

ریشه یابی تولید آب ناخواسته از چاه‌های تولیدی یکی از میادین گازی ایران

مریم بلوریان^{۱*}، امین مرشدی پور^۲، میشا پزشکی^۳، ایمان دخت مصطفوی^۴، ابراهیم جمالی^۵، حسن اشراقی^۶

۱- مریم بلوریان - دکترای مهندسی نفت/ دانشگاه تهران - کارشناس ارشد مهندسی بهره برداری در شرکت نفت و گاز پارس m.boloorian@ut.ac.ir

۲- امین مرشدی پور - کارشناس ارشد مهندسی زمین شناسی نفت- کارشناس زمین شناسی در شرکت نفت و گاز پارس، am.post.ph@gmail.com

۳- میشا پزشکی - کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف نفت/ دانشگاه صنعتی امیرکبیر- کارشناس زمین شناسی در شرکت نفت و گاز پارس، misha.pezeshki@gmail.com

۴- ایماندخت مصطفوی - کارشناس ارشد مهندسی زمین شناسی نفت- کارشناس ارشد زمین شناسی در شرکت نفت و گاز پارس، mostafavi.im@gmail.com

۵- ابراهیم جمالی - رئیس واحد مهندسی بهره برداری و عملیات مخازن در شرکت نفت و گاز پارس، ejamali@pogc.ir

۶- حسن اشراقی - کارشناس ارشد مهندسی زمین شناسی اقتصادی - رئیس واحد مهندسی زمین شناسی نفت در شرکت نفت و گاز پارس، heshraghi@pogc.ir

چکیده

تولید آب ناخواسته از چاه‌های تولیدی گاز باعث ایجاد مشکلاتی برای تجهیزات فرآیندی سکو، خطوط لوله دریایی و پالایشگاه می‌شود. به منظور رفع مشکلات تولید آب و کنترل آن می‌بایستی دلایل تولید آب ریشه یابی گردد تا بتوان ضمن نگه داشت تولید گاز به کنترل تولید آب و پیشگیری از روند افزایشی آن پرداخت. به منظور ریشه یابی دلایل تولید مقادیر نامتعارف آب ضمن ارزیابی یکپارچه اطلاعات موجود تمامی دلایل احتمالی موثر در تولید آب از یک چاه در چاه های تولیدی یکی از میادین گازی ایران از ابتدای تولید تاکنون بررسی شد.

بررسی تاریخچه نرخ تولید آب در تمام چاه‌های مطالعه، موید این موضوع می‌باشد که در تعدادی از چاه‌ها رفتار تولید آب ناخواسته وجود دارد. ابتدا دلایل احتمالی تولید آب اضافه با استفاده از نمودارهای چن برای هر چاه، بررسی شد و سپس جهت ریشه‌یابی، تمامی عوامل احتمالی از جمله تاریخچه حفاری چاه‌ها، گزارش‌های تمیزسازی چاه بعد از عملیات های مشبک کاری و اسیدکاری، بازه‌های مشبک کاری چاه‌ها، فاصله از سطح تماس آب و گاز، بررسی کیفیت سیمان جداری با

استفاده از لاگ های بندش سیمان^۱ در ناحیه مخزنی، موقعیت قرارگیری چاه‌ها نسبت به گسل‌ها و شکستگی‌ها، آزمون چاه‌های انحرافی در ارتباط با جهت ماکزیمم استرس میدان مورد بررسی قرار گرفت.

شاخص تولید چاه‌ها^۲ از ابتدای تولید در ارتباط با مقدار تولید آب در طول بازه‌ی تولید مورد بررسی قرار گرفت، افت قابل ملاحظه شاخص تولید در چاه‌های با نرخ تولید آب ناخواسته کاملاً مشهود می‌باشد که با شناسایی منابع تولید آب ناخواسته و رفع مشکل مقدار تولید چاه را می‌توان بهبود بخشید.

با توجه به شواهد موجود مشخص گردید که تولید آب ناخواسته در اکثر چاه‌ها ارتباطی به صورت مستقل با کیفیت سیمان، فاصله از سطح تماس، فواصل مشبک کاری ندارد و موثرترین علت احتمالی می‌تواند ارتباط چاه با شبکه گسله و شکستگی‌های مرتبط با آن با همراهی سایر عوامل باشد.

کلمات کلیدی: تولید آب اضافه، مدیریت آب تولیدی، مخزن کربناته گازی، تاریخچه تولیدی، تاریخچه حفاری، آزمایشات درون چاهی و سرچاهی، شبکه گسل‌ها و شکستگی‌ها

۱ - مقدمه

امروزه شرکت‌های نفتی در جهان هزینه‌های سنگینی را به علت تولید آب ناخواسته از مخازن متحمل می‌شوند. میانگین برش آب تولیدی در دنیا بیش از ۷۰ درصد گزارش شده است. با احتساب هزینه عملیاتی در حدود ۰/۵ دلار به ازای هر بشکه، در مجموع هزینه‌ای بالغ بر ۴۰ میلیارد دلار در سال خواهد داشت (Bailey et al., 2000). منظور از مدیریت آب تولیدی، کاهش تولید آب، کاهش هزینه‌های تصفیه و به‌کارگیری راه‌حلهایی جهت کاهش تولید آب با بهره‌گیری از امکانات موجود می‌باشد (Khatib and Verbeek, 2002).

بسیاری از تکنولوژی‌های نوین که با هدف کاهش تولید آب ناخواسته ارائه شده است قادر به کنترل و جلوگیری از آب ناخواسته صرفاً در مقیاس آزمایشگاهی (El-hoshoudy et al., 2019; Taha and Amani, 2019) و گاه‌ا کنترل موقتی تولید آب در مقیاس میدانی می‌باشند (AL-Rashidi et al., 2019; Langaas and Stavland, 2019; Orellana et al., 2019). مروری بر مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که دلیل اصلی عدم کارایی روش‌های ارائه شده در رفع مشکلات تولید آب ناخواسته و کنترل دائمی آن، عدم شناخت کافی از منشاء ورود آب به چاه و در نتیجه به‌کارگیری راه‌حل‌های نامناسب در رابطه با آن بوده است. بنابراین ارزیابی یکپارچه اطلاعات موجود مرتبط با مخزن و چاه در تشخیص علت ورود آب به چاه‌های تولیدی در میدان بسیار ضروری می‌باشد.

در سال ۱۳۹۵، راهرو به بررسی علل شوری و منشاء آب‌های تولیدی در چاه‌های مخازن گازی جنوب ایران با تمرکز بر میدان گازی شانول پرداخته است. مخزن گازی شانول از مخازن منطقه عملیاتی پارسیان واقع در جنوب ایران می‌باشد که

1 - CBL, VDL

2 - Productivity index (PI)

با گذشت زمان، آب تولیدی برخی از چاه‌های این مخزن شور شده و با کاهش تولید گاز همراه بوده است. منشاء آب شور تولیدی با استفاده از نتایج آنالیز هیدروشیمیایی و ایزوتوپی بررسی شد، نتایج نشان داد در طول زمان غلظت عناصر آب شور تولیدی به علت تبخیر و واکنش‌های بین آب-سنگ و آب-گاز تغییر می‌کند. در اثر تبخیر، غلظت همه یون‌ها تا حد اشباع غنی شده و با گذشت زمان غلظت یون‌های استرانسیم، کلسیم، منگنز، ید و لیتیم افزایش و غلظت یون‌های سدیم، منیزیم و سولفات کاهش می‌یابد و بالآمدگی آب شور آبد در این مخزن صورت نگرفته است (راهرو ۱۳۹۵).

حسن‌زاده و همکاران در سال ۱۳۹۵ به بررسی پدیده مخروطی شدن آب در یکی از مخازن گازی شکافدار ایران پرداختند. آن‌ها در مطالعات خود به شبیه‌سازی یک مدل مصنوعی با استفاده از داده‌های واقعی در یک سیستم شعاعی پرداختند. اثر پارامترهای مختلف مخزنی روی میزان درصد برش آب تولیدی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که تزریق جریان سیال غیر تراوا در لایه‌های زیرین سازندهای تولیدی باعث کاهش میزان درصد برش آب تولیدی می‌شود و زمان رسیدن مخروط به دهانه چاه را افزایش می‌دهد. تراوایی شکاف، ضخامت ستون گاز، نرخ جریان گاز، تعیین موقعیت تکمیل چاه و قدرت آبد از مهم‌ترین پارامترهای تشکیل دهنده و تشدید کننده این پدیده معرفی شدند (حسن‌زاده و همکاران ۱۳۹۵).

نیک‌پی در سال ۱۳۹۶ با استفاده از آنالیز داده‌های واقعی یک چاه تولیدی که مشکل تولید آب داشت و شبیه‌سازی مدل تک چاه به بررسی دلایل تولید آب در یکی از میداین گازی شکافدار ایران پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که دلیل اصلی تولید آب در این چاه مخروطی شدن آب می‌باشد. در همین راستا در این مطالعه عوامل مؤثر بر پدیده مخروطی شدن و آنالیز حساسیت روی پارامترهای مختلف شکاف و ماتریکس از جمله تراوایی و تخلخل بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که عواملی چون تراوایی عمودی و افقی شکاف، تراوایی افقی ماتریکس، تخلخل شکاف و ماتریکس تأثیر مهمی در زمان میان شکنی آب و تولید آن دارد (نیک‌پی ۱۳۹۶).

در سال ۱۹۹۹ پو^۱ و همکاران به مطالعه داده‌های تولید و نیز دلایل تولید آب از یک مخزنی گازی شکافدار با آبد قوی در کانادا پرداختند که به علت تولید آب زیاد، در این مخزن میزان بازیافت گاز بسیار پایین گزارش شده است که مشخص گردید علت اصلی تولید آب ناخواسته در این میدان پدیده مخروطی شدن می‌باشد (Pow et al., 1999).

بوسا^۲ در سال ۲۰۰۴ در مطالعات خود به بررسی دلایل تولید آب از یکی از مخازن گاز میعانی الجزایر پرداخت. او بیان کرد که مخزن مورد مطالعه با وجود دارا بودن خواص پتروفیزیکی مطلوب، به علت تولید قابل توجه آب با شوری بالا دارای ضریب بازیافت به شدت پایینی می‌باشد. همچنین تولید آب با شوری بالا هزینه‌های عملیاتی زیادی را به شرکت بهره‌بردار تحمیل کرده است و بسیاری از چاه‌های تولیدی این میدان به علت تولید بالای آب بسته شده‌اند. او با استفاده از نمودارنگاری تولید و آنالیز داده‌های چاه به این نتیجه رسید که تولید آب عمدتاً ناشی از مشکلات چاه و تکمیل نادرست آن می‌باشد (Boussa, 2004).

1 POW
2 Boussa

در سال ۲۰۱۷ چنگ^۱ و همکاران به بررسی مکانیزم‌های تولید آب از یکی از مخازن گازی کربناته در ترکمنستان پرداختند. آن‌ها از اطلاعات مربوط به خواص فیزیکی آب تولیدی و داده‌های نسبت آب به گاز تولیدی جهت یافتن منبع و منشأ تولید آب بهره گرفتند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان می‌دهد که در بازه‌های مختلفی از عمر تولید مخزن مکانیزم غالب در تولید آب را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد. در ابتدای تولید، علت تولید آب به مخروطی شدن آب در ماتریکس اختصاص داده شده است. سپس تولید آب از طریق شبکه شکاف شناسایی شده است و در نهایت راه یابی آب به چاه تولیدی از طریق لایه‌های با تراوایی بالا و وجود گسل به عنوان مکانیزم غالب گزارش شده است (Cheng et al., 2017).

