

تغییرات سنگ‌رخساره سازند گچساران و تاثیر آن بر رژیم فشاری در ناحیه دشت آبادان

محمد حسنی گیو^{۱*}، مرتضی هوشیار^۲ و سجاد ذبیحی سارالله^۳

۱، ۲ و ۳- مدیریت اکتشاف، شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران

نویسنده مسئول: M.hassanigiv2010@gmail.com

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۹۹/۲/۲۸

دریافت: ۹۸/۱۲/۲۱

چکیده

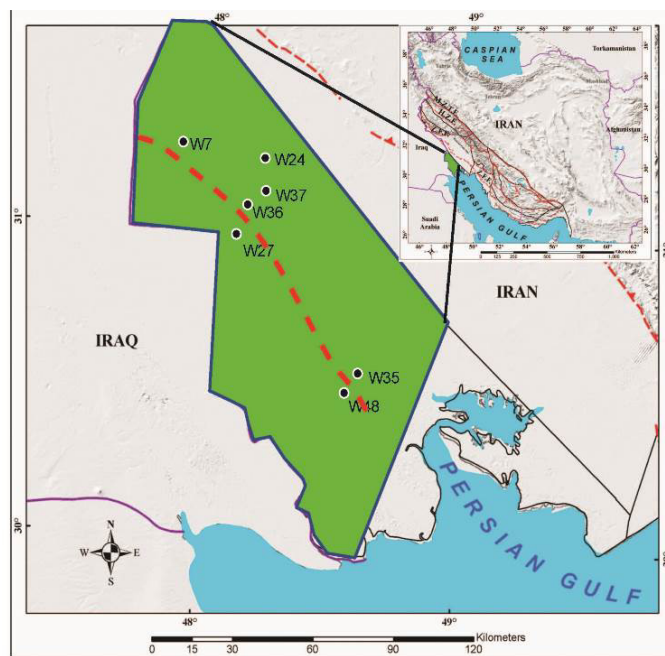
سازند گچساران به سن میوسن بعنوان پوش‌سنگ مخزن آسماری و هم‌چنین عملکرد آن بعنوان سطح گسسته فوقانی در چین‌خوردگی زاگرس بسیار حایز اهمیت است. رژیم فشاری سازند گچساران از مهم‌ترین موضوعاتی است که کمتر به آن پرداخته شده است. به منظور بررسی کنترل سنگ‌رخساره بر رژیم فشاری سازند گچساران در ناحیه دشت آبادان، تغییرات سنگ‌رخساره‌ای و ضخامت با استفاده از داده‌های حاصل از حفاری، نمودارهای پتروفیزیکی و نمودارهای ترسیمی سر چاه مربوط به حدود ۲۰ حلقه چاه مورد مطالعه قرار گرفت. در این راستا نمودارهای تطابقی، نقشه هم ضخامت سازند گچساران و نقشه‌های هم‌ضخامت لایه‌های نمک در بخش‌های ۴، ۳ و ۲ سازند گچساران تهیه گردید. نقشه‌های حاصله بیانگر این است که ضخامت سازند گچساران از دشت آبادان با دور شدن از بخش محوری بلندی قدیمی آزادگان به سمت شمال و شمال‌خاور افزایش می‌یابد. هم‌چنین، توالی رسوبی سازند گچساران روی بخش محوری بلندی قدیمی متشکل از تناوبی از مارن، انیدریت و به میزان کمتر سنگ‌آهک و بدون لایه‌های نمک است. در مقابل با حرکت به سمت شمال و شمال‌خاور تدریجاً ابتدا لایه‌های نمک در بخش ۴، و کمی جلوتر در بخش‌های ۳ و ۲ به توالی مذکور اضافه می‌شود. تلفیق تغییرات سنگ‌رخساره‌ای با داده‌های حاصل از حفاری حاکی از کنترل بارز تغییرات سنگ‌رخساره‌ای بر رژیم فشاری سازند گچساران است. از میان مکانیسم‌های متعدد ایجاد فشار غیر نرمال، تراکم غیر تعادلی به‌همراه رفتار پلاستیک واحدهای نمکی می‌تواند بعنوان عامل ایجاد فشار نرمال در سازند گچساران لحاظ شود.

واژه‌های کلیدی: رژیم فشاری، گچساران، دشت آبادان، تغییرات سنگ‌رخساره‌ای

پیشگفتار

سازند گچساران به سن میوسن میانی یک واحد رسوبی همزمان با کوهزایی محسوب می‌شود. این سازند عموماً متشکل از تناوبی از مارن خاکستری، مارن قرمز، انیدریت، نمک و به میزان کمتر آهک است. رفتار سازند گچساران بعنوان سطح گسسته فوقانی در چین‌خوردگی زاگرس بسیار حایز اهمیت است (بحرودی و کویی، ۲۰۰۴؛ عبداللهی‌فرد و همکاران، ۲۰۰۶). هم‌چنین سازند گچساران بعنوان پوش‌سنگ مخزن سازند آسماری در حوضه دزفول به شمار می‌رود (مطیعی، ۱۳۷۲؛ جیمز و وایند، ۱۹۶۵). هر چند تاکنون مطالعات متعددی از جمله چینه‌شناسی، تغییرات رخساره و تکتونواستراتیگرافی (مطیعی، ۱۳۷۲؛ پیروز و همکاران، ۲۰۱۱)، نقش سازند گچساران بعنوان سطح گسسته فوقانی در چین‌خوردگی

زاگرس (بحرودی و کویی، ۲۰۰۴؛ عبداللهی‌فرد و همکاران، ۲۰۰۶)، پتروگرافی و کانی‌شناسی (رضایی و سالاری، ۲۰۱۶) روی این سازند انجام شده است، اما در خصوص ماهیت فشاری این سازند کمتر بحث شده است که می‌توان به گزارش فنی هلمز (۱۹۷۸) اشاره کرد. در مطالعه حاضر تغییرات سنگ‌رخساره‌ای و ضخامت سازند سازند گچساران و تاثیر آن بر رژیم فشاری و طراحی جداری با استفاده از داده‌های مربوط به حدود ۲۰ حلقه چاه مربوط به میادین و ساختمان‌های آزادگان، یادآوران، سپهر، جفیر، دارخوین، خرمشهر، مینو، اروند، آرمان و امید واقع در ناحیه دشت آبادان و میادین منصوری، آب تیمور. سوسنگرد واقع در حاشیه جنوب‌باختری فروبار دزفول (بلافصل دشت آبادان) مورد بحث و بررسی واقع می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه موقعیت ناحیه مورد مطالعه. موقعیت چاه‌هایی که در نمودارهای تطابقی، پلات فشار و وزن گل در مقابل عمق استفاده شده‌اند مشخص شده است. خط چین قرمز مرز بین سازند گچساران دارای لایه‌های نمک (پرفشار) در شمال‌خاور و سازند گچساران بدون لایه‌های نمک (کم فشار) در جنوب‌باختر را مشخص می‌نماید. موقعیت سایر چاه‌ها در شکل ۲ قابل مشاهده است.

