

محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند کنگان در میدان پارس جنوبی

سید محسن آل علی^{۱*}، حسین رحیم پور بناب^۲، سید رضا موسوی حرمی^۳، داود جهانی^۴ و اشکان اسدی اسکندر^۵

^۱ استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، تهران، ایران

^۲ استاد، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳ استاد، گروه زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۴ استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، تهران، ایران

^۵ کارشناس، شرکت نفت و گاز پارس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۰۲

چکیده

سازند کنگان با سن تریاس پیشین از مهم‌ترین سنگ‌های مخزن کربناتی در جنوب باختر ایران و شمال خلیج فارس است. تحلیل رخساره‌های سازند کنگان به شناسایی ۱۳ ریزرخساره مربوط به محیط پهنه‌کشدی، لاگون، پشته‌های سدی (شول) و دریای باز انجامیده است. بررسی تغییرات افقی و عمودی رخساره‌ها و مقایسه آنها با محیط‌های عهد حاضر و دیرینه نشان‌دهنده آن است که سازند کنگان در سکویی (پلت فرم) از نوع رمپ کربناتی کم‌ژرفا همانند خلیج فارس امروزی، نهشته شده است. مطالعات چینه‌نگاری سکانسی نشان می‌دهد که سازند کنگان از دو سکانس رسوبی دسته سوم (در چاه‌های A و B) و دسته‌های رسوبی TST و HST تشکیل شده است. مرز زیرین سکانس نخست، ناپیوستگی نوع ۱ (SB1) و دیگر مرزها ناپیوستگی نوع ۲ (SB2) است. تخلخل در سازند کنگان به طور عمده در دسته رسوبی Early HST و گرینستون‌های شول تمرکز یافته است. افزون بر آن در این نوشتار افق‌های اصلی همچون مرز ناپیوستگی، بیشینه طغیان سطح آب دریا، الگوهای برانبارش و دسته‌های رسوبی مورد بررسی قرار گرفته است.

کلیدواژه‌ها: سازند کنگان، تریاس زیرین، سنگ‌رخساره، ریزرخساره، سکانس رسوبی.

*نویسنده مسئول: سید محسن آل علی

E-mail: m.aleali@srbiau.ac.ir

۱- مقدمه

میدان پارس جنوبی با افق‌های متعدد نفت و گاز در صد کیلومتری جنوب بندر عسلویه قرار گرفته است. بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان با سن پرمین پسین - تریاس پیشین در میدان پارس جنوبی قرار دارند و به عنوان سنگ مخزن این میدان به‌شمار می‌آیند. نبود جدایش هیدرولیکی میان این دو سازند موجب یکپارچه شدن این مخزن شده است. ویژگی‌های این دو سازند در ایران و معادل آنها در صفحه عربی (سازند خوف) مختصر تفاوت‌هایی دارند که ناشی از نوسانات شرایط محیطی در حوضه رسوبی (رمپ کربناتی اپیریک) است (Koehrer et al., 2010; Rahimpour- Bonab et al., 2009 & 2010; Al- jallal, 1995). سازند کنگان به‌عنوان بخشی از سنگ مخزن میدان پارس جنوبی و به دلیل قابلیت‌های مخزنی و داشتن توان تولید هیدروکربن در بخش‌هایی از حوضه، از دیرباز مورد توجه زمین‌شناسان بوده است و مطالعات گوناگون رسوب‌شناسی، فسیل‌شناسی، چینه‌شناسی و حتی بررسی‌های جغرافیای دیرین و زمین‌ساختی گسترده در این سازند انجام پذیرفته است که از مهم‌ترین و جدی‌ترین منابع می‌توان به (Fontana et al. (2010); Alsharhan & Naim (1997); Khalifa (2005); Al- jallal (1995); Alsharhan (2006); Sharland et al. (2001, 2004); Strohmenger et al. (2002); Ehrenberg (2006); Ehrenberg et al. (2007); Insalaco et al. (2006); Konert et al. (2001); Koehrer et al. (2010); Peyravi et al. (2010); Moradpour et al. (2008); Maurer et al. (2008, 2009); Rahimpour - Bonab et al. (2009, 2010); Esrafil-Dizaji et al. (2009); Rahimpour-Bonab (2007) اشاره کرد. هدف از این نوشتار بررسی و شناسایی رخساره‌های میکروسکوپی و تغییرات آنها در راستای عمودی و افقی، شناسایی محیط رسوبی در زمان تشکیل سازند مورد مطالعه، شناسایی چرخه‌های رسوب‌گذاری و الگوی برهم‌انباشتی (Stacking pattern) برای تشخیص دسته‌های رخساره‌ای، مرزهای سکانسی، سکانس‌های رسوبی و ارتباط آنها با کیفیت مخزنی است.

۲- زمین‌شناسی عمومی و چینه‌شناسی منطقه

توالی کربناتی پرموتریاس دالان و کنگان و هم‌ارز آن (سازند خوف) مهم‌ترین

بخش فراهم نبوده و آثار فسیلی کم است. از عوارض موجود در این ریزرخساره می‌توان به وجود ترک‌های گلی، ساخت فنسترال و قالب‌های تبخیری اشاره کرد. مقدار انیدریت در این ریزرخساره نسبت به رخساره پیشین کمتر است و محتوای دولومادستونی گسترش بیشتری دارد. بیشتر بخش‌های مربوط به این ریزرخساره ۸۰ تا ۱۰۰ درصد دولومیتی است؛ بنابراین بهتر است برای توصیف این ریزرخساره از واژه دولومادستون استفاده شود. باتوجه به شواهد بیان شده، در این ریزرخساره، محیط تشکیل بخش‌های بالایی پهنه میان‌کشدی (Upper intertidal) تا بخش بالایی‌کشدی (Supratidal) در نظر گرفته می‌شود (Warren, 2006; Flugel, 2010; Tucker & Wright, 1990; Insalaco et al., 2006; Koehrer et al., 2010).
A3 - باندستون استروماتولیتی (Stromatolite Boundstone): رخساره باندستون استروماتولیتی از لامیناسیون ظریف، رشته‌های جلبکی و تناوب آن با لامینه‌های میکرایتی تشکیل شده است. این رخساره از لامیناسیون ظریف رسوبات با منشأ آلی - رسوبی (Organosedimentary) تشکیل شده است که توسط تجمعات میکروبیالیتی (شامل باکتری‌ها، جلبک‌ها، قارچ‌ها و پروتوزوئین‌ها) طی فرایند پایدارسازی ذرات ایجاد می‌شوند (Mancini, 2003; Flugel, 2010; Warren, 2006). از ویژگی‌های رخساره باندستون استروماتولیتی می‌توان به وجود ترک‌های گلی، فابریک گل‌پشتیبان، دولومیتی شدن گسترده، حفرات کی‌استون (Keystone)، وجود فنسترال، لامینه‌های انیدریتی و فابریک چشم‌پرنده‌ای و حضور محدود پلت و دانه‌های اسکلتی اشاره کرد. میزان تخلخل و تراوایی در این ریزرخساره کم و محدود به ساخت فنسترال و شکستگی‌های ریز است. محل تشکیل ریزرخساره باندستون استروماتولیتی را می‌توان به پهنه میان‌کشدی نسبت داد (Warren, 2006; Flugel, 2010; Tucker, 2001; Tucker & Wright, 1990; Koehrer et al., 2010; Maurer et al., 2009) (شکل ۳-د).

A4 - گرینستون پلییدی (Pellet Grainstone): اصلی‌ترین ذره تشکیل‌دهنده دانه‌های پلت، ریز با جورشدگی به نسبت خوب، گردشده تا نیمه‌گردشده و در ابعاد ۲۰۰ تا ۴۰۰ میکرون هستند، که به وسیله زمینه‌ای از سیمان انیدریتی به یکدیگر متصل شده‌اند. فشردگی سبب تغییر شکل دانه‌های پلت و جهت‌یافتگی و خوردشدگی در برخی از آنها شده است. افزون بر پلت، به مقدار کمتر خرده‌های بیوکلاستی و رشته‌های (فیلامنت‌های) جلبکی نیز به چشم می‌خورند. آشفستگی زیستی، فابریک فنسترال و حفرات کی‌استون از دیگر عوارض موجود در این رخساره است. این رخساره در اثر شرایط توفانی و در کانال‌های کشدی (Tidal Channel) نهشته شده است و متعلق به بخش پایانی پهنه کشدی است (Lucia, 2007; Flugel, 2010) (شکل ۳-ع).

۴-۲. گروه رخساره‌های لاگون (Lagoon Facies Group)

این گروه رخساره‌ای شامل ۲ رخساره میکروسکوپی (B1 و B2) است.

B1 - وکستون - پکستون بیوکلاستی (Bioclastic Wackestone to Packstone): زمینه این رخساره میکرایت و ذرات اصلی تشکیل‌دهنده آن بیشتر دانه‌های بیوکلاستی لاگون همچون روزن‌بران کف‌زی، جلبک سبز، گاستروپودا، اکیونودرم و کرینویید هستند. شرایط زیستی به دلیل ارتباط بیشتر و چرخش آب فراهم شده است و به همین دلیل گوناگونی و فراوانی در دانه‌های بیوکلاستی مشاهده می‌شود. افزون بر دانه‌های بیوکلاستی بیان شده، به مقدار کمی دانه‌های پلیویید، اینتراکلاست و آنکوئید نیز در این رخساره به چشم می‌خورد. از ویژگی‌های آشکار این ریزرخساره می‌توان به دو فرایند میکرایتی شدن و آشفستگی زیستی اشاره کرد. تخلخل در این ریزرخساره ناچیز و بیشتر فضاهای خالی با سیمان انیدریتی پر شده است. باتوجه به همراهی این رخساره با رخساره‌های پهنه کشدی و دیگر رخساره‌های لاگون، گسترش زیادی (فونای) لاگون و توسعه فرایند میکرایتی شدن و آشفستگی زیستی، می‌توان این ریزرخساره را به محیط لاگون نسبت داد (Flugel, 2010; Alsharhan, 2006; Maurer et al., 2009) (شکل ۳-ف).