ترن^۲ در سال ۲۰۱۹ به بررسی اثر خواص سازندی مخزن، آبد و دبی تولید بر میزان بازیافت نهایی در یکی از مخازن گاز میعانی ماسه سنگی در ویتنام با استفاده از شبیه‌سازی مدل تک چاه شعاعی پرداخت. هدف عمده از این مطالعه ارائه یک استراتژی بهینه جهت تولید حداکثری از مخزن و در عین حال کم‌ترین هزینه عملیاتی مربوط به آب تولیدی از مخزن می‌باشد. آن‌ها در مطالعات خود دبی بهینه جهت تولید حداکثری گاز، تولید حداقلی آب و به تأخیر انداختن زمان میان‌شکنی آب را تعیین نمودند (Tran et al., 2019).

در این مقاله با توجه به تفاوت‌های عمده و شاخص در تولید آب از چاه‌های یک سکو سعی بر آن شده است تا با نگاهی به مکانیزم و دلایل تولید آب ناخواسته، منشأ آب تولیدی شناسایی و با شناخت عوامل موثر در تولید آنها از چاه بتوان ضمن کنترل مقادیر تولید کنونی آب در حفر چاه‌های آتی از بروز این مشکل پیشگیری کرد.

۲- دلایل تولید آب ناخواسته

لازمه یک عملیات موفق در جهت جلوگیری یا کاهش تولید آب ناخواسته، تعیین مکانیسم و منشأ آب تولیدی می‌باشد. شناسایی منشأ تولید آب نیز نیازمند شناخت دلایل احتمالی تولید آب می‌باشد. به طور کلی، دلایل تولید آب ناخواسته به سه دسته مشکلات مکانیکی، مشکلات چاه و مشکلات مخزنی تقسیم می‌شوند (Aminian, 2005; Bailey et al., 2000).

۲-۱ مشکلات مکانیکی

مشکلات مکانیکی می‌تواند عمدتاً ناشی از نشستی و شکستگی لوله‌های پوششی (جداری/آستری) باشد. نشستی لوله‌های پوششی که ممکن است به دلیل خوردگی یا اعمال تنش ایجاد شود، می‌تواند راهی برای ورود آب به درون چاه ایجاد کند (شکل ۱). این نشستی ممکن است در قسمت آبد و یا در فواصل مشبک‌کاری اتفاق بیافتد. در هر حالت با ورود آب به درون

1 Cheng

2 Tran

ستون چاه و سنگین شدن ستون چاه نرخ تولید هیدروکربن کاهش می‌یابد. شکستگی لوله‌های جداری باعث ورود سیالات به دهانه چاه و آلوده شدن سیال تولیدی می‌گردد (Bailey et al., 2000).

۲-۲ مشکلات تکمیل چاه

یکی از دلایل تولید آب می‌تواند مشکلات مرتبط با تکمیل چاه به صورت نادرست باشد. سیمان کاری نا مناسب لوله‌های جداری و جریان آب از لایه آبد به درون ستون چاه، تکمیل چاه در لایه‌های آبد یا نزدیک به سطح تماس آب - هیدروکربن، ایجاد شکاف‌های القایی در زمان حفاری و راه‌یابی آب از این شکاف‌ها به درون چاه، عدم شناخت کافی از مخزن و شبکه شکاف با ایجاد بازه مشبک در محدوده این شکاف‌ها و راه‌یابی آب به درون ستون چاه از جمله مهم‌ترین مشکلات مرتبط با تکمیل چاه می‌باشد (شکل ۲). مطالعات نشان می‌دهد که اگر تولید آب نسبت به طول عمر چاه خیلی زودتر اتفاق بیافتد، مشکل تولید آب عمدتاً ناشی از تکمیل نادرست چاه است (Aminian, 2005).

۲-۳ مشکلات مخزنی

بخش عمده دلایل تولید آب در مخازن هیدروکربنی مرتبط با مشکلات مخزنی قلمداد می‌گردد. در مخازنی که تراوایی عمودی در آن‌ها به نسبت پایین است به دلیل افت فشار مخزن، حرکت عمودی آب در مخزن به صورت یکنواخت روی داده و با بالا آمدن آب، آزدگی اتفاق می‌افتد. وجود لایه تراوا و عدم وجود جریان عرضی یکی دیگر از مکانیزم‌های تولید آب از مخازن می‌باشد. به علت مشکلات مربوط به جاروب‌زنی عمودی در مخازنی با آبد جانبی، آب می‌تواند از طریق لایه‌هایی با تراوایی بالا به درون چاه تولیدی وارد شود. بنابراین در چنین مواردی تشخیص وجود یا عدم وجود جریان عرضی از اهمیت بالایی برخوردار است.

یکی دیگر از مکانیزم‌های تولید آب در مخزن پدیده مخروطی شدن آب است. در اطراف دهانه چاه به دلیل تولید بیش از حد و افت فشار این پدیده اتفاق می‌افتد و علت اصلی آن، غلبه نیروهای گرانشی بر نیروهای گراویته است که آب را در زیر لایه هیدروکربنی نگه داشته و افت فشار بیش از حد ایجاد شده سبب نفوذ آب از اعماق دور به دهانه چاه می‌شود. به همین دلیل آب تمام یا بخشی از لایه‌های هیدروکربنی را اشغال نموده و از طریق مشبک‌ها یا حفره‌ها به درون چاه راه می‌یابد (Bailey et al. 2000).

گسترش شکستگی‌های طبیعی در ارتباط با گسل‌ها یا شکستگی‌های مصنوعی ایجاد شده در ارتباط با عملیات حفاری نیز می‌تواند منجر به ایجاد کانال ارتباطی بین چاه‌های تولیدی و لایه‌های آبد در همراهی با سایر عوامل از جمله مشکلات مرتبط با تکمیل چاه باشد. همچنین عملیات اسیدکاری می‌تواند باعث بازتر شدن دهانه شکاف و افزایش مقدار تولید آب گردد. شکاف‌های القایی که به طور ناخواسته به لایه آبی متصل می‌شوند نیز می‌توانند آب را از لایه‌های پایینی به چاه رسانده و باعث بروز مشکل می‌گردد (شکل ۳).

۳- منابع و منشاء آب تولیدی

منابع آب تولیدی می‌تواند شامل آب سازند، آبد مخزن و یا آب تزریقی باشد. آب سازند از لایه‌های با اشباع بالا در مجاورت لایه‌های تولیدی ناشی می‌شود. تعداد زیادی از مخازن نیز در مجاورت آبران و یا تحت تأثیر آبران لبه‌ای^۱، آبران حاشیه‌ای^۲ و یا آبران پایین^۳ هستند. آب تزریقی به مخازن که در بازیافت ثانویه و ثالثیه مخازن هیدروکربنی مورد استفاده قرار می‌گیرد نیز می‌تواند یکی دیگر از منابع آب تولیدی قلمداد کرد.

۴- روش انجام کار و ابزارهای شناسایی مکانیزم و منبع تولید آب ناخواسته

براساس مطالعات پایه‌ای مهندس مخزن و آنالیز تعدادی از موارد عملی، محققان به موارد متعددی از مشکل تولید آب پی برده‌اند و دستورالعمل‌هایی برای آن پیشنهاد داده‌اند ([Al Hasani et al., 2008](#); [Chan, 1995](#); [Jinyou et al., 018](#); [Mukhanov et al., 2018](#); [Tran et al., 2019](#)). به طور کلی، در اکثر مطالعات صورت گرفته جهت تعیین مکانیزم و محل تولید آب از اطلاعات مربوط به تولید از چاه و تاریخچه تولید (نمودار بازیافت، تولید آب و افت تولید) ([Chan, 1995](#))، نمودارهای گرفته شده از چاه مانند نمودارنگاری تولید ([Hasan and Kabir, 1988](#))، اطلاعات مربوط به آزمایش چاه^۴ ([Odeh, 1989](#))، اطلاعات مربوط به نمودارهای پتروفیزیکی ([Miller and Shanley, 2010](#))، اطلاعات مربوط به نمودارهای تصویری ([Bailey et al., 2000](#))، بررسی تغییرات میزان تولید نمک و آب با دبی تولیدی و اندازه‌گیری میزان یون‌های آب تولیدی ([Cheng et al., 2017](#)) استفاده شده‌است.

۴-۱- بررسی داده‌های تولید

داده‌های تولید گاز و آب در ۹۶ حلقه چاه عمودی و انحرافی در مساحتی حدود ۸۴۰ کیلومتر مربع از ابتدای تولید تا کنون مورد بررسی قرار گرفت ([جدول ۱](#)) چاه‌های مورد بررسی به علت عدم نصب جریان سنج سه فازی به منظور بررسی میزان سیالات تولیدی، هر شش ماه یکبار از مسیر تفکیک گر در سکو تست می‌شوند و مقدار تولید آب با توجه به نرخ تولید گاز محاسبه شد ([شکل ۴](#)) تا در شرایط یکسان چاه‌ها مقایسه شوند.

۴-۲- بررسی نمودارهای چن

برای تشخیص اولیه مکانیزم تولید آب از منحنی‌های چن استفاده شد که نمودارهای رسم شده بیانگر مکانیزم کاناله شدن آب می‌باشد. ([شکل ۵](#)) ([Chan, 1995](#))

- 1- Edge drive
- 2 - Peripheral drive
- 3 -Bottom drive
- 4- Well testing

۴-۳- بررسی مقادیر یون های آب تولید شده

تاریخچه مقادیر یون های موجود در آب تولیدی آن چاهها از ابتدای تولید و روند تغییرات مقادیر به مرور زمان مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲) و مشخص گردید چاههایی که بیشترین مقدار آب تولیدی در هر سکو را دارند، مقادیر یون های موجود در آب آنها نیز بیشینه، و با شیب روند افزایشی بیشتر و نزدیک به ترکیب یونی آب، آبد می باشد (جدول ۳).

۴-۴- بررسی تاریخچه حفاری چاهها

مقادیر هرزروی یا تغییر در حجم گل برگشتی، مشکلات گیر لوله ها و ژئومتری چاه در بخش مخزنی بررسی شد.

۴-۵- بررسی تمیزسازی چاهها بعد از عملیات های اسیدکاری و مشبک کاری

بررسی گزارش های تمیزسازی پس از انجام عملیات های اسیدکاری و مشبک کاری رفتارهای گوناگونی را نشان داد. در برخی از چاه ها مقادیر BS&W از ۲۵ درصد کمتر نشده و در بیشتر چاه ها نیز شاخص تمیزسازی چاه (BS&W) کمتر از ۵ درصد می باشد.

۴-۶- بررسی بازه های مشبک کاری و ارتباط آن با سطح تماس

بررسی فاصله سطح تماس آب و گاز با انتهای چاهها با استفاده از نرم افزار پترل، نشان داد که تفاوت در نرخ تولید آب متأثر از حفر چاه در ناحیه آبی و یا مشبک شدن این ناحیه نمی باشد (شکل ۶).

۴-۷- بررسی نمودارهای کیفیت سیمان

نتایج بررسی های کیفیت سیمان پشت جداری ۷" در ناحیه مخزنی نشان داد که کیفیت سیمان در تولید آب تاثیر زیادی ندارد. (اشکال ۷ الی ۱۲).

۴-۸- بررسی روند تغییرات شاخص تولید چاهها

شاخص تولید چاهها، را می توان به عنوان ویژگی مخزن در اطراف دهانه چاه معرفی نمود. برخی از چاهها از همان ابتدای تولید شاخص تولیدی پایینی داشتند و برخی دیگر به مرور زمان شاخص تولید به طور قابل توجهی کاهش یافته است (جدول ۴). با افزایش مقدار تولید آب، مقدار شاخص تولید چاه کاهش چشمگیری داشته است.