داده‌های مورد استفاده و روش کار

در این مطالعه از داده‌های مربوط به بیش از ۲۰ حلقه چاه اکتشافی واقع در ناحیه دشت آبادان و منتهی‌الیه جنوب‌باختر دزفول شمالی استفاده شده است. ابتدا با استفاده از نمودارهای گاما و صوتی به‌همراه نمودار ترسیمی سرچاه، ستون چینه‌شناسی سازند گچساران تفسیر گردیده، بخش‌های ۷ الی ۱ سازند گچساران تفکیک گردید. در چاه‌هایی که بدلیل نبود نمک با نگاه سنگ‌رخساره‌ای امکان تفکیک نبود، بخش‌های مذکور با نگاه چینه‌نگاری سکansı مشخص شد. در ادامه تغییرات ضخامت و تغییرات سنگ‌رخساره‌ای سازند گچساران با استفاده از نمودارهای تطابقی، نقشه هم‌ضخامت سازند گچساران و نقشه‌های هم‌ضخامت لایه‌های نمک در بخش‌های ۴، ۳ و ۲ سازند گچساران تهیه گردیده و مورد تحلیل قرار گرفت. هم‌چنین با استفاده از داده‌های وزن گل مورد استفاده برای حفاری و موقعیت پاشنه‌های جداری، محدوده کم‌فشار و پرفشار مشخص شده و با سایر اطلاعات تلفیق گردید (در سازند گچساران هیچ‌گونه داده اندازه‌گیری فشار بجز وزن گل که تخمینی از فشار منفذی را به دست می‌دهد وجود ندارد).

تغییرات سنگ‌رخساره‌ای رسوبات میوسن در کمرند چین‌خورده/گسلی زاگرس

در کمرند چین‌خورده/گسلی زاگرس، رسوبات متعلق به میوسن با سنگ‌رخساره‌های متنوع رسوب‌گذاری شده که در قالب سازندهای رازک و گچساران نام‌گذاری شده‌اند. سازند رازک: سازند رازک یک واحد رسوبی همزمان با کوهزایی است که در سیستم رودخانه‌ای بریده بریده نهشته شده است. این سازند متشکل از یک واحد کنگلومرای قاعده‌ای است که با تناوبی از لایه‌های رس سنگ قرمز و خاکستری، ماسه‌سنگ، سیلت‌سنگ و لایه‌هایی از آهک بیوکلاستی پوشیده شده است (پیروز و همکاران، ۲۰۱۱). لایه‌های کنگلومرای قاعده‌ای در میدین سورو و سرخون در ناحیه بندرعباس گازدار نیز می‌باشد. گسترش سازند رازک در ناحیه زاگرس مرتفع، فارس داخلی و شمال بندرعباس است. ضخامت رازک از شمال‌خاور به جنوب‌باختر تدریجاً کاهش یافته، تدریجاً لایه‌هایی از انیدریت نیز در توالی ظاهر شده و به سازند گچساران تغییر رخساره می‌دهد (پیروز و همکاران، ۲۰۱۱).

خزش لایه‌های نمک سبب بریدن جداری و کج شدن مسیر چاه می‌شود. بعنوان مثال، در حدود ۱۰۰ حلقه چاه در میدان مارون از این موضوع رنج می‌برند (فرحزادی، ا، ۱۳۹۸، مکالمه شفاهی).

