

# محیط رسوبی و چین‌نگاری سکانسی نهشته‌های آسماری در میدان نفتی هفتکل (چاه ۲۸) واقع در فروافتادگی دزفول و مقایسه آن با میدان نفتی مسجدسلیمان (چاه ۱۸۶)، استان خوزستان

محمد لرستانی<sup>۱</sup>، عبدالحسین کنگازیان<sup>۲</sup> و امراله صفری<sup>۳</sup> و محمدرضا نورا<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، زاهدان، ایران  
<sup>۲</sup>استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران  
<sup>۳</sup>استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران  
<sup>۴</sup>استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، زاهدان، ایران  
 دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۶

## چکیده

سازند آسماری در میدان‌های نفتی هفتکل و مسجدسلیمان عمدتاً از سنگ‌های کربناته همراه با انیدریت و لایه‌های نازک ماسه‌سنگ و شیل تشکیل شده است که به‌طور همیشگی روی سازند پابده و در زیر سازند تبخیری گچساران قرار دارند. در این پژوهش با مطالعه مغزه‌ها و مقاطع نازک این سازند در چاه ۲۸ میدان نفتی هفتکل، محیط رسوبی و چین‌نگاری سکانسی آن بازسازی و با توالی آن در چاه ۱۸۶ مسجدسلیمان تطابق داده شده است. در این مطالعه ۱۸ ریزرخساره کربناته، ۱ ریزرخساره کربناته/انیدریت و ۲ رخصساره میکروسکوپی مخلوط کربناته-آواری، تشخیص داده شد. این ریزرخساره‌ها و رخصساره‌های میکروسکوپی در ۶ مجموعه رخصساره‌ای (شامل پهنه جزرومدی، لاگون، سد، دریای محصور شده، دریای باز و رمپ میانی/خارجی) دسته‌بندی شدند. مقایسه این مجموعه‌های رخصساره‌ای با مدل‌های رخصساره‌ای استاندارد نشان داد که نهشته‌های آسماری در یک رمپ کربناته یکنواخت تشکیل شده‌اند. تطابق بین مجموعه‌های رخصساره‌ای و فراوانی آنها در این دو میدان نشان داد که میدان نفتی هفتکل در بخش کم‌عمق‌تر و میدان نفتی مسجدسلیمان در بخش عمیق‌تر این رمپ قرار داشته‌اند. یافته‌های چین‌نگاری سکانسی برای توالی آسماری در چاه ۲۸ میدان نفتی هفتکل، ۶ سکانس رسوبی نشان داد. تلفیق این اطلاعات با پیشینه بیواستراتیگرافی توالی در چاه ۲۸ میدان نفتی هفتکل نشان داد که باید سکانس‌های رسوبی ۱ و ۲ را به آشکوب آکتانین و سکانس‌های ۳ تا ۶ را به آشکوب بوردیگالین نسبت داد. تطابق این سکانس‌ها با ۴ سکانس چاه ۱۸۶ مسجدسلیمان موجب نسبت دادن آن ۴ سکانس به آشکوب بوردیگالین شد. همچنین نشان داد که شیب نسبی رمپ کربناته، به سمت میدان نفتی مسجدسلیمان بوده است. سکانس‌های بوردیگالین این دو میدان با سکانس‌های منطقه‌ای و جهانی انطباق خوبی نشان می‌دهد که می‌تواند دلیلی بر تشکیل آنها بر اثر پدیده آواستازی باشد.

**کلیدواژه‌ها:** الیگومیوسن، ریزرخساره، چین‌نگاری سکانسی، محیط رسوبی، سازند آسماری، میدان نفتی هفتکل، میدان نفتی مسجدسلیمان.

E-mail: kangazian@khuisf.ac.ir

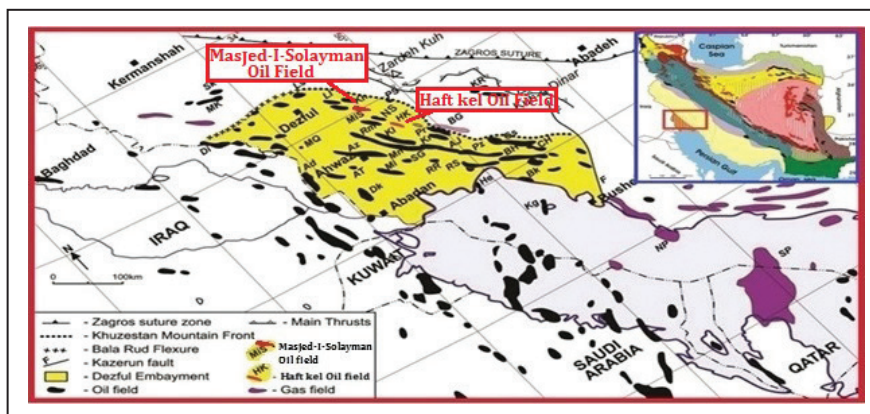
\*نویسنده مسئول: عبدالحسین کنگازیان

## ۱- پیش‌نویس

بر روی سازند آسماری - مهم‌ترین سنگ مخزن نفتی ایران در جنوب باختر کشور- مطالعات فراوان زمین‌شناسی صورت پذیرفته است (به عنوان مثال: امین‌رسولی و همکاران ۱۳۹۱؛ Seyrafi et al., 2011; Vaziri Moghaddam et al., 2010; Zabihi Zoeram et al., 2013; Kangazian and Pasandideh, 2016; Lorestani et al., 2016). اما به دلیل تغییرات لیتولوژیکی و وسعت زیاد، هنوز نیاز است تا مطالعاتی از این دست بر روی آن انجام شود. لذا این تحقیق با هدف بازسازی محیط رسوبی و شناسایی سکانس‌های رسوبی توالی آسماری در میدان نفتی هفتکل و تطابق آن با میدان نفتی مسجدسلیمان (Lorestani et al., 2016) صورت پذیرفته است.

## ۲- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی میدانی نفتی هفتکل و مسجدسلیمان

میدان نفتی هفتکل در فاصله ۷۵ کیلومتری خاور شهر اهواز قرار دارد و از شمال به میدان‌های پرسیاه و مسجدسلیمان، از شمال باختر به میدان نفت سفید، از جنوب خاور به میدان ماماتین و از جنوب باختر به میدان کویال منتهی می‌شود. این میدان نفتی تقریباً در حوالی محور حداکثر فرونشست فروافتادگی دزفول قرار دارد. ابعاد این میدان حدود ۳۵×۵ کیلومتر است. میدان نفتی مسجدسلیمان در ۱۳۵ کیلومتری شمال شهر اهواز و در قسمت شمال فروافتادگی دزفول واقع شده است. وجود دو گسل بزرگ باعث جابه‌جایی آن به سمت بالا نسبت به میدانی همجوار، همچون کارون، پرسیاه و نفت سفید شده است. این میدان به علت وضعیت خاص خود موقعیت زمین‌شناسی پیچیده‌ای دارد (مطبعی، ۱۳۷۴؛ شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و وضعیت میدانی نفتی هفتکل و مسجدسلیمان نسبت به میدانی همجوار در فروافتادگی دزفول (قتباس از Bordenave and Hegre, 2005 با کمی تغییرات).

### ۳- روش مطالعه

در این پژوهش مطالعه بر روی مغزه‌ها و مقاطع نازک بخش آرشو شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب ایران صورت پذیرفت. مغزه‌ها بر اساس روش Bates and Jackson (1980) و مقاطع نازک بر اساس Flugel (2010) بررسی و Dunham (1962) نام‌گذاری شدند. برای طبقه‌بندی نمونه‌های مخلوط آواری-کربناته از Pettijohn (1975) استفاده شد. ریزرخساره‌ها نیز با روش Lasemi and Carozzi (1981) تعیین و با رخصساره‌های استاندارد Wilson (1975) و رخصساره‌های رمپ Flugel (2010) مقایسه شدند. برای ارزیابی محیط رسوبی قدیمی ابتدا از روش Selley (2000) و قانون والتر، چینش ریزرخساره‌ها و مجموعه‌های رخصساره‌ای تعیین شد و سپس با مقایسه آنها با کمربندهای رخصساره‌ای مدل‌های رخصساره‌ای استاندارد Wilson (1975)، Flugel (2010) و Buxton and pedley (1989) مدل رسوبی سازند آسماری در محدوده میدان نفتی مورد پژوهش پیشنهاد شد. برای معرفی اصطلاحات چینه‌نگاری سکناسی از منابعی چون Emery and Myers (1996)، Catuneanu et al. (2011)، Catuneanu (2006) و Embry (2009) استفاده شد. سکناس‌های رسوبی توالی آسماری در این تحقیق با رسم نمودارهای تغییرات رخصساره‌ای و تغییرات عمق شناسایی شده‌اند.

### ۴- ریزرخساره‌های سازند آسماری در میدان نفتی هفتکل

ریزرخساره‌ها و رخصساره‌های میکروسکوپی شناسایی شده در این میدان و میدان نفتی مسجدسلیمان (Lorestani et al., 2016) را می‌توان در ۶ مجموعه رخصساره‌ای به شرح زیر دسته‌بندی کرد:

#### ۴-۱. مجموعه رخصساره‌ای پهنه جزرومدی (FAT)

این مجموعه از دو ریزرخساره T1 و T2 ساخته شده است. ریزرخساره T1 (انیدریت) که عمدتاً از بلورهای انیدریت و تا حدودی ژپیس با زمینه دولومیکرایت تشکیل شده (شکل ۲- a)، فاقد لامیناسیون و فسیل است و در بعضی موارد ساخت توری مرغی از خود نشان می‌دهد. Shearman (1985) و Rouchy et al. (1995) انیدریت‌های ندولی (ساخت توری مرغی) را به انیدریت‌های همزمان با رسوب‌گذاری در محیط سیخایی یا حاشیه پلتفرم نسبت داده‌اند. این ریزرخساره تقریباً معادل RMF شماره ۲۵ Flugel (2010) و SMF شماره ۲۵ Wilson (1975) است. آنها این رخصساره را به محیط فوق مدی/سیخایی نسبت داده‌اند. ریزرخساره T2 (باندستون استروماتولیتی) را که از لایه‌های استروماتولیتی حاصل رشد و نمو رشته‌های جلبک‌های سبز-آبی (سیانوفیتا) تشکیل شده و دارای ساختمان نواری و لایه لایه است (شکل ۲- b)، می‌توان تقریباً مشابه RMF شماره ۲۳ Flugel (2010) و SMF شماره ۲۱ Wilson (1975) دانست و به کمر بند رخصساره‌ای شماره یک Buxton and pedley (1989) نسبت داد. آنها نیز مانند Tucker (2001) این ریزرخساره را به نواحی بین جزرومدی تا زیر جزری نسبت داده‌اند. مشابه ریزرخساره T1 از توالی آسماری میدان‌های نفتی منصوری (کاوایانپور سنگو و همکاران، ۱۳۹۲) و نفت سفید (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۶) و مشابه ریزرخساره T2 نیز از توالی آسماری در مناطق استهبان، کبیرکوه دره شهر و لرستان (ابوالقاسمی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Vaziri-Moghaddam et al., 2010) شناسایی و به محیط فوق مدی نسبت داده شده است. این ریزرخساره‌ها از چاه ۱۸۶ میدان نفتی مسجدسلیمان گزارش نشده‌اند (Lorestani et al., 2016).