Ehrenberg et al., 2007; Aali et al., 2006; Rahimpour - Bonab, 2007; Koehrer, 2010). از دیدگاه چینه‌شناسی سازند کنگان به‌طور چیره از نهشته‌های آهکی و دولومیتی با میان‌لایه‌های انیدریتی تشکیل شده است. این سازند به دو واحد مخزنی K1 و K2 تقسیم می‌شود (شکل ۲). در این تقسیم‌بندی بخش K2 معادل کنگان زیرین و بخش K1 معادل کنگان بالایی است. واحد K1 ستبرایی در حدود ۵۰ تا ۶۰ متر دارد و بیشتر از دولومیت، سنگ‌آهک دولومیتی و میان‌لایه‌های انیدریتی تشکیل شده است. لایه‌های ستبر انیدریت و سنگ‌آهک انیدریتی متراکم در بخش قاعده واحد K1، این واحد را از واحد K2 تفکیک کرده است. واحد K1 با نهشته‌های آواری - تبخیری سازند دشتک (پوش سنگ دهرم) پوشیده شده است. واحد K2 با ستبرایی در حدود ۷۰ تا ۸۰ متر بیشتر از سنگ‌آهک و سنگ‌آهک دولومیتی تشکیل شده است. این بخش از دیدگاه مخزنی دارای اهمیت است. تخلخل و تراوایی در این بخش دستخوش تغییرات فراوان بوده است و در فواصل کوتاه تغییرات بسیاری نشان می‌دهند. این واحد با مرز فرسایشی هم‌شیب روی واحد K3 (مربوط به بخش بالایی سازند دالان) قرار گرفته است. گسترش افق ستبر رخساره ترمبولیتی از ویژگی‌های واحد K2 است. این افق در واحد K2 و کمی بالاتر از مرز پرموتریاس قرار دارد.

۳- روش مطالعه

در این پژوهش روش مطالعه بیشتر بر پایه مطالعه نمونه‌های مغزه و بررسی‌های آزمایشگاهی است. در ابتدا بهترین چاه‌ها از نظر بیشترین ستبر، کامل بودن نمونه‌های مغزه و مقاطع نازک میکروسکوپی انتخاب شد. در مطالعات آزمایشگاهی ۴۰۰ مقطع نازک میکروسکوپی (Thin Section) حاصل از مغزه‌ها (با فواصل ۳۰ سانتی‌متر تا بیشینه ۱ متر) از ۲ چاه میدان پارس جنوبی (ستبرایی در حدود ۳۰۰ متر) با استفاده از میکروسکوپ با نور معمولی و پلاریزان مورد بررسی سنگ‌نگاری دقیق قرار گرفته است. در نام‌گذاری رخساره‌های میکروسکوپی کربناتی از روش Dunham (1962) و در دسته‌بندی رخساره‌ها و ارائه مدل رسوبی از Burchette & Wright (1992) و Reading (1996) و Flugel (2010) استفاده شده است. در پایان با تلفیق بررسی‌های انجام شده بر پایه اصول چینه‌نگاری سکانسی، با استفاده از آخرین منابع موجود و با در نظر گرفتن اصل تغییرات عمودی رخساره‌ها، قانون والترز و نوسانات عمودی محیط رسوبی به مطالعه چینه‌نگاری سکانسی (در دو چاه با کامل‌ترین نمونه‌ها) پرداخته شده است.

۴- تفسیر رخساره‌های میکروسکوپی سازند کنگان

با توجه به مطالعات سنگ‌نگاری ۱۳ رخساره میکروسکوپی شناسایی شد که به ترتیب از سمت خشکی به دریا به شرح زیر هستند.

۴-۱. گروه رخساره‌های پهنه کشدی (Tidal Flat Facies Group)

این گروه رخساره‌ای شامل ۴ رخساره میکروسکوپی (A1, A2, A3 و A4) است.

A1 - رخساره انیدریت لامینه‌ای تا توده‌ای (Massive to Laminated Anhydrite): این رخساره بیشتر از نهشته‌های تبخیری تشکیل شده و نشان‌دهنده اقلیم گرم و خشک در زمان رسوب‌گذاری توالی مورد مطالعه است. تبخیری‌های تشکیل‌دهنده این رخساره بافت‌های متنوع دارند. ستبرای این ریزرخساره در برخی مناطق به چند متر هم رسیده و در بخش‌هایی از توالی مورد مطالعه این رخساره به عنوان پوشش سنگ موضعی (پوش سنگ مطبق) رفتار کرده و سبب تفکیک واحدهای مخزنی از یکدیگر شده است. نهشته‌های تبخیری نشان‌دهنده اقلیم گرم و خشک در زمان رسوب‌گذاری توالی مورد مطالعه، هستند و این طبقات تبخیری شاخص محیط بالای کشدی و سبخای ساحلی (Coastal Sabkha) هستند (Warren, 2006; Tucker, 2001; Lucia, 2007) (شکل ۳-ا).
A2 - دولومادستون فنسترال دارای تبخیری (Evaporite bearing Fenestral Dolomudstone): این ریزرخساره دارای زمینه تیره و دانه‌ریز میکرایتی است که بیشتر سنگ را به خود اختصاص داده است. شرایط زیست موجودات زنده در این

اسپاری با رنگ روشن تشکیل شده و تقریباً بدون گل است. قطعات درشت اینتراکلاست و مقادیری از خرده‌های اسکلتی همچون براکیوپودا، اکتینودرم و دوکفه‌ای‌های خرد شده به همراه دانه‌های آئید حمل شده از شول نیز مشاهده می‌شوند. به دلیل شرایط پرنانژی و چرخش مناسب آب، سیمان‌های دریایی گسترش یافته‌اند. به دلیل جورشدگی خوب و اندازه درشت دانه‌های تشکیل دهنده، این ریزرخساره تخلخل و تراوایی بالایی دارد. رخساره گریستون اینتراکلاستی را می‌توان به خارجی‌ترین بخش شول کربناتی (بخش روبه دریای شول) یا Seaward Carbonate Shoal نسبت داد (Tucker & Wright, 1990; Flugel, 2010; Maurer et al., 2009) (شکل ۳-م).

C5 - باندستون ترمبولیتی (Thrombolite Boundstone): رخساره باندستون ترمبولیتی مربوط به بخش‌های زیرین و ابتدایی سازندکنگان (واحد K2) است و اثری از آن در سازند دالان دیده نمی‌شود. این رخساره در مقاطع نازک میکروسکوپی با بافت لخته‌ای (Clotted Fabric) تا توده‌ای، ظاهری مادستونی، بافت پلوییدال، فابریک چشم پرنده‌ای، و تجمع‌های میکروکلونی‌های میکروبی، باکتریایی و جلبکی به همراه قطعات دوکفه‌ای و استراکود مشخص می‌شود. منشأ این رخساره فعالیت‌های میکروبیالی است که در مرز پرمو تریاس و به‌ویژه در بخش‌های زیرین تریاس و شلف‌های پری‌تین (Peri-Tethyan) گسترش پیدا کرده‌اند (Baud et al., 2007; Kershaw et al., 2007; Maurer et al., 2009). در بیشتر مطالعات، محیط زیست این کلونی‌های زیستی پهنه میان‌کشدی (اینترتایدال) و بیشتر لاگون در نظر گرفته شده است (Warren, 2006; Flugel, 2010; Tucker, 2001; Shinn, 1983) (شکل ۳-n). در توالی مورد مطالعه رخساره‌های ترمبولیتی در تناوب و همراه با رخساره‌های بخش پرنانژی شول دیده می‌شوند. این همراهی نشان می‌دهد که با انقراض گسترده و کاهش جامعه زیستی در ابتدای تریاس (پس از مرز پرموتریاس) و غیبت موجودات پرسلول‌تر و جاندارانی که از ترمبولیت‌ها به عنوان منبع غذایی استفاده می‌کردند، ترمبولیت‌ها فرصت لازم را برای رشد و گسترش پیدا می‌کنند و می‌توانند تا بخش‌های ژرف‌تر همانند بخش‌های پرنانژی شول نفوذ می‌کنند (Maurer et al., 2009; Koehrer et al., 2010) (شکل ۳-n).

۴-۴. گروه رخساره‌های دریای باز (Open Marine Facies Group)

این گروه رخساره‌ای شامل ۲ رخساره میکروسکوپی (D1 و D2) است.

D1 - وکستون تا پکستون بیوکلاستی (Bioclastic Wackestone to Packstone): زمینه این رخساره گل کربناتی و آلوکم‌های تشکیل دهنده آن شامل قطعات دو کفه‌ای پلاژیک مربوط به دریای باز، خرده‌های اکتینودرم، سوزن اسفنج، خرده‌های براکیوپود و استراکود است. از ویژگی‌های این رخساره می‌توان به آشفته‌گی زیستی، تخلخل و تراوایی کم اشاره کرد. رخساره وکستون تا پکستون بیوکلاستی وابسته به محیط دریای باز و بخش‌های ابتدایی رمپ خارجی (Outer Ramp) است و در زیر سطح اساس امواج توفانی (SWB) و در محیطی آرام و کم تلاطم تشکیل شده است (Flugel, 2010; Insalaco et al., 2006; Koehrer et al., 2010) (شکل ۳-o).