تغییرات ضخامت و سنگ‌رخساره‌ای سازند سازند گچساران در ناحیه دشت آبادان

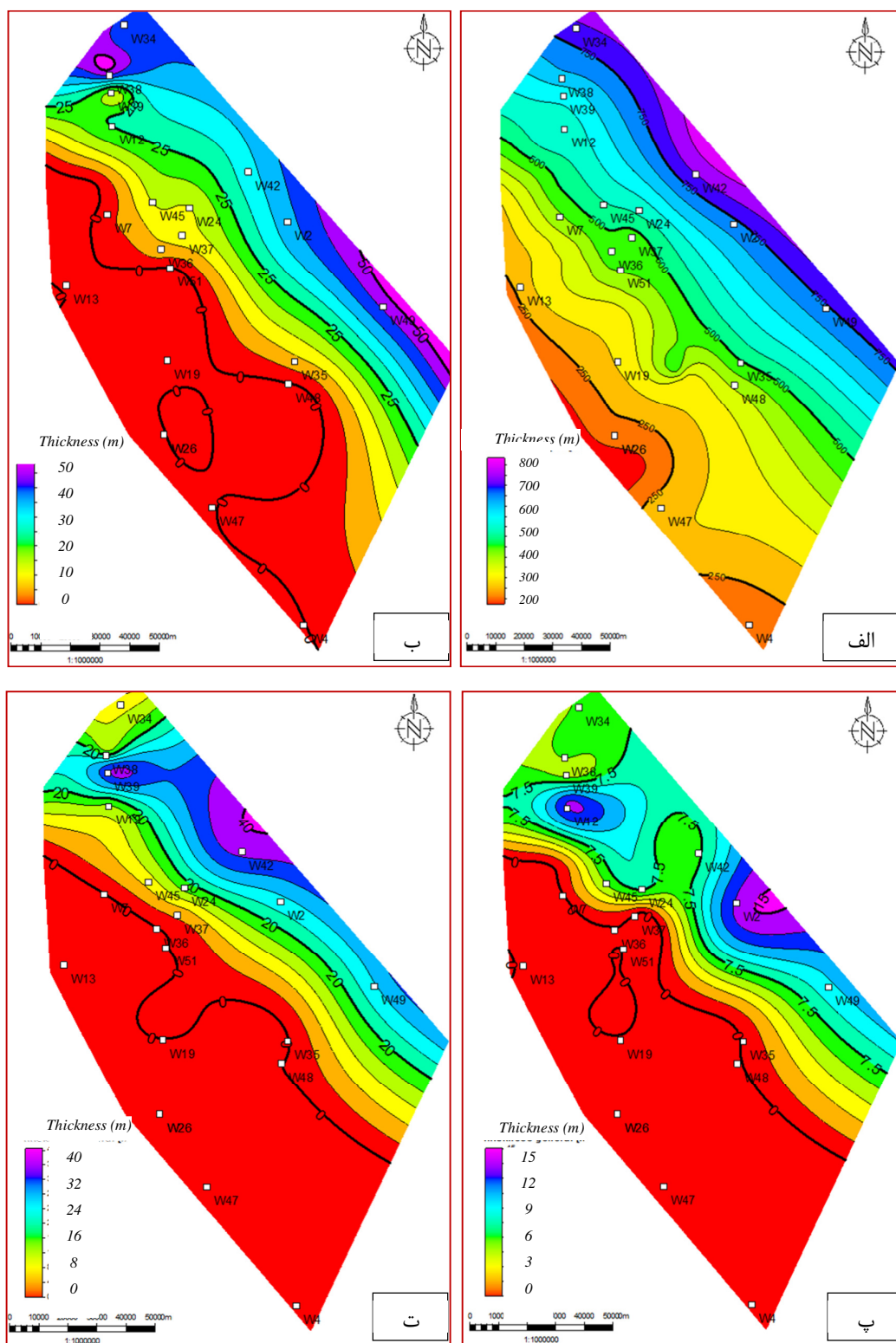
در ناحیه مورد مطالعه ضخامت سازند گچساران از دشت آبادان به سمت شمال و شمال‌خاور افزایش یافته، کمترین ضخامت (۱۸۹ متر) مربوط به چاه W25 و بیش‌ترین آن (۷۹۸ متر) مربوط به چاه W42، واقع در منتهی‌الیه جنوب‌باختری فروبار دزفول است (شکل ۲ الف). در بخش عمده ناحیه دشت آبادان سازند گچساران متشکل از تناوبی از لایه‌های انیدریت، مارن خاکستری، مارن قرمز و لایه‌هایی از آهک به ویژه در بخش پایینی سازند است. لایه‌های آهکی مذکور می‌تواند حین حفاری بعنوان لایه‌های شاخص در تطابق مورد استفاده قرار گیرد. در بخش شمالی و خاوری دشت آبادان تدریجاً لایه‌های نمکی در بخش ۴ و سپس ۳ و ۲ سازند گچساران ظاهر شده که به سمت شمال و شمال‌خاور بر تعداد و ضخامت آن افزوده می‌شود. بیش‌ترین ضخامت نمک در بخش ۴، ۴۶ متر در چاه-۴۹ است. هم‌چنین بیش‌ترین ضخامت نمک در بخش‌های ۳ و ۲ به ترتیب ۱۳/۷ متر در چاه ۲ و ۳۷ متر در چاه-۴۲ می‌باشد (شکل ۲-ب، پ و ت). مرز بین محدوده دارای نمک و بدون نمک بر خطواره‌ای منطبق است که از بین چاه‌های ۴۸ و ۳۵، و در ادامه با روند شمال باختر از بین چاه‌های ۵۱ و ۳۶ و جنوب چاه ۷ می‌گذرد (شکل‌های ۱، ۳ و ۴). تاثیر خطواره مذکور روی برش‌های لرزه‌ای از افق گوتنیا تا سازند گچساران قابل مشاهده است. در واقع در سمت خاور و شمال خاور خطواره مذکور با افزایش نسبی عمق محیط رسوبی، لایه‌های نمک در توالی گچساران رسوب‌گذاری شده‌اند. این موضوع بیانگر فعالیت خطواره حین رسوب‌گذاری سازند گچساران است. هم‌چنین تبدیل بین انگشتی رسوبات پلاتفرمی جهرم به رسوبات عمیق و حوضه‌ای پابده نیز بر همین خطواره منطبق است (شکل ۵).

سازند گچساران: سازند گچساران در ناحیه فارس متشکل از سه بخش از بالا به پایین مول، چمپه و چل می‌باشد. مول متشکل از لایه‌های مارن قرمز و انیدریت است. چمپه غالباً متشکل از کربنات و لایه‌هایی از مارن خاکستری است. چل متشکل از تناوبی از انیدریت و مارن خاکستری است (مطیعی، ۱۳۷۲). در بخشی از ناحیه فارس، مرز تبدیل سازند رازک به گچساران منطبق بر گسل کره بس می‌باشد. عموماً در فارس داخلی رازک و در فارس ساحلی-نیمه‌ساحلی گچساران با بخش‌های مذکور نهشته شده است. در بخش شمالی بلندی قدیمی قطر-فارس بخش چل وجود ندارد و چمپه با چند لایه نازک مارن خاکستری در پایین، روی سازند آسماری قرار گرفته است. به همین دلیل تفکیک آن از سازند آسماری در این موارد با مشکل مواجه می‌شود.

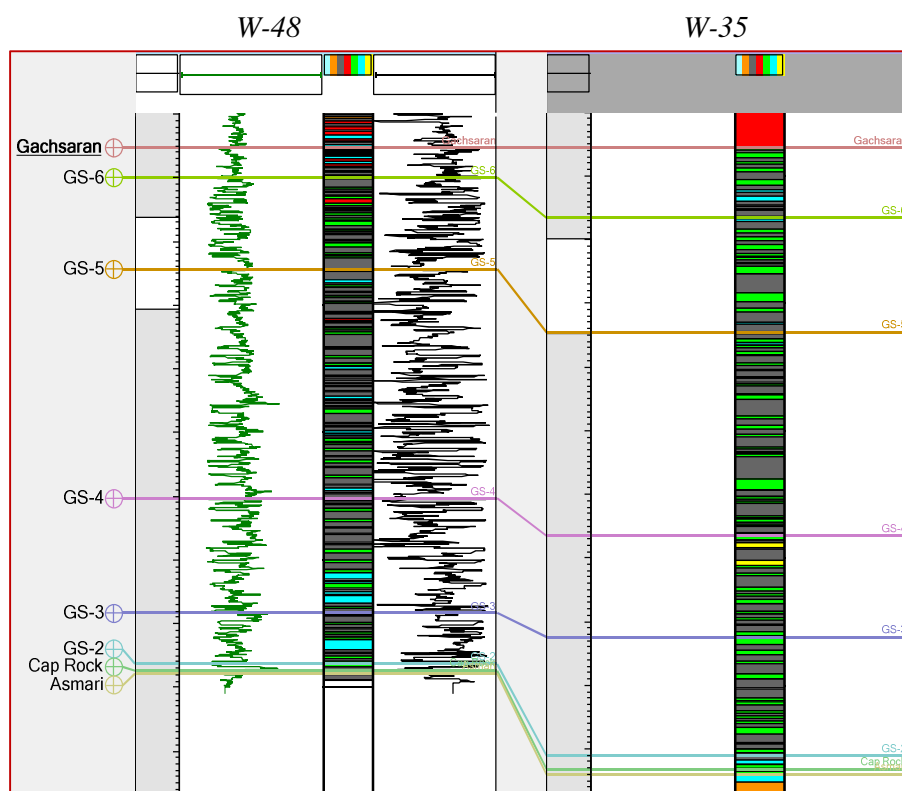
در ناحیه دزفول سازند گچساران متشکل از تناوبی از انیدریت، مارن خاکستری و قرمز، نمک و به میزان کمتر آهک است. در این ناحیه سازند گچساران به ۷ بخش تقسیم شده است که از بالا به پایین به بخش‌های ۷ الی ۱ موسوم می‌باشند. لایه‌های مارن قرمز در بخش ۶ فراوانی بیش‌تری دارند. لایه‌های نمک بسته به موقعیت میدان در محیط رسوبی قدیمی، از بخش ۶ به پایین مشاهده می‌شوند. بیش‌ترین ضخامت واحدهای نمک در بخش ۴ سازند گچساران می‌باشد (مطیعی، ۱۳۷۲).