#### ۴-۲. مجموعه رخصساره‌ای لاگون (FAL)

این مجموعه از یک ریزرخساره مادستونی (L1)، یک ریزرخساره پکستونی (L2) و یک رخصساره میکروسکوپی غیر کربناته (شیل و مارن Mrl/Sh) به وجود آمده است. فراوانی ذرات گلی آهکی یا آواری، عدم تنوع فسیلی و یا وجود روزن‌بران کف‌زی بدون منفذ (نظیر میلیولیدها) در ریزرخساره‌های این مجموعه نشان از تشکیل آنها در شرایط آرام تا پرنانژی با چرخش محدود آب و شوری کم تا زیاد دارد (آزادبخت و همکاران، ۱۳۸۹؛ Geel, 2000). ریزرخساره L1 (مادستون آهکی) فاقد هر گونه لامیناسیون و به میزان کم دارای آشفستگی زیستی (شکل ۲- c) و تقریباً معادل

RMF شماره ۱۹ Flugle (2010) است. وی مانند Alsharhan and Kendall (2003) این ریزرخساره را به لاگون نسبت داده است. مشابه این ریزرخساره از میدان نفتی لالون و کارون نیز گزارش شده است (دهقان‌زاده و همکاران ۱۳۹۵). در ریزرخساره L2 (پکستون دارای پلویید، خرده فسیل‌دار) پلویید و خرده‌های اسکلتی به وفور و خرده‌های جلبک قرمز، روتالیا و روزن‌بر (میلیولید)، قطعات نرم تان و خارپوستان گه‌گاه مشاهده می‌شوند (شکل ۲- d). این ریزرخساره معادل SMF شماره ۱۶ Wilson (1975) و تا حدودی معادل RMF شماره ۲۰ Flugle (2010) است. حضور روزن‌بران کف‌زی با دیواره پرسلانز (میلیولیدها) مؤید تشکیل این ریزرخساره در یک محیط آرام، با چرخش محدود آب، کم‌عمق و با انرژی پایین است (Palma et al., 2007). Amirshahkarami (2013) ریزرخساره نسبتاً مشابهی را از توالی آسماری میدان نفتی رگ سفید معرفی کرده است. Lorestani et al. (2016) مشابه ریزرخساره L1 را از چاه ۱۸۶ میدان نفتی مسجدسلیمان، گزارش کرده ولی مشابه ریزرخساره L2 را مشاهده نکرده‌اند. در رخصساره میکروسکوپی مخلوط آواری- کربناته شیل تا مارن (Mrl/Sh) ذرات گلی و سیلتی کربناته و آواری به همراه کانی‌های تیره، بیتومین، مواد آلی و خرده‌های فسیلی مشاهده می‌شود (شکل ۲- e). این رخصساره دانه‌ریز می‌تواند در شرایط آرام تشکیل شود. به دلیل عدم وجود فسیل‌های روزن‌بران پلاژیک در این رخصساره میکروسکوپی نمی‌توان آن را به محیط‌های عمیق نسبت داد. چون در نواحی کم‌عمق پلتفرم به دلیل تأثیر امواج، جزرومد و جریان‌های دریایی بر روی بستر دریا تنها در بخش‌های محصور آن (مانند لاگون) دانه‌های ریز گلی می‌توانند ته‌نشست یابند (Potter et al., 2005). تشکیل این رخصساره را می‌توان به شرایط آرام لاگون (و گه‌گاه دریای محصور) نسبت داد. تناوب و همبستگی آن در توالی با دیگر ریزرخساره‌های لاگونی نیز شاهد این مدعاست. مشابه این رخصساره را آورجانی و همکاران (۱۳۹۰) از توالی آسماری میدان نفتی کوپال گزارش کرده‌اند. آنها نیز به دلایل فوق تشکیل آن را به نواحی لاگونی نسبت داده‌اند.

#### ۴-۳. مجموعه رخصساره‌ای سدی و تپه‌های ماسه‌ای زیر آبی (FAB)

این مجموعه رخصساره‌ای از ۳ ریزرخساره گرین‌ستونی (B1 تا B3) و یک ریزرخساره باندستونی (B4) تشکیل شده است. عدم وجود گل آهکی و نیز ایجاد باندستون نشانه تشکیل ریزرخساره‌های این مجموعه در شرایطی پرنانژی است (Selley et al., 2005). ریزرخساره B1 (گرینستون دارای روزن‌بران کف‌زی و خرده فسیل) عمدتاً از روزن‌بران کف‌زی و خرده‌های دوکفه‌ای و به میزان کمتر از خارپوست، جلبک قرمز و شکم‌پا در زمینه‌ای از سیمان کلسیتی تشکیل (شکل ۲- f) و معادل RMF شماره ۲۷ Flugle (2010) گرفته شده و به سدهای ماسه‌ای (Shoal) نسبت داده شده است. سدهای ماسه‌ای در نواحی پرنانژی محیط‌های عهد حاضر تشکیل می‌شوند. هر چند گرینستون‌های خرده‌فسیل‌دار می‌توانند در بخش‌های مختلف رمپ (خارجی، میانی و داخلی) تشکیل شوند (Dumoulin et al., 2006). اما نوع فسیل‌های این ریزرخساره و تناوب آن با ریزرخساره‌های لاگون و دریای محصور در توالی، نشانگر تشکیل آن در سدهای ماسه‌ای بخش داخلی رمپ است. Tesovic et al. (2001) برای تشکیل چنین ریزرخساره‌هایی تلاطم بالای آب را لازم دانسته‌اند. مشابه این رخصساره از توالی آسماری در نقاط دیگر زاگرس گزارش شده است (Amirshahkarami et al., 2007). در ریزرخساره B2 (گرینستون دارای آئید و اینترکلاست) آلوکم‌های اصلی، آئید و اینترکلاست است. ولی گاهی مقدار کمی آلوکم‌های فرعی دیگر مانند روزن‌بران کف‌زی، خرده‌های شکم‌پایان، خرده‌فسیل‌های میکریتی شده و پلویید نیز در آن مشاهده می‌شود (شکل ۲- g). این ریزرخساره معادل RMF شماره ۲۹ Flugle (2010) در نظر گرفته شده و به سدهای ماسه‌ای (Shoal) آئیدی جدا کننده بخش کم‌عمق ناحیه داخل رمپ از بخش عمیق آن و کاهنده انرژی امواج نسبت داده شده است (Aghaei et al., 2013). آئیدهای با جورشدگی خوب این ریزرخساره تماماً میکرایتی شده‌اند و هسته آنها تحت تأثیر

تشکیل شده‌اند. اجزای اصلی ریزرخساره O1 (وکستون دارای خارپوست) قطعات خارپوستان و اجزای فرعی آن قطعات جلبک‌های قرمز و پوسته‌های روزن‌بران کفزی منفذدار است (شکل ۲-۱). زمینه این ریزرخساره را گل آهکی اشغال کرده که باعث ایجاد بافت گل‌پشتیان شده است. در ریزرخساره O2 (وکستون دارای اینترکلاست) اینترکلاست آلوکم اصلی و ذرات پلویید و روزن‌بر آلوکم فرعی محسوب می‌شوند (شکل ۲-۲). هر چند اینترکلاست‌ها میکربیتی هستند ولی به دلیل برخی از آثار باقیمانده احتمالاً می‌توان آنها را قطعات جلبکی میکربیتی شده دانست و آنها را اینترکلاست جلبکی نامید (Flugle, 2010). اینترکلاست‌های جلبکی از تخریب و جابه‌جایی بانداستون‌های جلبکی - مرجانی (Alonzo and Atteiga, 1986) حاصل شده‌اند. فضای بین این قطعات را گل آهکی و گاه سیمان کلیستی پر کرده است. این ریزرخساره تقریباً معادل RMF شماره ۸ (Flugle, 2010) است. وی تشکیل آن را به محیط‌هایی با چرخش آزاد آب نسبت داده است. ریزرخساره O1 از چاه ۱۸۶ میدان نفتی مسجدسلیمان (Lorestani et al., 2016) و چاه شماره ۱۹ میدان نفتی پارس (رحمانی، ۱۳۹۰) گزارش شده ولی ریزرخساره O2، از این دو میدان گزارش نشده است. با این وجود دهقان‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) مشابه این دو ریزرخساره را از میداین نفتی لالی، کارون و مسجدسلیمان گزارش کرده و به محیط دریای باز نسبت داده‌اند. ریزرخساره O3 (وکستون دارای جلبک قرمز) اغلب از قطعات جلبک‌های قرمز با زمینه گل آهکی تشکیل شده است. گاه در زمینه گلی آن قطعات خارپوستان و مقدار کمی خرده‌های نرم‌تان و پوسته‌های روزن‌بران کفزی و نیز دانه‌های غیراسکلتی (پلت و اینترکلاست) همراه با آشفنگی زیستی مشاهده می‌شود (شکل ۲-۲). این ریزرخساره تقریباً معادل RMF شماره ۱۵ (Flugle, 2010) و SMF شماره ۶ (Wilson, 1975) است. وجود خرده‌های جلبک قرمز به عنوان آلوکم اصلی در این ریزرخساره نشان می‌دهد که این ریزرخساره در اطراف ریف‌ها و از خرد شدن آنها تشکیل شده است. Friedman (1965) حضور جلبک قرمز را نشان‌دهنده وجود شرایط دریای باز می‌داند. ریزرخساره مشابه آن از توالی‌های دیگر سازند آسماری گزارش شده است (آورجانی و همکاران، ۱۳۹۰). اجزای اصلی ریزرخساره O4 (پکستون دارای خارپوست) را قطعات خارپوست و اجزای فرعی آن را روزن‌بران کفزی تشکیل می‌دهند. زمینه آن گل آهکی و بافتش دانه‌پشتیان است (شکل ۲-۳). این ریزرخساره و ریزرخساره O1 را می‌توان با RMF شماره ۷ (Flugle, 2010) و SMF شماره ۱۰ (Wilson, 1975) مقایسه کرد. آنها تشکیل این ریزرخساره‌ها را به محیط‌هایی با چرخش آزاد آب نسبت داده‌اند. هر چند امروزه خارپوستان در نواحی عمیق دریا زیست می‌کنند و از رمپ میانی تا رمپ داخلی گزارش شده‌اند، ولی خارپوستان فسیل در بخش دریای باز و با شوری نرمال دریا زندگی می‌کرده‌اند (Scholle and Ulmer-Scholle, 2003; Insalaco et al., 2006). همراهی آنان با روزن‌بران منفذدار (Geel, 2000) در این دو ریزرخساره (O1 و O4) نشان‌دهنده تشکیل آنها در این شرایط است. ریزرخساره مشابه آن از میدان نفتی نفت سفید (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۶) نیز گزارش و به محیط دریای باز نسبت داده شده است. اجزای تشکیل‌دهنده ریزرخساره O5 (پکستون دارای اینترکلاست، جلبک‌دار) اینترکلاست‌ها و جلبک‌های قرمز هستند که در زمینه‌ای از گل آهکی قرار دارند (شکل ۲-۴). اجزای فرعی دیگری شامل پوسته‌های روزن‌بران کفزی و خرده‌های خارپوستان نیز در آن دیده می‌شوند. با توجه به وجود جلبک‌های قرمز، خارپوست و روزن‌داران کفزی که مربوط به محیط دریای باز و بالاتر از سطح اساس امواج طوفانی هستند، این ریزرخساره به قسمت کم‌عمق (پرانرژی‌تر) دریای باز نسبت داده می‌شود (Friedman, 1965; Geel, 2000; Flugle, 2010). وجود جلبک قرمز می‌تواند شاهد ارتباط آن با بانداستون‌های جلبکی (B4) این مجموعه نیز باشد. این ریزرخساره را می‌توان تقریباً معادل RMF شماره ۱۴ و ۱۵ (Flugle, 2010) دانست. وی تشکیل این ریزرخساره‌ها را به محیط‌هایی با چرخش آزاد آب نسبت داده است. افراد زیادی این ریزرخساره را در توالی آسماری در حوضه زاگرس معرفی کرده و به دریای باز یا به رمپ میانی نسبت داده‌اند (آورجانی و همکاران، ۱۳۹۰؛