D2 - مادستون تا وکستون بیوکلاستی (Bioclastic Wackestone to Mudstone): اجزای اصلی تشکیل دهنده این رخساره قطعات بیوکلاستی از دوکفه‌ای‌های نازک دیواره مربوط به دریای باز، خرده‌های اکتینودرم و سوزن اسفنج هستند. زمینه اصلی گل کربناتی است، که نمایانگر محیط آرام و کم انرژی است. وجود لامیناسیون و نبود ساخت‌های جریان‌ی از دیگر ویژگی‌های این رخساره است. این رخساره در بخش‌های بالایی رخساره‌های شول (Shoal) قرار گرفته است و با این رخساره‌ها همراهی دارد. با توجه به وجود بافت گل‌پشتیان، نبود زیای کف‌زی به مقدار زیاد، وجود لامیناسیون به خوبی حفظ شده و نبود ساخت‌های جریان‌ی و موجی، این رخساره در محیط با انرژی پایین رمپ خارجی (Outer Ramp) و زیر

B2 - وکستون - پکستون بیوکلاستی پلوییدی (Pellet Bioclast Wackestone to Packstone): این ریزرخساره زمینه میکرایتی دارد و روزن‌بران کف‌زی همچون میلیولیدا، گاستروپودا، جلبک سبز، و دانه‌های پلت از مهم‌ترین آلوکم‌های تشکیل دهنده این رخساره هستند. تحت تأثیر شرایط توفانی مقادیری از رسوبات مربوط به مناطق ژرف‌تر به سمت لاگون حمل می‌شوند و رخساره‌ای به نام رخساره توفانی (Tempestite) را در این منطقه تشکیل می‌دهند. میکرایتی شدن، آشفته‌گی زیستی و سیمان‌انیدریتی از اصلی‌ترین فرایندهای تأثیرگذار در این ریزرخساره هستند. به دلیل شرایط آرام لاگون و چرخش کم آب در این ناحیه، سیمان کلسیتی دریایی گسترش چندانی ندارد. با توجه به شواهد گوناگون مانند فراوانی پلت، حضور زیای کف‌زی، میکرایتی شدن شدید دانه‌ها و آشفته‌گی زیستی، می‌توان این رخساره را به منطقه لاگون نسبت داد (Tucker & Wright, 1990; Flugel, 2010; Maurer et al., 2009) (شکل ۳-g).

۴-۳. گروه رخساره‌های پشته‌های سدی (Shoal Facies Group)

این گروه رخساره‌ای از ۵ رخساره میکروسکوپی (C1, C2, C3, C4, C5) تشکیل شده است و مهم‌ترین رخساره‌ها از نظر کیفیت مخزنی در این گروه قرار گرفته‌اند. **C1 - گریستون آئیدی بیوکلاستی (پشت به باد) (Bioclastic Ooid Grainstone (Leeward)):** اراتو کم اصلی تشکیل دهنده این ریزرخساره سیمان اسپاری است و گل کربناتی کاملاً شسته نشده است. مهم‌ترین دانه‌های تشکیل دهنده شامل دانه‌های آئید، پلت و اینتراکلاست به همراه طیف گسترده‌ای از ذرات بیوکلاستی همانند روزن‌بران کف‌زی، دوکفه‌ای، اکتینودرم، کرینویید، گاستروپودا، جلبک سبز، مرجان و بریوزوا است. جورشدگی در این رخساره ضعیف است و دانه‌ها در ابعاد مختلف تجمع یافته‌اند، به گونه‌ای که دامنه تغییرات اندازه دانه‌ها از ۱۰۰ میکرون در ذرات ریز پلت تا ۲ میلی‌متر در قطعات درشت فسیلی تغییر می‌کند. رخساره گریستون آئیدی بیوکلاستی (پشت به باد) نمایانگر شرایط محیطی شول رو به لاگون (بخش‌های پشت به باد شول کربناتی) است و به همین دلیل میزبان مخلوطی از دانه‌ها با ماهیت دوگانه شول کربناتی با انرژی بیشتر و لاگون با انرژی کم است (Flugel, 2010; Koehrer et al., 2010) (شکل ۳-h).

C2 - گریستون آئیدی (Ooid Grainstone): این رخساره از نظر کیفیت مخزنی مهم‌ترین و اصلی‌ترین رخساره مخزن مورد مطالعه است. خمیره اسپاریتی دارند و بیشتر (تقریباً به طور کامل) از دانه‌های آئید تشکیل شده است. بلوغ بافتی، گردشدگی و جورشدگی خوب و جهت‌یافتگی ذرات از ویژگی‌های این رخساره است. اندازه دانه‌های آئید بسته به مکان تشکیل و انرژی محیط از ۰/۵ تا ۱/۵ میلی‌متر متغیر و ترکیب آئیدها آراگونیتی است و در بیشتر موارد ساختمان درونی آنها قابل مشاهده نیست. انحلال گسترده در این رخساره سبب افزایش چشمگیر تخلخل در برخی واحدها (به‌ویژه K3 و K4) شده است. با توجه به موارد بیان شده این رخساره مربوط به بخش مرکزی پشته‌های سدی (Central shoal barrier) و نمایانگر رسوب‌گذاری در بالای سطح اساس عادی (FWWB) است (Flugel, 2010; Tucker & Wright, 1990; Alsharhan, 2006; Insalaco et al., 2006; Maurer et al., 2009; Koehrer et al., 2010) (شکل‌های ۳-k, j).

C3 - گریستون آئیدی بیوکلاستی (روبه دریا) (Bioclastic Ooid Grainstone (Seaward)): اسپاریت شفاف خمیره اصلی را تشکیل داده و میزان گل در خمیره سنگ بسیار کم است. آلوکم‌ها بیشتر از دانه‌های آئید، ذرات بیوکلاستی همچون قطعات دوکفه‌ای، بریوزوا، کرینویید با ابعاد درشت (معمولاً بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) و جورشدگی به نسبت خوب تشکیل شده‌اند. میزان تخلخل و تراوایی به نسبت خوب است. با توجه به شواهد مختلف، رخساره گریستون آئیدی - بیوکلاستی (روبه دریا) مربوط به بخش جلویی (روبه دریا) شول کربناتی (Seaward Carbonate Shoal) است (شکل ۳-l).

C4 - گریستون اینتراکلاستی (Intraclastic Grainstone): خمیره اصلی از کلسیت

شیب کم حاکم بر حوضه است. گفتنی است در شلف‌های لبه‌دار به دلیل شکست کف حوضه، تغییر ناگهانی در رخساره‌ها رایج است (El gadi & Brook field, 1999). نبود رخساره‌های کربناتی دوباره نهشته شده (Calcuturbidite)، جریان‌های توده‌ای و تالوس؛ مشاهده نشدن عوارض بیان‌شده در توالی مورد استفاده نیز نشان از رسوب‌گذاری نهشته‌ها در محیط کم‌شیب و بدون شکست در کف حوضه دارد که این بیانگر آهنگ پایین رسوب‌گذاری و شیب ملایم سکو و از ویژگی‌های رمپ‌های کربناتی هموکلینال است (Read, 1986; Lee et al., 2001; Wilson, 1975; Flugel, 2010).

- انقراض دست جمعی موجودات: پدیده انقراض دست جمعی موجودات که با کاهش شدید در گوناگونی و فراوانی گونه‌های جانوری همراه بوده نیز عاملی مؤثر در تشکیل رمپ کربناتی است؛ به گونه‌ای که بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاهش ناگهانی موجودات به‌ویژه انواع موجودات چارچوب‌ساز می‌تواند شرایط را برای گسترش رمپ کربناتی هموار سازد و معمولاً دوره‌های انقراض با پیدایش رمپ‌های کربناتی و عدم گسترش نیافتن شلف‌های لبه‌دار همراه هستند (Burchette & Wright, 1992).

- همان‌گونه که گفته شد رمپ‌های کربناتی بیشتر در بسترهای با شیب و ژرفای کم مانند حوضه‌های پیش‌بوم (فورلند) درون کراتونی و در طول حاشیه‌های غیر فعال گسترش می‌یابند (Burchette & Wright, 1992). مطالعات نشان می‌دهد که سازند کنگان در زمان تشکیل در طول حاشیه غیر فعال دریای نئوتتیس تشکیل شده است.

