

تحلیل ارتباط شاخص تولید و دبی چاه‌ها با هرزروی سیال حفاری در مخزن آسماری یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران

کیومرث طاهری*، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب • فرهاد محمد تراب، دانشگاه یزد

چکیده

در تمامی مراحل اکتشاف، حفاری و بهره‌برداری از مخازن هیدروکربوری، هزینه‌های بسیاری برای تولید حداکثری از مخزن انجام می‌شود. امروزه شناسایی و ارزیابی عوامل موثر بر دبی و شاخص تولیدی چاه‌ها، بسیار حائز اهمیت است. یکی از پارامترهای مهم در برداشت از مخازن نفتی، وجود شاخص‌های تولیدی بالاست که این مسئله در صورت وجود شرایط زمین‌شناسی خاص مخزن هیدروکربوری، امکان‌پذیر است. یکی از فاکتورهای مهمی که موجب شاخص تولید بالا در مخزن آسماری این میدان شده است، وجود شکستگی‌های با تراوایی بالاست که در شعاع‌های مختلف چاه‌ها قرار گرفته‌اند. علاوه بر نمودارهای تصویری، یکی دیگر از راه‌های شناسایی گسل‌ها و شکستگی‌ها در مخزن، بررسی داده‌های هرزروی سیال حفاری است. در این میدان، مناطق با تراوایی بالا، باعث به وجود آمدن هرزروی‌های شدید در حین حفاری و آسیب‌دیدگی به مخزن شده است. هدف این تحقیق شناسایی مناطق دارای تراوایی بالا با استفاده از داده‌های هرزروی و بررسی اثر گسل‌ها و شکستگی‌ها بر شاخص تولید چاه‌های میدان مورد مطالعه است. برای دستیابی به این هدف، با توجه به داده‌های هرزروی مربوط به ۳۶۳ حلقه چاه حفاری شده، مناطق با هرزروی شدید در میدان شناسایی و یک ارتباط بسیار خوبی میان نمودارهای شاخص تولید و بالاترین دبی با شکستگی‌های مخزن پیدا شده است. نتایج، نشان‌دهنده ارتباط بسیار خوبی بین گسل‌ها و شکستگی‌ها، داده‌های هرزروی و شاخص تولیدی مخزن است.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۶/۰۱/۲۸

تاریخ ارسال به داور: ۹۶/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش داور: ۹۶/۰۳/۳۰

واژگان کلیدی:

شاخص تولید، دبی چاه، هرزروی سیال، مخزن آسماری، شکستگی

مقدمه

حلقه چاه حفاری شده در میدان مورد مطالعه، از روش‌هایی استفاده گردید که بررسی و مقایسه نتایج حاصل از آنها در تحلیل نهایی شاخص تولید چاه‌ها با شکستگی‌ها بسیار سودمند و مفید می‌باشد. در این تحقیق به بررسی میزان حجم هرزروی سیال حفاری در مخزن آسماری و شناسایی مناطق با هرزروی بالا، با استفاده از نمودار فراوانی داده‌ها، در یکی از میادین نفتی جنوب غرب پرداخته شده است. بدین منظور ابتدا وضعیت توزیع داده‌های هرزروی در کل مخزن با توجه به اطلاعات ۳۶۳ حلقه چاه حفاری شده در میدان به دست آمده و با استفاده از مدل گسل‌ها و شکستگی‌ها و در نظر گرفتن نقشه‌های حبابی بالاترین دبی و شاخص تولید، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

بررسی‌های به دست آمده نشان می‌دهد که بیشترین میزان دبی و شاخص تولید نفت و هرزروی‌ها در مخزن آسماری با شکستگی‌های مخزن ارتباط مستقیمی دارد و نقاط بیشترین دبی و شاخص تولید نفت در چاه‌هایی قرار گرفته است که در بخش شمال غربی در قطاع ۲ و جنوب شرقی میدان در قطاع ۹، پراکنده شده است.

تولید در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه، متناسب با تراوایی مرتبط با تخلخل زمینه سنگ نبوده و به مراتب بیشتر از آن می‌باشد. وجود فشارهای تولیدی بالا در بیشتر چاه‌های این میدان، نقش شکستگی‌ها را در تولید طبیعی و بازیافت نهایی بسیار پر اهمیت می‌کند. تولید هیدروکربور از مسیر گسل‌ها و شکستگی‌های طبیعی، یکی از اهداف مهم در ازدیاد برداشت از مخازن هیدروکربوری است و اولین گام در انجام این فرآیند، مدل‌سازی شکستگی‌های طبیعی و القایی در مقیاس میدانی است. در این مطالعه جهت بررسی اثر شکستگی‌های طبیعی سنگ مخزن بر هرزروی گل حفاری، ارزیابی و شناخت صحیح از خصوصیات شکستگی‌ها با شاخص تولید و دبی چاه‌ها، امری لازم و ضروری می‌باشد. وجود گسل‌ها و شکستگی‌ها در مخازن کربناته که خود عامل بسیار موثری در تولید هیدروکربن است، در حین عملیات حفاری مشکلاتی را نیز با خود به همراه دارد، که از مهمترین آن می‌توان به هرزروی سیال حفاری اشاره نمود. هرزروی سیال حفاری در سازندهای مخزنی در میادین نفتی می‌تواند باعث هدر رفتن سرمایه و آسیب‌های جدی به لایه‌های بهره‌ده هیدروکربوری گردد. بر این اساس بر مبنای اطلاعات ۳۶۳

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (kio.taheri@yahoo.com)