ضخامت واحدهای نمکی در سازند گچساران در کمربندی به موازات گسل پیشانی کوهستان به حداکثر خود می‌رسد، که می‌تواند به دلیل فرونشست بیش‌تر حوضه حین رسوب‌گذاری در این ناحیه باشد.

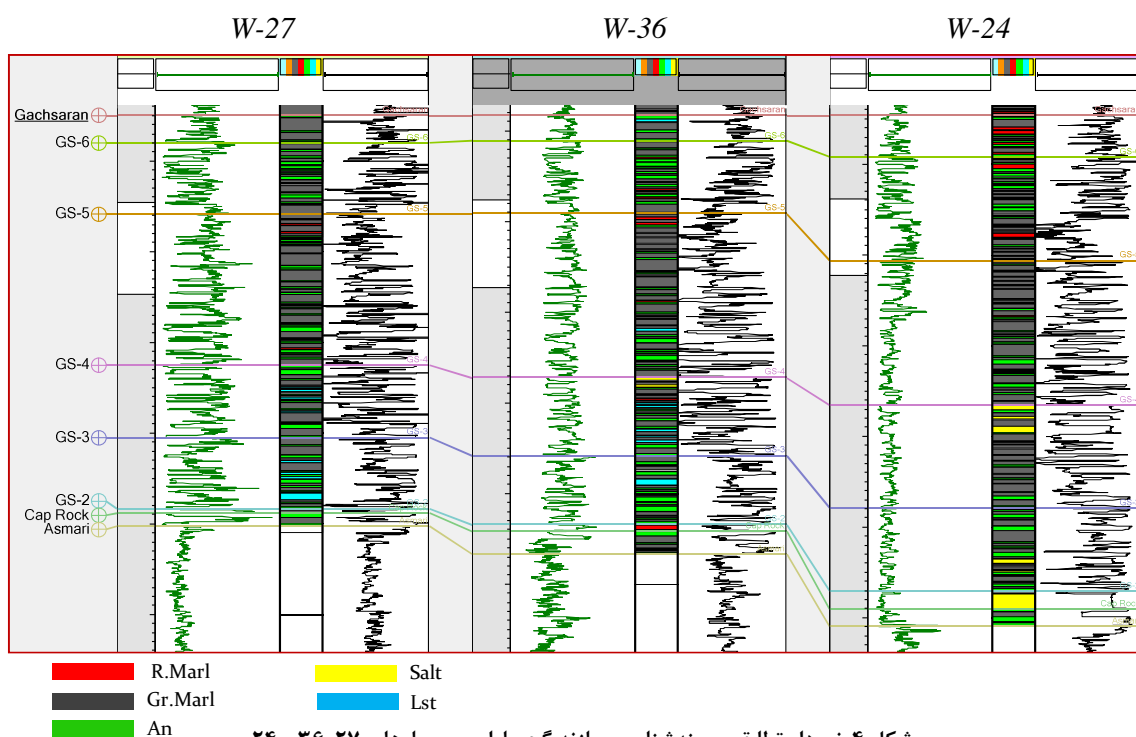
رفتار شکل‌پذیر و پلاستیک نمک طی چین‌خوردگی سبب خزش نمک از نقاط پرفشار به سمت نقاط کم فشار می‌شود. در موارد متعددی فشار ناشی از وزن روباره رسوبات در ناودیس‌های آجاجاری/میشان سبب خزش نمک از بخش ستیغ تاقدیس به سمت یال‌ها صورت گرفته که سبب شده است که راس تاقدیس در عمق بر محور ناودیس در نزدیک به سطح واقع شود. هندسه مذکور در برش‌های لرزه‌ای متعددی مربوط به میادین نفتی اهواز، مارون و آجاجاری در مطالعه عبداللهی و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده می‌شود. علاوه بر مشکلات عملیاتی حین حفاری همچون تنگ‌شدگی چاه، گم شدن برخی از بخش‌های سازند گچساران، در برخی میادین



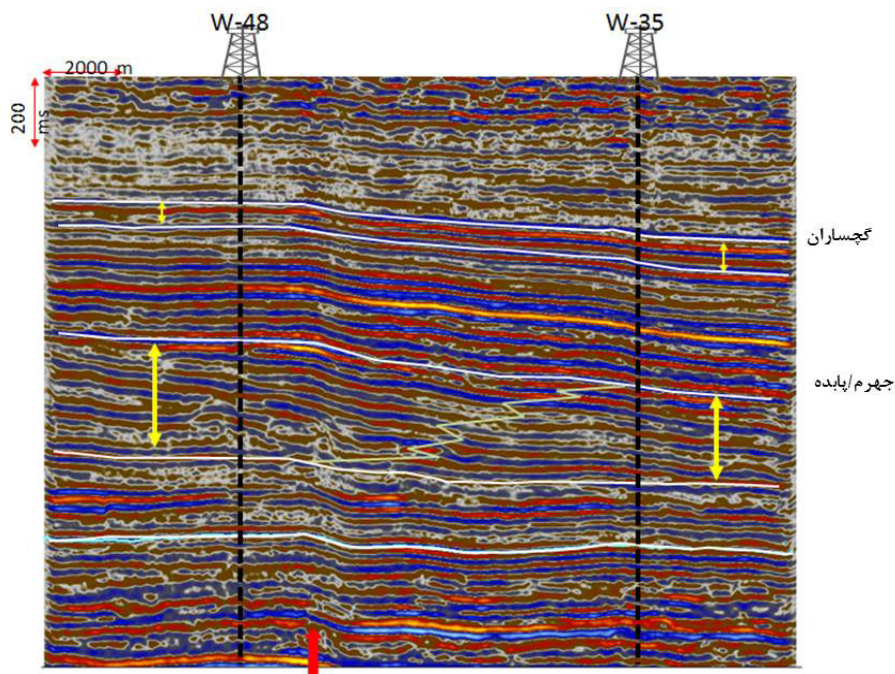
شکل ۲. الف) نقشه هم‌ضخامت سازند گچساران، ب) هم‌ضخامت لایه‌های نمک در بخش ۴، پ) هم‌ضخامت لایه‌های نمک در بخش ۳ و ت) هم‌ضخامت لایه‌های نمک در بخش ۲.