۴-۹- مطالعه شبکه شکاف مخزن

وجود شکستگی ها و گسل ها همواره یکی از عوامل مورد توجه در ارزیابی و بهره برداری از مخازن هیدروکربوری می باشد. وجود شکستگی در یک مخزن می تواند با ایجاد یک محیط تراوا به عنوان یک محیط هادی جریان سیال عمل

نماید. تأثیر وجود شکستگی‌ها بر رفتار مخزن را اغلب می‌توان با بررسی اطلاعات نوسانات تولید در بخش‌های مختلف مخزن و یا بروز پدیده‌هایی غیر معمول مانند تولید آب از بخش مخزنی مشاهده نمود.

وجود عوامل مختلف ساختمانی و تکتونیکی مانند چین خوردگی، گسل، گنبد نمکی و تأثیر هر یک از آن‌ها در گسترش شکستگی‌ها قابل بررسی و تحلیل است، که از نتایج آن می‌توان در شناخت مکانیسم‌های ایجاد و گسترش شکستگی در مخزن و در مدلسازی شکستگی‌ها به ویژه در فضای بین چاه‌ها استفاده نمود.

گسل‌ها به عنوان یکی از دلایل عمده ایجاد شکستگی در مخزن قلمداد می‌گردد که آنالیز اطلاعات آن‌ها می‌تواند ما را در شناخت و پیش‌بینی تأثیر گسل‌ها در ایجاد و توزیع شکستگی‌ها یاری رساند. آنالیز گسل‌ها همچنین در پیش‌بینی محل وقوع شکستگی‌های بزرگ مقیاس و شکستگی‌های وابسته به گسل می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. برخی از داده‌هایی که از آنها به صورت غیر مستقیم در شناسایی شبکه شکستگی استفاده می‌شود داده‌های هرزروی گل، شاخص بهره‌دهی و تولید آب از بخش مخزنی می‌باشد. در بیشتر چاه‌ها با مقدار متفاوت تولید آب مشکلات هرزروی در زمان حفاری به وقوع پیوسته که خود می‌تواند نشان‌دهنده‌ی حضور شکستگی در مسیر حفر چاه باشد.

تحلیل و بررسی اطلاعات حاصل از تفسیر نمودارهای تصویری به عنوان یکی از دقیق‌ترین داده‌های موجود در این بخش امکان مطالعه و آنالیز شکستگی‌ها در هر چاه و میدان را فراهم می‌کند. همچنین با امکان دسته‌بندی شکستگی‌ها بر اساس پارامترهای مختلف مانند جهت، زاویه و آزیموت شیب شکستگی و یا گسل، ژئومتری و منشأ ایجاد شکستگی شناسایی می‌گردد. شکستگی‌های غالب در میدان در آزیموت حدود ۱۵ تا ۷۵ درجه واقع گردیده اند (شکل ۱۳). شیب و آزیموت شیب شکستگی‌ها نیز در چاه‌های ناحیه‌ی مورد مطالعه بیشتر در جهت ۱۰۵ تا ۱۶۵ درجه و شیب حدود ۶۰ درجه قرار گرفته‌اند. در بررسی جزئیات تفاوت راستای شکستگی در بخش بالایی مخزن و بخش پایینی مخزن که به عنوان مخزن اصلی شناخته می‌شود مشهود می‌باشد.

با توجه به اصول ژئومکانیکی و روند توزیع شکستگی‌ها در میدان می‌توان بر خورد چاه‌های عمود بر مسیر شکستگی در آزیموت حدود ۹۰ تا ۱۸۰ و مقابل آن برای بخش پایینی مخزن و آزیموت ۲۰ تا ۱۱۰ درجه و مقابل آن برای بخش بالایی مخزن را با تعداد بیشتری از شکستگی‌های محتمل دانست (شکل ۱۴). این شکستگی‌ها در صورت ارتباط با گسل‌ها و بخش آبدۀ خصوصاً در شرق ناحیه‌ی مورد مطالعه و راهیابی آب آبخوان از طریق گسل و شکستگی‌ها به داخل چاه با توجه به ارزیابی انجام شده محتمل‌ترین دلیل تولید آب می‌تواند باشد (شکل ۱۵).

۵- اعتبارسنجی

پس از شناسایی چاه‌های با تولید آب نامتعارف در هر سکو، به منظور صحت‌سنجی فرضیه‌ها و دلایل تولید آب اضافه احتمالی اقتباس شده از نمودارهای چن، شرایط تک‌تک چاه‌ها در تمام دوران زندگی از تولد تا کنون بررسی و با یکدیگر مقایسه شد.

چاه‌های با نرخ تولید آب بالا، بیشتر از سایر چاه‌ها دچار مشکلات حفاری ناشی از ماهیت زمین شده‌اند. حداقل مقادیر BS&W چاه‌های P-F-09, P-F-10 در حدود ۲۵ درصد بوده و تا انتهای عملیات تمیزسازی چاه کاهش نیافته است و

همچنین در چاه P-G-08 بعد از عملیات مشبک‌کاری این مقدار کمتر از ۵ درصد بوده که بعد از عملیات اسیدکاری چاه به ۲۰ درصد افزایش یافته است و سایر چاه‌ها تولید آب نرمال ($BS\&W < 5\%$) در ابتدای چرخه تولید داشتند. چاه‌هایی که بیشترین مقدار آب تولیدی در هر سکو را دارند، مقادیر یون‌های موجود در آب آن‌ها نیز بیشینه، و با شیب روند افزایشی بیشتر و نزدیک به ترکیب یونی آب، آبدۀ می‌باشد (جدول ۳). تاریخچه تغییرات شاخص تولید و مقدار آب تولیدی از چاه در شکل ۱۶ مشخص شده است که با افزایش مقدار تولید آب، مقدار شاخص تولید چاه کاهش چشمگیری داشته است.

اکثریت چاه‌ها با تولید آب بالا در هر پلتفرم در آزمون حدود ۹۰ تا ۱۸۰ درجه حفر شده‌اند (جدول ۵) تولید آب در چاه‌های P-F-09 و P-H-05، می‌تواند در ارتباط با گسترش شکستگی در بخش بالایی مخزن باشد ولی در چاه P-D-06 تولید آب بالا در ارتباط با آزمون ذکر شده نمی‌باشد و دلیل آن می‌تواند برخورد با مسیر گسل قلمداد گردد. در مقابل آن، اکثریت چاه‌ها با کمترین نرخ تولید آب با توجه به احتمال برخورد با تعداد شکستگی کمتر در آزمون ۱۸۰ تا ۲۷۰ و مقابل آن واقع گردیده‌اند، در عمود بر روند شکستگی‌های غالب دو حلقه چاه P-B-10 و P-C-09 در آزمون ۱۶۵ تا ۱۵۵ با تولید آب متعارف نیز قرار دارند. بنابراین با توجه به تبعیت روند تولید آب اکثریت چاه‌ها در ارتباط با آزمون شکستگی‌ها می‌توان حفر و وجود چاه در آزمون ۹۰ تا ۱۸۰ و مقابل آن را باریسک بیشتر تولید آب همراه دانست (شکل ۱۷). آزمون تمامی چاه‌ها با تولید آب بیش از ۱۰۰ بشکه در روز بررسی شد که نشان داد به غیر از چاه P-G-07 در آزمون ۱۲ درجه، سایر چاه‌ها عمود بر روند آزمون شکستگی‌ها قرار گرفته‌اند (جدول ۶).

بررسی نتایج تست تولید PLT در برخی چاه‌ها (جدول ۷) و زون‌های تولید کننده‌ی آب نیز تایید کننده‌ی تولید آب همگام با وجود شکستگی‌های احتمالی در بخش بالایی یا پایینی مخزن بود.

۶- نتیجه‌گیری

آزمایشات درون چاهی و سرچاهی ۹۶ حلقه چاه تولیدی و تاریخچه تولید چاه‌ها از ابتدای تولید تاکنون و روند تغییرات مقادیر یون‌های آب تولیدی آنالیز و ارزیابی گردید و پس از شناسایی چاه‌هایی با رفتار تولید آب ناخواسته جهت ریشه‌یابی دلایل ایجاد این اتفاق، تاریخچه حفاری چاه‌ها، گزارش‌های تمیزسازی چاه بعد از عملیات‌های مشبک‌کاری و اسیدکاری، فاصله بازه‌های مشبک‌کاری و انتهای چاه از سطح تماس آب و گاز، کیفیت سیمان، میزان شاخص تولید چاه‌ها وضعیت شکستگی‌های شناسایی شده در مخزن، موقعیت قرارگیری چاه‌ها نسبت به گسل‌ها، آزمون و زاویه چاه‌ها، مورد بررسی قرار گرفت:

- نقش کیفیت سیمان، فاصله‌ی بازه‌های مشبک‌کاری و انتهای چاه از سطح تماس به صورت مستقل اثبات نگردید.
- در حین عملیات حفاری در چاه‌هایی با تولید آب بالا به مراتب مشکلات ناشی از هرزروی یا جریان چاه و ریزش دیواره به مراتب بیشتر رخ داده است.

- مقادیر یون ها در آب تولید شده در چاه‌های با تولید آب بالا با شیب بیشتر و مقادیر بیشتری مشاهده می‌گردد.
- در ابتدای جریان دادن چاه، بعد از انجام عملیات تمیزسازی چاه، مقادیر BS&W برخی چاه‌های کلنید در جنوب شرقی میدان، بیش از ۲۰ درصد و گاهی بیش از ۵۰ درصد می‌باشد.
- با بررسی تاریخچه شاخص تولید چاه‌ها، مشاهده گردید که مقادیر شاخص تولید چاه‌هایی که در آزمون ۹۰ تا ۱۸۰ هستند از ابتدای تولید تا کنون کاهش قابل توجهی داشته‌اند و هر چه از شمال غرب به سمت جنوب شرق پیش می‌رویم مقدار کاهش شاخص تولید قابل توجه بوده و گاهی در همان سالهای ابتدایی مقدار تولید گاز آنها کم شده است.
- با توجه به شکل گسترش شکستگی‌ها از نتایج تفسیر نمودارهای تصویری می‌توان نتیجه گرفت اکثر چاه‌ها با تولید آب ناخواسته در آزمون ۹۰ تا ۱۸۰ و عمود بر روند معمول شکستگی در میدان، قرار گرفته‌اند.
- با توجه به تفاوت جهت شکستگی در لایه مخزنی بالایی و پایینی و تایید تولید آب حتی از لایه‌های بالایی در نمودارهای تولیدی تولید آب از برخی چاه‌ها خصوصاً در ناحیه شرقی می‌تواند ناشی از شکستگی‌ها در لایه‌های بالایی در ارتباط با عملکرد گسل‌ها باشد.
- تولید آب ناخواسته از یک حلقه چاه می‌تواند در تجمیع دلایل مکانیکی، تکمیل چاه و مشکلات مرتبط با مخزن و زمین‌شناسی باشد و با توجه به جهت گسترش شکستگی‌ها و روند گسل‌ها می‌بایستی اقدامات لازم در خصوص جلوگیری از این رخداد در برنامه‌ریزی‌های آتی صورت گیرد که هرچه به اطلاعات میدان و داده‌های تولیدی و آزمایشات چاه‌ها و ... بیشتری در دسترس باشد با قطعیت بیشتری می‌توان اینکار را انجام داد.

