Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

مطالعه و مقایسه شبیه سازی محل نصب پاشنه های جداری در چاه های عمودی، انحرافی شعاع کوتاه و انحرافی شعاع بلند در یکی از میادین خلیج فارس

زهره باقلانی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت
zohrehbaghlani@ymail.com

چکیده

عملیات جداری گذاری از آن دسته عملیاتی است که در عین هزینه بر بودن و بر گرفتن حجم عظیمی از هزینه های عملیات حفاری می توان با طراحی صحیح، صرفه جوئی قابل توجهی در هزینه های کلی عملیات انجام داد. از جمله مواردی که در طراحی باید مورد توجه قرار داد، طراحی از لحاظ مچالگی، ترکیدگی، کشش محوری است، که با رعایت دقیق و یا حداقل با ضریب اطمینان مناسب، هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ ایمنی، عملیات حفاری، تکمیل و تولید را با درصد بسیار بالا تضمین کرد. در این مقاله سعی بر این خواهد بود که با استفاده از داده های یکی از میادین موجود در خلیج فارس و شبیه سازی نوع ۳ چاه پرکاربرد در این میدان، با استفاده از نرم افزار Landmark، طراحی بهبود یافته جداری را از نظر شماتیک و محل نصب پاشنه جداری داشته باشیم و در نهایت با مقایسه با شرایط واقعی تا جائی که شرایط عملیاتی امکان می دهد، نتایج و پیشهادات عملی خود را ارائه نمائیم.

Abstract

The Safe Casing Operation is one of those operations that also encompass massive costs in well drilling can be achieved by proper design, significant savings in the overall cost of operations. Among the issues that should be considered in the design, the design based on Collapse, burst and axial tension, the strict observance or at least with proper safety factor, both economically and safety of drilling operation, completion and production with a very high percentage guaranteed.

In this article, it will try that, using data from one of the existing fields in the Persian Gulf, and simulated three types of common wells in this field using software Landmark, improved design of the Schematic and Casing Shoe Depth presented and finally compared with the existing conditions, where operational requirements allow, we present the results and their practical judgmental.

کلید واژه: طراحی جداری، لندمارک، محل نصب پاشنه جداری، چاه عمودی، چاه شعاع کوتاه، چاه شعاع بلند

Key Words: Casing Design, Landmark, Casing Shoe Depth, Vertical Well, Short Radius Well, long Radius Well

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

مقدمه:

در فرآیند حفاری چاه نفت وگاز، به منظور حفاظت دیواره چاه در مقابل ریزش و جلوگیری از نفوذ سیالات تحت فشار ساختار درونی زمین، جداره استفاده می شد ولی امروزه به دلیل خوردگی سریع جداره ها و ایجاد مشکلات ناشی از آن، جداره ها از آلیاژهای فولادی مختلف تولید می شوند. روشهای جداره گذاری چاههای نفت و گاز در سالهای اخیر بسیار پیشرفت کرده و پیچیده گردیده اند. در جستجو و کاوش برای نفت و گاز بیشتر، چاه های عمیق تری حفاری شده و همراه با آن روشهای جداره گذاری بهبود یافته تا بتوان بر شرایط سخت تری که دراعماق زمین حاکم است، غلبه نمود.

امروزه عنصر مهم در طراحی چاه ها روند همکاری بین افراد مسئول در تمام سطوح تصمیم گیری است. نرم افزار لندمارک این امکان را با استفاده از یک پایگاه داده مشترک که برای پشتیبانی از سطوح مختلف از داده های مورد نیاز، برای استفاده در مهندسی حفاری، فراهم آورده است. از مدیریت تا مهندسین هر یک بایستی از یک پایگاه داده یکسان و مشابه استفاده نمایند که به آن مدل داده مهندسی[1] گویند. از مزیت قابل توجه پایگاه مدل داده مهندسی، بهبود یکپارچگی بین بخش حفاری وخدمات محصولات سرچاهی، از جمله بخش تولیدی و اقتصادی می باشد. یکپارچگی برنامه های مهندسی کاربردی در مدل داده مهندسی برای بهبود طرح های ارائه شده در مقابل مدل های واقعی می باشد و مجموعه ای کامل از طرح های تکراری از نمونه اولیه تا طرح های واقعی را فراهم می آورد که با استفاده از این مدل احتمال خطا به حداقل می رسد.
در این مقاله ابتدا سه چاه پر کاربرد در میدان مورد مطالعه را شبیه سازی کرده و سپس با وارد کردن اطلاعات مربوط به سه چاه و بررسی و تحلیل نتایج گرفته شده از شبیه سازی آن با نرم افزار لندمارک، خروجی های هر کدام از ماژول های آن را به بحث گذاشته و سعی خواهیم کرد که نتایج خود را با گزارشات واقعی میدان مقایسه کنیم و در انتها نتیجه گیری های هوشمندانه ارائه نمائیم.