انحلال قرار گرفته و فضای بین آنها توسط سیمان کلیستی پر شده است. ریزرخساره نسبتاً مشابهی را آورجانی و همکاران (۱۳۹۰) از توالی آسماری میدان نفتی کوپال و (Kangazian and Pasandideh, 2016) از طاق‌دیس خاییز گزارش کرده‌اند. دانه‌های اصلی ریزرخساره B3 (گرینستون دارای پلویید) را پلوییدها و دانه‌های فرعی آن را روزن‌بران کفزی، قطعات خارپوستان و کمی آئید تشکیل می‌دهند (شکل ۲-۲). فضای خالی بین این آلوکم‌ها را سیمان اسپاریتی پر کرده است. این ریزرخساره قابل مقایسه با RMF شماره ۳۰ (Flugle, 2010) و SMF شماره ۱۶ (Wilson, 1975) است. آنها تولید چنین ریزرخساره‌ای را به سدهای ماسه‌ای (Shoal) - که حاصل شرایط پرانرژی و حتی ناگهانی (Aghaei et al., 2013) هستند - نسبت داده‌اند. (Vaziri Moghaddam et al., 2010) ریزرخساره مشابهی را در سازند آسماری در رمپ داخلی گزارش کرده‌اند. مشابه ریزرخساره‌های فوق از چاه ۱۸۶ میدان نفتی مسجدسلیمان گزارش نشده است (Lorestani et al., 2016). ریزرخساره B4 (بانداستون مرجانی جلبکی) که از قطعات مرجان و جلبک قرمز (و گاه قطعات خارپوستان و خرده‌های بریوزوئر) تشکیل شده (شکل ۲-۲) معادل RMF شماره ۱۲ (Flugle, 2010) و SMF شماره ۷ (Wilson, 1975) بوده و حضور جلبک قرمز در آن نشان‌دهنده ایجاد ساختار ریفی پایدار در مقابل امواج و تشکیل در شرایط پرانرژی است (Scholle and Ulmer-Scholle, 2003; Koeshidayatullah et al., 2013). گسترش ریف در این توالی در میدان‌های نفتی گچساران (Edgell, 1997)، لالی، کارون و مسجدسلیمان (دهقان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵؛ Lorestani et al., 2016) و در طاق‌دیس خاییز (Kangazian and Pasandideh, 2016) نیز گزارش شده است.

#### ۴-۴. مجموعه رخساره‌های دریای محصور شده (FAR)

این مجموعه از ریزرخساره‌های پکستونی R1 و وکستونی R2 تشکیل شده است. فراوانی روزن‌بران کفزی بدون منفذ و گل آهکی در این ریزرخساره‌ها دلیلی بر تشکیل آنها در محیطی محصور و با انرژی کم تا متوسط است (Geel, 2000). در ریزرخساره R1 (پکستون دارای روزن‌بران کفزی بدون منفذ) اجزای اصلی تشکیل‌دهنده روزن‌بران کفزی بدون منفذ و اجزای فرعی روزن‌بران دیگر، خرده‌های نرم‌تان، بریوزوئرها، قطعات خارپوستان، جلبک‌های قرمز و پلویید هستند (شکل ۲-۲). اجزای تشکیل‌دهنده ریزرخساره R2 (وکستون دارای روزن‌بران کفزی بدون منفذ) مشابه اجزای تشکیل‌دهنده ریزرخساره R1 ولی بر خلاف آن دارای فابریک گل‌پشتیان است و گاه آثاری از آشفنگی زیستی در آن دیده می‌شود (شکل ۲-۲). این ریزرخساره‌ها قابل مقایسه با RMF شماره ۱۶ (Flugle, 2010) و SMF شماره ۱۸ (Wilson, 1975) هستند. این محققین تشکیل چنین ریزرخساره‌هایی را به محیط‌های محصور بدون چرخش آزاد آب نسبت داده‌اند. حضور روزن‌بران کفزی بدون منفذ به محصور بودن محیط (Geel, 2000) و تناوب آن با مجموعه‌های رخساره‌ای دریای باز و سد، به مجاورت محیط این دو مجموعه در زمان تشکیل دلالت دارد. با این وجود فابریک دانه‌پشتیان در ریزرخساره R1 تشکیل آن را به بخش‌های با انرژی متوسط و فابریک گل‌پشتیان در ریزرخساره R2 تشکیل آن را به بخش‌های کم‌انرژی (Dunham, 1962) زیرمحیط دریای محصور نسبت می‌دهد. مشابه این ریزرخساره‌ها از توالی میداین نفتی لالی، کارون و مسجدسلیمان (دهقان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵؛ Lorestani et al., 2016) گزارش و به محیط دریای محصور نسبت داده شده است.

#### ۴-۵. مجموعه رخساره‌های دریای باز (FAO)

این مجموعه رخساره‌ای از ۳ ریزرخساره وکستونی (O1 تا O3) و ۲ ریزرخساره پکستونی (O4 و O5) ساخته شده است. رخساره بانداستونی B4 نیز در این مجموعه حضور دارد. عدم وجود (یا فراوانی کم) روزن‌بران کفزی بدون منفذ و وجود تنوع فسیلی (Geel, 2000) از جمله دلایل تشکیل ریزرخساره‌های این مجموعه در شرایط چرخش آزاد آب است. با این وجود از نظر انرژی شرایط تشکیل هر کدام از این ریزرخساره‌ها متفاوت است. به طوری که ریزرخساره‌های پکستونی و بانداستونی در شرایط پرانرژی‌تر و ریزرخساره‌های وکستونی در شرایط کم‌انرژی‌تر

آسماری در چاه ۲۸ میدان نفتی هفتکل و چاه ۱۸۶ میدان نفتی مسجدسلیمان با ویژگی‌های رسوبات محیط‌های رسوب‌گذاری عهد حاضر -مانند خلیج فارس- (Tucker and Wright, 1990) و با مدل‌های رخساره‌ای کربناته پذیرفته شده (Wilson, 1975; Buxton and Pedley, 1989; Flugle, 2010) می‌توان یک مدل رمپ کربناته یکنواخت (Homoclinal) برای آنها پیشنهاد کرد (شکل ۳). عدم وجود رخساره‌های توریدیتی و ریف‌های سدی وسیع و پراکندگی آلوکم‌ها در کل ریزرخساره‌ها و رخساره‌های میکروسکوپی این نهشته‌ها در این میدان نفتی، این نتیجه‌گیری را تقویت می‌کند. بنا به نظر Flugle (2010) این رمپ را می‌توان به بخش‌های رمپ داخلی (Inner Ramp)، رمپ میانی (Mid Ramp) و رمپ خارجی (Outer Ramp) تقسیم‌بندی کرد. بر اساس شرح و تفسیر ریزرخساره‌ها، رخساره‌های میکروسکوپی و مجموعه‌های رخساره‌ای می‌توان نتیجه گرفت که ریزرخساره‌ها و رخساره‌های میکروسکوپی مجموعه‌های پهنه جزرومدی (FAT)، لاگون (FAL)، سدی/تپه‌های ماسه‌ای زیرآبی (FAB)، دریای محصور شده (FAR) و دریای باز (FAO) در بخش رمپ داخلی؛ و ریزرخساره‌ها و رخساره‌های میکروسکوپی مجموعه رمپ میانی و خارجی (FAM) در بخش‌های رمپ میانی و خارجی نهشته می‌شده‌اند. Lorestani et al. (2016) نیز مدل رسوبی حوضه تشکیل نهشته‌های آسماری در میدان نفتی مسجدسلیمان را یک رمپ کربناته هموکلینال معرفی کرده‌اند. مقایسه آماری مجموعه‌های رخساره‌ای میدان هفتکل در این مطالعه با مجموعه‌های رخساره‌ای میدان نفتی مسجدسلیمان (Lorestani et al., 2016) نشان می‌دهد که مجموعه‌های رخساره‌ای پهنه جزرومدی (FAT)، لاگون (FAL) و سدی/تپه‌های ماسه‌ای زیرآبی (FAB) در توالی آسماری میدان هفتکل فراوانی بیشتری دارند. در حالی که مجموعه رخساره‌ای پهنه جزرومدی (FAT)، در میدان نفتی مسجدسلیمان دیده نمی‌شود (Lorestani et al., 2016) و مجموعه‌های رخساره‌ای دریای محصور شده (FAR)، دریای باز (FAO) و رمپ میانی/خارجی (FAM) نیز در توالی آسماری فراوان‌تر هستند. بنابراین نهشته‌های آسماری در میدان نفتی هفتکل به‌طور نسبی در بخش کم‌عمق‌تر و رو به ساحل و نهشته‌های آسماری میدان نفتی مسجدسلیمان در بخش عمیق‌تر و رو به دریای این رمپ تشکیل شده‌اند و شیب نسبی رمپ رو به میدان نفتی مسجدسلیمان بوده است (شکل ۳).