۷- منابع

1. AL-RASHIDI, A., JAIN, M., TIRKEY, N., AL-AMMAR, H., AL-AJMI, S., WEISS, A., 2019. FIRST SUCCESSFUL CHEMICAL APPLICATION WATER SHUT OFF JOB IN DUAL COMPLETED WELL SHORT TUBING AND ORIENTED PERFORATIONS TO ENHANCE WELL PRODUCTIVITY IN BURGAN SOUTH KUWAIT. SOC. PET. ENG. - ABU DHABI INT. PET. EXHIB. CONF. 2018, ADIPEC 2018 1–20. DOI:10.2118/198146-MS
2. AL HASANI, M.A., AL KHAYARI, S.R., AL MAAMARI, R.S., AL WADHAHI, M.A., 2008. DIAGNOSIS OF EXCESSIVE WATER PRODUCTION IN HORIZONTAL WELLS USING WOR PLOTS. INT. PET. TECHNOL. CONF. IPTC 2008 1, 423–431. DOI:10.2523/IPTC-11958-MS
3. AMINIAN, K., 2005. WATER PRODUCTION PROBLEMS AND SOLUTIONS-PART I, PETROLEUM & NATURAL GAS ENGINEERING DEPARTMENT OF WEST VIRGINA UNIVERSITY.
4. BAILEY, B., CRABTREE, M., TYRIE, J., ELPHICK, J., KUCHUK, F., ROMANO, C., ROODHART, L., 2000. WATER CONTROL. DEV. GEOTECH. ENG. 59, 320–371. DOI:10.1016/B978-0-444-87462-7.50017-7
5. BOUSSA, M., 2004. PRODUCTION OPTIMIZATION OF GAS WELLS : PROBLEM OF WATER INFLUX.
6. CHAN, K.S., 1995. WATER CONTROL DIAGNOSTIC PLOTS. PROC. - SPE ANNU. TECH. CONF. EXHIB. SIGMA, 755–763. DOI:10.2523/30775-MS
7. CHENG, Y., MU, L., ZHU, E., ZHANG, P., GUO, C., LENG, Y., WEI, Z., CHEN, P., XING, Y., CHENG, M., SHI, H., ZHANG, L., 2017. WATER PRODUCING MECHANISMS OF CARBONATE RESERVOIRS GAS WELLS: A CASE STUDY OF THE RIGHT BANK FIELD OF AMU DARYA, TURKMENISTAN. SHIYOU KANTAN YU KAIFA/PETROLEUM EXPLOR. DEV. 44, 89–96. DOI:10.11698/PED.2017.01.10
8. EL-HOSHOUDY, A.N., MOHAMMEDY, M.M., RAMZI, M., DESOUKY, S.M., ATTIA, A.M., 2019. EXPERIMENTAL, MODELING AND SIMULATION INVESTIGATIONS OF A NOVEL SURFMER-CO-POLY ACRYLATES CROSSLINKED HYDROGELS FOR WATER SHUT-OFF AND IMPROVED OIL RECOVERY. J. MOL. LIQ. 277, 142–156. DOI:10.1016/J.MOLLIQ.2018.12.073
9. HASAN, A.R., KABIR, C.S., 1988. NEW MODEL FOR TWO-PHASE OIL/WATER FLOW: PRODUCTION LOG INTERPRETATION AND TUBULAR CALCULATIONS. SOC. PET. ENG. AIME, SPE PI, 369-382 18216. DOI:10.2118/18216-PA
10. HASSANZADEH.M , GERAMI.S, PARHAMVAND.MH, 2017, "CONSIDERING THE PHENOMENA OF WATER CONNING IN ONE OF THE FRACTURED GAS RESERVOIRS IN IRAN", JOURNAL OF PETROLUEM RESEARCH, DOI: 10.22078/PR.2017.759
11. JINYOU, D., QIANYING, R., MENG, K., ZILONG, L., JING, W., ZHONGQI, M., 2018. EFFECT OF DRAWDOWN PRESSURE ON WATER PRODUCTION IN GAS RESERVOIR. IOP CONF. SER. EARTH ENVIRON. SCI. 153. DOI:10.1088/1755-1315/153/6/062040
12. KHARAKA, Y., 2003. DEEP FLUIDS IN THE CONTINENTS: I. SEDIMENTARY BASINS. LOUISIANA STATE UNIVERSITY.
13. KHATIB, Z., VERBEEK, P., 2002. WATER TO VALUE - PRODUCED WATER MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE FIELD DEVELOPMENT OF MATURE AND GREEN FIELDS. INT. CONF. HEAL. SAF. ENVIRON. OIL GAS EXPLOR. PROD. 91–94. DOI:10.2523/73853-MS

14. LANGAAS, K., STAVLAND, A., 2019. WATER SHUT-OFF WITH POLYMER IN THE ALVHEIM FIELD. SOC. PET. ENG. - SPE EUR. FEATUR. 81ST EAGE CONF. EXHIB. 2019 3–6. DOI:10.2118/195485-MS
15. MILLER, M., SHANLEY, K., 2010. PETROPHYSICS IN TIGHT GAS RESERVOIRS—KEY CHALLENGES STILL REMAIN. LEAD. EDGE 1464–1469.
16. MUKHANOV, A., GARCIA, C.A., TORRES, H., 2018. WATER CONTROL DIAGNOSTIC PLOT PATTERN RECOGNITION USING SUPPORT VECTOR MACHINE. SOC. PET. ENG. - SPE RUSS. PET. TECHNOL. CONF. 2018, RPTC 2018. DOI:10.2118/191600-18RPTC-RU
17. NICKPEY.M. , 2017, “SIMULATING AND INVESTIGATING THE CAUSES OF WATER CONING AND ITS PREVENTION METHODS IN ONE OF IRAN'S GAS RESERVOIRS USING ECLIPSE SOFTWARE.”, THE FIRST INTERNATIONAL OIL, GAS, PETROCHEMICAL AND HSE CONFERENCE, TEHRAN. IRAN , [HTTPS://CIVILICA.COM/DOC/678935/DOWNLOAD/](https://civilica.com/doc/678935/download/)
18. ODEH, A.S., 1989. WELL TEST ANALYSIS IN OIL RESERVOIRS WITH GAS CAPS AND/OR WATER AQUIFERS. SPE.
19. ORELLANA, N.H., GAIBOR, A.M., ASTUDILLO, R.A., LOZADA, S.F., MUÑOZ, E.R., TAMAYO, T., BAILÓN, L.R., PADILLA, C.A., 2019. EFFECTIVE CROSS FLOW DIAGNOSTIC BY PULSE NEUTRON, CEMENT LOGS AND FLUID PRODUCTION: WATER SHUT OFF WELL CASE IN AMO FIELD. DOI:10.4043/29741-MS
20. POW, M., KANTZAS, A., ALLAN, V., MALLMES, R., 1999. PRODUCTION OF GAS FROM TIGHT NATURALLY FRACTURED RESERVOIRS WITH ACTIVE WATER. J. CAN. PET. TECHNOL. 38, 38–45. DOI:10.2118/99-07-04
21. RAHRO.M, 2016“INVESTIGATING THE CAUSES OF SALINITY AND THE ORIGIN OF PRODUCED WATER IN GAS TANK WELLS IN THE SOUTH OF THE COUNTRY”SHAHRUD UNIVERSITY , <https://shahroodut.ac.ir/fa/thesis/thesis.php?thid=QE315>
22. TAHA, A., AMANI, M., 2019. OVERVIEW OF WATER SHUTOFF OPERATIONS IN OIL AND GAS WELLS; CHEMICAL AND MECHANICAL SOLUTIONS. CHEMENGINEERING 3, 51. DOI:10.3390/CHEMENGINEERING3020051
23. TRAN, T. V., TRUONG, T.A., NGO, A.T., HOANG, S.K., TRINH, V.X., 2019. A CASE STUDY OF GAS-CONDENSATE RESERVOIR PERFORMANCE UNDER BOTTOM WATER DRIVE MECHANISM. J. PET. EXPLOR. PROD. TECHNOL. 9, 525–541. DOI:10.1007/s13202-018-0487-7

جدول ۱: روند نرخ تولید آب سکوها در دوره چند ساله به تفکیک هر چاه

Platform-H					
Well	May-17	Apr-18	Oct-18	Mar-19	Dec-19
P-H-01	43.85	33.65	42.96	45.99	46.05
P-H-02	40.60	43.22	42.81	45.15	45.64
P-H-03	41.44	44.30	43.49	45.41	45.29
P-H-04	41.21	42.59	41.47	44.11	45.79
P-H-05	49.45	49.91	49.02	49.82	51.20
P-H-06	31.28	41.25	40.66	42.53	43.11
P-H-07	47.90	53.05	51.12	52.23	53.54
P-H-08	46.41	46.79	45.88	49.36	50.65
P-H-09	49.55	49.86	47.60	49.49	51.24
P-H-10	40.70	49.63	48.89	49.06	51.13
P-H-11	48.16	47.72	46.94	49.34	45.75

Platform-D			
Well	Mar-12	Mar-16	Nov-16
P-D-01	40.00	46.95	31.95
P-D-02	17.73	56.70	31.03
P-D-03	40.00	80.00	78.00
P-D-04	40.44	76.89	56.24
P-D-05	39.59	81.15	64.20
P-D-06	36.00	80.00	250.05
P-D-07	30.82	133.45	194.35
P-D-08	29.12	65.07	43.52
P-D-09	61.26	65.69	40.91
P-D-10	40.00	147.66	134.85
P-D-11	50.95	63.24	43.27
P-D-12	63.86	84.97	56.95

Platform-E		
Well	Apr-16	Dec-18
P-E-01	71.20	85.91
P-E-02	51.12	67.03
P-E-03	52.73	105.80
P-E-04	67.24	87.48
P-E-05	58.42	126.19
P-E-06	34.41	144.85
P-E-07	50.00	76.68
P-E-08	43.91	193.00
P-E-09	43.89	80.97
P-E-10	38.86	182.77
P-E-11	38.23	107.59
P-E-12	50.00	92.59

Platform-I				
Well	Nov-16	Dec-17	Apr-18	Nov-18
P-I-01	110.79	104.18	104.99	74.47
P-I-02	56.98	48.28	41.29	66.82
P-I-03	68.16	46.57	60.90	55.87
P-I-04	58.04	52.96	46.14	60.36
P-I-05	57.76	52.68	60.20	70.73
P-I-06	51.09	50.20	68.76	62.55
P-I-07	50.87	42.91	74.38	73.59
P-I-08	56.58	55.11	79.42	72.03
P-I-09	51.74	77.87	94.36	71.46
P-I-10			187.68	147.34
P-I-11	73.68	97.69	136.97	95.32

Platform-F			
Well	Apr-17	Apr-18	Oct-18
P-F-01	37.00	38.56	36.00
P-F-02	44.98	44.91	42.00
P-F-03	55.38	61.87	64.71
P-F-04	39.09	41.85	42.30
P-F-05	45.43	43.54	43.41
P-F-06	40.48	40.65	43.17
P-F-07	39.64	42.84	44.02
P-F-08	39.83	54.56	43.87
P-F-09	137.00	330.61	391.00
P-F-10	270.00	318.02	230.41
P-F-11	41.00	43.69	49.71

Platform-G		
Well	Jan-16	Jul-16
P-G-01	97.66	574.58
P-G-02	49.62	53.15
P-G-03	171.14	270.00
P-G-04	154.78	62.05
P-G-05	48.17	59.54
P-G-06	208.24	220.32
P-G-07	1096.28	122.34
P-G-08	278.93	966.65
P-G-09	68.95	104.96

Platform-C									
Well	Sep-12	Jun-14	Aug-15	Jan-16	Apr-17	Oct-17	Mar-18	Apr-19	Mar-20
P-C-01	40.70	47.60	46.36	41.82	45.00	46.92	51.80	46.25	46.34
P-C-02	41.89	46.66	48.05	50.97	55.72	51.69	50.82	49.94	47.19
P-C-03	50.85	38.40	54.05	59.48	52.36	49.25	49.73	36.14	37.87
P-C-04	54.54	31.10	45.74	86.19	51.59	45.00	43.41	55.32	45.51
P-C-05	41.68	38.37	49.56	46.04	51.26	50.83	51.87	29.49	48.03
P-C-06	9.22	30.50	64.66	60.88	71.93	69.61	69.48	48.39	63.69
P-C-07	40.01	45.17	49.55	51.32	49.11	49.14	52.29	33.94	54.75
P-C-08	5.88	34.00	88.66	104.08	127.29	129.66	130.00	146.28	301.69
P-C-09	5.88	30.12	46.73	43.00	44.06	45.08	49.07	25.00	44.72
P-C-10	41.55	37.65	50.23	47.09	48.70	49.47	49.26	55.31	47.85