۱- مروری بر تحقیقات گذشته

یکی از مسائلی که همواره سازندهای مخزنی را مورد تهدید قرار می‌دهد هرزروی‌های سیال حفاری ناشی از بالا بودن وزن گل و یا شکستگی‌های درون مخازن نفتی می‌باشد. در این میان مخازن نفتی یکی از مهمترین منابع تأمین‌کننده هیدروکربور محسوب می‌شوند. عموماً در بسیاری از مناطق واجد نفت و گاز، به واسطه شرایطی مانند درز و شکستگی‌های موجود در مخازن نفتی، دچار آسیب دیدگی‌های شدید در مناطق مجاور چاه‌ها و مناطق با نفوذپذیری بالا می‌شوند که سهم عمده‌ای در کاهش تولید مخزن خواهد داشت. از این رو شرکت‌های نفتی عموماً به دنبال راه‌هایی برای کاهش هزینه‌های ناشی از هرزروی سیال حفاری هستند، به خصوص پیش‌بینی مناطق دارای هرزروی و نواحی که احتمال هرزروی در آن بیشتر است. انتخاب روش مناسب پهنه‌بندی و تهیه نقشه تغییرات هرزروی^۱ سیال حفاری در مخزن و سازندهای بهره‌ده گامی اساسی و مهم در مدیریت منابع هیدروکربوری مناطق مختلف به شمار می‌رود [۱]. بدین منظور استفاده از داده‌های هرزروی، بهترین گزینه خواهد بود و مدل‌های سه‌بعدی گسل‌ها و شکستگی‌ها، نقش مهمی در مهندسی تولید از مخازن هیدروکربوری دارند. روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی سه‌بعدی وجود دارد که در هر یک از این روش‌ها از اطلاعات زمین‌شناسی، ریاضیات و آمار استفاده می‌شود [۲].

تاکنون پژوهش‌های اندکی راجع به استفاده از داده‌های هرزروی، برای بررسی دبی و شاخص تولید از مخازن انجام گرفته است. در سال ۲۰۱۴ مطالعه‌ای با هدف بررسی اثر انواع سیال حفاری بر نرخ تولید و شاخص تولید انجام شد که نتایج آن نشان داد که گل‌های گلایکولی و روغنی اثر مناسبی بر روی کمیت‌های مخزنی دارند [۳]. در سال ۲۰۱۳ یک مطالعه در زمینه مدل‌سازی پیش‌بینی بهره‌وری و طراحی بهینه چاه‌های چندجانبه صورت پذیرفت و مشخص شد که تعداد چاه‌های جانبی مهم‌ترین عامل است. طول دهانه چاه اصلی و طول دهانه شاخه‌های دیگر، عامل ثانویه در میزان بهره‌وری از این چاه‌ها می‌باشد. زاویه بین چاه اصلی و شاخه‌های دیگر دارای کمترین نفوذ می‌باشد [۴]. در سال ۲۰۱۵ راه‌حل تحلیلی و مکانیسم‌های تولید سیال از شکستگی‌های هیدرولیکی چاه‌ها و شکستگی‌های محدود مورد بررسی قرار گرفت و ثابت شده که جریان در مخزن از برهم‌نهی دو جریان اساسی است که یک جریان بیضوی کانفوکال معتبر و یک جریان غیرتولیدی متمرکز بوسیله شکستگی‌های محدود می‌باشد و همچنین یک فرمول تحلیلی صریح و روشن برای میزان تولید مایع که از وابستگی به بعد شکستگی مشتق شده، ارائه گردیده است [۵]. در سال ۲۰۰۸ با مطالعه بر روی مغزه‌های چند چاه تولیدی در میدان تاریم واقع در کشور چین، مشخص شد که بر اثر هرزروی سیال حفاری و نفوذهای شدید سیال به درون سازند موجب شکستگی‌های القایی^۲ و انسداد آبی در مخزن شده و کاهش دبی و تولید چاه‌ها را به دنبال داشته است.

با تهیه سیال کم آسیب زنده‌ای بنام میکس متال هیدروکسید^۳ که سازگاری زیادی با سازند دارد، توانسته بودند هرزروی در چاه‌های جدید را تا حد زیادی کنترل و بازگشت تراوایی در آنها را به ۸۵ درصد برسانند [۶]. در سال ۲۰۱۵ در میدان نفتی اریدو واقع در ایالت ادو نیجریه مطالعه‌ای بر روی چاه‌های این میدان صورت گرفت و با توجه به هرزروی‌های اتفاق افتاده در این چاه‌ها در حین حفاری و عملیات تکمیل باعث آسیب دیدگی^۴ شدید مخزن و کاهش شاخص تولید آن شده بود که با پیشنهاد برنامه اسیدزنی و عملیات سوراخ کردن نواحی آسیب دیده، تا حد زیادی به بازگشت شاخص تولید چاه‌های آن کمک شده بود [۷]. در سال ۲۰۱۶ مدل‌سازی تحلیلی نرخ تولید گاز در کانال‌های تنگ در سازند ماسه‌سنگی و بهینه‌سازی شکستگی‌های مصنوعی صورت گرفت. جهت مطلوب شکستگی باید انحراف کمتر از $\frac{\pi}{8}$ از حداکثر جهت نفوذپذیری داشته باشد. علاوه بر این، مدل تحلیلی با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده در چاه مورد تأیید قرار گرفت و این مطالعه یک مبنای نظری مناسب برای کانال‌های تنگ ماسه‌ای در مخازن گازی فراهم کرد [۸].

هدف از این پژوهش بررسی ارتباط مناطق با هرزروی بالا در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه با چاه‌هایی است که دارای بیشترین نرخ تولید نفت و بالاترین شاخص می‌باشند تا بتوان علاوه بر مشخص کردن بخش‌های با هرزروی بالا، فاکتور مهمی که در افزایش تولید چاه‌های این میدان موثر است، را معلوم کرد. همچنین با مشخص نمودن این فاکتور، می‌توان نقاط بهینه را در عملیات تکمیلی چاه برای افزایش برداشت مشخص نمود. با تهیه مدل گسل‌ها و شکستگی‌ها در مخزن آسماری و استفاده از پارامترهای کمی هرزروی و نقشه‌های حبابی شاخص تولید و بالاترین دبی، با استناد به آنها، ارتباط منطقی بین آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و تحت تأثیر بودن هر یک نسبت به دیگری مشخص می‌شود.