شکل ۳. نمودار تطابقی سازند گچساران بین چاه‌های ۴۸ و ۳۵، راهنمای نمودار در شکل ۴ قابل مشاهده است. (نمودار روی راس سازند گچساران صاف شده است).



شکل ۴. نمودار تطابقی چینه‌شناسی سازند گچساران بین چاه‌های ۲۷، ۳۶ و ۲۴



شکل ۵. برش لرزه‌ای چاه گذر در راستای جنوب‌باختر - شمال خاور بین چاه‌های ۴۸ و ۳۵. فلش قرمز رنگ موقعیت حضور خطواره کنترل کننده تغییر سنگ‌رخساره سازند گچساران و همچنین مرز تبدیل زبانه‌های سازند چهرم به پایده را نشان می‌دهد.

سنگ نیست. در مقابل با حرکت به سمت شمال و شمال خاور همگام با دور شدن از محور بلندی قدیمی گچساران پرفشار بوده و با قرار دادن دو جداری یکی در ابتدای بخش ۶ و دیگری در پوش‌سنگ از سازندهای آغاجاری/میشان در بالا و آسماری در زیر جدا می‌شود.

همپوشانی نقشه‌های هم‌ضامت نمک و محدوده‌های کم فشار و پرفشار حاکی از این است که در نواحی که نمک در توالی سازند گچساران وجود دارد، این سازند پرفشار است و وزن گل سنگین‌تری را برای حفاری نیاز دارد. بعنوان مثال در چاه W37 که در محدوده پرفشار واقع می‌شود این سازند با حداکثر وزن گل ۱۳۱ pcf و در چاه W51 که در ناحیه بدون نمک و کم فشار واقع شده، حداکثر وزن گل ۸۵ pcf حفاری شده است (شکل ۶). همچنین مقایسه فشار هیدرواستاتیک محاسبه شده با استفاده از وزن گل حفاری با فشار هیدرواستاتیک با گرادیان فشار ۰/۴۶ psi/ft و فشار لیتواستاتیک با گرادیان ۱ psi/ft (شکل ۷) بیانگر این است که گچساران در چاه ۳۷ به میزان قابل‌توجهی پرفشارتر از فشار نرمال هیدرواستاتیک است. البته ذکر این نکته ضروری است که گاهی حین حفاری سازند گچساران بدلیل تنگی چاه (بدلیل متورم شدن لایه‌های رسی) هم به ناچار وزن گل

علل احتمالی ایجاد فشار غیر نرمال در سازند گچساران

آگاهی از فشارهای زیرسطحی در یک توالی رسوبی جهت طراحی لوله‌های جداری/آستری و انتخاب بهینه وزن گل جهت انجام حفاری ایمن بطوریکه کمترین صدمه به مخزن نیز وارد شود حیاتی است. فشارهای زیر سطحی به دو گروه کلی فشار عادی^۱ و فشار غیرعادی^۲ تقسیم‌بندی می‌شوند. به فشار معادل فشار هیدرواستاتیک (گرادیان فشار بین ۰/۴۳۳ الی ۰/۵۱ psi/ft) فشار عادی اطلاق می‌شود. فشارهای غیرعادی خود به دو گروه کمتر از معمول^۳ (کمتر از فشار هیدرواستاتیک با گرادیان فشار کمتر از ۰/۴۳۳ psi/ft) و بیش از معمول^۴ (بیش‌تر از فشار هیدرواستاتیک با گرادیان فشار بیش‌تر از ۰/۵۱ psi/ft) تقسیم می‌شوند سواربریک و اسپرن، ۱۹۹۸).

تجربیات حفاری سازند گچساران در ناحیه دشت آبادان حاکی از این است که در محدوده ستیغ بلندی قدیمی آزادگان عموماً سازند گچساران کم فشار بوده و حین حفاری نیاز به راندن جداری در ابتدای بخش ۶ و پوش