Platform-B					
Well	Oct-11	Mar-14	Sep-15	Apr-19	May-20
P-B-01	14.33	26.91	34.35	75.95	72.22
P-B-02	24.00	30.94	45.85	69.57	68.13
P-B-03	20.54	28.69	46.40	74.78	70.76
P-B-04	24.00	26.00	62.49	65.00	62.69
P-B-05	21.98	25.80	43.00	76.61	75.83
P-B-06	25.86	26.37	50.30	76.63	76.60
P-B-07	23.81	26.00	43.00	66.83	70.43
P-B-08	30.90	23.10	55.31	82.86	85.90
P-B-09	25.67	26.50	29.50	76.16	74.74
P-B-10	24.12	26.07	26.00	73.01	72.04

Platform-A					
Well	Jul-08	Aug-09	May-10	Jul-16	Nov-16
P-A-01	7.86	7.49	7.21	7.50	8.96
P-A-02	9.17	13.75	8.00	7.40	8.63
P-A-03	8.18	13.08	7.20	7.70	7.68
P-A-04	10.60	9.51	8.00	9.34	11.56
P-A-05	8.47	8.41	8.20	8.50	9.30
P-A-06	10.58	7.64	8.30	8.50	10.20
P-A-07	10.00	8.91	8.25	8.40	8.64
P-A-08	9.32	9.19	8.80	8.00	10.00
P-A-09	9.48	9.36	8.96	8.00	9.30
P-A-10	7.38	8.35	7.47	7.00	8.79

جدول ۲: نمونه‌ای از تاریخچه اطلاعات یون های تولیدی آب دو چاه منتخب از یک پلتفرم

Well	Date	Ca ⁺⁺	CL ⁻	Na ⁺	TDS
		(mg/L)			
P-C-08	11/1/2011	33	300	130	
	4/7/2012	50	515	208	
	3/21/2013	54	630	618	1157
	6/25/2014	1960	11322	8800	21960
	12/28/2014	6800	40462	19300	66000
	12/29/2014	8000	40741	20150	65800
	9/17/2015	11600	53141	32000	119000
	2/14/2016	10200	50551		73500
	5/7/2016	11440	67150	38150	128500
	9/22/2016	10720	71891		118500

Well	Date	Ca ⁺	CL ⁻	Na ⁺	TDS
		(mg/L)			
P-C-09	11/1/2011	26	270	108	
	4/7/2012	22	180	84	
	4/7/2012	32	375	127	
	3/21/2013	13	90	82	559
	3/21/2013	55	500	496	989
	6/25/2014	17	166	65	382
	6/25/2014	34	358	249	662
	9/20/2015	52	476	241	880
	9/20/2015	70	439	254	921
	2/14/2016	30	487		770
	2/14/2016	50	688		1005
	5/7/2016	47	457	225	811
	9/26/2016	44	597		855
	9/26/2016	54	653		1071
	3/29/2018	60	1207	1425	1960

Well	Date	Ca ⁺⁺	CL ⁻	Na ⁺	TDS
		(mg/L)			
P-C-08	2/7/2010	844.0	1800.0	752.0	3940.0
	8/1/2012	776.0	5290.0		9380.0
	9/13/2013	459.0	4410.0	1900.0	6550.0
	3/19/2014	512.8	5140.0	3360.0	7710.0
	2/26/2015	700.0	5715.0	4575.0	10010.0
	10/10/2015	543.0	4864.7	2620.0	9600.0
	3/7/2016	696.0	6911.0	2062.0	12710.0
	10/14/2016	797.6	8400.6		14810.0

Well	Date	Ca ⁺⁺	CL ⁻	Na ⁺	TDS
		(mg/L)			
P-C-09	2/7/2010	124	1169	515	2520
	2/7/2010	105	976	433	2190
	8/1/2012	195	1960		3130
	8/27/2013	226	2580	1255	4020
	3/9/2014	219.2	2520	1720	3950
	2/28/2015	224	2416	1688	3710
	10/10/2015	240	2367.205	1290	3970
	10/17/2016	180	2251.6		3600

5/5/2017	569.0	6138.5	8100.0	10960.0	4/30/2017	228	3188.8	3768	5670
6/20/2018	576.0	5798.0	6950.0	10950.0	6/20/2018	264	3681	3840	6220

جدول ۳: مشخصات ترکیب یونی آب سازند و همراه

	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	TDS (mg/L)
Formation Water	30500	185200	75000	305900
Condense Water	80	220	60	500

جدول ۴: مقایسه تغییرات شاخص تولید

Well name	PI at the first MMSCFD/psi	PI now MMSCFD/psi	Δ PI MMSCFD/psi
P-G-06	0.05	0.05	0
P-G-03	0.07	0.07	0
P-G-01	0.05	0.05	0
P-G-08	0.02	0.02	0
P-G-02	0.25	0.191	0.06
P-I-11	0.14	0.08	0.06
P-I-10	0.03	0.03	0.00
P-I-04	0.447	0.416	0.03

جدول ۵: چاه‌های منتخب با بیشترین نرخ تولید آب و جهت حفاری

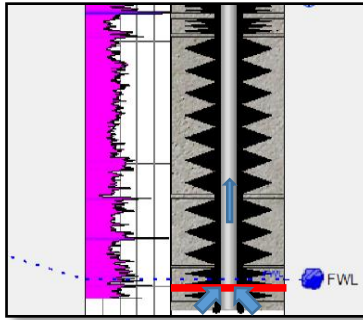
Well Name	Well Azimuth	Water Produce Rate
P-B-08	90	High Rate
P-C-08	97	
P-I-11	97	
P-I-10	130	
P-F-10	160	
P-D-10	163	
P-E-08	165	
P-G-08	165	
P-D-07	173	
P-F-09	75	
P-H-05	25	
P-D-06	10	
P-E-02	320	
P-D-02	310	
P-G-02	306	
P-I-04	250	
P-H-06	178	
P-B-10	165	
P-C-09	155	

جدول ۶: چاه‌های با تولید بیش از ۱۰۰ بشکه آب در روز

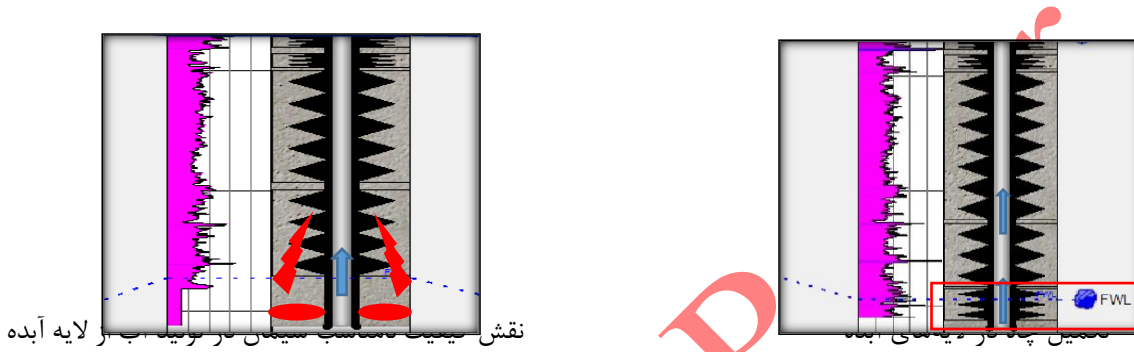
Well Name	Well Azimuth
P-E-10	113
P-G-01	344
P-G-03	283
P-G-06	156
P-G-09	150
P-G-07	12

جدول ۷: زون‌های تولید کننده ی آب بر اساس نمودار PLT

Well Name	PLT Results
P-D-06	L.Res
P-G-08	U.Res
P-E-06	L.Res
P-F-09	U.Res
	L.Res
P-F-10	L.Res

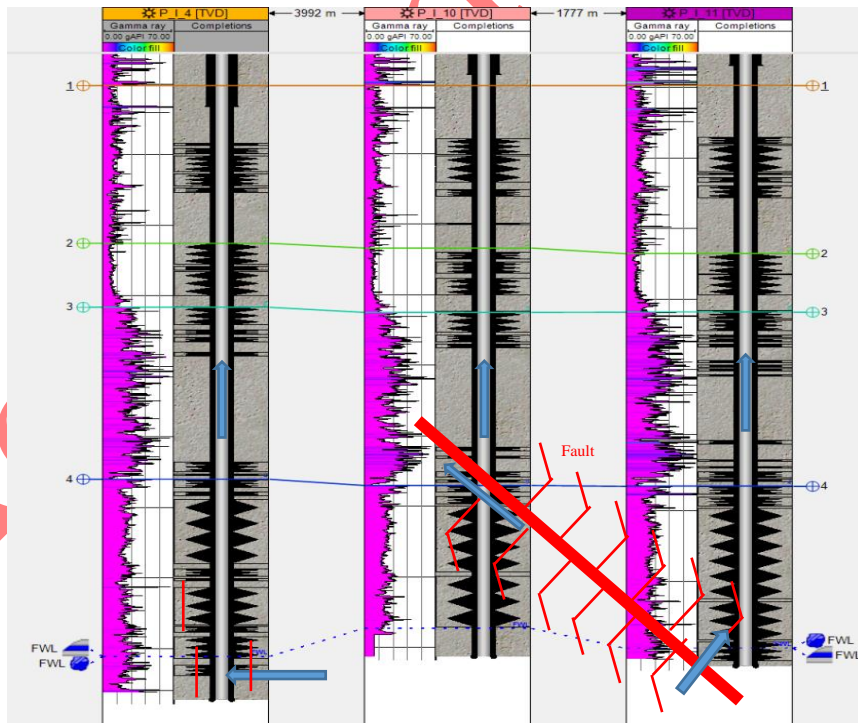


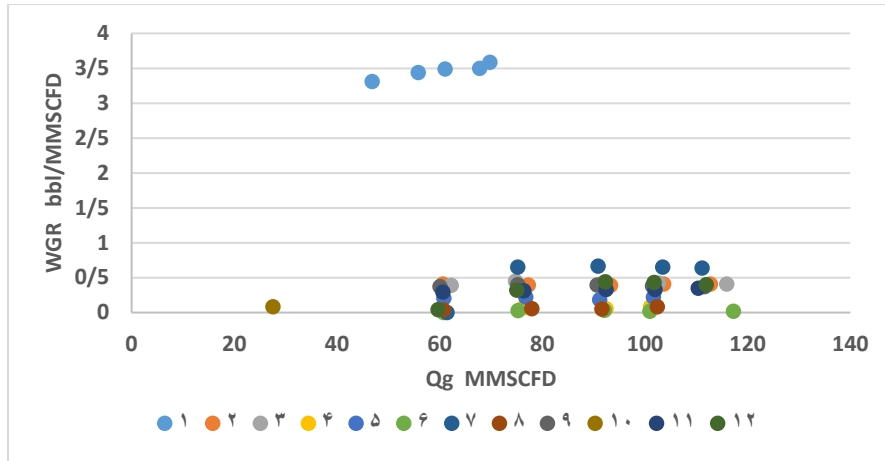
شکل ۱: نشی لوله‌های پوششی و راه‌یابی آب به چاه تولیدی



