرامینفرها در بافت پکستون تا گرینستون قابل تشخیص است. سیمانی شدن و فشردگی مکانیکی شیمیایی از فرایندهای اصلی دیاژنزی است (شکل ۲- h). تخلخل از ۱۰ درصد و نفوذپذیری ۰/۳ میلی داری است. این رخساره با توسعه و فراوانی اکتینودرم در بخش دریای باز بوده و با توسعه خرده جلبک در بخش لاگون در نظر گرفته شده است. به‌طور کلی این ریزرخساره در محیط لاگون تا بخش میانی رمپ توسعه دارند (شکل ۶).

یافته است. دانه‌های اینتراکلاست از تپه‌های جلبکی میکربیتی تشکیل یافته است. بافت سنگ لکه‌ای (clotted fabric) شامل اینتراکلاست و پلیید است. فرایندهای دیاژنزی میکربیتی شدن، نئومرفیسم، سیمانی شدن و فشردگی مشهود است. در بخش زیرین داریان با MF5 و MF6 همراه است (شکل‌های ۲- g و ۳). تخلخل از ۲۱ تا ۳۶ درصد و نفوذپذیری کمتر از ۱۵ میلی داری است. بر پایه وجود فرامینفرها، نوع فابریک سنگ و فرایندهایی چون میکربیتی شدن و نئومرفیسم، محیط کم‌عمق لاگون نزدیک به تپه‌های جلبکی algal mounds را به خود اختصاص داده است (شکل ۶).

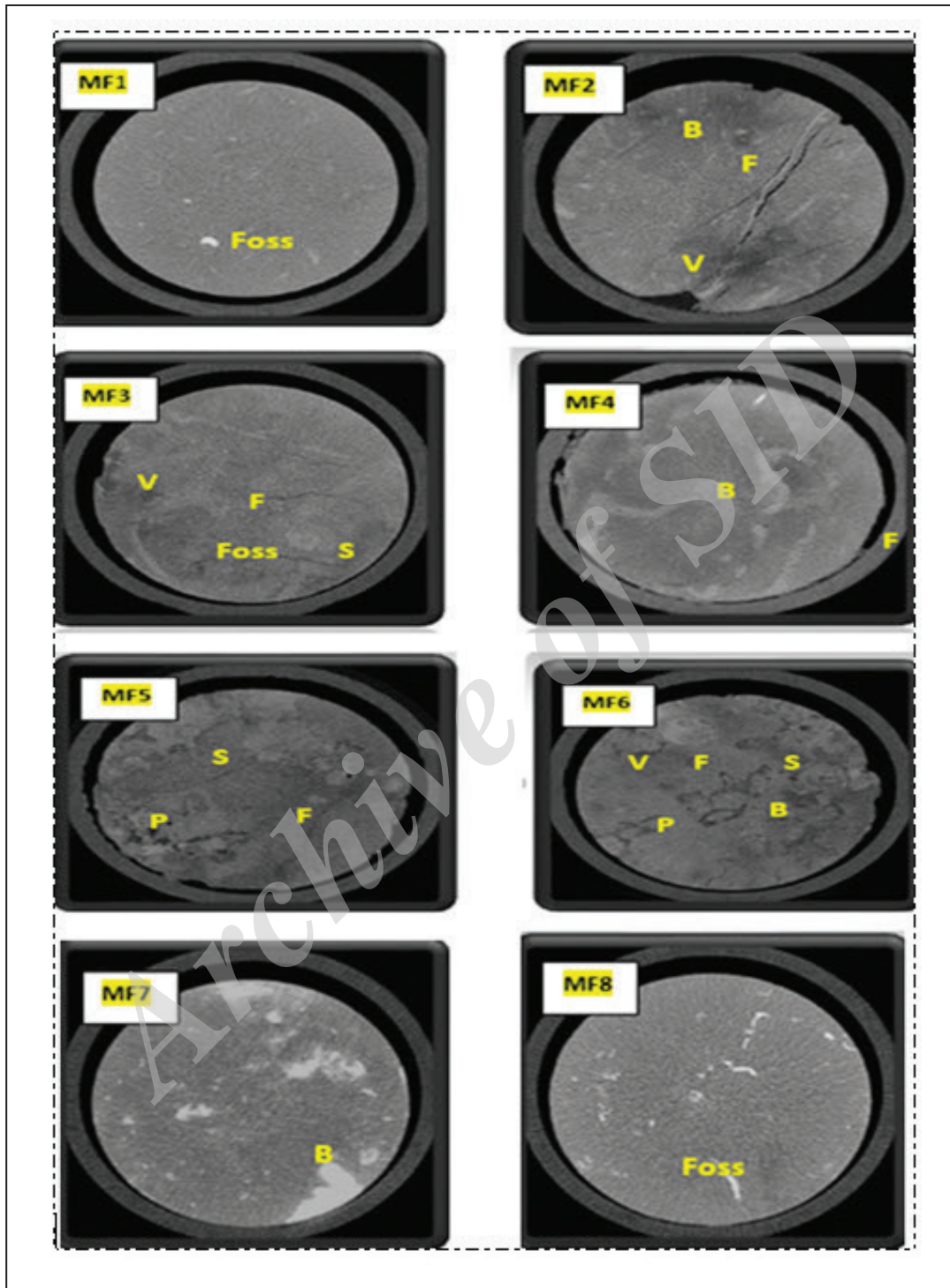


شکل ۲-۸ ریزرخساره در نمونه‌های مقطع نازک میکروسکوپی در نور معمولی.