#### ۵-۲. چینه‌نگاری سکناسی توالی آسماری در میدان نفتی هفتکل (چاه ۲۸)

مطالعه پاراسکناس‌ها و سری‌های پاراسکناسی و تغییرات روند آنها بر روی نمودار تغییرات عمق که بر اساس مدل رسوبی پیشنهادی و ستون رخساره‌ای ترسیم شد، مبنای تشخیص سکناس‌های رسوبی در طول توالی آسماری در چاه ۲۸ میدان نفتی هفتکل است. در این توالی بر مبنای نظر Embry (2009) ۵ سطح سکناسی از نوع حداکثر پسروری (MRS) تشخیص داده شد. این سطوح با تغییر روند رسوب‌گذاری از حالت کم‌عمق شونده ( $S > A$ ) به روند رسوب‌گذاری عمیق شونده ( $S < A$ ) شناخته می‌شوند (Embry, 2009). سطوح شناخته شده مذکور (که در این تحقیق معادل سطوح سکناسی درجه دوم SBII نیز در نظر گرفته شده است) باعث جدا شدن ۶ سکناس رسوبی (Sq1 تا Sq6) شد. البته مرز سکناسی سکناس آخر (Sq6) -که با مرز لیتولوژیکی سازند آسماری و سازند گچساران یکسان است- بر اساس نظر Embry (2009) از نوع SU یا مرز چینه‌ای فرسایشی است (که در این تحقیق معادل مرز سکناسی نوع اول SBI نیز در نظر گرفته شد). با توجه به زیست‌چینه‌نگاری به عمل آمده بر روی این چاه توسط نادرپور و همکاران (۱۳۸۶) می‌توان سکناس‌های Sq1 و Sq2 این توالی را به اشکوب آکیتائین و سکناس‌های Sq3 تا Sq6 آن را به زمان بوردیگالین نسبت داد.

#### ۵-۳. شرح سکناس‌های رسوبی درجه سوم توالی آسماری در میدان نفتی

##### هفتکل (چاه ۲۸)

سکناس‌های رسوبی ۱ (Sq1)، ۲ (Sq2) و ۳ (Sq3) مربوط به بخشی از توالی است می‌توان که به آن سنی معادل اشکوب آکیتائین نسبت داد (نادرپور و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به عمق حفاری شده چاه، تنها سیستم تراکت HST این سکناس در دسترس

(Zabihi Zoeram et al., 2013). در چاه ۱۸۶ میدان نفتی مسجدسلیمان ریزرخساره‌های O1، O3 و O4 مشاهده شده ولی ریزرخساره‌های O2 و O5 دیده نشده است (Lorestani et al., 2016).

#### ۴-۶. مجموعه رخساره‌های رمپ میانی / خارجی (FAM)

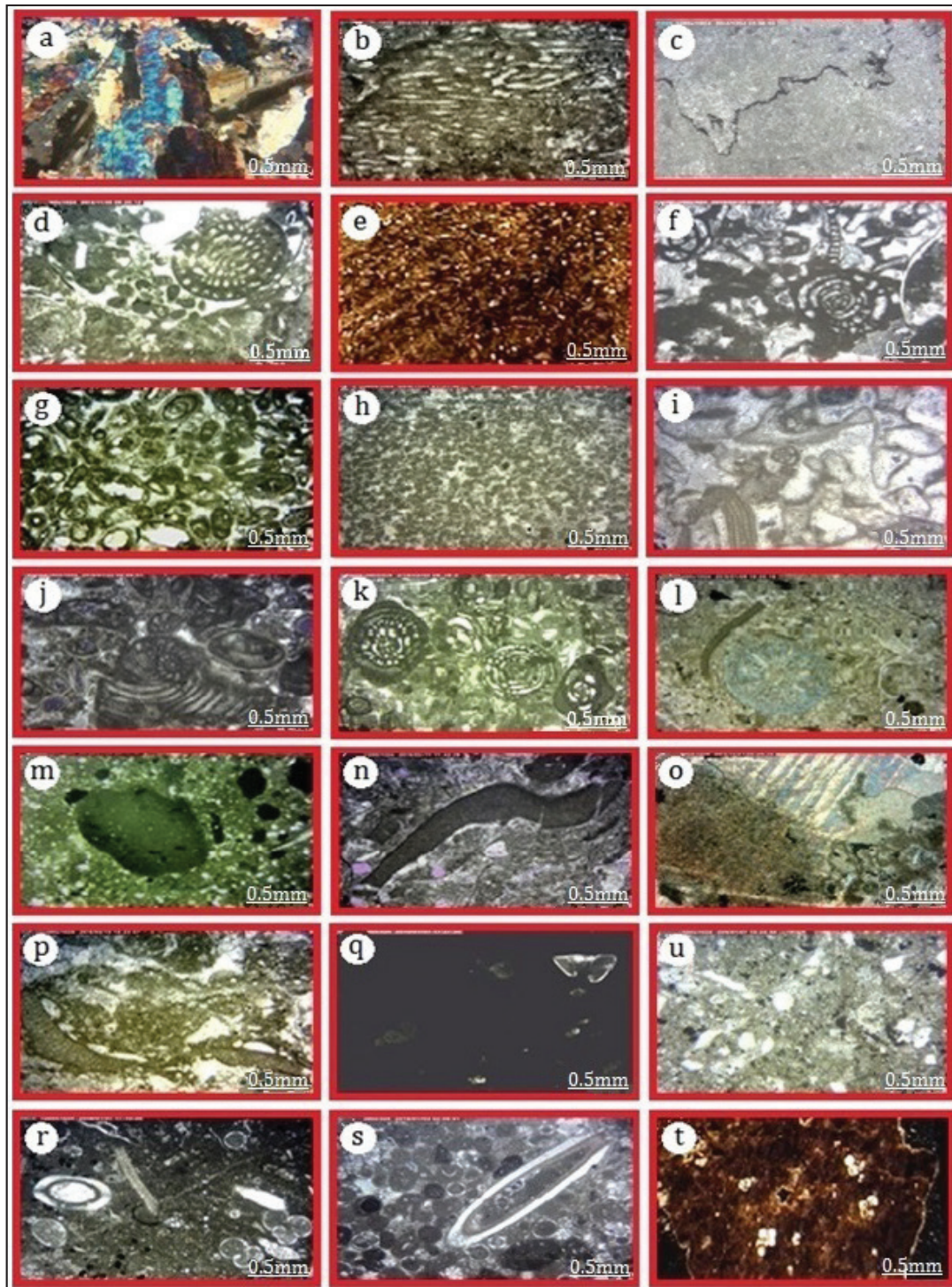
این مجموعه رخساره‌ای از یک ریزرخساره مادستونی (M1)، ۲ ریزرخساره و کستونی (M2 و M3)، یک ریزرخساره پکستونی (M4) و یک رخساره میکروسکوپی غیر کربناته (پلاژیک شیل Plg/Sh) تشکیل شده است. حضور موجودات پلاژیک و وفور گل آهکی در اکثر ریزرخساره‌های این مجموعه تشکیل آنها را به محیط‌های زیر خط اثر امواج عادی نسبت می‌دهد. با این وجود فابریک متفاوت ریزرخساره‌های این مجموعه نشان از متغیر بودن انرژی در محیط تشکیل آنها دارد. زمینه اصلی تشکیل‌دهنده ریزرخساره M1 (مادستون دارای فسیل‌های پلاژیک) گل آهکی است که روزن‌بران پلاژیک و خرده‌های آنها در آن قرار دارند (شکل ۲-۲). از دیگر اجزای این ریزرخساره می‌توان به خرده‌های بریوزوتر و خرده‌های جلبک‌های قرمز اشاره کرد که می‌توان آنها را قطعات آلوکتونوس آورده شده از محیط‌های کم‌عمق‌تر دانست (Tucker and Wright, 1990). مشابه این ریزرخساره را کیمیاگری و همکاران (۱۳۸۵) از توالی آسماری ناحیه لالی گزارش کرده‌اند. در ریزرخساره M2 (ریزرخساره و کستون دارای خرده فسیل، پلوییدار) دانه‌های پلویید و خرده‌های اسکلتی آلوکم اصلی و در زمینه‌ای از گل آهکی شناور هستند (شکل ۲-۲). گاه در این ریزرخساره ذرات خرد شده جلبک قرمز و روزن‌بران کفزی و پلاژیک به مقدار بسیار اندک به همراه آشفستگی زیستی مشاهده می‌شوند. Flugle (2010) متنوع بودن محتوای فسیلی، آثار آشفستگی زیستی و وجود پلویید را دلیل تشکیل این ریزرخساره در زیر خط اثر امواج دانسته و آن را به محیط رمپ میانی تا خارجی نسبت داده است. این ریزرخساره معادل RMF شماره ۳ (Flugle, 2010) و معادل SMF شماره ۸ (Wilson, 1975) است. ریزرخساره M3 (وکستون دارای روزن‌بران پلاژیک، خرده‌فسیل‌دار) دارای روزن‌بران پلاژیک به همراه روزن‌بران کفزی و استراکداست (شکل ۲-۲). مشابه این ریزرخساره از میادین پارس (رحمانی، ۱۳۹۰) و لالی (کیمیاگری و همکاران، ۱۳۸۵) گزارش شده است. زمینه اصلی تشکیل‌دهنده ریزرخساره M4 (پکستون دارای روزن‌بران پلاژیک و پلوییدی) گل آهکی و آلوکم اصلی آن روزن‌بران پلاژیک و خرده‌های آن است (شکل ۲-۲). این ریزرخساره بر خلاف دیگر ریزرخساره‌های این مجموعه فابریک دانه‌پشتیبان دارد. اجزای فرعی تشکیل‌دهنده آن شامل قطعات کوچک خارپوست، خرده‌های نرم‌تان، بریوزوتر و استراکداست. گاهی آلوکم‌های این ریزرخساره بر اثر میکریتی شدن به پلویید تبدیل شده‌اند. این ریزرخساره و ریزرخساره‌های M1 و M3 را می‌توان تقریباً معادل RMF شماره ۵ (Flugle, 2010) و SMF شماره ۳ (Wilson, 1975) در نظر گرفت. آنها تشکیل این ریزرخساره‌ها را به محیط‌های زیر خط اثر امواج نسبت داده‌اند. ابوالقاسمی و همکاران (۱۳۹۰) نیز مشابه این ریزرخساره را از توالی آسماری در استهبان گزارش کرده‌اند. رخساره میکروسکوپی Plg/Sh (پلاژیک شیل) یک رخساره میکروسکوپی مخلوط کربناته- آواری است. این رخساره میکروسکوپی عمدتاً به صورت شیل آهکی تا مارن با مقدار کمی روزن‌بران پلاژیک در زمینه آن دیده می‌شود (شکل ۲-۲). حضور روزن‌بران پلاژیک در این رخساره و ریزرخساره‌های M1 و M4 دلیل بر تشکیل آنها در بخش‌های عمیق‌تر است (Tucker and Wright, 1990; Geel, 2000; Flugle, 2010). آورجانی و همکاران (۱۳۹۰) مشابه این رخساره را از توالی آسماری میدان نفتی کویال گزارش کرده‌اند. به جز این رخساره و ریزرخساره‌های M1 و M3، بقیه ریزرخساره‌های این مجموعه توسط Lorestani et al. (2016) از میدان نفتی مسجدسلیمان نیز گزارش شده‌اند.