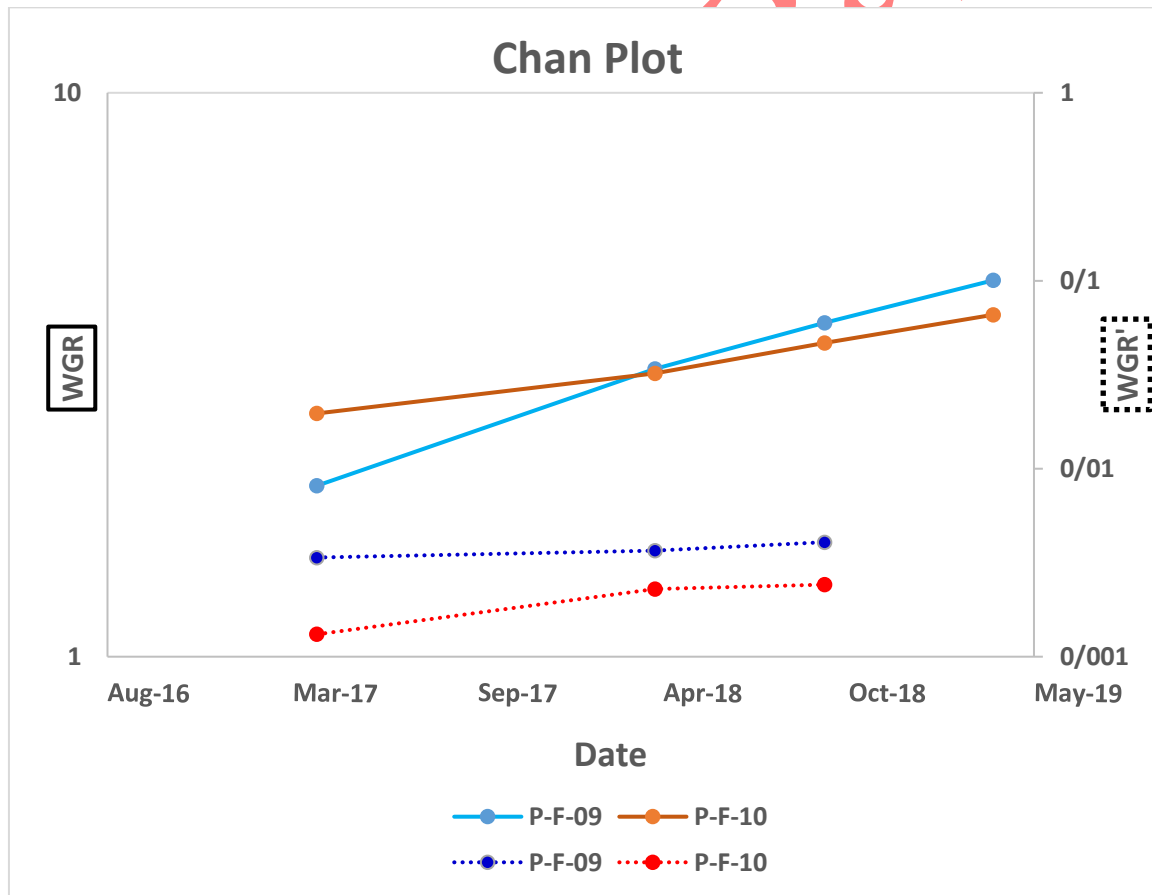
نقش سیببیت در تولید آب از لایه آبد

شکل ۲: مشکلات مرتبط با تکمیل چاه

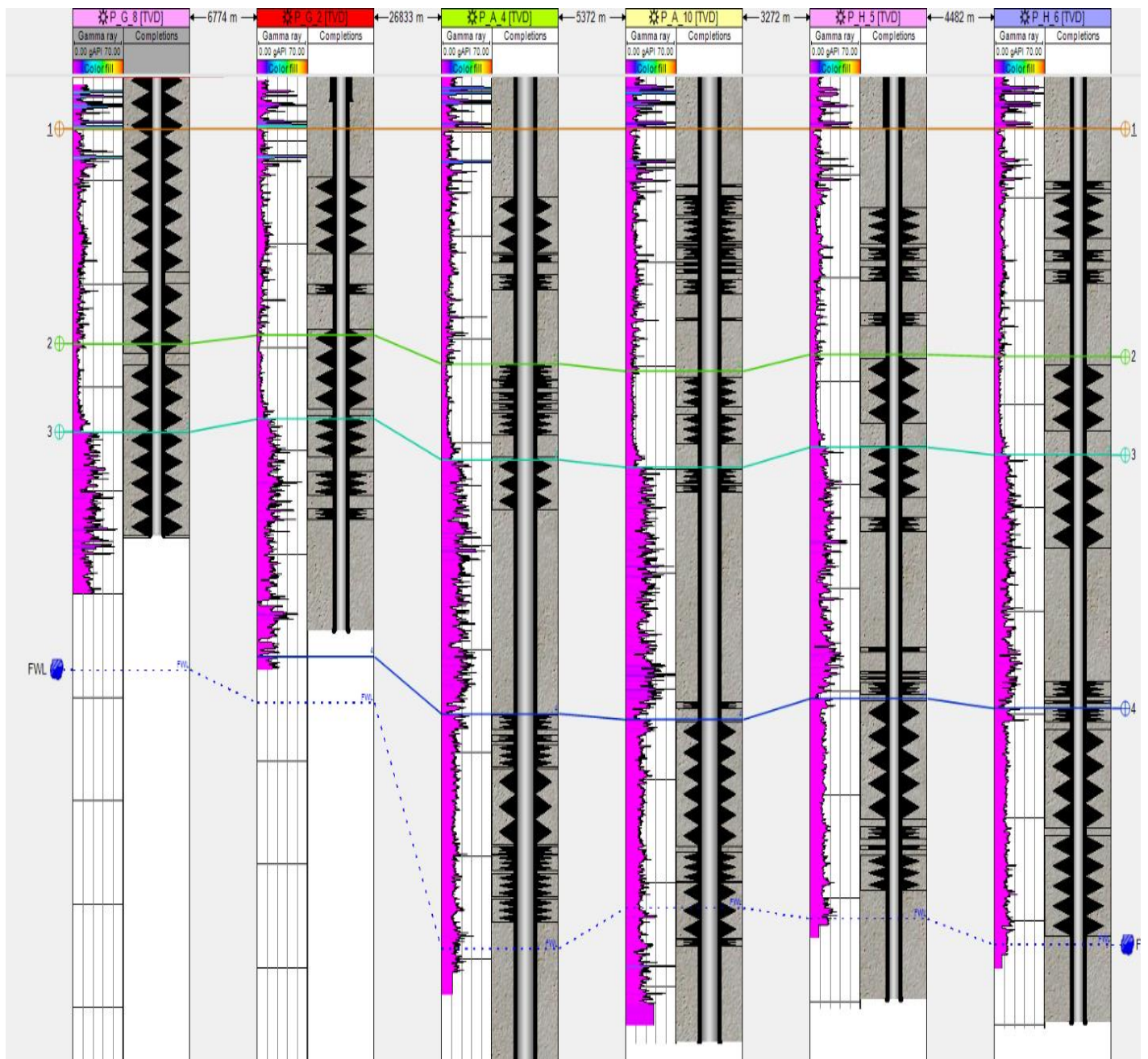




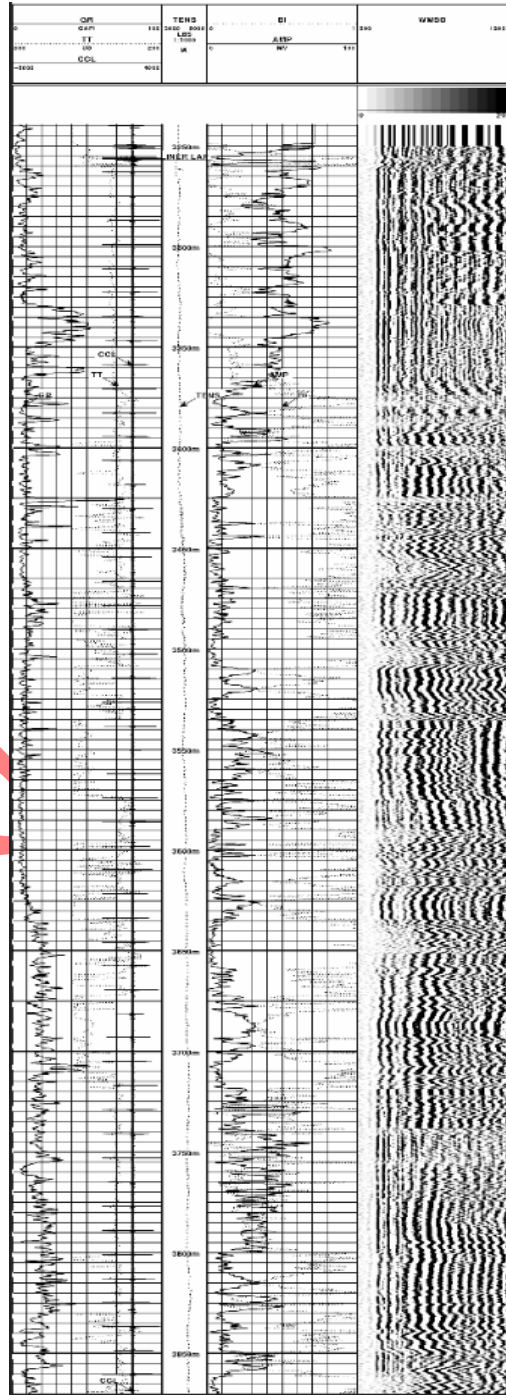
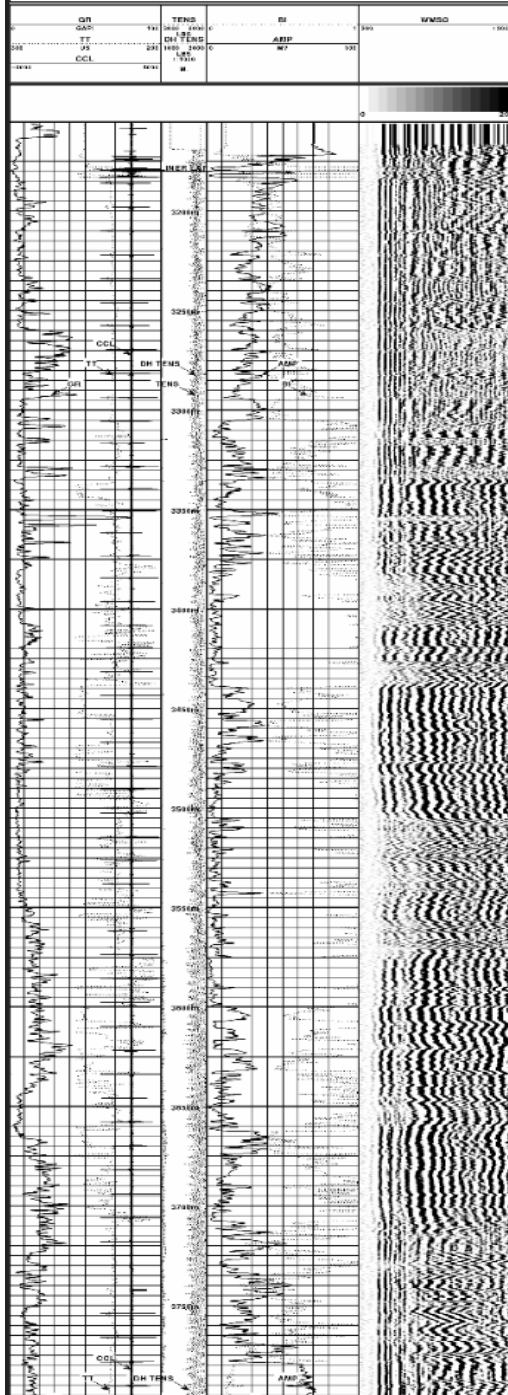
شکل ۴: نمونه‌ای بررسی ارتباط مقادیر تولید گاز با تولید آب