۶- چین‌نگاری سکانسی سازند کنگان

مطالعات انجام شده در بیشتر مناطق اشاره دارد که سازند خوف از ۶ یا ۷ سکانس رسوبی دسته سوم تشکیل شده است، که دو سکانس آن مربوط به خوف بالایی (سازند کنگان) است (Alsharhan, 2006; Strohmenger et al., 2002; Insalaco et al., 2006; Koehrer et al., 2010). بر پایه بررسی‌های انجام شده، تکرار و توالی ریزرخساره‌ها و بررسی تغییرات محیطی در سازند کنگان مشخص شد که این سازند در منطقه از دو سکانس رسوبی تشکیل شده است، که هر یک از این سکانس‌ها از چند پاراسکانس به سمت بالا کم ژرفا شونده شکل گرفته‌اند. سکانس‌های رسوبی مورد بررسی، سکانس‌های دسته سوم بوده و از دسته رخساره‌های TST و HST تشکیل شده‌اند (شکل‌های ۷ و ۸). به دلیل نبود نشانه‌ها و عوارض لازم، شناسایی سطح پس‌رونده سریع TS در سکانس‌های مورد بررسی امکان‌پذیر نیست. از این رو شناسایی دسته رسوبی FRST و LST در سکانس‌های مورد بررسی بسیار مشکل است. به همین دلیل دسته‌های رسوبی TST و LST به همراه یکدیگر و در دسته رخساره‌های TST بررسی شده‌اند. دسته رخساره‌های LST فقط در حواشی حوضه قابل بررسی هستند و تفکیک آنها در توالی مورد مطالعه امکان‌پذیر نیست. در بیشتر رمپ‌های کربناتی متداول‌ترین سیستم تراکت‌های قابل شناسایی، دسته‌های رسوبی TST و HST هستند (Tucker, 1993). به منظور بررسی دقیق زون مخزنی دسته رخساره HST به دو بخش Early HST و Late HST تفکیک شده است. سکانس‌های سازند کنگان از پایین به سمت بالا به شرح زیر هستند (شکل‌های ۷ و ۸).

۶-۱. سکانس‌های رسوبی چاه A

سکانس رسوبی اول سازند کنگان ستبرایی در حدود ۶۳ متر دارد. مرز زیرین آن منطبق بر مرز پرموتریاس و از نوع مرز ناپیوسته درجه اول (SB1) است. مرز زیرین این سکانس با رخساره دولومادستون فنسترال دارای تبخیری مشخص شده و منطبق بر ناپیوستگی فرسایشی در مرز پرموتریاس است (Rahimpour-Bonab et al., 2009). با توجه به چگونگی چیدمان رخساره‌ها و موقعیت چاه A (قرارنگرفتن در حاشیه حوضه)، سکانس‌های ایجاد شده فقط از دسته رخساره‌های TST و HST تشکیل شده است و اثری از دسته رسوب LST مشاهده نمی‌شود. دسته رسوبی TST در

سطح اساس امواج، رسوب کرده است (Flugel, 2010; Insalaco et al., 2006). این نشان‌دهنده بیشترین بالآمدگی سطح آب دریا در توالی مورد مطالعه است. این رخساره در مخزن مورد مطالعه کمتر از دیگر رخساره‌ها و به صورت محدود دیده می‌شود (شکل ۳-۳p).

۵- مدل رسوبی سازند کنگان در مقاطع تحت‌الارضی مورد مطالعه

در این پژوهش با توجه به مطالعات و داده‌های حاصل از بررسی مغزه‌ها و مقاطع نازک میکروسکوپی شامل بررسی‌های سنگ‌نگاری، رسوب‌شناسی، فسیل‌شناسی، تشخیص ریزرخساره‌ها و ارتباط آنها با یکدیگر و تطابق توالی ریزرخساره‌ها با نمونه‌های قدیم و عهد حاضر، می‌توان به این نتیجه دست یافت که سازند مورد مطالعه در یک حوضه رسوبی کربناتی کم ژرفا و با شیب بسیار کم نهشته شده است (شکل‌های ۴ و ۵). به طور کلی می‌توان مخزن مورد مطالعه را به چهار گروه رخساره‌ای (Facies Group) تفکیک کرد:

گروه رخساره‌ای کشتدی (Tidal flat)

گروه رخساره‌ای لاگون (Lagoon)

گروه رخساره‌ای شول (Shoal)

گروه رخساره‌ای دریای باز (Open marine)

مطالعات انجام‌شده روی ریزرخساره‌ها، دسته‌بندی گروه‌های رخساره‌ای و بررسی جانبی و عمودی آنها برپایه کمربندهای رخساره‌ای (Flugel (2010) و Wilson (1975) نشان می‌دهد که محیط رسوب‌گذاری رسوبات کربناتی سازند کنگان در ناحیه مورد مطالعه، به صورت یک رمپ کربناتی با شیب ملایم (Homoclinale Ramp) یا ابریک بوده (شکل‌های ۴ و ۵) و توالی مورد مطالعه در اقلیمی گرم و خشک و در دریایی با ژرفای کم نهشته شده است (Koehrer et al., 2010; Peyravi et al., 2010; Maurer et al., 2008 & 2009; Rahimpour - Bonab, et al., 2009, 2010; Esrafil-Dizaji et al., 2009; Alsharhan, 2006; Al-Aswad, 1997; Khalifa, 2005; Ehrenberg et al., 2007; Insalaco et al., 2006). امروزه رمپ کربناتی هموکلینال در منطقه گرمسیری که تشابه زیادی با توالی تریاس زیرین در میدان پارس جنوبی دارد، حاشیه جنوبی خلیج فارس است (Purser & Evans, 1973; Alsharhan & Kendal, 2003; Flugel, 2010).

برای اثبات مورد یادشده از شواهد و دلایل زیر استفاده شده است:

- نبود بقایای موجودات چارچوب‌ساز: بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که در توالی مورد بررسی، سدهای ریفی و رخساره‌های چارچوب‌ساز گسترش بالایی ندارد و رخساره‌های باندستونی کمی مربوط به ریف‌های کومه‌ای (Patch Reef) هستند، که به صورت پراکنده، محلی و با گسترش کم مشاهده می‌شوند، که تأییدکننده گسترش رمپ کربناتی بوده و نیز نشان می‌دهند که شرایط برای گسترش شلف لبه‌دار مهیا نبوده است (Alsharhan, 2006; Ehrenberg, 2006; Burchette & Wright, 1992).

- گستردگی و پخش‌شدگی رخساره‌های آئیدی و پلویدی در سرتاسر حوضه: مطالعات و بررسی‌های انجام‌شده بیانگر حضور گسترده رخساره گریستونی دارای دانه‌های آئید و پلوید در بخش‌های مختلف حوضه است که از ویژگی‌های رمپ کربناتی است. در شلف‌های لبه‌دار معمولاً رخساره‌های آئیدی در بخش پشته‌های سدی (Shoal) متمرکز هستند (Flugel, 2010; Burchette & Wright, 1992).

- تنوع کم رخساره‌ای و تغییرات تدریجی آنها: با توجه به شیب کم حاکم بر محیط رسوب‌گذاری در زمان تشکیل نهشته‌های سازند کنگان، رخساره‌های موجود در این محیط به تدریج و به صورت ملایم از بخش‌های کم ژرفا به بخش‌های ژرف تبدیل شده‌اند و تغییر در رخساره‌ها به صورت تدریجی صورت گرفته است. تنوع رخساره‌ای کم و تغییر تدریجی رخساره‌ها از ویژگی‌های رمپ کربناتی و دلیل آن

است. در این بخش به ویژه در بخش هایی که با گسترش رخساره های پشته های سدی (شول) همراه است، تخلخل و در پی آن تراوایی و توانایی مخزنی افزایش یافته است.

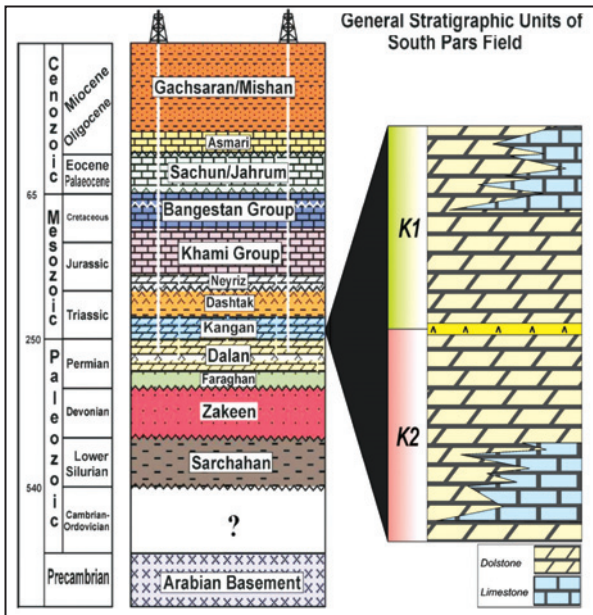
۶-۲. سکانس های رسوبی چاه B

سکانس رسوبی اول در این چاه ستبرایی در حدود ۴۷ متر دارد. دسته رسوبی TST حدود ۵ متر و دسته رسوبی HST در حدود ۴۲ متر است. این سکانس رسوبی اولین سکانس رسوبی سازند کنگان و مرز زیرین آن منطبق بر مرز پرموتریاس و از نوع ناپوسته و درجه اول (SB1) است (شکل ۸). این مرز با توجه وضعیت الگوی رسوب گذاری تفکیک شده و در سرتاسر حوضه به صورت یک ناپوستگی هم شیب قابل انطباق است. دسته رسوبی TST و بیشترین طغیان سطح آب دریا (MFS) به دلیل نبود مقاطع نازک و ناقص بودن توالی مغزه به خوبی قابل بررسی نیست. البته با توجه به بررسی لاگ گاما، مطالعه مغزه ها و مقایسه با دیگر چاه ها می توان نتیجه گرفت که دسته رسوبی TST بیشتر از نهشته های لاگون و شول تشکیل شده و به دلیل گسترش سیمان های کلسیتی و اشغال فضاهای خالی از نظر کیفیت مخزنی بی ارزش است. بخش Early HST بیشتر از رخساره مربوط به محیط شول همچون گریستون آئیدی و گریستون آئیدی بیو کلاستی (رو به دریا) و رخساره های محیط دریای باز مانند وکستون - پکستون و مادستون - وکستون دریای باز تشکیل شده است (شکل ۸). بخش Early HST در این سکانس کیفیت مخزنی خوب دارد و بیشتر رخساره های تشکیل دهنده این بخش تخلخل و تراوایی بالا دارند. Late HST در این سکانس از رخساره های مربوط به رمپ درونی (Inner Ramp) مانند دولومیت سدی، گریستون پلوییدی، باندستون استروماتولیتی و دولومادستون فنسترال تشکیل شده است. به دلیل تخلخل و تراوایی کم، این بخش از دید کیفیت مخزنی بی ارزش است و پتانسیل مخزنی ناچیزی دارد. در این بخش الگوی برانبارش بیشتر از نوع پس رونده (Progradational Stacking Pattern) است و بر اثر کاهش تدریجی فضای رسوب گذاری (Accommodation Space) و افزایش آهنگ رسوب گذاری، پس روی رخ می دهد (شکل ۶).