#### ۵-۵. بحث

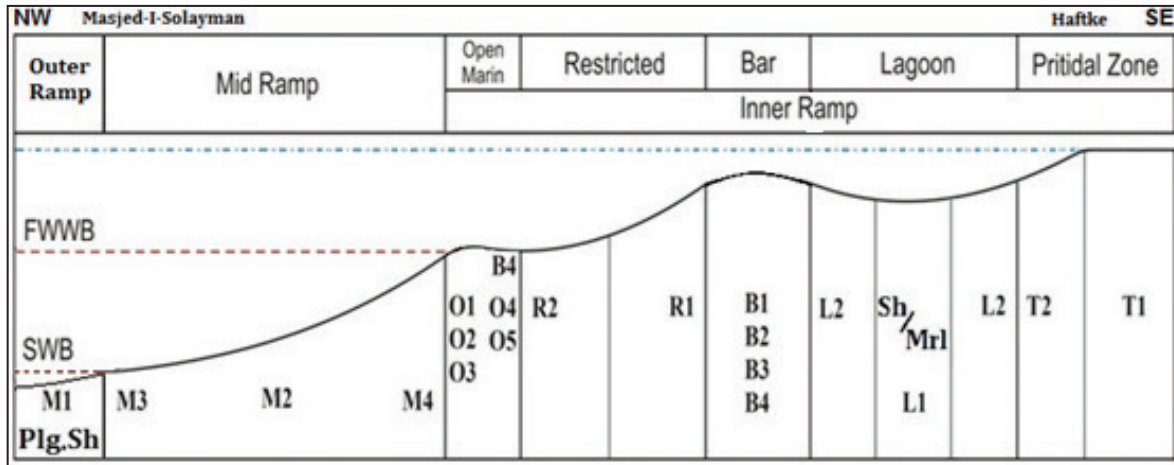
##### ۵-۱. مدل رسوب‌گذاری و تطابق آن

با مقایسه ویژگی‌های ریزرخساره‌ها و رخساره‌های میکروسکوپی نهشته‌های

است. این سیستم شامل ۶ پاراسکانس (در قالب ۳ سری پاراسکانسی پیش‌رونده) است که در مجموع روندی کم‌عمق شونده (S>A) ایجاد کرده‌اند (جدول ۱).



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی ریزرخساره‌های سازنده آسماری: (a) انیدریت (T1)؛ (b) باندستون استروماتولیتی (T2)؛ (c) مادستون آهکی (L1)؛ (d) پکستون دارای پلویید، خرده‌فسیل‌دار (L2)؛ (e) رخساره میکروسکوپی مخلوط آواری- کربناته شیل تا مارن (Mrl/Sh)؛ (f) گرینستون دارای روزن‌بران کف‌زی و خرده‌فسیل (B1)؛ (g) گرینستون دارای آئید و اینترکلاست (B2)؛ (h) گرینستون دارای پلویید (B3)؛ (i) باندستون مرجانی جلبیکی (B4)؛ (j) پکستون دارای روزن‌بران کف‌زی بدون منفذ (R1)؛ (k) وکستون دارای روزن‌بران کف‌زی بدون منفذ (R2)؛ (l) وکستون دارای خارپوست (O1)؛ (m) وکستون دارای اینترکلاست (O2)؛ (n) کستون دارای جلبیک قرمز (O3)؛ (o) پکستون دارای خارپوست (O4)؛ (p) پکستون دارای اینترکلاست، جلبیک‌دار (O5)؛ (q) مادستون دارای فسیل‌های پلاژیک (M1)؛ (u) ریزرخساره وکستون دارای خرده‌فسیل، پلوییددار (M2)؛ (r) وکستون دارای روزن‌بران پلاژیک، خرده‌فسیل‌دار (M3)؛ (s) پکستون دارای روزن‌بران پلاژیک و پلوییدی (M4)؛ (t) رخساره میکروسکوپی پلاژیک شیل (Plg/Sh).

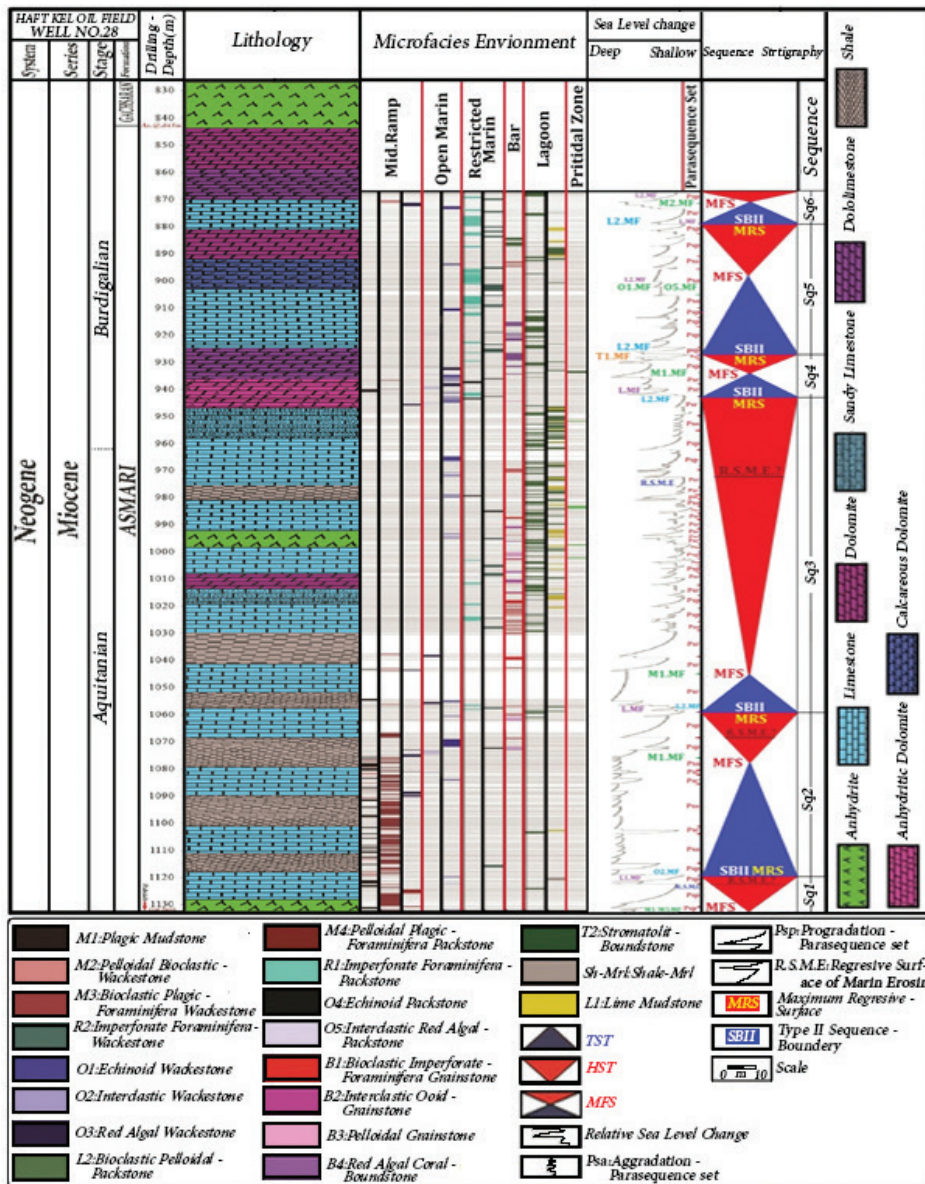


شکل ۳- مدل رسوبی سازند آسماری در محدوده زمانی آکیتاین- بوردیگالین در میدان نفتی مسجدسلیمان و هفتکل (بر اساس مدل Flugel, 2010 با اندکی تغییر).