۲- معرفی میدان نفتی مورد مطالعه

میدان مورد مطالعه در سال ۱۳۰۷ کشف و در سال ۱۳۱۰ عملیات حفاری در آن آغاز شد. تولید نفت از مخزن آسماری این میدان در سال ۱۳۱۸ هجری شمسی با چاه شماره ۱۳ آغاز شد. تاریخچه بهره‌برداری از مخزن نشان می‌دهد که به جز یک دوره کوتاه بین سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۳۲، تولید از این میدان همواره ادامه و میزان تولید نیز همیشه سیر صعودی داشته است به طوری که در سال ۱۳۵۳ به حداکثر میزان خود یعنی بالغ بر ۹۴۰ هزار بشکه در روز رسیده است [۹]. این میدان دارای ذخیره نهایی قابل استحصال ۸/۵ بیلیون بشکه نفت و ذخیره گاز آن با در نظر گرفتن گاز فله‌ایان حدود ۲۱ تریلیون فوت مکعب تخمین زده می‌شود و تا انقلاب ۱۳۵۷، ۶/۵ بیلیون بشکه نفت آن تولید شده است. بخش اعظم تولید نفت از سازند آسماری این میدان صورت می‌گیرد و عمده تولید نفت این میدان از مخازن آسماری و بنگستان با حدود ۴۷۸ هزار بشکه در روز

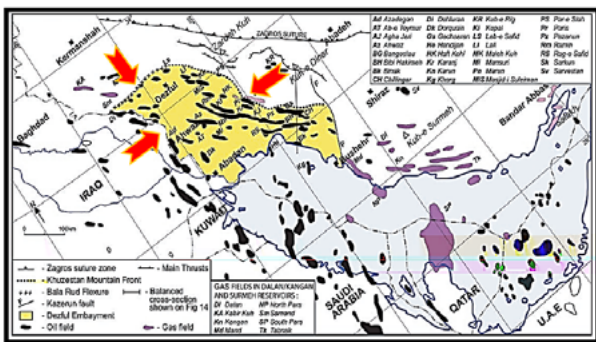
است [۱۰].

A1, A2، پهنه B به پنج بخش B1, B2, B3, B4, B5، پهنه C به دو بخش C1, C2 و D به دو بخش D1, D2 تقسیم می‌شود [۱۴]. برآوردهای اولیه نشان می‌دهد که پهنه B2 بیشترین سهم (حدود ۲۰ درصد) نفت درجا^۱ و پس از آن، پهنه‌های A1، C2 و B4 به میزان ۱۵، ۱۳ و ۱۳ درصد از حجم نفت درجا را به خود اختصاص داده‌اند. سایر پهنه‌ها شامل B5، B1، B3، A2 و C1 هر یک با سهم بین ۳/۶ تا ۹ درصد در رده بعدی قرار دارند. پهنه‌های قاعده‌ای D1 و D2 مجموعاً حدود ۳ درصد هیدروکربور را ذخیره کرده‌اند. این سازند از نظر سنگ‌شناسی به‌طور کل کربناتی بوده و شامل سنگ آهک، دولومیت، سنگ آهک رسی و شیل است. نتایج کلی کسب شده از این نقشه‌ها، نشان می‌دهد که پهنه‌های A و B و قسمتی از C، غالباً ماهیت دولومیتی تا دولومیت آهکی دارد. در پاره‌ای فواصل انیدریت رسوب نموده است و در بخش زیرین پهنه C و غالب پهنه D، عمدتاً سنگ آهک و سنگ آهک دولومیتی است. رسوب شیل به‌صورت عضو ناخالص سنگ‌های کربناته می‌باشد، به طوری که میان‌لایه‌های نازک شیلی در بعضی جاه‌ها حضور بسیار ناچیزی دارد. روند کاهش ضخامت آسماری از غرب به شرق نیز قابل مشاهده است [۹]. سازند آسماری با قرار گرفتن اکثر مخازن نفتی جنوب غرب در آن، داشتن حجم زیادی از هیدروکربن درجا، میزان نفت تولیدی بالا و هرزروی نسبتاً شدید سیال حفاری در این سازند اهمیت مطالعاتی بسیاری دارد. به همین دلیل پیش‌بینی خصوصیات این سازند از

ناحیه فروافتادگی دزفول^۲ با وجود مساحت نسبتاً کم خود (۴۰۰۰۰ کیلومتر مربع) تقریباً غالب نفت تولیدی ایران را در بر می‌گیرد و در حدود ۴۵ میدان عظیم نفتی در آن وجود دارد که جزو میادین خیلی بزرگ با ذخیره نفت درجای بیش از یک میلیارد بشکه می‌باشد. این میدان یکی از بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین میادین کربناته جنوب غرب است که ساختمان آن بر روی افق آسماری، تاقدیسی کشیده و نامتقارن به طول ۶۳ کیلومتر و عرض متغیر بین ۶ تا ۱۲ کیلومتر است که در فروافتادگی دزفول جنوبی قرار گرفته است (شکل-۱).

مقدار شیب بر روی یال جنوبی آسماری عمدتاً زیاد (بیش از ۵۰ درجه و حداکثر ۸۰ درجه در جنوب شرقی میدان) است، که نسبت به مقدار شیب در یال شمالی (متوسط ۴۰ درجه) بیشتر می‌باشد [۱۱]. ویژگی‌های ساختاری از قبیل تنوع شیب ساختمان، بروز گسلش متعدد، ایجاد و توزیع شکستگی‌ها، تأثیر بالا آمدگی قدیمی در دماغه شرقی آن، این میدان را به ساختمانی ویژه مبدل ساخته است و در حوالی این میدان چشمه‌هایی از نفت سنگین و گاز ترش دیده می‌شود. میدان مورد مطالعه در جهت عمومی شمال‌غربی، جنوب‌شرقی تاقدیسی‌های میادین نفتی جنوب ایران واقع شده است (شکل-۲). عمده تولید نفت از سازند آسماری این میدان صورت می‌گیرد که عمدتاً از سنگ‌های کربناتی تشکیل شده است. میانگین تخلخل مخازن این میدان حدود ۳۰ درصد بوده که با افزایش عمق کاهش می‌یابد. مخزن آسماری، اولین مخزن میدان مورد مطالعه است که با حفاری چاه شماره ۳ در سال ۱۳۰۷ کشف و تاکنون ۳۹۷ حلقه چاه در این میدان حفاری شده است. در این مطالعه از اطلاعات شاخص تولید، بالاترین نرخ تولید، هرزروی و وزن گل موجود در آنها استفاده شده است.