ستبرای سکانس رسوبی دوم حدود ۸۴ متر است. مرز زیرین آن از نوع درجه دوم (SB2) است و شواهد خروج از آب را نشان نمی دهد. این مرز از دولومادستون فنسترال دارای تبخیری تشکیل شده و منطبق بر واحد مخزنی K1 است. دسته رسوبی TST ستبرایی در حدود ۵۶ متر دارد و بیشتر از دسته رخساره های مربوط به رمپ میانی (Mid Ramp) همچون گریستون آئیدی، گریستون آئیدی بیو کلاستی (رو به دریا)، گریستون اینتراکلاستی و نهشته های رمپ خارجی (Outer Ramp) مانند وکستون - پکستون و مادستون - وکستون دریای باز تشکیل شده است. با پیدایش و گسترش رخساره نازک لایه مادستون - وکستون دریای باز بیشترین طغیان سطح آب دریا (MFS) به نمایش در می آید (شکل ۸). در این بخش از رمپ خارجی (Outer Ramp) با ایجاد بیشترین فضای رسوب گذاری (Accommodation Space)، آهنگ تأمین رسوب (Sediment Supply) به شدت کاهش می یابد. دسته رسوبی TST الگوی رسوب گذاری پیش رونده دارد و کیفیت مخزنی دسته رسوبی TST در این سکانس به دو بخش تقسیم می شود. بخش اول با گسترش رخساره های شول همراه است، تخلخل آن به ۵۰ درصد نیز می رسد و کیفیت مخزنی خوبی دارد؛ بخش دوم که رخساره های مربوط به رمپ خارجی را به نمایش می گذارد، از رخساره های گل پشیمان بدون تخلخل و تراوایی مربوط به دریای باز تشکیل شده است و نقشی در افزایش توانایی مخزنی ندارد. در بخش پایانی این سکانس فقط دسته رسوبی Early HST قابل بررسی است و دسته رسوبی Late HST با ستبرای قابل توجه در این سکانس دیده نمی شود. بنابراین سکانس آخر در این چاه ناقص و احتمالاً ادامه این سکانس در توالی روی سازند کنگان قابل رهگیری است که مجال بررسی آن در این مقاله خارج نمی گنجد. بخش Early HST در سکانس رسوبی آخر سازند کنگان با ستبرایی در حدود ۲۸ متر همانند بخش TST از دسته رخساره های مربوط به شول همچون گریستون آئیدی،

این سکانس با ستبرایی در حدود ۸ متر عمدتاً از رخساره های مربوط به محیط شول از همچون گریستون آئیدی و گریستون آئیدی بیو کلاستی (رو به دریا) تشکیل شده است. دسته رسوبی TST دارای الگوی رسوب گذاری پیش رونده (Retrogradational Stacking Pattern) است (شکل ۶) و با بالا آمدگی ناگهانی سطح آب دریا و تبدیل رخساره های رمپ داخلی (Inner Ramp) به بخش میانی رمپ (Mid Ramp) و در پایان بخش خارجی رمپ (Outer Ramp) همراه است (شکل ۷-۷A). دسته رسوبی TST در این سکانس ارزش مخزنی ندارد، که دلیل آن گسترش سیمان های کلسیتی در فضاهای خالی درون و میان ذرات تشکیل دهنده این بخش است. این دسته رسوبی در پایان در بخش بیشترین طغیان سطح آب دریا (MFS) با پیدایش رخساره نازک لایه وکستون - پکستون بیو کلاستی دریای باز پایان می یابد (شکل ۷). دسته رسوبی HST ستبرایی در حدود ۵۵ متر دارد و به دو بخش Early HST و Late HST قابل تفکیک است. بخش Early HST به طور عمده از رخساره های مربوط به محیط پشته های سدی (شول) همچون گریستون آئیدی، گریستون آئیدی - بیو کلاستی (رو به دریا) و رخساره باندستون ترمبولیتی و تناوب آنها با رخساره های بخش دریای باز مانند وکستون - پکستون و مادستون - وکستون دریای باز شکل گرفته است. در بخش Early HST با حضور گسترده رخساره های رمپ میانی (Mid Ramp)، الگوی رسوب گذاری تجمعی (Aggradational Stacking Pattern) حاکم است که نمایانگر پایداری نسبی سطح آب دریا و قرارگیری و تجمع رخساره های مشابه روی یکدیگر است (شکل ۶-۷B). در این بخش با گسترش رخساره های شول، تخلخل، تراوایی و کیفیت مخزنی افزایش یافته است. بخش Late HST عمدتاً از رخساره های مربوط به رمپ داخلی (Inner Ramp) مانند دولومیت لاگون، گریستون پلوییدی (A5)، دولومادستون فنسترال دارای تبخیری تشکیل شده است و در نهایت با گسترش انیدریت توده ای پایان می یابد. در این بخش الگوی برانبارش بیشتر از نوع پس رونده (Progradational Stacking Pattern) است و بر اثر کاهش تدریجی فضای رسوب گذاری (Accommodation Space) و افزایش آهنگ رسوب گذاری حوضه پر می شود و پس روی رخ می دهد (شکل ۶-۷C). بخش Late HST به دلیل تخلخل و تراوایی کم، از نظر کیفیت مخزنی بی ارزش است و پتانسیل مخزنی ناچیزی دارد.

سکانس رسوبی دوم حدود ۵۵ متر ستبرای دارد و آخرین سکانس مربوط به سازند کنگان است (شکل ۷). مرز زیرین این سکانس از انیدریت با ساختمان تورمرغی تشکیل شده، منطبق بر مرز زیرین واحد K1 و از نوع درجه دوم (SB2) است و شواهد خروج کامل از آب را نشان نمی دهد. دسته رسوبی TST با ستبرایی حدود ۳۲ متر به طور عمده از رخساره های دولومادستون فنسترال دارای تبخیری، وکستون - پکستون بیو کلاستی پلوییدی، گریستون آئیدی و گریستون آئیدی - بیو کلاستی (پشت به دریا) تشکیل شده است. در این سکانس به دلیل تشخیص ندادن دسته رسوبی TST، مرز سکانس و سطح پیش رونده بر یکدیگر منطبق هستند و دسته رسوبی TST با رخساره دولومادستون فنسترال آغاز می شود و با بالا آمدگی سریع آب دریا در این دسته رسوبی به ترتیب رخساره های شول و دریای باز تشکیل می شوند. در بیشتر رخساره های تشکیل دهنده دسته رسوبی TST میزان تخلخل کم است و به همین دلیل این دسته رسوبی ارزش مخزنی ندارد. در پایان با پیدایش و گسترش رخساره نازک لایه مادستون - وکستون دریای باز بیشترین طغیان سطح آب دریا (MFS) به نمایش در آمده است. در این بخش از رمپ خارجی (Outer Ramp) فضای رسوب گذاری (Accommodation Space) به شدت افزایش یافته و آهنگ تأمین رسوب (Sediment Supply) مختل شده است. در بخش پایانی این سکانس فقط دسته رسوبی Early HST قابل بررسی است (شکل ۷). بخش Early HST بیشتر از رخساره های مربوط به محیط شول مانند گریستون آئیدی، گریستون آئیدی - بیو کلاستی (رو به دریا) و رخساره های مربوط به دریای باز همچون مادستون - وکستون و پکستون - پکستون بیو کلاستی دریای باز تشکیل شده



شکل ۲- ستون چینه‌شناسی میدان پارس جنوبی (با تغییرات از: Aali et al., 2006; Navabpour et al., 2007; Alavi, 2004; Rahimpour- Bonab et al., 2010).

گرینستون بیوکلاستی (رو به دریا) و گرینستون آئیدی- بیوکلاستی (رو به دریا) و نهشته‌های مربوط به دریای باز همانند و کستون- پکستون و مادستون- و کستون دریای باز تشکیل شده است. بخش Early HST نیز همانند بخش TST از دید کیفیت مخزنی به دو بخش قابل تقسیم است. بخش اول که مربوط به رخساره‌های شول است و تخلخل بالا و کیفیت مخزنی خوبی دارد و بخش دوم که از رخساره‌های مربوط به دریای باز تشکیل شده است و با تخلخل کم و توانایی مخزنی ضعیف مشخص می‌شود. همان‌گونه که گفته شد به دلیل نبود داده‌های مربوط به بخش Late HST، این بخش از سکانس مربوط به سازند کنگان وجود ندارد و بررسی آن امکان‌پذیر نیست (شکل ۸).