مرز سری پاراسکانسی دوم و سوم با یک عمیق‌شدگی ناگهان مشخص می‌شود که در زیر و روی آن، روند رسوب‌گذاری کم‌عمق شونده است (شکل ۴). رسوبات زیر این مرز عمدتاً مربوط به ناحیه رمپ میانی/خارجی یا Offshore هستند. بنابراین می‌توان این مرز را به عنوان سطح پسروی فرسایش دریایی (RSME) نیز پیشنهاد کرد (Embry, 2009). این سیستم با ریزرخساره رمپ میانی/خارجی (M1 تا M3) شروع می‌شود و با ریزرخساره‌های لاگونی (L1) پایان می‌پذیرد. ریز رخساره‌های لاگونی معرف حداکثر پسروی (MRS) این سکانس هستند، زیرا بعد از آن روند رسوب‌گذاری عمیق شونده ( $S < A$ ) تا تجمعی ( $S = A$ ) می‌شود (Emery and Myers, 1996; Catuneanu, 2006; Embry, 2009; Catuneanu et al., 2011). TST سکانس رسوبی ۲ (Sq2) از ۲۵ پاراسکانس در قالب ۷ سری پاراسکانسی تشکیل شده (سری اول دارای روندی پیشرونده، سری‌های دوم، چهارم و هفتم دارای روندی همسان و سری‌های سوم، پنجم و ششم دارای روندی پیشرونده) و در کل، روندی عمیق شونده ( $S < A$ ) و تجمعی ( $S = A$ ) یافته است. این سیستم با ریزرخساره‌های دریای باز (O2) شروع می‌شود و با ریزرخساره‌های رمپ میانی/خارجی (M1) که معرف سطح حداکثر غرقابی (MFS) است (Emery and Myers, 1996; Catuneanu, 2006; Embry, 2009) عمیق‌شدگی ( $S < A$ ) و تجمعی ( $S = A$ )، به کم‌عمق شونده ( $S > A$ ) تبدیل می‌شود. HST این سکانس نیز با همین ریزرخساره (که نشانه سطح MRS و مرز بالایی سکانس (SBII) است) آغاز و با ریزرخساره لاگونی (L2) تمام می‌شود. این سیستم را دو سری پاراسکانسی پیشرونده ساخته‌اند. به دلیل افزایش ناگهانی عمق و ایجاد روند پیشروندگی مجدد در مرز این دو سری، می‌توان این مرز را سطح پسروی فرسایش دریایی یا RSME (Embry, 2009) دانست. TST سکانس رسوبی ۳ (Sq3) ۵ پاراسکانس (در قالب یک سری پاراسکانسی پیشرونده) دارد و روند عمیق‌شدگی ( $S < A$ ) نشان می‌دهد (جدول ۱ و شکل ۴). این سیستم با ریزرخساره‌های لاگونی (L2) شروع و با ریزرخساره‌های رمپ میانی/خارجی (M1)، که معرف سطح MFS است) تمام می‌شود. سیستم HST این سکانس از ۶۱ پاراسکانس در قالب ۲۵ سری پاراسکانسی ساخته شده است. از این میان ۹ سری روندی پیشرونده، ۱۳ سری روندی پیشرونده و ۳ سری روندی همسان دارند (شکل ۴) که در مجموع روندی کم‌عمق شونده ( $S > A$ ) تا تجمعی ( $S = A$ ) برای سیستم ایجاد کرده‌اند. مرز بین سری‌های پاراسکانسی هیجدهم و نوزدهم را احتمالاً می‌توان معرف سطح پسروی فرسایش دریایی (RSME) دانست (Embry, 2009). این سیستم با ریزرخساره‌های رمپ میانی/خارجی (M1) آغاز می‌شود و با ریزرخساره‌های لاگونی (L2) که معرف سطح حداکثر پسروی یا MRS است) پایان می‌پذیرد. بخش انتهایی HST این سیستم

(سری ۱۸ به بعد) و سکانس‌های رسوبی ۴ (Sq4)، ۵ (Sq5) و ۶ (Sq6) مربوط به بخش بوردیگالین توالی هستند (نادرپور و همکاران، ۱۳۸۶). TST سکانس رسوبی ۴ از ۵ پاراسکانس به وجود آمده است. این پاراسکانس‌ها دو سری پاراسکانسی پیشرونده را نظام داده‌اند (جدول ۱ و شکل ۴). این سیستم با ریزرخساره‌های لاگونی (L2) آغاز می‌شود و با ریزرخساره‌های رمپ میانی/خارجی (M1)، که معرف سطح حداکثر غرقابی یا MFS است) پایان می‌پذیرد. در مجموع روند کلی این سیستم تراکت، عمیق شونده ( $S < A$ ) است. سیستم HST این سکانس نیز از ۵ پاراسکانس تشکیل شده است که سازنده دو سری پاراسکانسی با روندی پیشرونده هستند و در مجموع روندی کم‌عمق شونده ( $S > A$ ) دارد. همچنین با ریزرخساره‌های رمپ میانی (M1) شروع می‌شود و با ریزرخساره‌های پهنه جزرومدی (T1) پایان می‌پذیرد. ریزرخساره T1 معرف سطح حداکثر پسروی (MRS) نیز است. سکانس رسوبی ۵ (Sq5) نیز از سیستم تراکت‌های TST و HST تشکیل شده است (Embry, 2009). TST آن از ۱۱ پاراسکانس ساخته شده است که در ۵ سری پاراسکانسی نظام یافته‌اند. به طوری که سری‌های پاراسکانسی اول تا چهارم روندی پیشرونده و سری پنجم روندی تجمعی یافته‌اند (جدول ۱ و شکل ۴). در مجموع این سری‌ها روندی عمیق شونده ( $S < A$ ) با تجمعی زیاد ( $S \approx A$ ) ایجاد کرده‌اند. این سیستم با ریزرخساره‌های لاگونی (L2) آغاز می‌شود و با شروع نهشته شدن ریز رخساره‌های دریای باز (O1) - که معرف حداکثر سطح غرقابی (MFS) هستند- پایان می‌پذیرد. در این سطح روند رسوب‌گذاری از روند عمیق شونده تا تجمعی به رسوب‌گذاری با روند کم‌عمق شونده ( $S > A$ ) تبدیل می‌شود (Emery and Myers, 1996; Catuneanu, 2006; Embry, 2009). سیستم HST آن نیز از ۹ پاراسکانس ساخته شده است که ۴ سری پاراسکانسی را به وجود آورده‌اند. به طوری که سری‌های اول تا چهارم روندی پیشرونده یافته‌اند. در مجموع این سری‌ها روندی کم‌عمق شونده ( $S > A$ ) برای این سیستم ایجاد کرده‌اند. این سیستم با ریزرخساره‌های دریای باز (O1) شروع می‌شود و با ریزرخساره‌های لاگونی (L2) - که معرف سطح بیشترین پسروی (MRS) هستند (Embry, 2009) - پایان می‌پذیرد (جدول ۱ و شکل ۴). سیستم تراکت TST سکانس رسوبی ۶ (Sq6) از ۳ پاراسکانس ساخته شده است که تولید کننده یک سری پاراسکانسی با روند پیشرونده سریع هستند و به آن روندی عمیق شونده ( $S < A$ ) بخشیده‌اند (جدول ۱ و شکل ۴). این سیستم با ریزرخساره‌های لاگونی (L2) آغاز می‌شود و با ریزرخساره‌های رمپ میانی/خارجی (M2) - که معرف حداکثر سطح غرقابی (MFS) هستند- پایان می‌پذیرد. از سیستم تراکت HST این سکانس، مغزه و مقاطع میکروسکوپی به طور کامل وجود ندارد و به همین خاطر تنها ۲ پاراسکانس آن شناسایی شده که باعث ایجاد یک سری پاراسکانسی با رونده پیشرونده شده است. این بخش از سیستم با ریزرخساره‌های

ریمپ میانی/خارجی (M2) آغاز و با ریزرخساره های لاگونی (L2) تمام می شود (جدول ۱ و شکل ۴).



شکل ۴- چینه نگاری سکانسی، تغییرات نسبی سطح آب دریا، ریز رخساره ها و چینه نگاری سنگی سازند آسماری در چاه ۲۸ هفتکل.

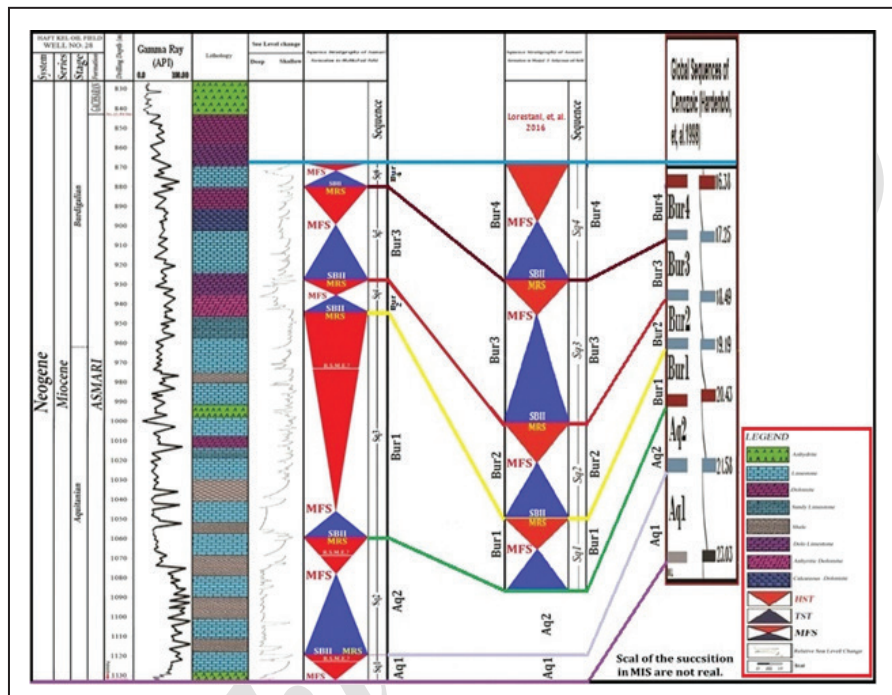
جدول ۱- ویژگی های چینه نگاری سکانسی سازند آسماری در میدان نفتی هفتکل.