لیتولوژی این سازند عمدتاً از سنگ‌های کربناته تشکیل شده است که سنگ‌های آهکی در قسمت‌های زیرین و دولومیت‌ها بیشتر در بخش‌های فوقانی مخزن مشاهده می‌شوند. ماسه‌سنگ حضوری بسیار ضعیف و قابل اغماض دارد و پلمه سنگ (شیل) که معمولاً به‌صورت لایه‌های نازک در بخش بالائی (پهنه A) و بخش انتهایی مخزن (پهنه D2) وجود دارد، غالباً گسترش چندانی نداشته و فاقد تداوم لایه‌ها در مخزن است. ضخامت متوسط حفاری شده سازند آسماری ۵۲۰ متر است که از طرف شمال‌غرب به سمت جنوب‌شرق روند کاهشی دارد و حداقل به ۲۸۰ متر می‌رسد. اطلاعات تولیدی چاه‌ها نشان می‌دهد که با توجه به تخلیه شدن و کاهش فشار مخزن آسماری این میدان، چاه‌ها با کاهش تولید مواجه شده‌اند و با توجه به گازدهی و آبدهی چاه‌ها نیاز به عملیات تعمیر در آنها گسترش یافته است [۹]. پهنه‌بندی سازند آسماری میدان مورد مطالعه توسط شرکت فرانسوی بیسپ فرانلب^۳ انجام شده بود. در این تقسیم‌بندی، مخزن آسماری بر پایه تغییرات جنس سنگ‌ها و تغییرات تخلخل با استفاده از نمودارهای چاه‌پیمایی به ۱۱ پهنه و زیرپهنه تقسیم شده بود که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. این مخزن دارای ۴ پهنه اصلی A, B, C, D می‌باشد. پهنه A خود به دو بخش



شکل ۱ | موقعیت فروافتادگی دزفول در کمر بند چین‌خورده زاگرس

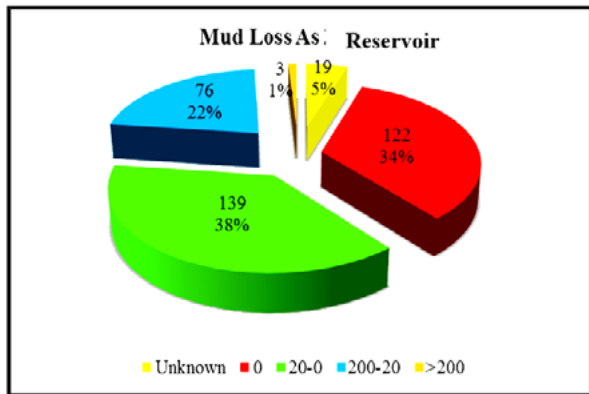


شکل ۲ | موقعیت جغرافیایی میدان نفتی مورد مطالعه در فروافتادگی دزفول

اینکه پهنه B دارای بیشترین میانگین هرزروی است، در اینجا هم دارای بیشترین میزان نفوذپذیری در جهت X، Y و Z است که رابطه مستقیمی بر میزان هرزروی سیال حفاری دارد. در این نمودارها مشاهده می‌شود که پهنه C دارای کمترین نفوذپذیری در سه جهت X، Y و Z است. این نکته قابل ذکر است که مقدار هرزروی‌ها در نقاط مختلف این میدان متفاوت می‌باشد. اما آنچه دارای اهمیت است این است که این هرزروی‌ها آنچنان قابل توجه می‌باشند که در اکثر موارد باعث توقف عملیات حفاری گردیده است.

۳-۳- بررسی ارتباط وزن گل حفاری با هرزروی‌ها

در شکل ۶- داده‌های هرزروی دارای مقادیری بین ۰ تا ۴۵۰ بشکه بر ساعت هرزروی می‌باشند که نشان‌دهنده تغییرپذیری بسیار زیاد داده‌های هرزروی است. این میزان تفاوت در حجم هرزروی‌ها باعث شده است تا اهمیت مطالعات هرزروی در این میدان را دو چندان کند. از آنجایی که متوسط وزن گل حفاری جهت حفاری سازند مخزنی آسماری در میداين جنوب غرب کشور ۵۵ پوند بر فوت مکعب است، در این شکل نیز مشخص شده است که در



شکل ۳ | طبقه‌بندی میزان هرزروی سیال حفاری در سازند آسماری میدان مورد مطالعه



شکل ۴ | نمودار ستونی میانگین هرزروی‌ها به تفکیک پهنه‌های مخزن

اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با مطالعه شناخت و بررسی هرزروی و چگونگی انتشار آن در هر نقطه از مخزن، می‌توان در بهره‌برداری پهنه از مخزن نقش عمده‌ای داشته و برنامه‌ریزی‌های توسعه میداين را در بخش‌های عملیات حفاری، مهندسی مخزن و ازدیاد برداشت از مخازن کنترل نمود [۱۲].