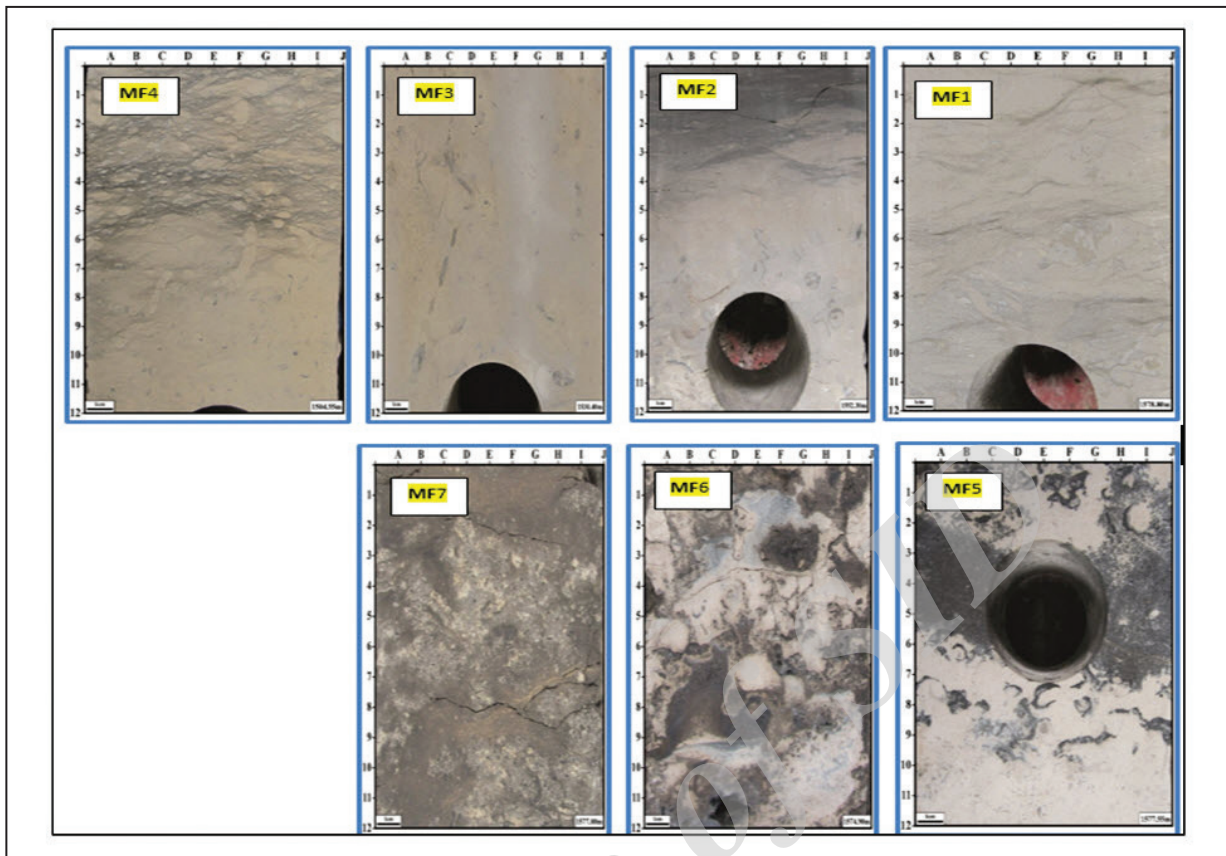
- a- MF1: Planktonic foraminifera Wackestone/Mudstone,
 b- MF2: Planktonic foraminifera gastropoda Wackestone,
 c- MF3: Pelagic Bioclastic Wackestone, d- MF4: Bioclastic orbitolina Wackestone/Mudstone, e- MF5: Foraminifera lithocodium algae Floatstone, f- MF6: Lithocodium Boundstone,
 g- MF7: Intraclast Wackestone / Packstone Foraminifera,
 h- MF8: Bioclast Packstone / Grainstone.

جدول ۱- نتایج تخلخل و نفوذپذیری مغزه‌ها برای ۸ ریزرخساره سازند داریان.