^۱ Normal pressure

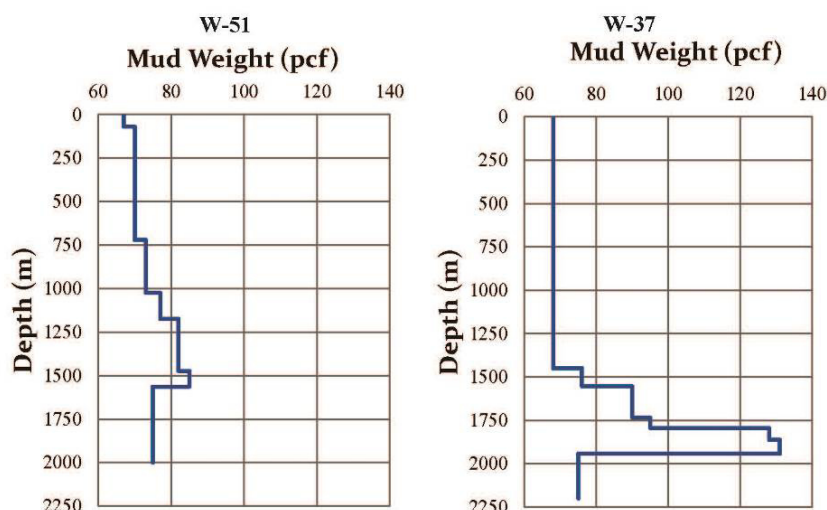
^۲ Abnormal pressure

^۳ Underpressure

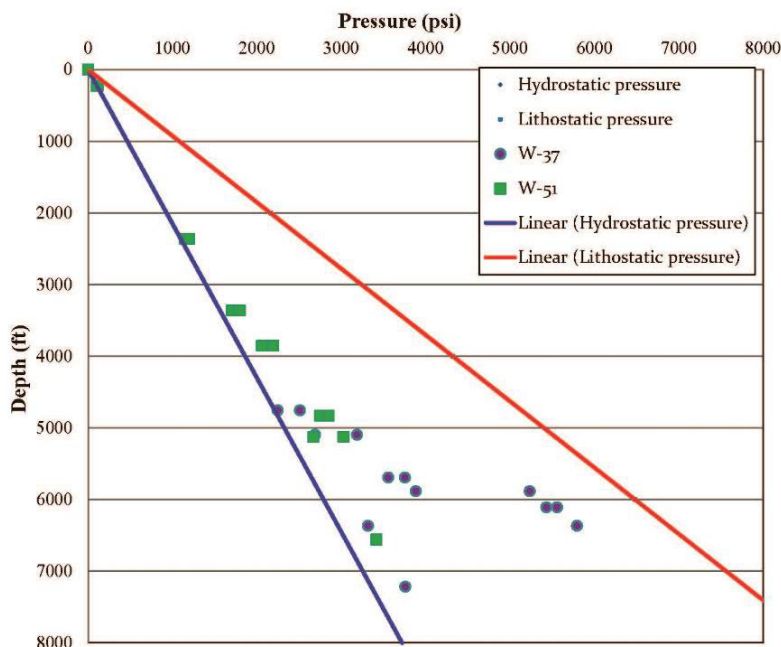
^۴ Overpressure

هیدرواستاتیک محاسبه شده از وزن گل مورد استفاده در حفاری این سازند در نظر گرفته شود.

افزایش داده می‌شود و همیشه وزن گل منعکس کننده فشار منفذی نیست. در هر حال بدلیل نبود داده فشاری در گچساران، فشار منفذی می‌تواند کمی کمتر از فشار



شکل ۶. نمودار تغییرات وزن گل حفاری در مقابل عمق از سطح زمین تا راس سازند آسماری در چاه‌های ۳۷ و ۵۱



شکل ۷. دیاگرام متقابل فشار هیدرواستاتیک محاسبه شده با استفاده از وزن گل حفاری در چاه‌های ۳۷ و ۵۱، فشار هیدرواستاتیک با گرادیان 0.46 psi/ft فشار لیتواستاتیک با گرادیان 1 psi/ft محاسبه شده است.

موارد افزایش حجم سیالات منفذی در ارتباط با فرایند انبساط حرارتی سیالات منفذی^۱ است. بالاتر از دمای ۴ درجه آب منفذی منبسط شده و در یک سیستم منفذی کاملاً سیل شده می‌تواند عامل فشار غیرنرمال هر چند به

بطور کلی فشار بیش از نرمال توسط عوامل متعددی به شرح ذیل ایجاد می‌شود (اسبرن و سواربریک، ۱۹۹۷):

تغییر در حجم سیال منفذی: مکانیسم‌های مربوط به تغییر حجم در شرایطی که محیط کاملاً محبوس باشد در فرایند ایجاد زون‌های پرفشار کارساز می‌باشند. یکی از

^۱ Aquathermal expansion

میادین به این عامل مرتبط است. نمود وقوع چنین پدیده‌ای در آبخوان‌ها، چاه‌های آرتزین است. بدلیل ناتراوا بودن لایه‌های رسوبی سازند گچساران (تناوب رس‌سنگ/ مارن و انیدریت) این عامل نمی‌تواند علت فشار بیش از نرمال محسوب شود.

کاهش حجم منافذ به دلیل افزایش تنش فشارشی^۲

تدفین سریع رسوبات در حوضه‌های با نرخ رسوب‌گذاری بالا و در توالی‌های کم تراوا سبب ایجاد فشار بیش از نرمال می‌شود. علاوه بر این فشارهای ناشی از نیروهای تکتونیکی جهت‌دار در نواحی با تکتونیک فعال می‌تواند عامل ایجاد فشار بیش از نرمال باشد. متراکم شدن فضای منفذی طی تدفین تدریجی رسوبات، سبب خروج سیال منفذی می‌شود. اگر به هر دلیلی (بعنوان مثال نرخ رسوب‌گذاری بالا در توالی‌های کم تراوا) سیال منفذی نتواند همگام با نرخ متراکم شدن فرار نماید سیستم منفذی پرفشار خواهد شد. این پدیده اصطلاحاً تراکم غیرتعادلی^۳ نامیده شده است. رسوبات رسی در زمان نهشته شدن حدود ۷۰-۹۰ درصد حجمی آب دارند که طی تدفین تدریجاً با متراکم شدن منافذ، آب موجود در منافذ خارج می‌شود (تاکر، ۱۹۹۱).

اگر این شرایط ادامه یابد و هیچگونه سیالی از فضای منفذی نتواند خارج شود فشار منفذی با تحمل بخش عمده وزن روباره، مانع متراکم شدن رسوبات خواهد شد. تراکم غیرتعادلی بطور معمول در توالی‌های تخریبی ریزدانه مارنی و شیلی عامل ایجاد فشار بیش از نرمال است. شکل ۸ تاثیر نرخ رسوب‌گذاری بر میزان کاهش تخلخل و متعاقب آن پر فشار شدن در رسوبات شیلی را نشان می‌دهد. همانطور که از شکل نیز استفاده می‌شود تا عمق حدود ۷۵۰ متری، فشار منفذی برابر با فشار هیدرواستاتیک است. با افزایش عمق تدفین، فشار منفذی از فشار هیدرواستاتیک بیش‌تر شده و اصطلاحاً پرفشار می‌شود. میزان افزایش فشار بسته به نرخ رسوب‌گذاری متفاوت است. هر چه نرخ رسوب‌گذاری توالی رسوبی بیش‌تر باشد میزان تراکم رسوب (کاهش تخلخل) کمتر و در همین راستا، اختلاف فشار منفذی و فشار هیدرواستاتیک و بعبارتی پر فشار شدن بیش‌تر است. این پدیده بخوبی با استفاده از نمودار صوتی در سازندهای

میزان کم باشد. میزان افزایش حجم سیال منفذی بسته به روابط فشار-حجم-دما (PVT)، متغیر است. آب‌های شور منفذی و سیالات هیدروکربوری در مقایسه با آب شیرین قابلیت تراکم بیش‌تری دارند، بنابراین فشار کمتری ایجاد می‌نمایند. علاوه بر این، برخی از واکنش‌ها در مرحله دیاژنز آب‌زا می‌باشند (بعنوان مثال: آب آزاد شده طی تبدیل اسمکتیت به ایلیت). هر چند این حجم آب بسیار ناچیز است که بتواند فشار بیش از نرمال ایجاد نماید مگر در شرایطی که سیستم کاملاً محبوس باشد. همچنین در توالی‌های تبخیری، تبدیل ژپس به انیدریت که خود یک واکنش آب‌زا می‌باشد در دمای ۴۰ الی ۶۰ درجه سانتی‌گراد در اعماق تدفین کم اتفاق می‌افتد. با توجه به عمق نسبتاً کم سازند گچساران، تغییر در حجم سیال منفذی به دلیل انبساط حرارتی نمی‌تواند چندان قابل‌توجه باشد. همچنین حجم آب آزاد شده طی واکنش‌های آب‌زا برای ایجاد فشار بیش از نرمال بسیار ناچیز است. در نواحی که سازند گچساران متشکل از تناوبی از مارن و انیدریت و بدون نمک است پرفشار نبوده که خود می‌تواند موید تاثیر ناچیز فرایندهای مذکور بعنوان عامل ایجاد فشار بیش از معمول در توالی این سازند باشد.