۳- متدولوژی

۳-۱- ساخت بانک اطلاعاتی

کیفیت داده‌برداری از چاه‌ها در تحلیل‌های بعدی بسیار مهم است و برای تهیه نمودارها و نقشه هرزروی و ویژگی‌های موردنظر که نیاز بوده است، از داده‌های مختصات جغرافیایی چاه‌ها، میزان هرزروی، عمق هرزروی، نفوذپذیری و وزن گل استفاده شده است. لازم به ذکر است داده‌های هرزروی، بازه‌های عمقی چهار پهنه اصلی آسماری را در بر می‌گیرد. در این مرحله، گزارش‌های حفاری و زمین‌شناسی^۱، گزارش نهایی حفاری، اطلاعات مهندسی مخازن، اطلاعات CDR (نمودار انحراف مسیر چاه) مربوط به حفاری و انحراف چاه‌ها، آزمایش چاه^۱، نقشه‌ها و نمودارهای حسابی بالاترین دبی و شاخص تولید مورد استفاده قرار گرفته است. در این مرحله، جمع‌آوری، دسته‌بندی و سپس انتخاب داده‌های قابل استفاده و مفید انجام شده است.

۳-۲- بررسی میزان حجم هرزروی‌ها و نفوذپذیری در

پهنه‌های مخزن آسماری

حجم هرزروی‌های انجام شده بر اثر عملیات حفاری در مقیاس‌های متفاوت، در شکل ۳- نشان داده شده است، که حجم‌های متفاوتی از هرزروی را در این سازند مهم مخزنی، برای کل مخزن نمایش نشان می‌دهد. این نمودار برای چهار پهنه اصلی مخزن آسماری تهیه شده است. همانگونه که در شکل قابل مشاهده است، بیشترین حجم هرزروی‌ها بین ۰ تا ۲۰ بشکه بر ساعت است که از همه مهمتر، هرزروی‌های شدید بالای ۲۰۰ بشکه بر ساعت است که در حدود ۳ درصد از کل هرزروی‌های رخ داده در ۳۶۳ حلقه چاه مورد بررسی را به خود اختصاص داده است.

در نمودار میانگین هرزروی، که در شکل ۴- نشان داده شده است، تجزیه و تحلیل‌های آماری توزیع هرزروی در پهنه‌های مختلف نشان داد که پهنه B دارای بالاترین میانگین هرزروی در مخزن آسماری و پهنه D دارای کمترین میانگین هرزروی در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه می‌باشد.

در ادامه با توجه به داده‌های نفوذپذیری شکستگی‌ها در سه جهت X، Y و Z در چاه‌های حفاری شده، مشاهده می‌گردد که یک همبستگی بالا، بین میزان هرزروی گل و نفوذپذیری در جهات مختلف هر پهنه وجود دارد و سه نمودار نفوذپذیری در جهات مختلف در شکل ۵، این مطلب را تأیید می‌کند و می‌توان نتیجه گرفت، با توجه به

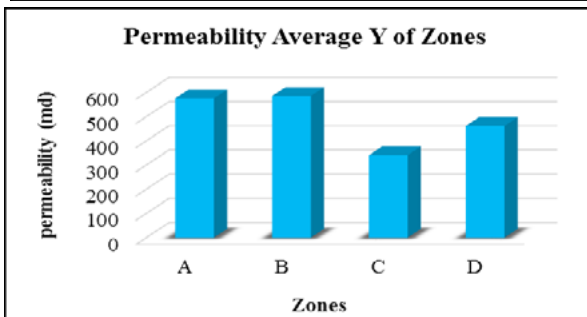
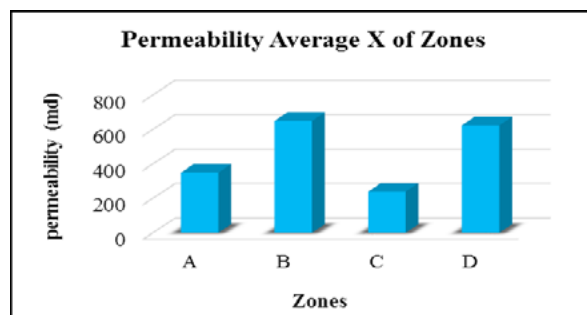
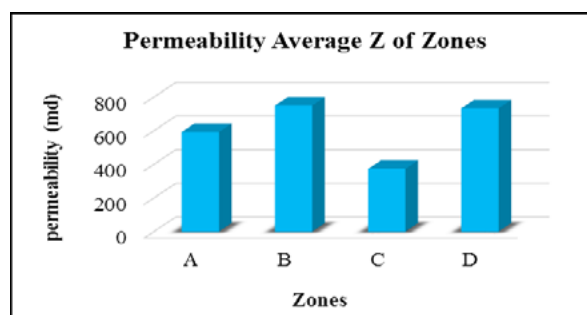
پس از بررسی حجم هرزروی‌ها و میزان نفوذپذیری در جهات مختلف هر پهنه، برای بررسی بیشتر، اقدام به رسم نمودار همبستگی میزان هرزروی در مناطق مختلف میدان در مخزن آسماری، با وزن گل شده است (شکل-۶). با رسم نمودار همبستگی بین داده‌های هرزروی و وزن گل مشخص شد که همبستگی بسیار ضعیفی وجود دارد و نشان می‌دهد هرزروی‌های انجام شده ارتباطی با وزن گل نداشته و تحت تاثیر عوامل دیگری بوده است. برای بررسی بیشتر رابطه هرزروی با وزن گل در مخزن و دلیل اینکه رخ دادن هرزروی‌های با حجم بالا و متوسط در حین حفاری در مخزن می‌تواند ناشی از چه عاملی باشد، به سراغ نمودار همبستگی برای داده‌های هرزروی و وزن گل رفته و ضریب همبستگی وزن گل و هرزروی به دست آمده است. در نمودار همبستگی شکل-۶، ضریب همبستگی ۰/۰۱۸۲ نمایش داده شده است که با توجه به ضریب همبستگی ضعیفی که در مخزن آسماری حاصل شده است، از بحث در مورد آنها صرف نظر کرده و این همبستگی بسیار ضعیف بین داده‌های وزن گل و هرزروی نشان می‌دهد که هرزروی در این مخزن نمی‌تواند ناشی از بالا بودن وزن گل باشد.