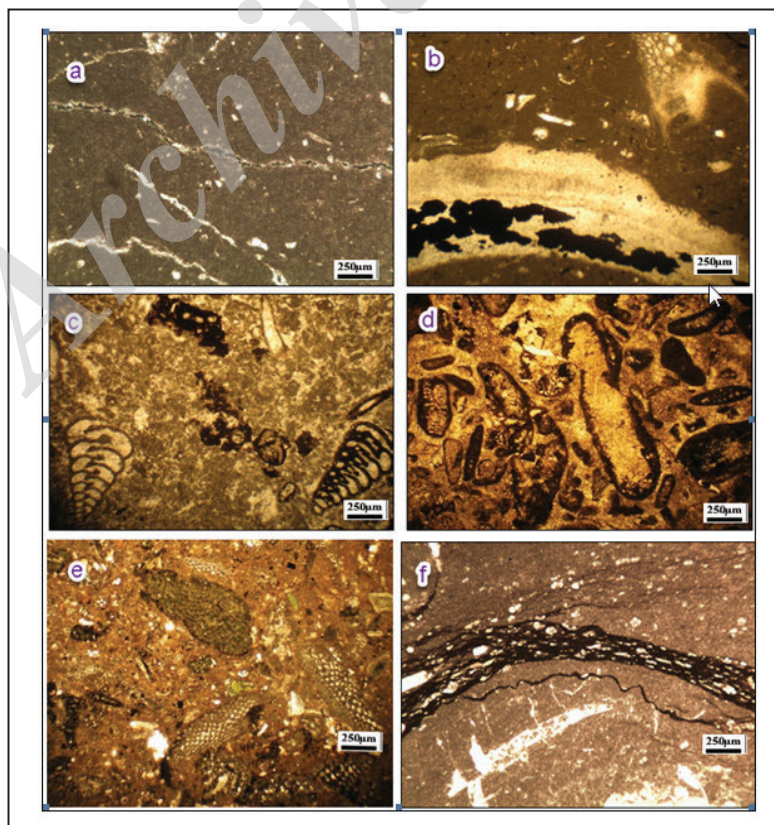
کد ریز رخساره	ریز رخساره	مقادیر ریاضی		مقادیر هندسی	
		نفوذپذیری	تخلخل	نفوذپذیری	تخلخل
ریز رخساره ۱	پلاژیک فرامینفر و کستون/پکستون	۱/۰۶	۲۶/۸۱	۰/۶۲	۲۵/۹۵
ریز رخساره ۲	پلاژیک گاستروپود و کستون	۱/۵۴	۲۳/۰۷	۰/۶	۲۲/۱
ریز رخساره ۳	بیو کلاست و کستون/مادستون	۲/۳۲	۲۷/۸۷	۱/۰۹	۲۷/۵۱
ریز رخساره ۴	بیو کلاست اربیتولینا و کستون/مادستون	۲/۵۷	۲۳/۱۴	۰/۷۱	۲۱/۴۲
ریز رخساره ۵	فرامینفر لیتوکودیوم فلوئستون	۳/۰۲	۲۹/۱۹	۳/۰۲	۲۹/۱۹
ریز رخساره ۶	لیتوکودیوم باندستون	۱۰/۲۵	۲۴/۲۷	۴/۰۴	۲۳/۸۲
ریز رخساره ۷	اینتراکلاست فرامینفر و کستون/پکستون	۳/۲۶	۲۸/۱۳	۱/۴۸	۲۷/۸۳
ریز رخساره ۸	پکستون/وکستون	۰/۱۵	۹/۹۷	۰/۱۴	۹/۹۶



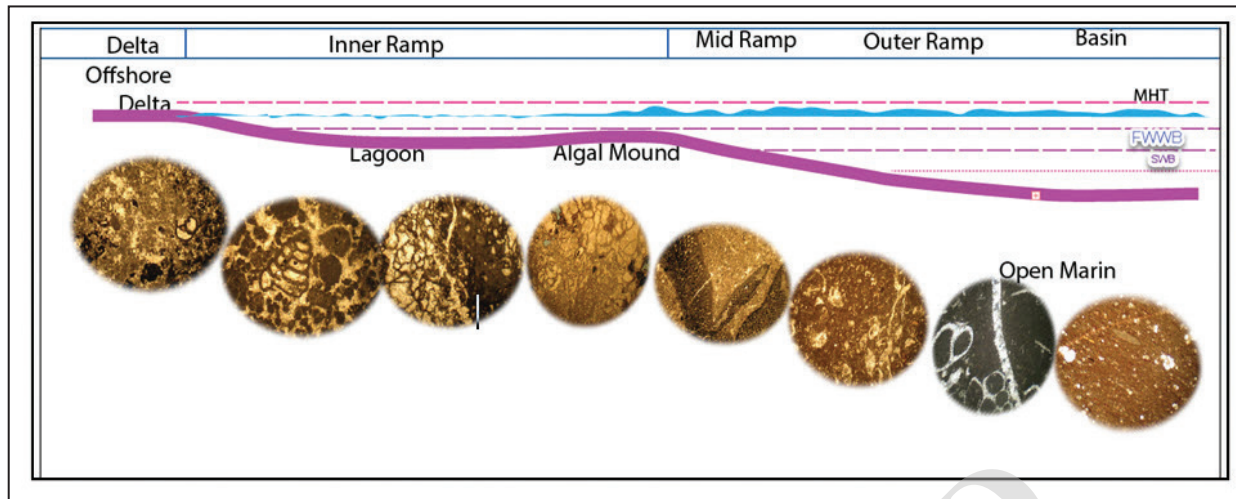
شکل ۳- آزمایشات سی تی اسکن روی ریزرخساره‌ها نمایش داده شده است. بر پایه مطالعات سی تی اسکن، ویژگی‌های رسوبی نهشته‌ها مانند شکستگی‌ها (F)، بورینگ و آشفستگی زیستی (B) (Bioturbation and Burrow fill)، نودول‌های پیریتی و پیریتی شدن (P)، ساختار انحلال فشاری و استیلولیت‌ها (S) (Solution seam and stylolite) و تخلخل حفره‌ای (V) مشخص شده است.



شکل ۴- نمونه‌های صیقلی شده، مغزه مربوط به ریزرخساره‌های سازند مورد مطالعه. در نمونه‌ها آشفته‌گی زیستی، بورینگ‌ها و شکستگی‌های مویی به خوبی مشخص است.