نوع ریز رخساره	تعداد سری پاراسکانس	تعداد پاراسکانس	ضخامت سیستم تراکت	سیستم تراکت	ضخامت سکانس	نوع سکانس
Microfacies Type	Parasequence Series No.	Parasequence No.	System tracts thickness	System tracts	Sequence thickness	Sequence Symbols
M2-R2-R1-L1	1	2	4m	HST	11.75m	Sq6
R2-R1-L2-M2-O1-O3	1	3	7.75m	TST		
O5-R1-R2-L1-L2	4	9	20m	HST	47.75m	Sq5
L1-O4-O5-B4-L2-R1-R2	5	11	27.75m	TST		
M1-M2-O5-O4-O1-L2-B4-T2	2	5	7.50m	HST	17.25m	Sq4
L2-O3-O5-O1-B3-O4-R1	2	5	9.75m	TST		
M1-M2-B1-O3-L2-R2-R1-B3-B2-O1-O2-O4-O5	25	61	101.50	HST	115.25m	Sq3
L2-R1-R2-M2-B3-O3	1	5	13.75m	TST		
M1-O3-O5-B2-O4-O1-M2-M3-B3-L2	2	5	18.50m	HST	60m	Sq2
M2-M3-R2-M1-L2-O3-O1-O5-B2-O4-Sh-Mrl	7	25	41.50m	TST		
M3-O2-O1-M2-M1-M4-L2-L1	3	6	13.25m	HST	13.25	Sq1
-	-	-	-	TST		

نیز مطابق با سکانس‌های Sq3 تا Sq6 این پژوهش متعلق به بوردیگالین دانست. از طرف دیگر تطابق این ۴ سکانس رسوبی متعلق به بوردیگالین با سکانس‌های اروپایی (Hardenbol et al., 1998) و منطقه‌ای (Haq and Al-Qahtani, 2005) نشان می‌دهد که این سکانس‌ها با سکانس‌های متعلق به بوردیگالین آنها (Bur4 تا Bur1) قابل انطباق هستند. همچنین سکانس‌های رسوبی متعلق به آکیتانین توالی آسماری در میدان نفتی هفتکل (Sq1 و Sq2) با سکانس‌های آکیتانین آنها (Aq1 و Aq2) قابل تطبیق هستند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سکانس‌های رسوبی توالی آسماری در میدان‌های نفتی هفتکل و مسجدسلیمان در اثر پدیده اتوستازی تشکیل شده‌اند (شکل ۵).

#### ۴-۵. تطابق چینه‌نگاری سکانسی توالی آسماری در میدان نفتی هفتکل (چاه ۲۸) و مسجدسلیمان (چاه ۱۸۶)

Lorestani et al. (2016) برای توالی آسماری در چاه ۱۸۶ میدان نفتی مسجدسلیمان ۴ سکانس رسوبی پیشنهاد کردند. با توجه به فاصله نه چندان زیاد این میدان و میدان نفتی هفتکل می‌توان مرز لیتولوژیکی سازند آسماری و گچساران در هر دو میدان را تقریباً همزمان (Isochronous) دانست. بر این اساس می‌توان سکانس‌های Sq3 تا Sq6 میدان نفتی هفتکل شناسایی شده در این تحقیق را، به ترتیب مطابق با سکانس‌های Sq1 تا Sq4 میدان نفتی مسجدسلیمان گزارش شده توسط Lorestani et al. (2016) دانست. در نتیجه این تطابق می‌توان توالی آسماری در چاه ۱۸۶ مسجدسلیمان را



شکل ۵- انطباق چینه‌نگاری سکانسی میدان نفتی هفتکل (چاه ۲۸) و مسجدسلیمان (چاه ۱۸۶) با ۴ سکانس رسوبی درجه سوم حوضه اروپادر زمان بوردیگالین (Hardenbol et al., 1998).

نفتی هفتکل با فراوانی آنها در میدان نفتی مسجدسلیمان نشان می‌دهد که به‌طور نسبی محدوده میدان نفتی هفتکل نسبت به محدوده مسجدسلیمان کم‌عمق‌تر بوده است. بنابراین شیب نسبی رمپ به سمت مسجدسلیمان است. سکانس رسوبی مربوط به آکیتانین و ۴ سکانس رسوبی مربوط به بوردیگالین در توالی آسماری در میدان نفتی هفتکل دیده شد.

تطابق سیکلواستراتیگرافی نشان می‌دهد که ۴ سکانس انتهایی میدان نفتی هفتکل با ۴ سکانس رسوبی میدان نفتی مسجدسلیمان انطباق دارد. بنابراین می‌توان توالی آسماری مسجدسلیمان در چاه ۱۸۶ را به بوردیگالین نسبت داد. ۴ سکانس بوردیگالین این پژوهش با ۴ سکانس رسوبی بوردیگالین نقاط دیگر منطقه و جهان و ۲ سکانس آکیتانین این تحقیق با ۲ سکانس انتهایی آکیتانین آن مناطق کاملاً قابل انطباق است. این انطباق نشان می‌دهد که سکانس‌های رسوبی تشخیص داده شده در این تحقیق بر اثر پدیده اتوستازی ایجاد شده‌اند.

#### ۶- نتیجه‌گیری

توصیف ماکروسکوپی (بررسی مغزه‌ها) و میکروسکوپی (بررسی مقاطع نازک) توالی سازند آسماری در میدان نفتی هفتکل منجر به شناسایی ۱۸ ریزرخساره کربناته شامل ۲ ریزرخساره مادستونی، ۶ ریزرخساره وکستونی، ۵ ریزرخساره پکستونی، ۳ ریزرخساره گریستونی، ۲ ریزرخساره بانداستونی و ۲ رخساره میکروسکوپی غیر کربناته (انیدریت و شیل) شده است.

میکروفاسیس‌ها و رخساره‌های میکروسکوپی شناسایی شده در ۶ مجموعه رخساره‌ای شامل پهنه جزومدی، لاگون، سدی/تپه‌های ماسه‌ای زیر آبی، دریای محصور، دریای باز و رمپ میانی/خارجی قرار می‌گیرند که ته‌نشین شدن سازند آسماری را این مناطق در یک رمپ کربناته با شیب یکنواخت نشان می‌دهند. عدم گسترش مجموعه رخساره‌های بانداستونی سدساز و نبود مجموعه رخساره‌های توربیدیتی، تأیید کننده این نتیجه‌گیری است.

تطابق بین فراوانی مجموعه‌های رخساره‌ای توالی آسماری در میدان



## کتابنگاری

- البوالقاسمی، ل.، میرزایی محمودآبادی، ر. و گرگیچ، م. ن.، ۱۳۹۰- ریزرخساره‌ها و محیط‌های رسوبی سازند های جهرم و آسماری در منطقه استهبان، اولین همایش ملی زمین‌شناسی ایران، شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز.
- آزادبخت، ر.، وزیری مقدم، ح.، طاهری، ع. و امیری بختیار، ح.، ۱۳۸۹- زیست‌چینه‌نگاری و پالئوآکولوژی سازند رازک در جنوب خاوری جهرم (برش الگو). فصلنامه زمین‌شناسی ایران، شماره ۱۴، سال ۴، ص. ۱۰۱ تا ۱۱۵.
- امین‌رسولی، ه.، لاسمی، ی.، قماش، م. و طاهری، ش.، ۱۳۹۱- رخساره‌های مرز سازندهای پایده و آسماری در برش کوه آسماری: گواهی بر ناپیوستگی مرز روپلین- شاتین در ایران. فصلنامه علوم زمین، شماره ۸۳، سال ۲۱، ص. ۵۹ تا ۶۶.
- آورجانی، ش.، محبوبی، ا. و موسوی حرمی، س. ر.، ۱۳۹۰- ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی رسوبات الیگو-میوسن (سازند آسماری) در میدان کوپال، فرو افتادگی دزفول. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، شماره ۱۹، سال ۵، ص. ۴۵ تا ۶۰.
- دهقان‌زاده، م.، موسوی، م. ر.، آدابی، م. ح. و صادقی، ع.، ۱۳۹۵- مطالعه محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی سازند آسماری در میادین نفتی لالی، کارون و مسجد سلیمان. مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۹، ص. ۹۸ تا ۱۱۳.
- رحمانی، ع.، ۱۳۹۰- چینه‌شناسی سازند آسماری در تاقدیس‌های بنگستان و خویز و میدان نفتی پارسی، پایان‌نامه دکترا، زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان، ۲۱۰ ص.
- سلطانی، ب.، رحیم‌پور بناب، ح.، رحمانی، ع. و سفیداری، ا.، ۱۳۹۶- ارتباط بین دیاژنز و چینه‌نگاری سکانشی و تأثیر آن بر روی کیفیت مخزنی سازند آسماری در میدان نفت سفید. سومین همایش انجمن رسوب‌شناسی ایران، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، تهران.
- کاویانپور سنگو، م.، نامداریان، ا.، موسوی حرمی، س. ر.، محبوبی، ا.، امیدپور، ا. و کدخدایی ایلخچی، ع.، ۱۳۹۲- شناسایی و تفکیک بافت بلور انیدریت در رخساره‌های رسوبی سازند آسماری، میدان منصوری، فروافتادگی دزفول. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۲، سال ۲۱، صص. ۳۴۳ تا ۳۵۴.
- کیمیاری، س. م.، وزیری مقدم، ح.، طاهری، ع. و امیری بختیار، ح.، ۱۳۸۵- رخساره‌های زیستی میکروسکوپی و محیط‌های رسوبی سازند آسماری در ناحیه لالی (شمال مسجد سلیمان). مجله پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان (ویژه‌نامه زمین‌شناسی)، شماره ۱، سال ۲۳، صص. ۲۱۰ تا ۲۲۳.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۴- چینه‌نگاری زاگرس. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۳۶ ص.
- نادرپور، ز.، محسنی، ح.، حیدری، خ. و خدابخش، س.، ۱۳۸۶- میکرو فاسیس، بیواستراتیگرافی و محیط رسوبی سازند آسماری میدان نفتی هفتکل (جنوب باختری ایران)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین.