۳-۴- تطابق هرزروی گل با شکستگی‌ها در حفاری مخزن آسماری

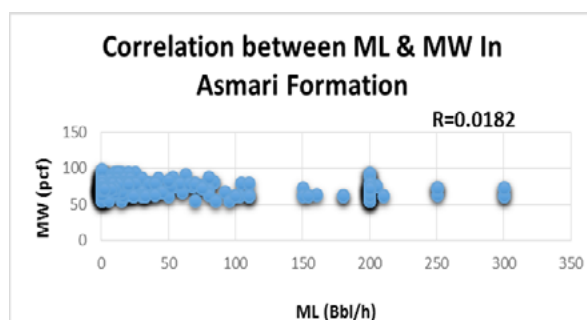
بررسی هرزروی گل حفاری در درون مخزن، یکی از روش‌های مفیدی است که در مطالعه و تحلیل شکستگی‌های مخزنی از آن استفاده می‌شود اگرچه هرزروی گل حفاری، امتداد، شیب و دیگر خصوصیات ساختاری شکستگی‌ها را مشخص نمی‌کند، اما با استفاده از آن می‌توان مکان‌هایی با تراکم شکستگی بالا، همچنین محل احتمالی گسل‌ها را تعیین نمود. از آنجایی که عواملی مانند هرزروی به منظور مشخص نمودن مناطق شکسته شده و تجزیه و تحلیل شکستگی‌های سازندها می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند، تهیه نقشه‌های دو بعدی هرزروی میدان است که از اهمیت فراوانی برخوردار است. در ادامه سعی شده است ارتباط بین هرزروی‌های شدید و نواحی از میدان که دارای شکستگی‌های گسلی است، شناسایی و معرفی گردد که بدین منظور برای بررسی بهتر، از قطاع‌بندی و مدل گسل‌های تحت‌الارضی میدان مورد مطالعه در شکل-۷ استفاده شده است. این پهنه‌بندی با توجه به پارامترهای پتروفیزیکی مخزن و ساختار زمین‌شناسی آن توسط اداره مهندسی مخازن انجام شده است تا بررسی‌ها در مقیاس قطاع با دقت بیشتری انجام شود. این قطاع‌بندی^{۱۱} و خط اثر گسل‌ها در مخزن آسماری، به کمک نرم‌افزار^{۱۲} RMS مدل شده است، تا هرزروی‌های ناشی از شکستگی‌های گسلی در هر قطاع بهتر مشخص گردد. در شکل مذکور، موقعیت قرارگیری گسل‌ها در هر بخش یا قطاع از میدان نشان داده شده است، تا تعداد و موقعیت گسل‌ها در هر پهنه، برای بررسی و ارتباط آن با هرزروی‌ها بهتر مشخص شود.

بدین صورت چاه‌های دارای هرزروی در هر قطاع مشخص و درصد هرزروی کل چاه‌های حفاری شده در هر پهنه محاسبه شده است. با توجه به مدل سه‌بعدی هرزروی به دست آمده در شکل-۸

بیشتر چاه‌ها در سازند آسماری با وزن گل ۵۵ پوند بر فوت مکعب حفاری شده است. محدوده وزن گل به کار رفته در سازند آسماری میدان مورد مطالعه بین ۲۸ تا ۱۴۵ پوند بر فوت مکعب است که وزن گل ۲۸ در شرایط استفاده از تکنیک حفاری فرو تعادلی در این میدان بوده است.



شکل ۵ | نمودار ستونی میانگین نفوذپذیری شکستگی‌ها در جهت Y, X, Z به تفکیک پهنه‌ها



شکل ۶ | نمودار همبستگی هرزروی و وزن گل در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه

با توجه به انتشار و جهت یافتگی شکستگی‌ها می‌توان گفت که به طبع آن، تخلخل و نفوذپذیری در این نواحی نیز بالا خواهد بود و این مسئله را نمودارهای شاخص تولید و بالاترین دبی نفت (شکل-۹) نیز تأیید می‌کند. وجود شکستگی‌های با نفوذپذیری بالا از نظر تولید، یک مزیت بسیار خوب به‌شمار می‌آیند، اما در حفاری چاه‌ها، مشکلاتی را نیز ایجاد خواهد کرد که در نظر گرفتن این مسئله امری ضروری است.

۴- بحث

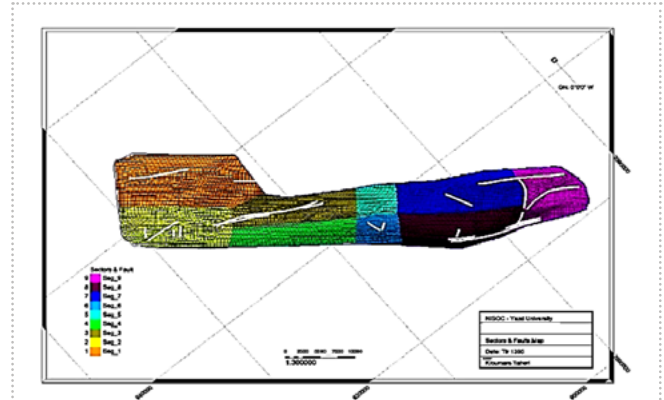
در بخش شمال غربی میدان در قطاع ۲ (با توجه به قطاع بندی در شکل-۷) و نواحی مربوط به بخش انتهایی یال جنوبی، در جنوب شرق میدان مورد مطالعه، احتمال حجم هرزروی‌های بالای ۱۰۰ بشکه وجود دارد که این امر حکایت از وجود دو منطقه با شرایط بحرانی هرزروی در حین عملیات حفاری دارد. همچنین این میزان هرزروی با شدت کمتری و در حدود ۷۰-۸۰ بشکه در ساعت در قطاع‌های ۱ و ۴ و تا قسمتی در بخش ابتدایی کوهانه اصلی تاقدیس آسماری مشاهده می‌شود. با توجه به شکل-۴ خط اثر گسل‌ها در مخزن آسماری میدان مورد بررسی مشخص شده است و وجود همبستگی بسیار ضعیف در ارتباط بین هرزروی‌ها با وزن گل می‌تواند این فرضیه را مطرح نماید که این حجم از هرزروی‌ها با خطوط گسلی موجود در مخزن بی‌ارتباط نمی‌باشد. مناطق مشخص شده در شکل-۸ که دارای احتمال هرزروی‌های شدید است، دارای خط اثر گسل در همان نواحی است و احتمالات هرزروی بالای ۲۰۰ بشکه بر ساعت برای این مناطق به درستی تخمین زده شده است. میزان بالای تولید هیدروکربور در نمودار حبایی شاخص تولید و بالاترین دبی تولید نفت در شکل-۹، حاکی از آن است که یک ارتباط بسیار خوب و مستقیم بین نواحی با هرزروی بالا، پهنه‌های با نفوذپذیری بالا و شکستگی‌ها وجود دارد.