شکل ۵: منحنی تشخیص چن



شکل ۶: عمق نهایی، فواصل مشبک کاری و فاصله از سطح تماس در چند چاه منتخب

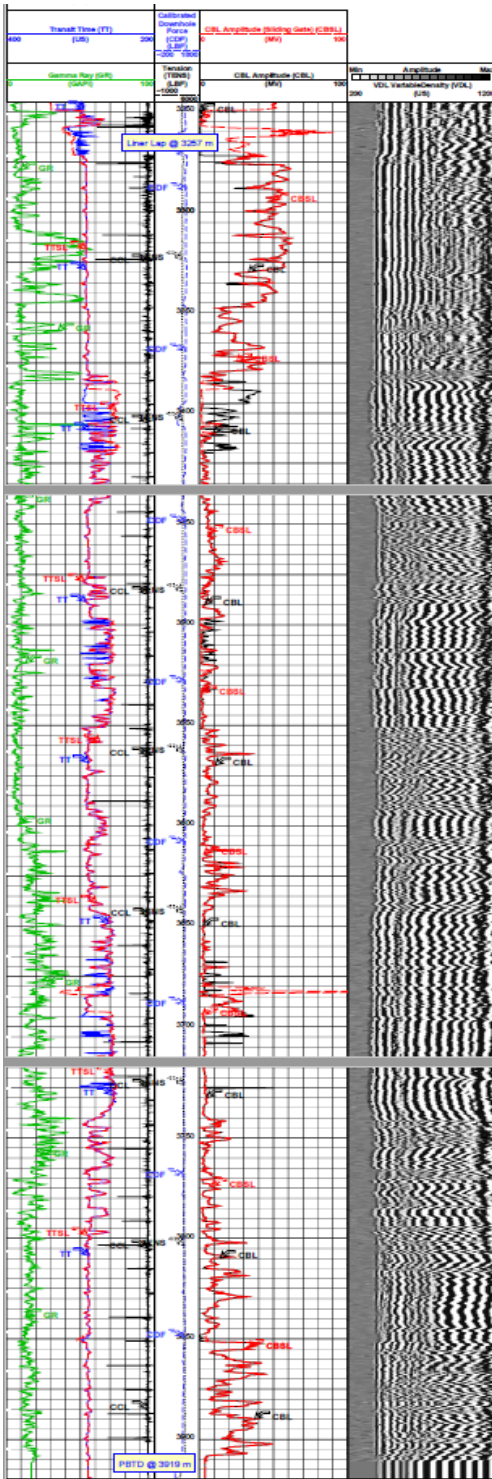


شکل
:۷
لاگ

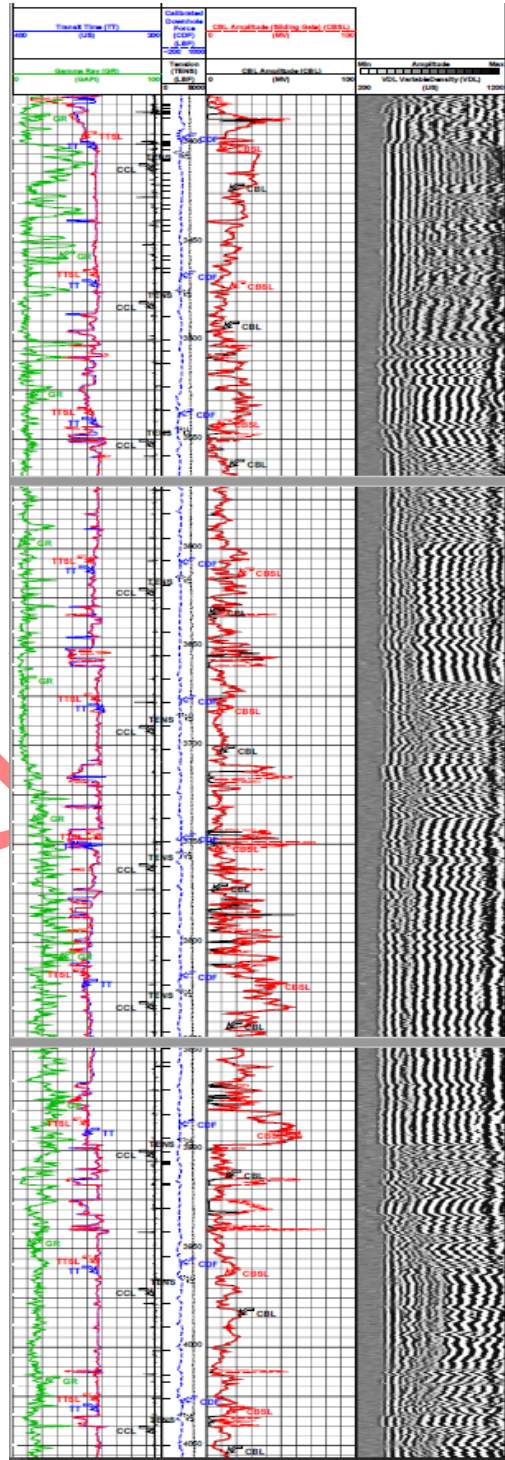
شکل ۸:

بندش سیمان چاه P-D-06

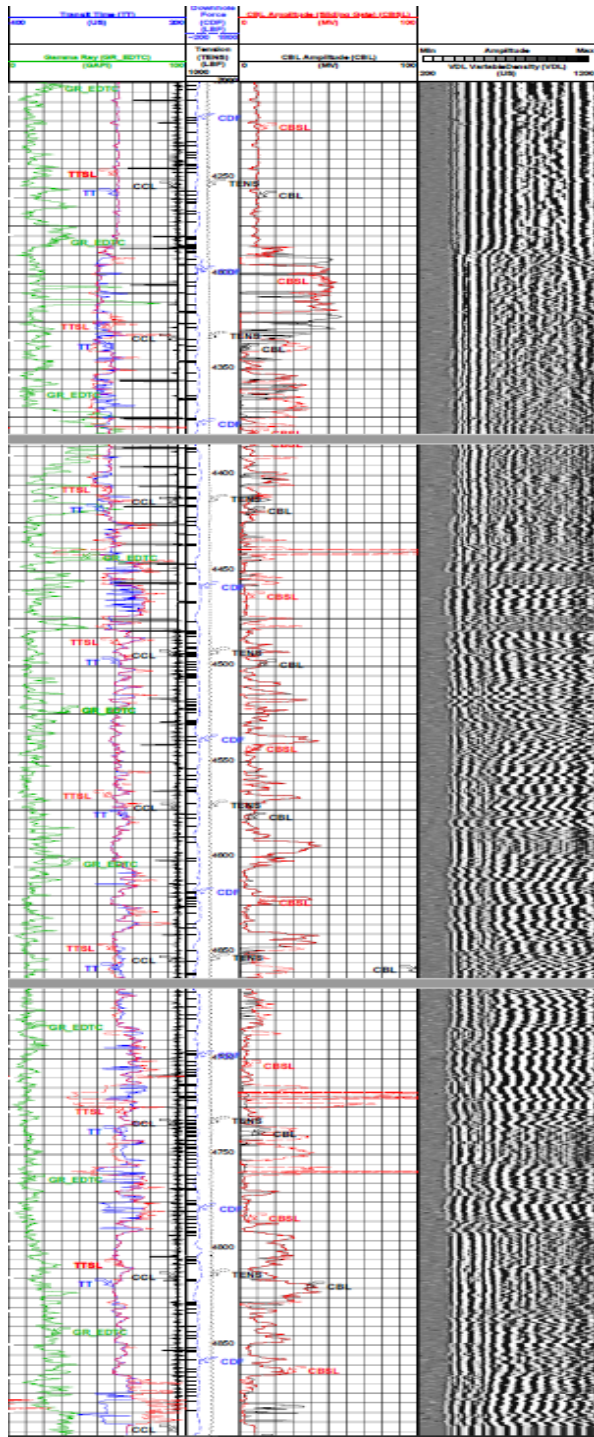
لاگ بندش سیمان چاه P-D-02



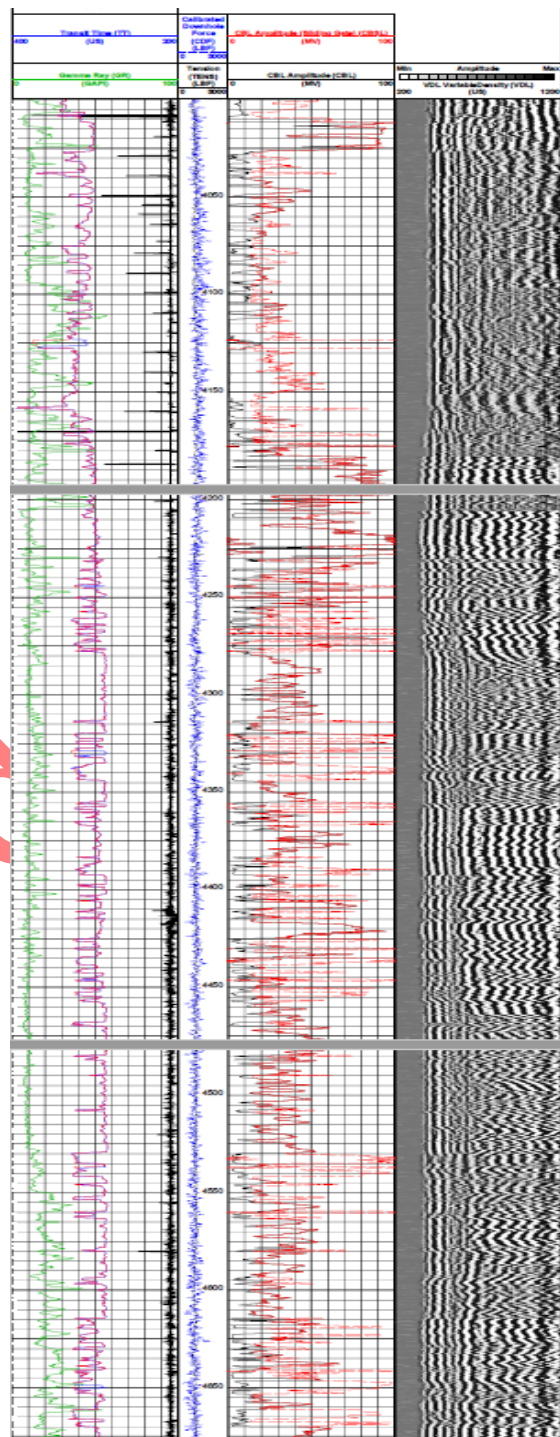
شکل ۹: لاگ بندش سیمان چاه P-I-04



شکل ۱۰: لاگ بندش سیمان چاه P-I-10

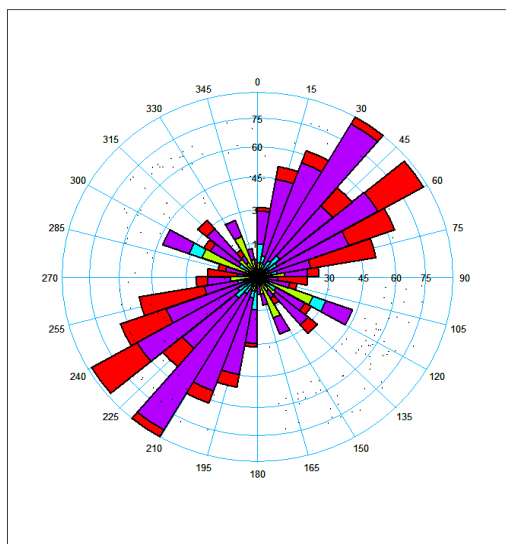


شکل ۱۲: لاگ بندش سیمان چاه P-F-09

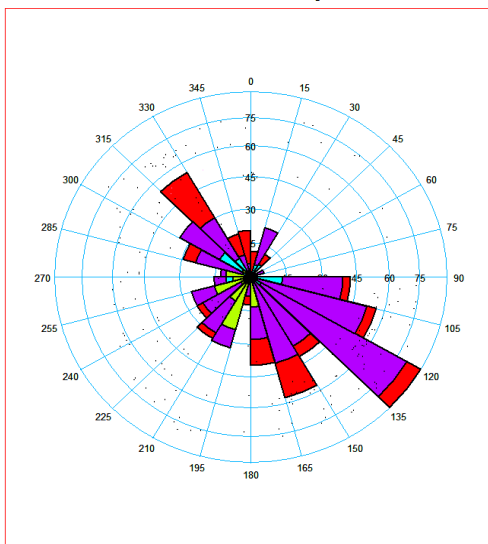


شکل ۱۱: لاگ بندش سیمان چاه P-F-01

Fracture Strike



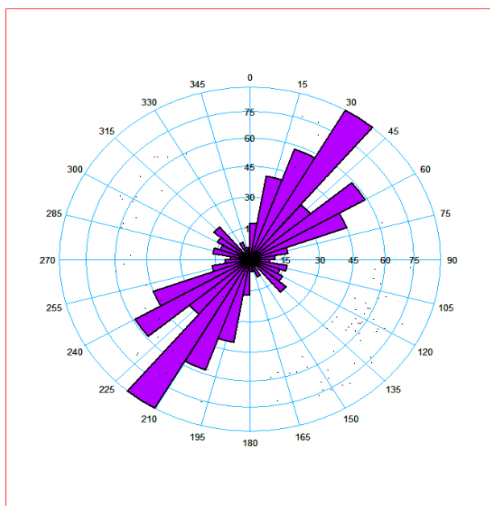
Fracture Dip



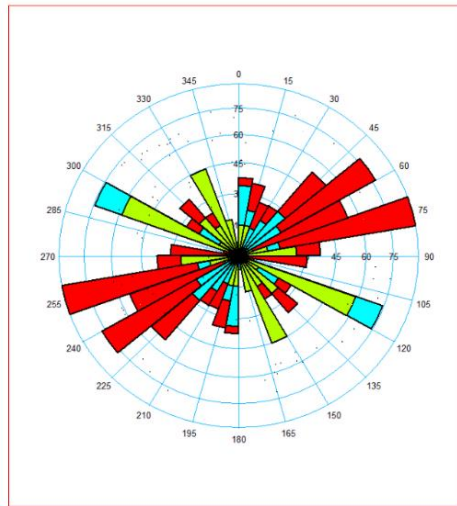
شکل
:۱۳

جهت و شیب شکستگی ها در ناحیه ی مورد مطالعه

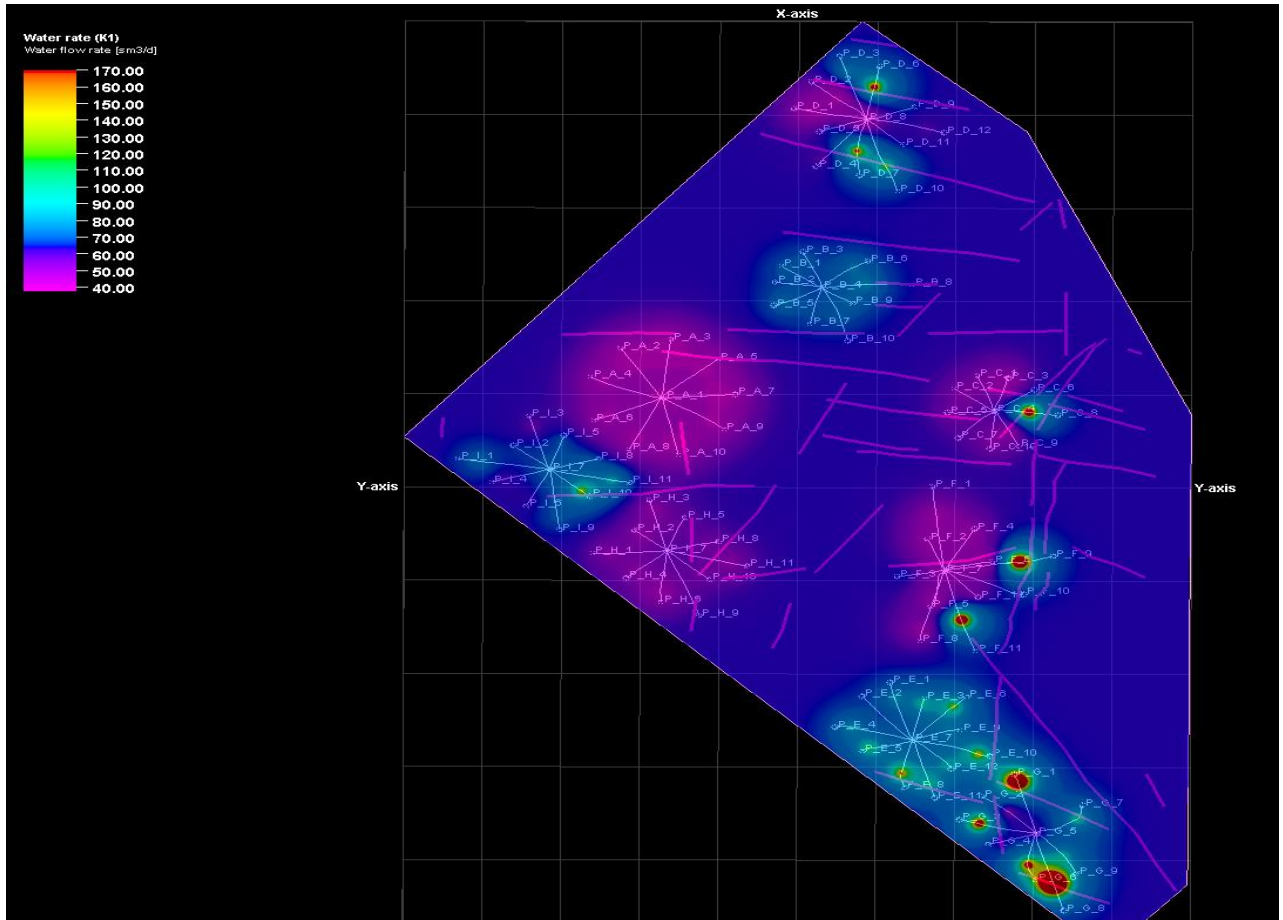
Fracture Strike L.Reservoir



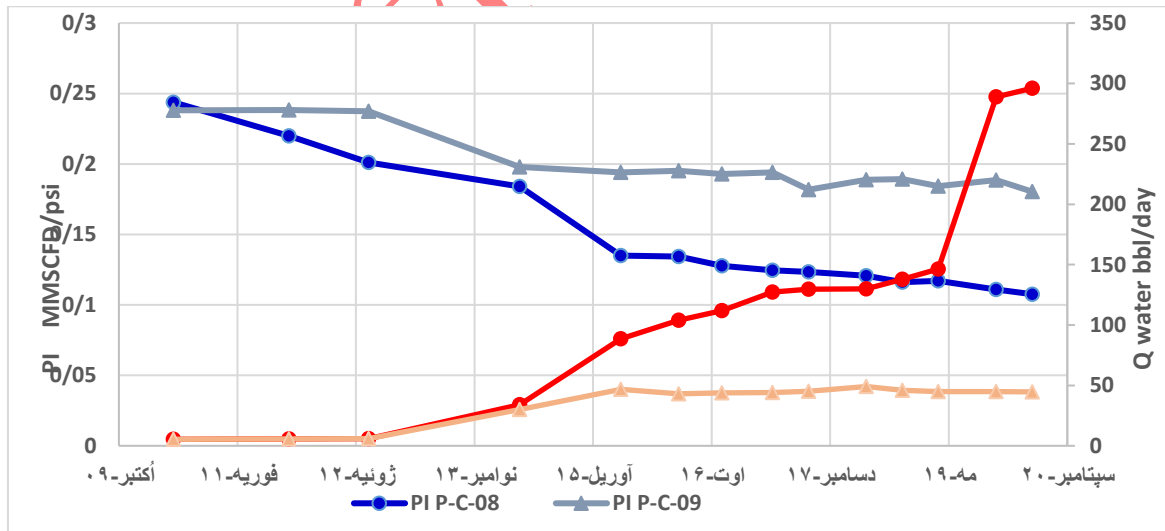
Fracture Strike U.Reservoir



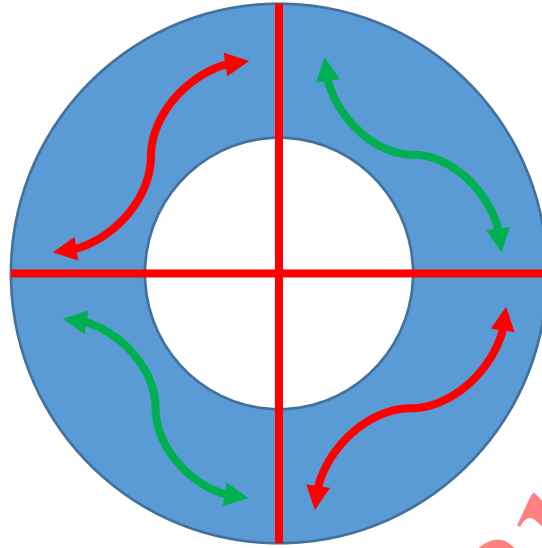
شکل ۱۴: جهت شکستگی ها در مخزن بالایی و پایینی



شکل ۱۵: گسترش چاهها با تولید آب در ناحیه مورد مطالعه در ارتباط با منطقه گسله



شکل ۱۶: تاریخچه تغییرات شاخص تولید و مقدار آب تولیدی از چاه



شکل ۱۷: جهت بیشترین احتمال برخورد مسیر چاه با شکستگی ها

Well Monitoring in a Carbonated Gas Condensate Reservoir in Iran to find the reason of producing Unwanted Produced Water (Revised Paper)

Undesired water production in hydrocarbonate reservoirs can be a major problem, if the surface facility has not been designed in a way to support that. This undesired water may cause problems for process equipment in platform, sea lines and refinery. To solve and control these problems, some root cause analysis should be done in order to maintain gas production and prevent increasing of water production. To find the causes of this problem, an integrated data analysis of all probable reasons for water production in a produced gas well was performed over about one hundred wells in the field, from their first day of production till the time of the study. As water production history investigation in all of the studied wells showed that some of these wells have unnormal produced water, in order to study the cause, all probable reasons were investigated; including: considering drilling history of the wells, well cleaning reports after perforation and acidizing, perforation intervals in each well, distance from gas-water contact, quality control of cements behind Liners in the reservoir by using Cement Bonding Logs (CBL-VDL), well positions in accordance to faults and fractures, Azimuth of deviated wells in accordance to direction of maximum stress of the field. Regards to all existed evidence is concluded that unnormal water production in most of the wells have no independent relation to cement quality, distance from contact, perforation intervals; and the most effective reason in this field could be the relation between well and fault and fracture network. Data analysis in this research has been done by following software's: PETREL, SAPHIR, and Emerald.

Keywords: Carbonated Gas Condensate Reservoir, Unwanted Produced Water, Production History, Drilling History Productivity Index, Faults and Fractures, Well Evaluation Logs (Production and Cement Bonding), Surface Well Testing,

Accepted Paper