پختگی مواد آلی و تولید گاز: پختگی مواد آلی و تولید گاز یک مکانیسم فرضی برای ایجاد فشار بیش از معمول در نظر گرفته می‌شود. شاهد این موضوع می‌تواند وقوع پدیده مهاجرت اولیه هیدروکربور از سنگ منشاء باشد. زایش گاز در یک شبکه منفذی بسته می‌تواند تا حد قابل‌توجهی فشار غیرنرمال ایجاد نماید (هانت، ۱۹۹۰؛ هانت و همکاران، ۱۹۹۴؛ هاو و همکاران، ۱۹۹۵؛ تینگی و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به ماهیت محیط‌رسوبی سازند گچساران (رسوبات تخریبی-تبخیری) و عمق تدفین کم، عاری از هرگونه ماده آلی پخته شده است. از اینرو پختگی مواد آلی و تولید گاز نمی‌تواند عاملی برای ایجاد فشار بیش از نرمال باشد.

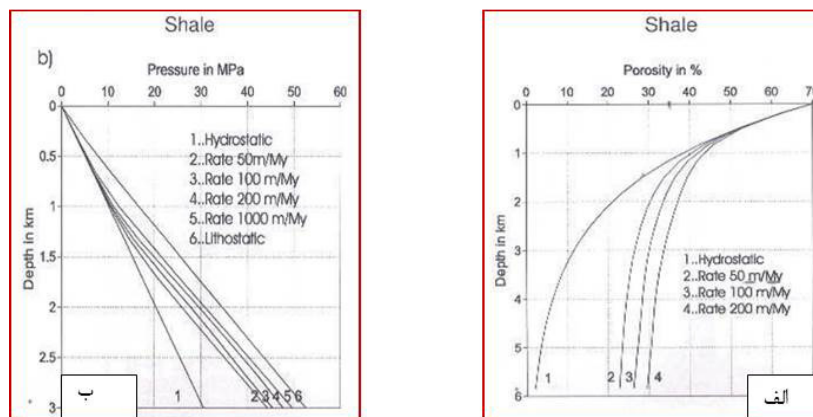
جریان هیدرودینامیک: نفوذ آب‌های جوی در لایه‌های مخزنی رخنمون یافته در ارتفاعات، که به صورت ممتد در زیر یک سیل موثر و پیوسته واقع شده‌اند و تا فواصل طولانی بدون گسستگی تا اعماق ادامه دارند می‌تواند به اندازه ارتفاع سطح آب محل تغذیه لایه، ایجاد فشار نماید. کج‌شدگی سطح تماس آب-هیدروکربور در برخی

^۲ Compressive stress

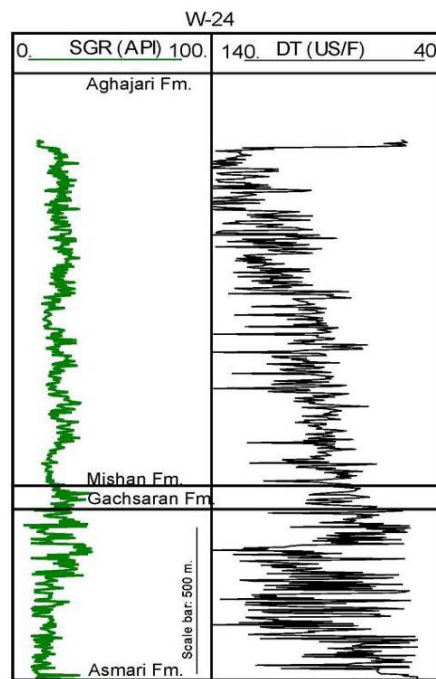
^۳ Disequilibrium Compaction

نشده و جوان محسوب می‌شود (اسبرن و سواربریک، ۱۹۹۷؛ جیسن، ۱۹۹۸؛ وجیک، ۲۰۰۸). بنابراین از بین مکانیسم‌های مطرح شده تدفین سریع توالی کم تراوای سازند گچساران به دلیل نرخ رسوب‌گذاری بالای آغاچاری به‌مرازه رفتار شکل‌پذیر نمک می‌تواند عامل ایجاد فشار بیش از نرمال باشد. ضمناً حضور شورابه‌های حین رسوب‌گذاری لایه‌های نمک حین تدفین رسوبات را بعنوان عامل تشدید فشار بیش از معمول نمی‌توان از نظر دور داشت.

آغاچاری و گچساران قابل تشخیص است (شکل ۹). با افزایش عمق در سازند آغاچاری بر تراکم رسوبات افزوده می‌شود. حضور لایه‌های سیل‌کننده انیدریت در راس سازند گچساران مانع فرار آب رسوبات حین تدفین و سبب ایجاد افق پرفشار در این سازند شده که خود مانع تراکم رسوبات و حفظ تخلخل (قراثت بالای نمودار صوتی) شده است. به این پدیده اصطلاحاً وارون‌شدگی سرعت اطلاق می‌شود (عبداللهی‌فرد، ا، مکالمه شفاهی، ۱۳۹۶). تراکم غیر تعادلی معمولاً به عنوان یکی از عوامل ایجاد فشار بیش از معمول در توالی‌های رسوبی سخت



شکل ۸. میزان افزایش فشار در مقابل عمق برای توالی‌های رسوبی شیلی با نرخ رسوب‌گذاری متفاوت (برگرفته شده از انتشارات شرکت IES).



شکل ۹. تغییرات روند نمودار صوتی با افزایش عمق در سازندهای آغاچاری، میشان و گچساران در W-24، در سازندهای آغاچاری/میشان روند تراکم عادی و در سازند گچساران غیرعادی است. افزایش زمان عبور در سازند گچساران به دلیل پر فشار بودن است که خود مانع تراکم و خروج آب از رسوبات رسی به دلیل فرایند تراکم غیرتعادلی شده است.