شکل ۵- (a) شکستگی باز و پرشدگی آن با سیمان کلسیتی؛ (b) فرایند پیریتی شدن در نمونه بیوکست؛ (c) پیریتی شدن بیوکست *Praechrysalidina*؛ (d) پوشش میکریتی و فرایند میکریتی شدن؛ (e) گلوکونیتی شدن بیوکست‌ها؛ (f) حضور استیلولیت و رگه‌های انحلالی فشاری.

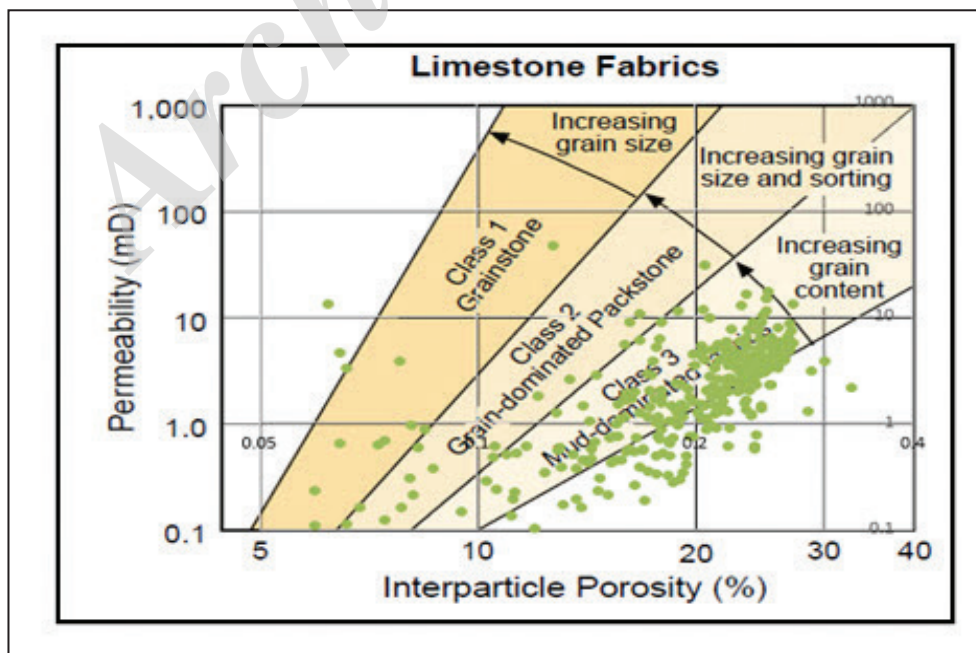


شکل ۶- مدل رسوبی رمپ هموکلینال بر اساس مطالعات آزمایشگاهی و مطابق با تغییرات ریزرخساره‌ها.

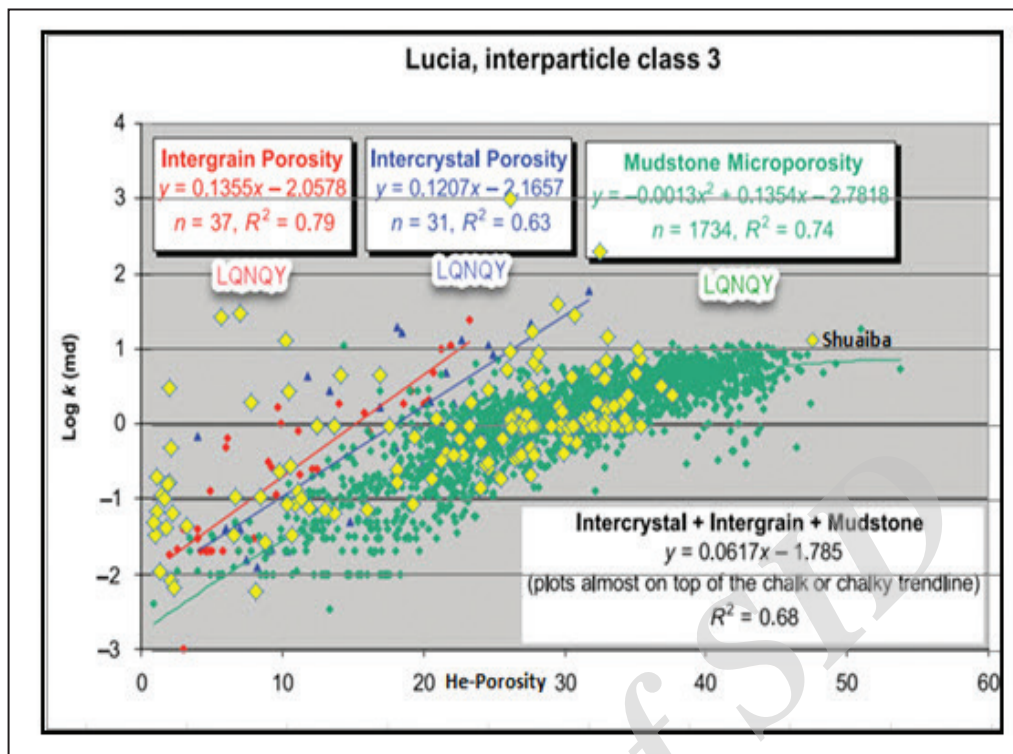
۵- مطالعه فابریک سنگ

مجزا نیز تبعیت می‌کنند. در شکل‌های ۷ تا ۱۰ انواع سیستم تخلخل‌های سازند شوئینا نمایش داده شده است. مخزن شوئینا بر اساس پراکندگی داده‌ها، تخلخل و نفوذپذیری نیز از یک سیستم آهک‌های چاکی کرتاسه به روش لونی پیروی می‌کند (شکل ۱۰). مادستون‌ها با تخلخل ریز در بین دانه‌های جلبک‌های آهکی یا بین ذرات گلی تحت تأثیر شستشو یا دیاژنز تدفینی هستند. بر اساس مطالعات آنالیز مغزه به روش تزریق جیوه (MICP; Mercury Injection Capillary Pressure)، اغلب اندازه شعاع گلوگاه‌های منافذ نمونه‌ها (Pore Throat Radius) کمتر از ۳ میکرون است (شکل ۱۱).