۷- نتیجه‌گیری

در پایان از بررسی و پژوهش در زمینه سازند کنگان در منطقه مورد مطالعه نتایج زیر به دست آمده:

- تجزیه و تحلیل رخساره‌های رسوبی سنگ مخزن میدان پارس جنوبی نشان می‌دهد که سازند کنگان در این میدان شامل ۱۳ رخساره است، که در جایگاه‌های فراکشنندی (سوپراتایدال)، میان‌کشنندی، لاگون، شول و دریای باز رسوب‌گذاری کرده‌اند. محیط رسوب‌گذاری سازند کنگان در مقیاس گسترده بخش‌های کم ژرفای (داخلی) یک سامانه کربناتی رمپ هموکلینال و یا اپیریک (مانند سواحل شیخ‌نشین خلیج فارس) بوده است.

- سازند کنگان در هر دو چاه مورد مطالعه (A & B) از دو سکانس رسوبی دسته سوم تشکیل شده است.

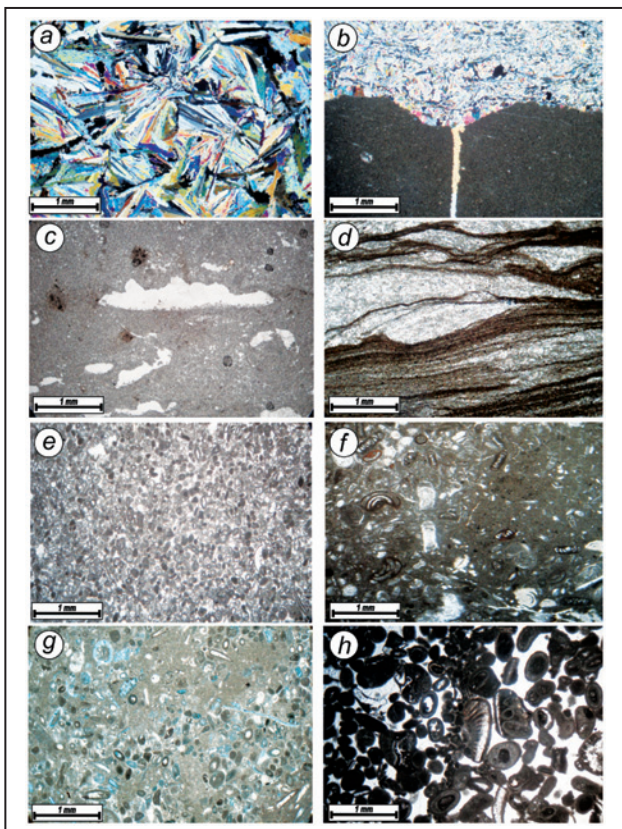
- سکانس‌های سازند کنگان در توالی‌های مورد مطالعه از دسته رخساره‌های TST و HST شکل گرفته‌اند. دسته رسوبی HST با توجه به ستبرای زیاد و ارزش مخزنی به دو بخش Early HST و Late HST قابل تفکیک است.

- مرز زیرین سکانس اول در هر دو توالی از نوع ناپیوسته، درجه اول (SB1) و منطبق بر مرز پرمو تریاس است و در حد فاصل سازند کنگان و دالان قرار دارد. دیگر مرزها در سکانس اول و دوم از نوع درجه دوم (SB2) هستند و شواهد خروج از آب را نشان نمی‌دهند. - دسته‌های رسوبی الگوهای رسوب‌گذاری (برهم انباش) متفاوت دارند. در بخش TST الگوی رسوب‌گذاری پیش‌رونده (Retrogradational Stacking Pattern)، در بخش Early HST الگوی رسوب‌گذاری تجمع‌ی (Aggradational Stacking Pattern) و در بخش Late HST بیشتر الگوی برانباش پس‌رونده (Progradational Stacking Pattern) حکمفرماست.

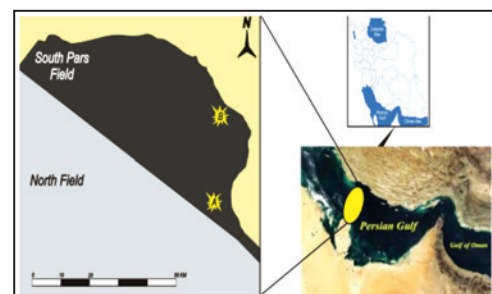
- اصلی‌ترین پهنه مخزنی در هر دو توالی مربوط به گرینستون‌های پشته‌های سدی (شول) است و به طور عمده در بخش Early HST گسترش یافته است.

سپاسگزاری

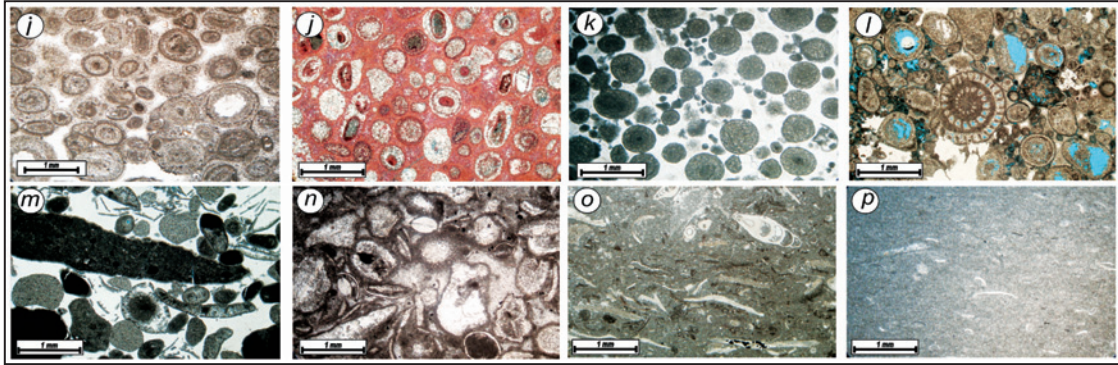
بدین وسیله نویسندگان از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات و شرکت نفت و گاز پارس به دلیل همکاری و در اختیار قرار دادن داده‌ها و امکانات آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌نمایند.



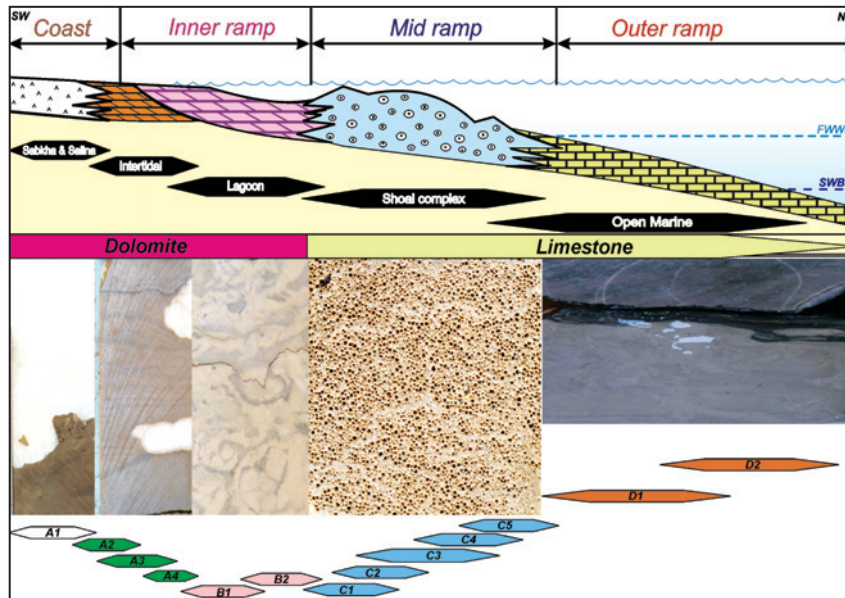
شکل ۳- رخساره‌های میکروسکوپی سازند کنگان. (a) رخساره انیدریت لایه‌ای تا توده‌ای با بافت بلوری نیمه موازی در مقطع نازک میکروسکوپی، نور پلاریزه، (b) رخساره دولومادستون فنسترال دارای تیخیری با ترک گلی پر شده توسط انیدریت، نور پلاریزه، (c) رخساره دولومادستون فنسترال دارای تیخیری با حفرات فنسترال، (d) رخساره باندستون استروماتولیتی، (e) رخساره گرینستون پلوییدی با دانه‌های پلت، آثار میکرایتی شدن و رنگ تیره، (f) رخساره و کستون- پکستون بیوکلاستی، (g) رخساره و کستون- پکستون بیوکلاستی پلوییدی، بخش‌های آبی رنگ اشباع‌شدگی توسط محلول اپوکسی هستند، (h) رخساره گرینستون آئیدی - بیوکلاستی (پشت به باد)،



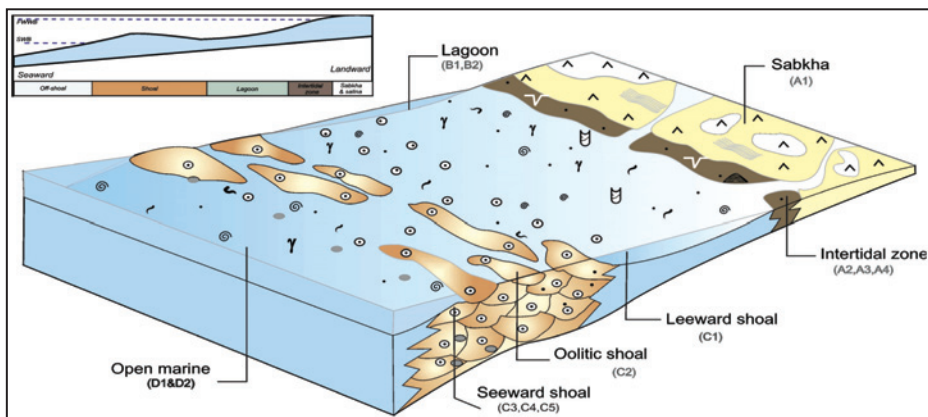
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی میدان پارس جنوبی در خلیج فارس و چاه‌های مورد بررسی (چاه A و B) در این میدان.