نتیجه گیری

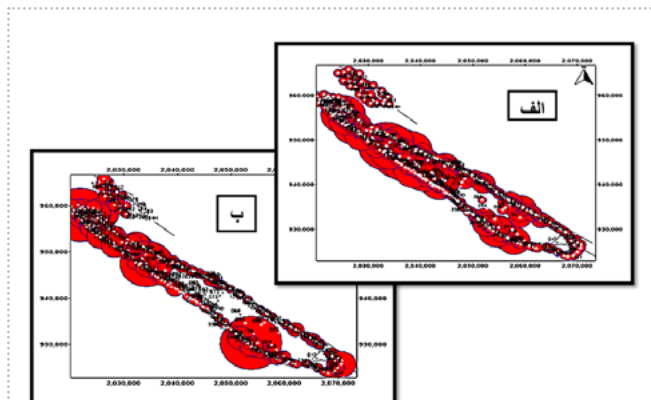
۱- مطالعات میزان بهره‌دهی چاه‌ها نشان می‌دهد که شاخص بهره‌دهی

به‌نظر می‌رسد هرزروی‌های موجود در بخش‌های شمال غربی، جنوب شرقی و یال جنوبی، ناشی از وجود شکستگی‌های کششی طولی در مخزن بوده و منطبق بر بیشترین انحناء گسل‌های موجود در یال جنوبی ساختار می‌باشند که وجود روند این شکستگی‌ها را در مخزن تأیید می‌کند.

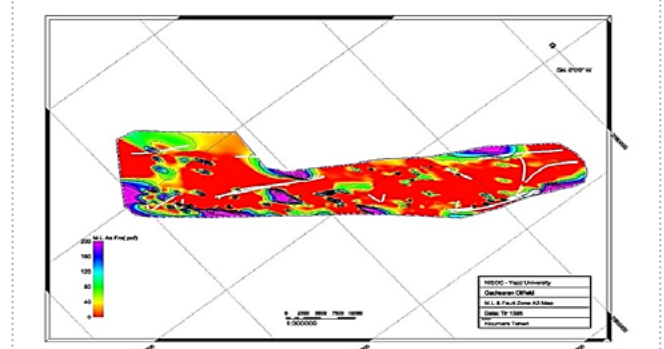
با بررسی چاه‌های موردی در میدان مشخص شده است که چاه‌های ۳۲۹، ۲۴۵، ۳۵۱، ۳۵، ۱۶۶، ۲۹۹ و ۶۶ در نواحی نزدیک و یا بر روی خط گسل و شکستگی‌های شدید واقع شده‌اند. با مقایسه نقشه دو بعدی تهیه شده از محل و موقعیت گسل‌ها و شکستگی‌ها در مخزن آسماری و مدل دو بعدی هرزروی گل حفاری (شکل-۸)، مشخص شده است که عامل اصلی هرزروی در این چاه‌ها، وجود شکستگی‌ها و گسل‌ها بوده است. با توجه به روند شکستگی‌ها و جهت یافتگی آنها در نقاط مختلف مخزن آسماری و انطباق آن با نمودارهای حبایی شاخص تولید و بالاترین دبی نفت (شکل-۹)، نشان داده شده که در مکان‌هایی که تراکم شکستگی‌ها بیشتر بوده، میزان دبی، شاخص تولید و هرزروی نیز بیشتر بوده است و می‌توان به بخش‌های جنوب غرب و شمال غربی میدان اشاره داشت. این خود تأییدی بر بیشترین تولید هیدروکربور از شکستگی‌ها، در این مخزن کربناته است.



شکل ۷ | نقشه قطاع بندی و خط اثر گسل‌ها در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه



شکل ۹ | نمودارهای حبایی بالاترین دبی (Qo max) (الف) و شاخص تولید (PI) (ب) در مخزن آسماری [۱۰]



شکل ۸ | نقشه دو بعدی تاثیر گسل‌ها بر هرزروی در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه [۱۳]

سازند آسماری مشخص نمود که وزن گل سهم کمتری در میزان هرزروی سیال در مخزن دارد و داده‌های وزن گل نشان می‌دهند که تنها در برخی چاه‌ها به دلیل بالا بودن وزن گل، هرزروی بیشتری صورت گرفته است و در اکثر پهنه‌ها بیشترین میزان هرزروی گل در نواحی لیشر جنوبی، نواحی مرکزی، کوهانه اصلی مخزن و همچنین نواحی نزدیک به دماغه جنوب شرقی مشاهده می‌شود.