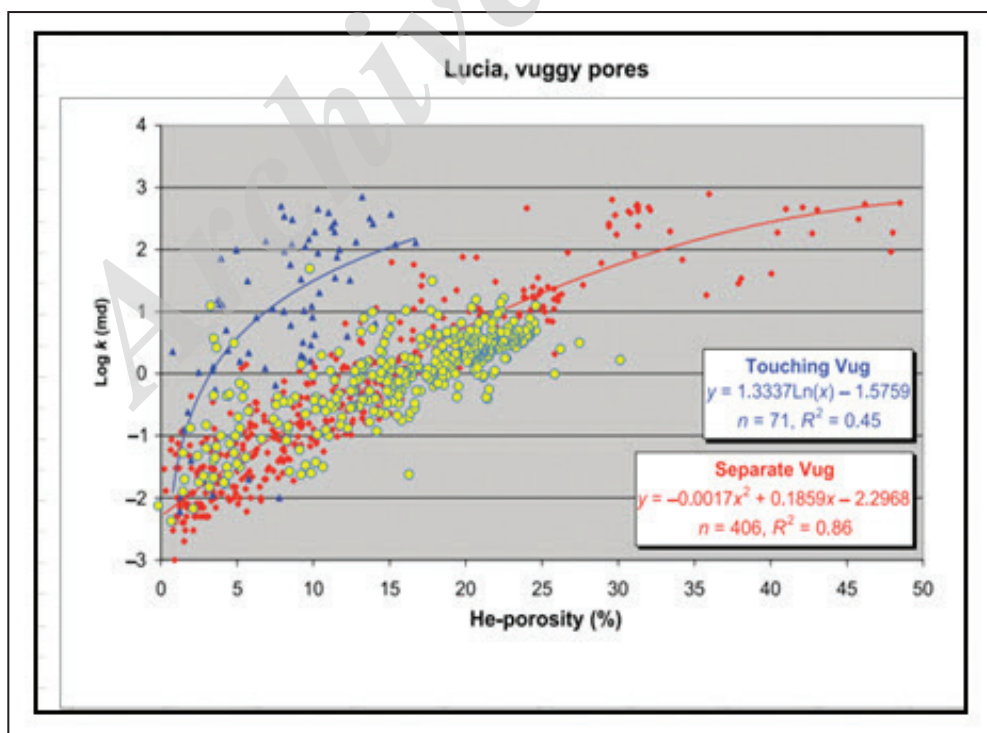
از آنجایی که اغلب ریزرخساره‌ها می‌توانند در اثر فرایندهای متنوع دیاژنری و ویژگی‌های جریان‌ی تغییر کنند؛ به همین دلیل پیدا کردن رابطه صحیح بین تخلخل و نفوذپذیری یکی از مسائل مهم در ارزیابی مخازن کربناته است. در این راستا Lønøy (2006) مدل‌هایی ارائه داده است که اهمیت توزیع تخلخل، اندازه منافذ و انواع منافذ را در طبقه‌بندی سیستم منافذ pore system بیان می‌دارد. اغلب نمونه‌ها در طبقه‌بندی Lucia 3 در محدوده گل‌افزون هستند (شکل ۶). سیستم‌های منافذ سازند داریان به روش Lønøy (2006) اغلب سیستم مادستون میکروپروستی و به‌طور پراکنده تخلخل بین دانه‌ای و بین بلوری را نمایش می‌دهند و از تخلخل‌های حفره‌ای



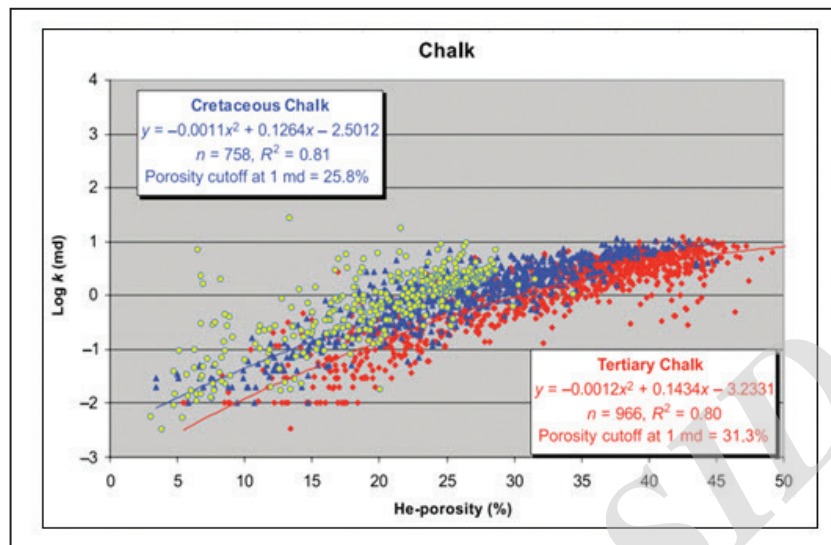
شکل ۷- پراکندگی داده‌های تخلخل و نفوذپذیری بافت گل‌افزون در رده سه لوسیا برای مخزن داریان.