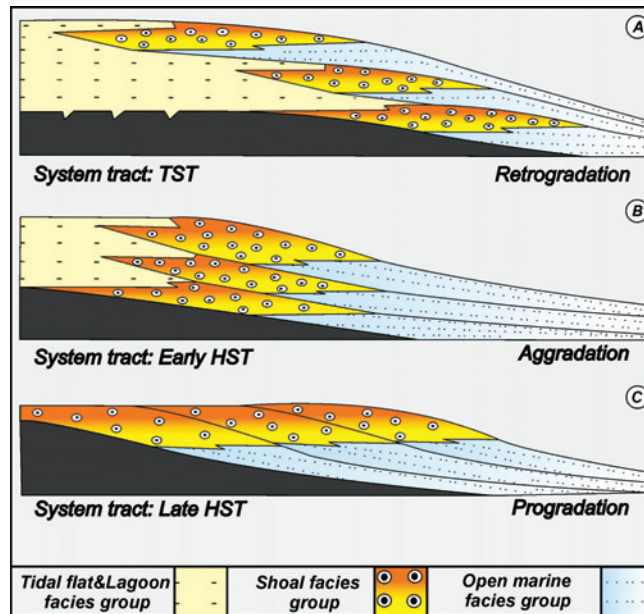
ادامه شکل ۳- (i) رخساره گریستون آئیدی با حاشیه میکرایتی در اطراف دانه‌ها. (j) رخساره گریستون آئیدی با دولومیتی شدن انتخابی در دانه‌ها، رنگ آمیزی توسط محلول آلیزارین رد-اس، (k) رخساره گریستون آئیدی با دانه‌های دولومیتی و میکرایتی شده، (l) رخساره گریستون آئیدی - بیوکلاستی (رو به دریا)، بخش‌های آبی رنگ اشباع‌شدگی توسط محلول اپوکسی، (m) رخساره گریستون اینتراکلاستی، (n) رخساره باندستون ترمبولیتی با بافت درهم و فابریک لخته‌ای، (o) رخساره وکستون- پکستون بیوکلاستی دریای باز و (p) رخساره مادستون- وکستون بیوکلاستی دریای باز.



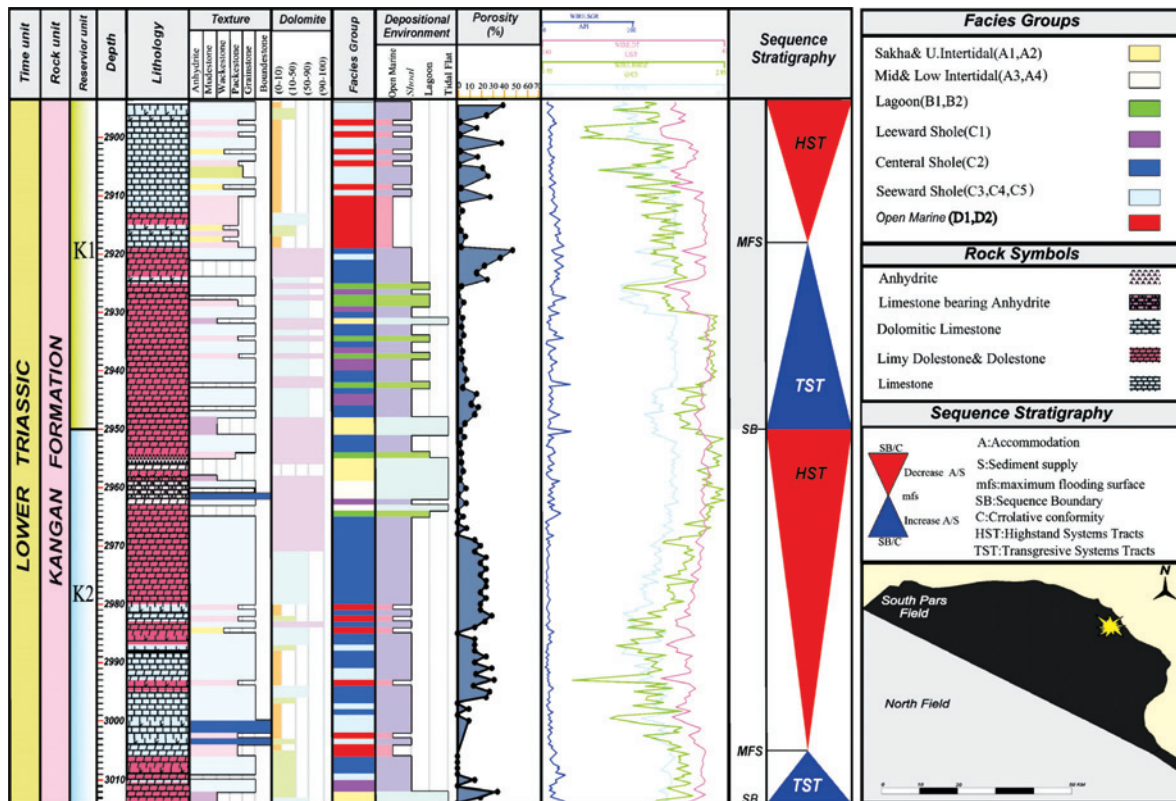
شکل ۴- نیمرخ تغییرات جانبی نهشته‌های سازند کنگان و توزیع رخساره‌ها در بخش‌های مختلف رمپ کربناتی.



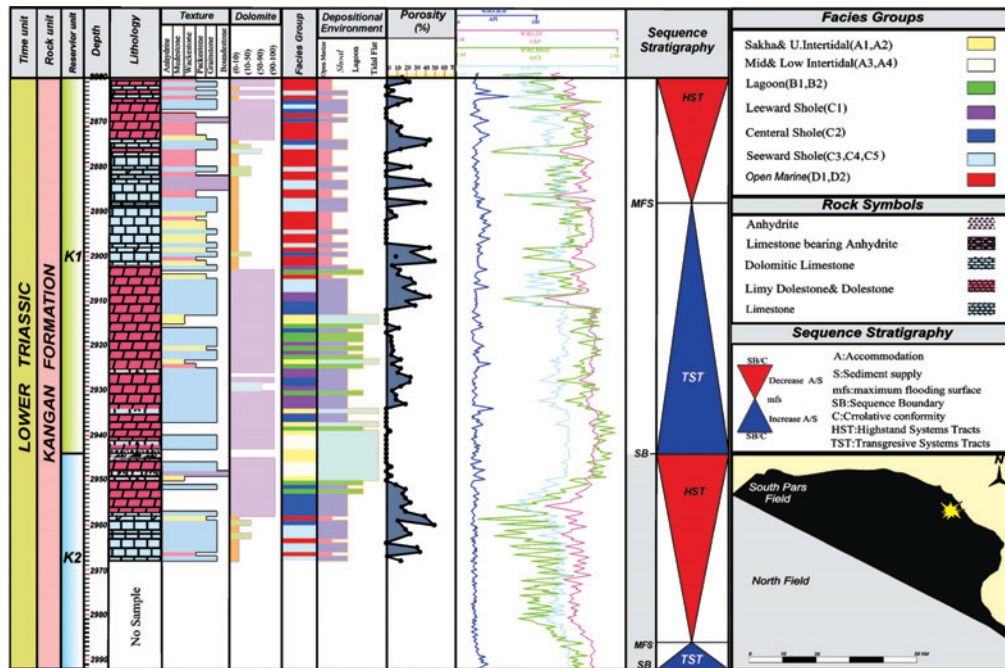
شکل ۵- مدل رسوبی و رخساره‌ای مربوط به سازند کنگان. محل گسترش محیط‌های مختلف و قرارگیری نسبی رخساره‌ها در تصویر مشخص شده است.



شکل ۶- دسته‌های رسوبی و الگوهای برهم‌انبارش در بخش‌های مختلف سازند کنگان با تغییرات از (Catuneanu 2002 & 2006).



شکل ۷- ستون چینه‌نگاری نمایش دهنده ویژگی‌های بافتی و محیطی، رخساره‌ها، پراکندگی تخلخل، میزان دولومیت و نمودار چینه‌نگاری سکانسی در چاه A.



شکل ۸- ستون چینه‌نگاری نمایش دهنده ویژگی‌های بافتی و محیطی، رخساره‌ها، پراکندگی تخلخل، میزان دولومیت و نمودار چینه‌نگاری سکانسی در چاه B.

References

Aali, J., Rahimpour-Bonab, H. & Kamali, M. R., 2006- Geochemistry and origin of the world's largest gas field from Persian Gulf, Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 50, 161–175.

Al-Aswad, A. A., 1997- Stratigraphy, sedimentary environment and depositional evolution of the Khuff Formation in the south-central Saudi Arabia.: *Journal of Petroleum Geology*., v. 20, 3, p.307-326.

Alavi, M., 2004- Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American Journal of Science*. 304. p. 1–20.

Al-Jallal, I. A., 1995-The Khuff Formation: Its regional reservoir potential in Saudi Arabia and other Gulf countries, depositional and stratigraphic approach, in M. I. Al-Huseini, ed., *Geo'94, Middle East Petroleum Geosciences: Bahrain, Gulf PetroLink*, 1, p. 103– 119.