نتیجه‌گیری

✓ با فاصله گرفتن از بخش محوری بلندی قدیمی آزادگان (مرز ایران و عراق) به سمت شمال و شمال خاور، علاوه بر آنکه تدریجاً ضخامت سازند گچساران افزایش می‌یابد، لایه‌های نمک نیز ابتدا در بخش ۴ و سپس در بخش‌های ۳ و ۲ ظاهر می‌شوند. مرز ظهور نمک در توالی سازند گچساران در این مطالعه به نقشه در آمد که در طراحی جداری و وزن گل حفاری برای چاه‌های اکتشافی بسیار حائز اهمیت است.

✓ در بخش جنوب‌خاوری دشت آبادان (محدوده چاه‌های ۳۵ و ۴۸)، ظهور لایه‌های نمک منطبق بر خطواره‌ای است که تاثیر آن از افق گوتنیا تا سازند گچساران روی برش‌های لرزه‌ای قابل تعقیب است. به دلیل افزایش نسی عمق محیط رسوب‌گذاری در شمال و شمال خاور خطواره مذکور، لایه‌های نمک نهشته شده است. بنظر می‌رسد در ادامه به سمت شمال‌باختر نیز حضور نمک در سازند گچساران کم و بیش منطبق بر همین خطواره باشد. این موضوع بیانگر فعالیت خطواره مذکور حین رسوب‌گذاری توالی رسوبی این سازند است.

✓ تلفیق داده‌های حاصل از حفاری و تغییرات سنگ رخساره‌ای حاکی از این است که در نواحی که سازند گچساران دارای نمک است پرفشار نیز می‌باشد و با افزایش ضخامت و تعدد لایه‌های نمکی و افزایش عمق تدفین (افزایش فشار روباره) پرفشارتر می‌شود.

✓ در ناحیه‌ای که سازند گچساران لایه‌های نمکی دارد پاشنه جداری در راس بخش ۶ نشانده شده، و بدلیل پرفشار بودن، توالی بخش ۶ تا بخشی از پوش‌سنگ با وزن گل سنگین‌تر حفاری می‌شود. بنابراین در این نواحی در مقایسه با نواحی کم فشار، یک لوله جداری بیش‌تر رانده شده و تکمیل چاه‌ها در افق فلهیان در حفره تنگ‌تر صورت می‌گیرد. هم‌چنین حفاری افق‌های عمیق‌تر در نواحی کم فشار سازند گچساران از دیدگاه طراحی جداری امکان‌پذیرتر است.

✓ با توجه به تغییر واضح رفتار نمودار صوتی از سازندهای آغاجاری/ میشان به گچساران به نقشه در آوردن محدوده‌های پرفشار سازند گچساران با استفاده از داده‌های لرزه‌ای، ممکن بنظر می‌رسد.

✓ از بین مکانیسم‌های متعدد مطرح شده برای ایجاد فشار بیش از معمول، تراکم غیر تعادلی به‌مراه رفتار شکل‌پذیر لایه‌های نمک می‌تواند عامل اصلی پرفشار شدن سازند گچساران باشد.

تشکر و قدردانی

در پایان از ریاست محترم انجمن رسوب‌شناسی ایران، جناب آقای دکتر موسوی‌حرمی و دبیر محترم پنجمین همایش ملی رسوب‌شناسی ایران جناب آقای دکتر زندمقدم و هم‌چنین از سردبیر محترم مجله رسوب‌شناسی کاربردی جناب آقای دکتر خدابخش بسیار قدردانی می‌نمایم.

منابع

- مطیعی، ه (۱۳۷۲) زمین‌شناسی ایران - چینه‌شناسی زاگرس، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶ ص.
- AbdollahieFard, I., Braathen, A., Mokhtari, M., and Alavi, S., A (2006) Interaction of the Zagros Fold-Thrust Belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran. *Petroleum Geoscience*, 12: 347-362.
- Bahrudi, A., Koyi, H. A (2004) Tectono-sedimentary framework of the Gachsaran Formation in the Zagros foreland basin. *Marine and Petroleum Geology*, 21: 1295-1310.
- James, G. A. and Wynd, J. G (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 49(12): 2182-2245.
- Osborne, M. J., and Swarbrick, R. E (1997) Mechanisms for generating overpressure in sedimentary basins: A reevaluation. *AAPG Bulletin*, v. 81, p. 1023-1041.
- Pirouz, M., Simpson, G., Bahrudi, A., Azhdari, A (2011) Neogene sediments and modern depositional environments of the Zagros foreland basin system. *Geol. Mag*, 148 (5-6): 838-853.
- Rezaee, P. and Salari, Sh (2016) Petrography and mineralogy of Gachsaran Formation in west of Iandar-Abbas, Kuh-e- Namaki Khamir section, south of Iran. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(2S): 956-969.
- Tucker, M. E (1991) *Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks* Oxford, Boston: Blackwell Scientific Publications, 260 p.
- Hao, F., Li, S., Dong, W., Hu, Z., Huang, B (1998) Abnormal organic matter maturation in the Yinggehai Basin, South China Sea: Implications

- for hydrocarbon expulsion and fluid migration from overpressured systems. Journal of Petroleum Geology*, 21(4): 427–444.
- Hao, F., Sun, Y., Li, S., Zhang, Q (1995) Overpressure retardation of organic-matter maturation and petroleum generation: a case study from the Yinggehai and Qiongdongnan Basins, South China Sea. *AAPG Bulletin*, 79 (4): 551–562.
- Holmes, D. W (1978) Abnormal formation pressures and drilling problems in the agreement area. *NIOC Report*, TN-18/1978.
- Hunt, J. M (1990) Generation and Migration of Petroleum from Abnormally Pressured Fluid Compartments (1). *AAPG bulletin*, 74(1): 1–12.
- Hunt, J. M., Whelan, J. K., Eglinton, L. B., Cathles L. M (1994) Gas generation--A major cause of deep Gulf Coast overpressures. *Oil and Gas Journal*, 92: 29.
- Japsen, P (1998) Regional velocity-depth anomalies, North Sea Chalk: a record of overpressure and Neogene uplift and erosion. *AAPG Bulletin*, 82(11): 2031–2074.
- Swarbrick, R. E., and Osborne, M. J (1998) *Memoir 70, Chapter 2: Mechanisms that Generate Abnormal Pressures: an Overvie.* *AAPG Bulletin*.
- Tingay, M. R. P., Morley, C. K., Laird, A., Limpornpipat, O., Krisadasima, K., Pabchanda, S., Macintyre, Hamish, R (2013) Evidence for overpressure generation by kerogen-to-gas maturation in the northern Malay Basin. *AAPG Bulletin*, 4(4): 639–672.
- Vejbæk, O. V (2008) Disequilibrium compaction as the cause for Cretaceous – Paleogene overpressures in the Danish North Sea. *AAPG Bulletin*, 92(2): 165–180.