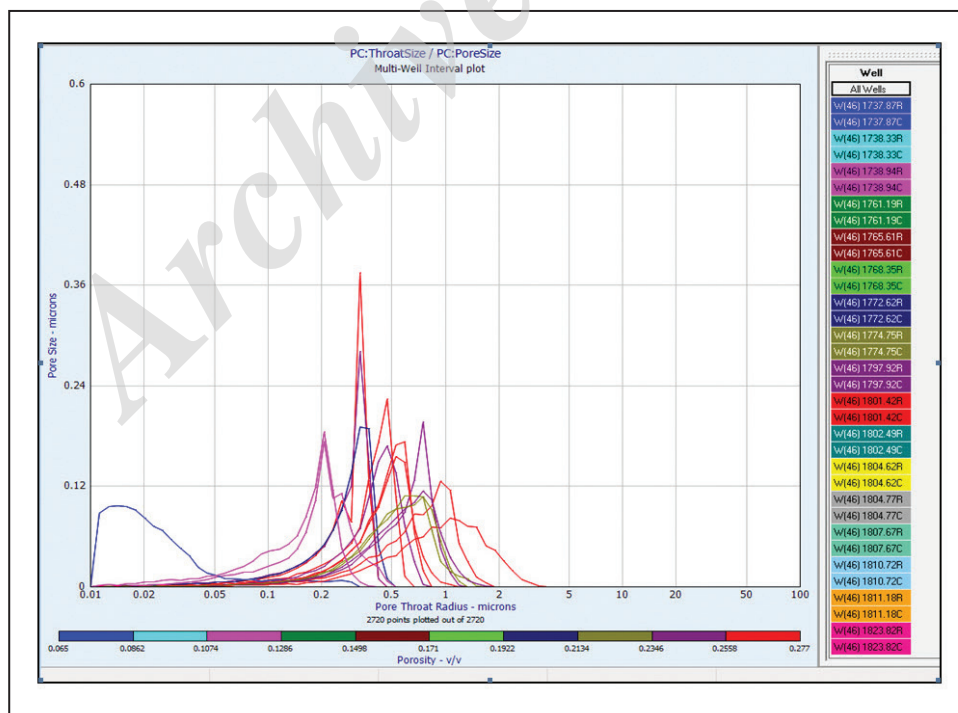
شکل ۸- مخزن شوئیبیا بر اساس پراکندگی داده‌ها یک سیستم تخلخل بین دانه‌ای از نوع مادستون میکروپروستی را نمایش می‌دهد. بعضی نمونه‌ها سیستم تخلخل‌های بین دانه‌ای و بین بلوری را نشان می‌دهند.



شکل ۹- مخزن شوئیبیا بر اساس پراکندگی داده‌های تخلخل و نفوذپذیری از یک سیستم تخلخل حفره‌ای غیر مرتبط است و فقط تعدادی کمی از نمونه‌ها تخلخل حفره‌ای متصل به هم را نمایش می‌دهند.



شکل ۱۰- مخزن شونیا بر اساس پراکنندگی داده‌های تخلخل و نفوذپذیری از یک سیستم آهک‌های چاکی کرتاسه به روش لونی پیروی می‌کند.



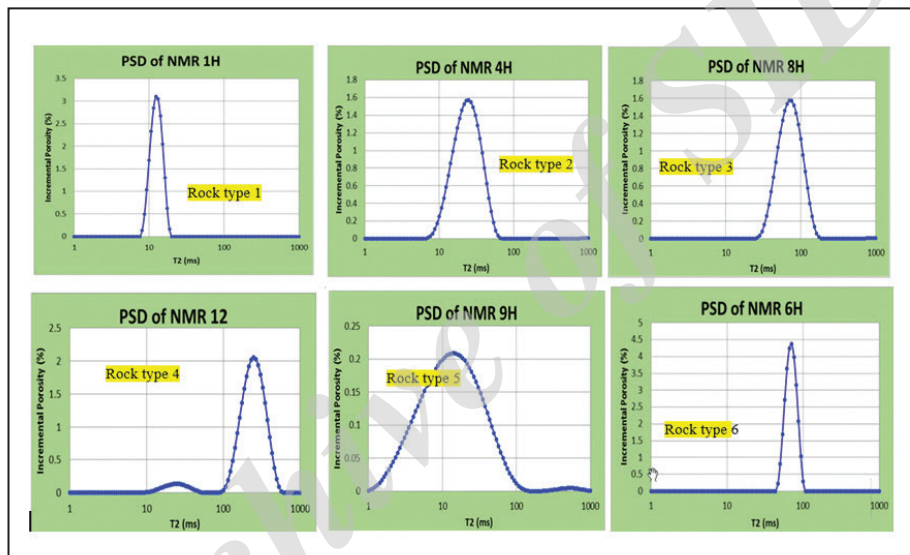
شکل ۱۱- آزمایشات تزریق جیوه MICP نمونه‌های سنگی مخزن مورد مطالعه. اندازه شعاع گلوگاه‌های منافذ Pore Throat Radius کمتر از ۳ میکرون و منافذ در حد میکرو هستند. تغییر رنگ‌ها بر اساس بعد سوم تخلخل است.