## References

- Aghaei, A., Mahboubi A. and Moussavi-Harami, R., 2013- Facies analysis and sequence stratigraphy of an Upper Jurassic carbonate ramp in the Eastern Alborz range and Binalud Mountains, NE Iran. *Facies*, V. 59, No.4, pp 883-889.
- Alonzo, D. and Atteiga, J. A., 1986- Deposition, Diagenesis, and Porosity Relationships Within Noodle Creek Limestone (Wolfcampian), Rough Draw Field, Fisher County, Texas. *AAPG Bulletin*.
- Alsharhan, A. S. and Kendall, C. G. St. C., 2003- Holocene coastal carbonates and evaporates of the southern Arabian Gulf and their ancient analogues: *Earth Science Review*, V. 61, p. 191-243.
- Amirshahkarami, M., 2013- Microfacies correlation analysis of the Oligocene-Miocene Asmari Formation, in the central part of the Rag-e-Safid anticlinal oil field, Zagros Basin, south-west Iran. *Turkish Journal of Earth Sciences*, V. 22, p 204-219.
- Amirshahkarami, M., Vaziri-Moghaddam, H. and Taheri, A., 2007- Sedimentary facies and sequence stratigraphy of the Asmari Formation at Chaman-Bolbol, Zagros Basin, Iran. *Journal of Asian Earth Science*, V. 29, p 947-959.
- Bates, R. L. and Jackson, J. A., 1980- *Glossary of Geology*, 2nd. Ed. Am. Geol., Institute, pp. 751.
- Bordenave, M. L. and Hegre, J. A., 2005- The influence of tectonics on the entrapment of oil in the Dezful Embayment, Zagros fold belt, Iran. *Journal of Petroleum Geology* 28(4):339-368.
- Buxton, M. W. N. and Pedley, H. M., 1989- A standardized model for Tethyan Tertiary Carbonates ramps. *Journal of the Geological Society*, London, V.146, p 746- 748.
- Catuneanu, O., 2006- *Principles of Sequence Stratigraphy*. Elsevier, New York.
- Catuneanu, O., Galloway, W. E., Kendall, C. G., Miall, A. D., Posamentier, H. W., Strasser, A. and Tucker, M. E., 2011- *Sequence Stratigraphy: Methodology and Nomenclature*. *News of Stratigraphy*, V.44, p 173-245.
- Dumoulin, J. A., Whalen, M. T. and Harris, A. G., 2006- Lithofacies, Age, and Sequence Stratigraphy of the Carboniferous Lisburne Group in the Skimo Creek Area, Central Brook Range: U.S. Geological Survey Professional Paper 1739-B. U.S. Geological Survey in Alaska, pp:64.
- Dunham, R. J., 1962- Classification of Carbonate Rocks According to depositional Texture, in: *Classification of Carbonate Rocks*, a symposium ed. W. Ham. AAPG, Mem.I, p108-121.
- Edgell, H. S., 1997- Significance of reef limestones as oil and gas reservoirs in the Middle East and North Africa. 10th Edgeworth David Symposium, University of Sydney.
- Embry, A. F., 2009- *Practical Sequence Stratigraphy*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Online at [www.cspg.org](http://www.cspg.org), 79 p.
- Emery, D. and Myers, K. J., 1996- *Sequence Stratigraphy*: Blackwell, Science, Oxford, 297 p.

- Flugel, E., 2010- *Microfacies of carbonate Rocks Analysis, interpretation and Application*. Springer-Verlag, New York, pp.976.
- Friedman, G. M., 1965- Terminology of crystallization textures and fabrics in sedimentary rocks. *Journal of Sedimentary Petrology*, V. 35, p 643 – 655.
- Geel, T., 2000- Recognition of Stratigraphic Sequence in Carbonat Platform and Slop: Empirical Models Based on Microfacies Analysis of Palaeogene Deposits in Southeastern Spain. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 155, 211-238.
- Haq, B. U. and Al-Qahtani, A. M., 2005- Phanerozoic cycles of sea-level change on the Arabian Platform. *GeoArabia*, vol. 10 (2), p. 127-160.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M. B., Jacquin, T., de Graciansky, P. C. and Vail, P., 1998- Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins, in Graciansky, P. C. et al (eds.), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, SEPM Special Pub. #60, pp. 3-13, charts 1-8.
- Insalaco, E., Virgone, A., Courme, B., Gaillet, J., Kamali, M., Moallemi, A., Lotfipour, M., Monibi, S., 2006- Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and Offshore Fars, Iran: Depositional System, Biostratigraphy and Stratigraphic Architecture. *GeoArabia*, V.11, p 74-176.
- Kangazian A. and Pasandideh M., 2016- Sedimentary Environment and Sequence Stratigraphy of the Asmari Formation at Khaviz Anticline, Zagros Mountains, Southwest Iran. *Open Journal of Geology*, 6, 87-102.
- Koeshidayatullah, A., Al-Ramadan, K., Cantrell, D. L., 2013- Miocene Carbonate Microfacies Distribution of Tendehantu Formation, Mangkalihat Peninsula: Approach of Reservoir Potential using Outcrop Analogue. in: *AAPG Annual Convention and Exhibition*, Pittsburgh, Pennsylvania.
- Lasemi, Y. and Carozzi, A. V., 1981- Carbonate microfacies and deposition environment of the kinkaid formation (Upper Mississippian) of the illinois basin, USA, VIII Congreso Geol. Argentino, Sanluis, Actas II.3357-384.
- Lorestani, M., Kangazian, A., Safari, A., Noura, M. R. and Nasehi, E., 2016- Microfacies, Sedimentary Environment and Sequence Stratigraphy of the Asmari Formation in Masjed-I-Soleyman Oil Field, Khuzestan Province, Southwest Iran. *Open Journal of Geology*, 6, 840-851, <http://dx.doi.org/10.4236/ojg.2016.68064>.
- Palma, R., Lopez-Gomez, J. and Piethe, R., 2007- Oxfordian ramp system (La Manga Formation) in the Bardas Blancas area (Mendoza Province) Neuquen Basin, Argentina, Facies and depositional sequence, *Sedimentary Geology*, Vol: 195, p: 113-134.
- Pettijohn, F. J., 1975- *Sedimentary rocks*, Harper and Row. New York, pp. 628.
- Potter, P. E., Maynard, J. B. and Depetris, P. J., 2005- *Mud and Mudstones introduction an overview*. Springer, pp 304.
- Rouchy, J. M., Noël, D., Wali, A. M. A. and Aref, M. A. M., 1995- Evaporitic and biosiliceous cyclic sedimentation in the Miocene of the Gulf of Suez Depositional And diagenetic aspects. *Sedimentary Geology*, V.94, p 277-297.
- Scholle, P. A. and Ulmer-Scholle, D. S., 2003- *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesi*. The American Association of Petroleum Geologists, pp 470.
- Selley, R. E. 2000- *Applied Sedimentology*. Academic press, pp.523.
- Selley, R. E., Cocks, L. M., Plimer, I. R., 2005- *Encyclopedia of Geology*. Elsevier Academic Press, pp3345.
- Seyrafian, A., Vaziri-Moghaddam, H., Arzani, N., Taheri, A., 2011- Facies analysis of the Asmari Formation in central and north-central Zagros basin, southwest Iran: Biostratigraphy, paleoecology and diagenesis. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 28 (3): 439-458.
- Shearman, D. J., 1985- Syn depositional and late diagenetic alteration of primary Gypsum to anhydrite.", In: Schreiber, B.C. and Harner, H. L. (eds.), *Sixth International Symposium on Salt*, Salt Institute, Alexandria, Virginia 1, p 41-50.
- Tesovic, B. C., Gusic, I., Jelaska, V. and Buckovic, D., 2001- Stratigraphy and microfacies of the Upper Cretaceous Pucisc a Formation, Island of Brac Croatia. *Cretaceous Research*, V. 22, N. 5, p 591-613.
- Tucker, M. E. and Wright, V. P., 1990- *Carbonate Sedimentolog*. Willy-Blackwell, pp496.
- Tucker, M. E., 2001- *Sedimentary Petrology: an intruduction to the origin of Sedimentary rocks*, 2nd edition. Blackwell, Scientific Publication, London, 262p.
- Vaziri-Moghaddam, H., Seyrafian, A., Taheri, A. and Motiei, H., 2010- Oligocene-Miocene ramp system (Asmari Formation) in the NW of the Zagros basin, Iran: microfacies, paleoenvironment and depositional sequence. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 27(1): 56–71.
- Wilson, J. L. 1975- *Carbonate facies in geologic history*. Springer- Verlag, New York. 471 p.
- Zabihi Zoeram, F., Vahidinia, M., Mahboubi, A. and Amiri bakhtiar, H., 2013- Facies analysis and sequence stratigraphy of the Asmari Formation in the northern area of Dezful Embayment, south-west Iran. *Studia UBB Geologia*, 58 (1), 45 – 56.

# Sedimentary environment and sequence stratigraphy of Asmari Formation in Haftkel oilfield, (well no. 28), Dezfool embaymen, and comparing it whit Asmari Formation in Masjed-I-Soleiman oilfield (well no. 186), Khuzestan Province

M. Lorstani<sup>1</sup>, A. Kangazian<sup>2\*</sup> and A. Safari<sup>3</sup>& M.R. Noura<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Department of Geology, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran

<sup>2</sup>Assistance Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran

<sup>3</sup>Assistance Professor, Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

<sup>4</sup>Assistance Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran

Received: 2017 March 14

Accepted: 2017 August 28

## Abstract

Haftkel and Masjed-I-Soleiman oilfields, setting in Dezfool embayment at Zagros Basin, are the most important oilfields in south-western Iran. Asmari Formation, the most famous reservoir in the Middle East, is reservoir of these oilfields. In order to palaeoenvironments and sequence stratigraphy correlation, the subsurface sedimentary successions of the Asmari Formation have been studied using cores and thin sections obtained from the well no. 28 of Haftkel and well no. 186 of Masjed-I-Soleiman oilfields. 18 carbonate and 1 carbonate/evaporate microfacies and 2 noncarbonated microscopic facies were recognized, based on petrographic study. These microfacies and microscopic facies were grouped in 6 facies associations (include: Tidal Flat, Lagoon, Bar, Restricted marine, Open marine, and Mid ramp). Obtained facies associations, comparing them with standard facies models and statistical analyses, indicate that Asmari Formation was deposited in the inner and middle of a homoclinal carbonate ramp. Correlating Asmari association facies in Haftkel and Masjed-I-Soleiman oilfields showed that Haftkel oilfield has been in the shore-ward and Masjed-I-Soleiman oilfield has been in sea-ward of that ramp. Sequence stratigraphy studies express that the succession of Haftkel oilfield could be discriminated to six third order deposition sequences (Sq1- Sq6). Incorporation of the sequence stratigraphy criteria of Asmari successions in this oilfield with its previous biostratigraphy data reviles that Sq1 and Sq2 occurred during Aquitanian time and Sq3 to Sq6 during Burdigalian age. Correlating of Asmari sequences of this oilfield with the Asmari sequences of Masjed-I-Soleiman, based on cyclostratigraphy data, show the sequences of Masjed-I-Soleiman occurred in Burdigalian time. Also the correlation expresses the steep of proposed ramp was toward Masjed-I-Soleiman area. The sequence correlation with global sea level fluctuations shows Burdigalian depositional sequences occurred based on eustasy in these oilfields.

**Keywords:** Oligo-Miocen, Microfacies, Sequence stratigraphy, Sedimentary Environment, Asmari Formation, Haftkel oilfield, Masjed-I-Soleiman oilfields.

For Persian Version see 79 to 88

\*Corresponding author: A. Kangazian; E-mail: kangazian@khuisf.ac.ir

Archive