Al-sharhan, A. S. & Kendall, C. G. St. C., 2003- Holocene coastal carbonates and evaporites of the southern Arabian Gulf and their ancient analogues. *Earth-Science Reviews*. V, 61, p. 191–243.

Al-sharhan, A. S. & Naim, A. E. M., 1997- *Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East*. Elsevier, Netherlands. p. 843.

Alsharhan, A. S., 1993- Facies and sedimentary environment of the Permian carbonates (Khuff Formation) in the United Arab Emirates: *Sedimentary Geology*. 84, p. 89–99.

Alsharhan, A. S., 2006- Sedimentological character and hydrocarbon parameters of the middle Permian to Early Triassic Khuff Formation, United Arab Emirates. *GeoArabia*. 11, p.121–158.

Baud, A., Richoz, S. & Pruss, S., 2007- The Lower Triassic anachronistic carbonate facies in space andtime. *Global and Planetary Change*, v. 55, nos. 1-3, p. 81-89.

Burchette, T. P. & Wright, V. P., 1992- Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology*. 79, p3–57.

Calvet, F. & Tucker, M. E., 1988- Outer ramp carbonate cycles in the Upper Muschelkalk, Catalan Basin, N.E. Spain. *Sediment. Geol.*, 57: 185-198.

Catuneanu, O., 2002- Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits, and pitfalls. *Journal of African Earth Sciences* 35: 1-43.

Catuneanu, O., 2006- *Principles of Sequence Stratigraphy*, (First Edition) Elsevier, Amsterdam. 375 pp.

Dunham, R. J., 1962- Classification of carbonate rocks according to depositional texture, in E. D. Ham, ed., *Classification of carbonate rocks—Asymposium: AAPG Memoir*. v. 1, p. 108–121.

Ehrenberg, S. N., 2006- Porosity destruction in carbonate platforms: *Journal of Petroleum Geology*, v. 29, p. 41–52.

Ehrenberg, S. N., Nadeau, P. H. & Aqrabi, A. A. M., 2007- A comparison of Khuff and Arab reservoir potential throughout the Middle East. *AAPG Bulletin*, v. 86, no. 10, p. 1709–1732

El gadi, M. S. M. & Brookfield, M. E., 1999- Open carbonate ramp facies, microfacies and paleoenvironments of the Gramame Formation (Maastrichtian), Pernambuco-Paraíba Basin, Northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. 12,p. 411-433.

Esfarafi-Dizaji, B. & Rahimpour-Bonab, H., 2009- Effects of depositional and diagenetic characteristics on carbonate reservoir quality: a case study from the South Pars gas field in the Persian Gulf. *Petroleum Geoscience* 15: p.325–344.

Fluigel, E., 2010- *Microfacies Analysis Of Carbonate Rocks, Analyses, Interpretation and Application*, Springer verlag, p.976.

- Fontana, S., Nader, F. H., Morad, S., Ceriani, A. & Al-Aasm, I. S., 2010- Diagenesis of the Khuff Formation (Permian–Triassic), Northern United Arab Emirates. *Arab Journal Geoscience*. p. 95-111.
- Insalaco, E., Virgone, A., Courme, B., Gaillet, J., Kamali, M., Moallemi, A., Lotfpour, 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.75– 176.
- Kashfi, M. S., 2000- Greater Persian Gulf Permian–Triassic stratigraphic nomenclature requires study. *Oil and Gas Journal*, Tulsa, Nov. 6, p. 36, 38, 40, 42, and 44.
- Kershaw, S., Li, Y., Crasquin-Soleau, S., Feng, Q., Mou, X., Collin, P. Y., Reynolds, A. & Guo, L., 2007- Earliest Triassic microbialites in the South China block and other areas: Controls on their growth and distribution. *Facies*, v. 53, p. 409-425.
- Khalifa, M. A., 2005- Lithofacies, diagenesis and cyclicity of the ‘Lower Member’ of the Khuff Formation (Late Permian), Al Qasim Province, Saudi Arabia, *Journal of Asian Earth Sciences* v.25 (2005), p.719–734
- Koehrer, B., Heymann, C., Prousa, F. & Aigner, T., 2010- Multiple-scale facies and reservoir quality variations within a dolomite body – Outcrop analog study from the Middle Triassic, SW German Basin. *Marine and Petroleum Geology*, v. 27, Issue 2, p. 386-411.
- Konert, G., Afifi, A. M., Al-Hajri, S. A., de Groot, K. M., Al Naim, A. A. & Droste, H. J., 2001- Paleozoic stratigraphy and hydrocarbon habitat of the Arabian Plate: *AAPG Memoir*74, p. 483-515.
- Konyuhov, A. I. & Maleki, B., 2006- The Persian Gulf Basin: Geological history, sedimentary formations, and petroleum potential. *Lithology and Mineral Resources*, Vol. 41, No. 4.
- Lee, Y. I., Hyeong, K., Yoo, S. & Yoo, C. M., 2001- Cyclic sedimentation across a middle Ordovician carbonate ramp (Duwibong Formation), Korea. *Facies*. v. 44, p. 61-74.
- Lucia, F. J., 2007- Carbonate Reservoir Characterization An Integrated Approach, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Second Edition., p.366.
- Maurer, F., Martini, R., Rettori, R., Hillgärtner, H. & Cirilli, S., 2009- The geology of Khuff outcrop analogues in the Musandam Peninsula, United Arab Emirates and Oman. *GeoArabia*. v. 14: p.125–158
- Maurer, F., Rettori, R. & Martini, R., 2008- Triassic stratigraphy, facies and evolution of the Arabian shelf in the northern United Arab Emirates. *Int J Earth Sci (Geologische Rundschau)*, v. 97: p.765–784
- Moradpour, M., Zamani, Z. & Moallemi, S. A., 2008- Controls on reservoir quality in the lower Triassic Kangan Formation, Southern Persian Gulf. *Jour Petrol. Geol.*, 31, 367-385.
- Navabpour, P., Angelier, J. & Barrier, E., 2007- Cenozoic post-collisional brittle tectonic history and stress reorientation in the High Zagros Belt (Iran, Fars Province), *Tectonophysics* 432 (2007). p. 101–131.
- Peyravi, M., Kamali, M. R. & Kalani, M., 2010- Depositional environments and sequence stratigraphy of the early Triassic Kangan Formation in the northern part of the Persian Gulf: Implications for reservoir characteristics. *Journal of Petroleum Geology*. v 33, 4, p. 371-386.
- Purser, B. H. & Evans, G., 1973- Regional sedimentation along the Trucial Coast, SE Persian Gulf. *In: PURSER, B.H. (ed.) The Persian Gulf*. Springer, Berlin, p.211-231.
- Rahimpour-Bonab, H., 2007- A procedure for appraisal of a hydrocarbon reservoir continuity and quantification of its heterogeneity. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, v.58, no. 1-2, p. 1-12.
- Rahimpour-Bonab, H., Asadi-Eskandar, A. & Sonei, R., 2009- Permian–Triassic boundary and its control over reservoir characteristics in South Pars gas field, Persian Gulf. *Geological Journal*, 44, p.341–364.
- Rahimpour-Bonab, H., Esrafil-Dizaji, B. & Tavakoli, V., 2010- Dolomitization and anhydrite in permo-triassic carbonates at the south pars gasfield offshore Iran: controls on reservoir quality. *Journal of Petroleum Geology*, v 33(2), p1-24.
- Read, J. F., 1985- Carbonate Platform Facies Models. *AAPG Bulletin* 69/1, p. 1–21.
- Reading, H. G., 1996- Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy. 3rd ed., Blackwell, p. 688.
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D. M., Davies, R. B., Hall, S. H., Heward, A. P., Horbury, A. D. & Simmons, M. D., 2001- Arabian plate sequence stratigraphy: *GeoArabia Special Publication*. 2, p.371.
- Sharland, P. R., Casey, D. M., Davies, R. B., Simmons, M. D. & Sutcliffe, O. E., 2004- Arabian plate sequence stratigraphy - Revisions to SP2. *GeoArabia* 9(1), p.199-214.
- Shinn, E., 1983- Tidal Xats. *In: Scholle, P.A., (Eds.), Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 33, pp. 171–210.
- Stampfli, G. & Borel, G. D., 2002- A plate tectonic model for the Palaeozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrones. *Earth Planet. Sci. Lett.* 196, p.17–33.
- Strohmeier, C. J., S. Alway, R. H., W.Broomhall, R., Hulstrand, R. F., Al-Mansoori, A., Abdalla, A. A. & Al-Aidarous, A., 2002- Sequence stratigraphy of the Khuff Formation comparing subsurface and outcrop data (Arabian plate, U.A.E.): Society of Petroleum Engineers, SPE Paper 78535.
- Tucker, M. E. & Wright, V. P., 1990- Carbonate sedimentology. London, Blackwell Scientific Publications, p.482.
- Tucker, M. E., 1993- Carbonate diagenesis and sequence stratigraphy. *Sedimentology. Reviews* 1, p. 51-72.
- Tucker, M. E., 2001- Sedimentary petrology, Third edition, Blackwell, Oxford, p. 260.
- Warren, J. K., 2006- Evaporites: sediments, resources and hydrocarbons. Springer Verlag, Brunei, p.1035.
- Wilson, J. L., 1975- Carbonate facies in geological history. Springer, Berlin–Heidelberg, New York. p. 471.