۶- نتایج تشدید مغناطیس هسته‌ای نمونه‌های مغزه و نمودار پتروفیزیکی

با بررسی‌های معمول پتروفیزیکی و تکیه بر نمودارهای مرسوم میزان اشباع‌شدگی آب بالا محاسبه می‌شود که به دلیل کاهش مقاومت ویژه است. بر این اساس در این مطالعه سعی شده است از ابزار تشدید مغناطیس هسته‌ای NMR استفاده شود تا اشباع‌شدگی آب به‌طور دقیق برای مخازن با مقاومت ویژه کم تعیین شود. دستگاه تشدید مغناطیس هسته‌ای مستقیماً چگالی هسته‌های هیدروژن درون سیالات مخزن را اندازه‌گیری می‌کند. چون چگالی هسته‌های هیدروژن موجود در آب مشخص است؛ داده‌ها می‌توانند مستقیماً تخلخل ظاهری پر شده از آب را نمایش دهند. تشدید مغناطیس هسته‌ای مربوط به پاسخ هسته اتم به میدان‌های مغناطیسی است. مغناطیس ایجاد شده از چرخش هسته‌های اتم‌ها با میدان مغناطیسی خارجی واکنش نشان می‌دهد و سیگنال‌های قابل اندازه‌گیری تولید می‌کند. بر اساس اندازه‌گیری مغناطیس هسته‌ای، اندازه منافذ، نوع سیال و تخلخل اندازه‌گیری می‌شود. بر روی ۱۵ نمونه مغزه در شرایط Air Brine و Oil brine آزمایش تشدید مغناطیس هسته‌ای انجام گرفت تا اطلاعاتی در مورد

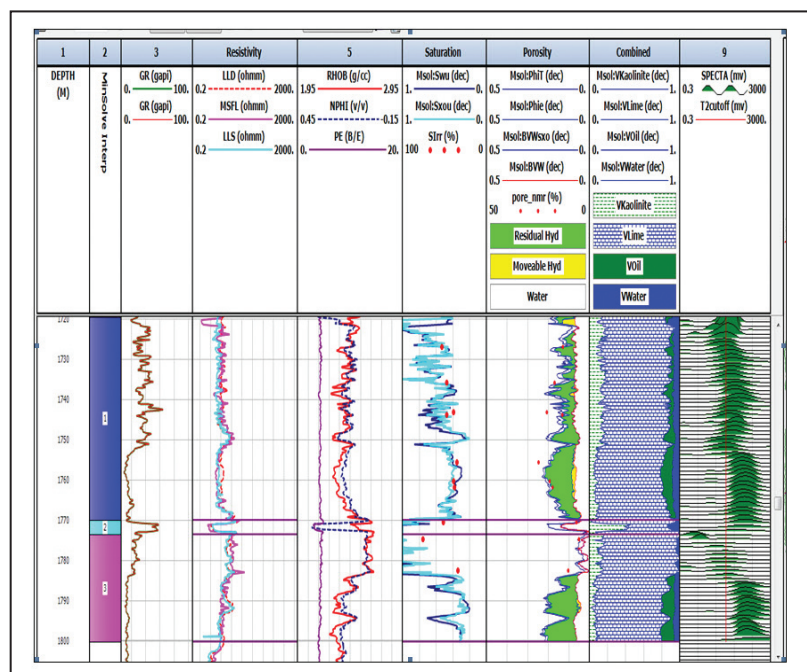
اندازه حفرات که حاوی سیالات نفت و آب هست تحت بررسی قرار گیرد. سیالات حفره می‌توانند به‌طور جزئی به آب ناحیه رسی، آب ناحیه مویی، آب قابل حرکت، گاز، نفت سبک و نفت سنگین تقسیم شوند. توزیع رفتار حفرات بر اساس گونه‌های سنگی مشخص شده است (شکل ۱۲). متوسط زمان واهلش برای گونه سنگی ۱: ۲۵ میلی‌ثانیه، برای گونه سنگی ۲: ۵۰ میلی‌ثانیه، برای گونه سنگی ۳: ۷۰ میلی‌ثانیه، برای گونه سنگی ۴: ۱۵ میلی‌ثانیه و برای گونه سنگی ۵: ۵۰۰ میلی‌ثانیه است.

مقایسه تشدید مغناطیس هسته‌ای نمودار و نتایج حاصل از آزمایش NMR مغزه در شکل ۱۳ نمایش داده شده است. نتایج ارزیابی پتروفیزیکی، انطباق خوب بین تخلخل محاسبه شده لاگ پتروفیزیکی و تخلخل مغزه را نشان می‌دهد. میزان اشباع‌شدگی آب (Swir) با نتایج حاصل از آزمایشات تشدید مغناطیس هسته‌ای نمونه‌های مغزه تصحیح شد. مقادیر اشباع‌شدگی آب در مخزن شویبا ۳۵ تا ۵۰ درصد برآورد شده است.



شکل ۱۲- تعیین گونه‌های سنگی سازند داریان بر اساس توزیع رفتار اندازه حفرات نتایج NMR. متوسط زمان آسایش T2 برای رخساره‌ها نمایش داده شده است. زمان واهلش طولانی نشان از وجود یون‌های هیدروژن و تخلخل بالا دارد.