۴- با تحلیل نمودارهای شاخص تولید و دبی چاه‌ها در مخزن آسماری، مشاهده شده است که بالا بودن شاخص تولید و دبی نفت، درست در چاه‌هایی وجود دارد که برروی خطوط گسلی یا در شعاع نزدیک آن واقع شده‌اند که این مسئله می‌تواند دلیل محکمی بر وجود شکستگی‌های زیاد و نفوذپذیری بالای این مناطق باشد و بررسی‌ها نشان داده است که هرزروی‌های شدید نیز در این مناطق اتفاق افتاده است.

از ۲ تا بیش از ۵۰۰ بشکه در روز/ پام متغیر می‌باشد که این اختلاف زیاد بین شاخص بهره‌دهی چاه‌ها، بیانگر تأثیر شدید سیستم شکستگی‌ها و تراکم شکاف‌ها و نهایتاً برخورد دهانه چاه با شکاف‌ها می‌باشد. هرزروی‌های رخ داده ارتباط مستقیمی با شاخص بهره‌دهی‌ها در این نواحی دارد.

۲- با انطباق خطوط گسلی و تراکم شکستگی‌ها بر روی تاق‌دیس آسماری، با میزان حجم هرزروی‌ها، در هفت بخش از مخزن، شامل قطاع‌های ۱ و ۲ (لیشر شمالی و جنوبی)، قطاع ۳ (شمال غربی در یال شمالی میدان اصلی)، قطاع ۶، ۷ و ۸ (قطاع مرکزی) و قطاع ۹ (جنوب شرقی در یال جنوبی)، دارای همخوانی بالایی می‌باشند. بیشترین هرزروی در ناحیه لیشر جنوبی و دماغه‌های شمال غربی و جنوب شرقی ساختار میدان به‌وقوع پیوسته است.

۳- تجزیه و تحلیل اطلاعات حفاری شامل هرزروی و وزن گل در

پانویس‌ها

- | | | |
|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. Probability Lost | 6. Embayment Dezful | 11. Well Test |
| 2. Induction Fracture | 7. Beicip Franlab | 12. Sector |
| 3. Mix Metal Hydroxide | 8. Oil in Place | 13. Reservoir Modeling Software |
| 4. Formation Damage | 9. Depth Loss | |
| 5. Productivity Index | 10. Drilling & Geology Reports | |

منابع

- A., "Evaluation of Formation Damage and Assessment of Well Productivity of Oredo Field, Edo State, Nigeria" American Journal of Engineering Research (AJER), 2015, Volume-4 Issue-3, pp 01-10.
- [8] Wang, R., Song, H., Tang, H., Wang, Y., Killough, J., Huang, G., "Analytical Modeling of Gas Production Rate in Tight Channel Sand Formation and Optimization of Artificial Fracture" Wang et al. SpringerPlus, 2016, 5:540.
- [9] چیت فروش، ا.، مکوندی، ع.، همایی، م.، "ساخت مدل سه‌بعدی زمین‌شناسی مخزن آسماری مورد مطالعه"، گزارش پ شماره ۶۶۲۱، مدیریت امور فنی، بایگانی زمین‌شناسی گسترشی، ۱۳۸۸، ص ۱۷۰.
- [۱۰] گروه مطالعه جامع میدان مورد مطالعه، "چاه آزمایشی (مخازن آسماری و بنگستان) میدان، فاز تعیین مشخصات مخزن" گزارش پ شماره ۷۴۰۳، مدیریت امور فنی - بایگانی مهندسی نفت، عملیات چاه‌آزمایی، ۱۳۹۲، ص ۱۷۴.
- [۱۱] چیت فروش، ا.، مکوندی، ع.، همایی، م.، سراج، م.، "مطالعه جامع مخازن آسماری و بنگستان میدان مورد مطالعه، بخش شکستگی‌ها"، گزارش پ شماره ۸۰۶۲، مدیریت امور فنی - بایگانی زمین‌شناسی گسترشی، ۱۳۹۱، ص ۴۵۰.
- [12] Ahmed, T., "Reservoir Engineering Handbook", Fourth Edition, Publishing Elsevier, 2010, pp ۱۴۵۴.
- [۱۳] طاهری، ک.، محمدتراب، ف.، "مدلسازی هرزروی گل حفاری در سازند آسماری، با استفاده از روش زمین‌آمار در یکی از میداین نفتی جنوب غرب ایران"، نشریه علمی پژوهشی زمین‌شناسی نفت ایران، بهار و تابستان ۱۳۹۵، سال ششم، شماره ۱۱، ص ۸۴-۱۰۱.
- [۱] طاهری، ک.، اشجعی، ع.، "مدلسازی و شبیه‌سازی هرزروی گل حفاری در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه"، گزارش پ شماره ۸۷۱۸، مدیریت امور فنی، بایگانی زمین‌شناسی گسترشی، ۱۳۹۵، ص ۱۸۳.
- [2] Chit forosh, A., Makvandi, A., Homaei, M., , Three-Dimensional Model (3D) Asmari Formation, National Iranian South Oil Company, Iran, 2011.
- [۳] عبادی، م.، هاشمی، ع.، "اثر انواع گل حفاری بر نرخ تولید و شاخص بهره‌دهی چاه‌ها در میدان منصوری" ماهنامه علمی ترویجی اکتشاف تولید نفت و گاز، ۱۳۹۳، ۷۱-۷۶.
- [4] Ming, C., Jun, Y., Ying, Z., Quan, F., "Productivity prediction model and optimal configuration of herringbone multilateral well" Central South University Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, 20: 770-775.
- [5] Jin, Y., Ping Chen, K., Chen M., "Analytical solution and mechanisms of fluid production from hydraulically fractured wells with finite fracture conductivity" Springer Science+Business Media Dordrecht, 2015, 92:103-122.
- [6] Yong, S., Jienian, Y., "Characterization and Prevention of Formation Damage For Fractured Carbonate Reservoir Formation With Low Permeability", Journal of Petroleum Science and Engineering, China University Petroleum, Beijing 102249, China, 2008, pp 326-333.
- [7] Oluwagbenga, O., Oseh, J., Oguamah, I., Ogungbemi, O., Adeyi,