شکل ۱۳- ارزیابی نمودارهای پتروفیزیکی، تشدید مغناطیس هسته‌ای نمودار MRIL و نتایج حاصل از آزمایش NMR مغزه. ستون اول اعماق بررسی شده، ستون دوم تعیین سه زون اصلی مخزنی، ستون سوم اشعه گاما، ستون چهارم نمودارهای مقاومت، ستون پنجم نمودارهای دانسیته و تخلخل و ستون ششم اشباع‌شدگی آب حاصل از نتایج NMR مغزه و نمودار پتروفیزیکی هستند. انطباق خوب بین تخلخل محاسبه شده لاگ پتروفیزیکی و تخلخل مغزه در ستون هفتم نمایش داده شده است. میزان اشباع‌شدگی با توجه به پایین بودن مقاومت ویژه، تغییرات ۳۰ تا ۵۰ درصدی در زون مخزنی نمایش می‌دهد که به‌صورت آب غیر جابه‌جایی است. حجم لیتولوژی سنگ آهک و کائولینیت در ستون هشتم و طیف نمودار MRIL در ستون نهم به تصویر کشیده شده است.



۷- نتیجه‌گیری

ماتریکس میکریتی یافت می‌شود. سیستم‌های منافذ نهشته‌های کربناته سازند داریان از مدل‌های تعریف شده Lucia و Lønøy از نوع تخلخل بین بلوری ریز، مدل منافذ چاکی و مادستون با تخلخل‌های میکروسکوپی پیروی می‌کند. در راستای مطالعه مخزن از نتایج تشدید مغناطیس هسته‌ای روی نمونه‌های مغزه و لاگ استفاده شده است تا میزان اشباع شدگی آب به‌طور دقیق تعیین شود. بر اساس توزیع متنوع اندازه حفرات حاصل از نتایج تشدید مغناطیس هسته‌ای، ۶ گونه سنگی قابل تشخیص است که میزان اشباع‌شدگی آب بین ۳۰ تا ۵۰ درصد در زون مخزنی دارند.

بر اساس تحلیل ریزرخساره‌ای و فابریک سنگ‌نهشته سنگ‌های هیدروکربوری با مقاومت ویژه پایین سازند داریان در بخش شرقی خلیج فارس، ۸ ریزرخساره در بخش رمپ کربناته تشخیص داده شده است که در ۵ رده گونه سنگی و جزو کلاس Lucia 3 (گل‌افزون) قرار گرفته‌اند. میزان مقاومت ویژه در زون‌های مخزن مورد بررسی تا یک اهم‌متر نیز رسیده است. فرایندهای پیریتی شدن و میکریتی شدن نیز به فراوانی در رخساره‌ها مشاهده شده است که می‌تواند در کاهش مقاومت ویژه مؤثر باشند. در ریزرخساره‌هایی نظیر رخساره‌های باندستون جلبکی گلی، رخساره‌های اربیتولین‌دار و رخساره‌های با فراوانی جلبک لیتوکودیوم،

کتابنگاری

شرکت نفت فلات قاره، ۱۳۸۵- گزارشات زمین‌شناسی در میدان سلمان، رشادت و رسالت.

References

- Al-Husseini, M. I. 2007- Iran's crude oil reserves and production. *GeoArabia*, v. 12, no. 2, p. 69-94.
- Dunham, R. J., 1962- Classification of carbonate rocks according to depositional texture In: Ham, W.E. Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologists Memoir. 1. pp. 108-121.
- Flugel, E., 2004- Microfacies of carbonate rocks. Berlin, Springer, 976p.
- Lønøy, A., 2006- Making sense of carbonate pore system: *AAPG Bulletin*, v. 90, no. 9 (September), pp. 1381-1405.

Archive of SID

Microfacies analysis and reservoir characterization low resistivity pay, Dariyan formation, Southeastern of Persian Gulf

B. Arbab^{1*}, D. Jahani² and B. Movahed³

¹Ph.D. Student, Department of Geology, Faculty of Basic Science, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

²Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Science, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

³Ph.D., Computer Aided Process Engineering (cape) Group, Tehran, Iran

Received: 2017 March 06

Accepted: 2017 September 18

Abstract

The Aptian Shuaiba deposits, in southeastern of Persian Gulf due to having resistivity less than 6 to 1 ohm.m, is considered as low resistivity pay zone. On the basis of experimental studies 8 microfacies defined which settled in a carbonate platform of homoclinal ramp model that belong to outer, middle, inner ramp. Existence micro porosity in the microfacies is main reason for lowering resistivity. Various diagenetic process are seen such as micritization and pyritization which have noticeable impact on declining resistivity. Løney method applied to address pore throat sizes which contain Inter-crystalline porosity, Chalky limestone, Mudstone micro porosity. Pore systems are at class 3 Lucia. NMR logs and core data have been used for defining reliable water saturation and reservoir characterization. Results explain that decreasing of resistivity in pay zone is related to texture and grain size variation not being existence of moved water. Irreducible water estimate for this reservoir between 30 to 50 %.

Keywords: : Dariyan formation, Carbonate Ramp, Microfacies, NMR, Rock Fabric, Low Resistivity Pay.

For Persian Version see pages 23 to 32

*Corresponding author: B. Arbab; E-mail: bitaarbab@yahoo.com

Archive of SID