روش کار:

ابتدا با داشتن اطلاعات مربوط به سه چاه پر تکرار در این میدان و طراحی مسیر هر ۳ چاه (با توجه به مشابه بودن تقریبی نحوه ی حفاری چاه های موجود در یک پلتفورم)، در ماژول Compass به نحوی طراحی می کنیم که مشکلات گیر لوله و عدم پایداری چاه (جهت میدان تنش ها در راستای شمال غربی به جنوب شرقی (خلیلی، ۹۳) و سگدست کمتر از ۳ درجه) را نداشته باشد.
این ۳ چاه بترتیب چاه شماره ۱ که چاهی با حفاری جهتدار شعاع بزرگ[2] است، چاه شماره ۲ که چاهی با حفاری جهتدار شعاع کوتاه[3]است و در نهایت چاه شماره ی 3 که چاهی با حفاری عمودی[4] است را شبیه سازی می کنیم. در این ماژول با وارد کردن خصوصیات زمین شناسی میدان (شامل جنس لایه ها، عمق واقعی آنها، و محدودیت های فشاری)، انتخاب درست نوع محاسبات،

[1] - Engineer's Data Model (EDM)
[2] - Long Radius
[3] - Short Radius
[4] - Vertical

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین محل دقیق جغرافیایی میدان (از لحاظ تصحیحات موجود)، مبنای طراحی برای عمق ها (از کلی بوشینگ[5] یا سطح متوسط دریا[6] و غیره)، انتخاب نوع دکل حفاری که در این مورد دریائی[7] بوده، عمق آب (برای تصحیحات عمق مورد نیاز است) و فاصله میز دوار[8] که معمولا به عنوان مبنا انتخاب می شود. تمامی ویژگی های میدان (گازی یا نفتی) و محل سکوی دریائی را بصورت دقیق انتخاب می کنیم. در گام بعدی محل سطحی و نقطه ی میانی (نقطه ی ورودی به مخزن[9]) و هدف مخزنی[10] را در بخش مربوط به طراحی مسیر وارد می کنیم.

در گام بعدی برای طراحی مسیر، انتخاب نوع حفاری که میتواند S شکل، Nudge، Optimum Align، Hold، Dog Leg Tool face، Build Turn و Slant می باشد بهترین مسیر را که در هر مرحله می توان با مقایسه با حالت واقعی موجود در میدان و همچنین با توجه به تکنولوژی در دسترس و قابل اجرا در میدان، طراحی مسیر چاه را بهینه سازی می کنیم و وارد گام بعدی طراحی می شویم.

در گام بعدی که با استفاده از ماژول CasingSeat صورت می پذیرد، با وارد کردن مشخصات زمین شناسی میدان از لحاظ عمق بالای لایه و محدودیت های زمین شناسی موجود در هر لایه، همچنین محدودیت های تکنولوژی مورد استفاده در حفاری آن لایه ی خاص و هم راستا با این گام، وارد کردن اطلاعات مربوط به مقادیر فشار منفذی، گرادیان شکست، محدودیت های موجود مانند محدودیت های گیر اختلاف فشاری و پایداری دیواره چاه، و محدودیت های زمین شناسی بعضی لایه ها برای نشستن جداری در آن لایه ی بخصوص (دانستن این محدودیت ها با استفاده از گزارشات گرفته شده از میدان و بررسی و تحلیل آنها و همچنین تجربیات موفق پاشنه گذاری در بعضی لایه ها حاصل می شود)، پرداخته و با ورود اطلاعات مربوط به پروفایل دمایی و تعریف شرایط مرزی برای پارامترهای مختلف مانند: خواص سنگ شناسی، پایداری دیواره چاه و گیر اختلاف فشاری، مبنای طراحی برای عمق ها (طراحی از بالا به پائین یا از پائین رو به بالا) و در آخر تعیین میزان حاشیه امنیت[11] بالا و پائین را برای فشار منفذی و فشار شکست سازند (معمولا بین ۰/۵ تا ۱ پوند بر گالن، کتاب مهندسی حفاری کاربردی) پرداخته و در نهایت به عنوان نتیجه محاسبات برنامه، بهترین محل را برای نشستن پاشنه جداری تعیین می گردد و اندازه حفره ها و جداری های مجاز را با توجه به نتایج طراحی در اختیار ما قرار می دهد.

برای این کار ابتدا با استفاده از داده های واقعی میدان، سه چاه از فاز R در میدان مورد مطالعه در خلیج فارس را شبیه سازی کرده و سپس به بررسی و تحلیل نتایج گرفته شده از شبیه سازی آن با نرم افزار لندمارک و خروجی های آن را به بحث گذاشته و سعی خواهیم کرد که نتایج خود را با گزارشات واقعی میدان مقایسه کنیم.

نتایج:

[5] - RKB

[6] - MSL

[7] - Off Shore Drilling

[8] - Rotary Table

[9] - Entry Point

[10] - Target Point

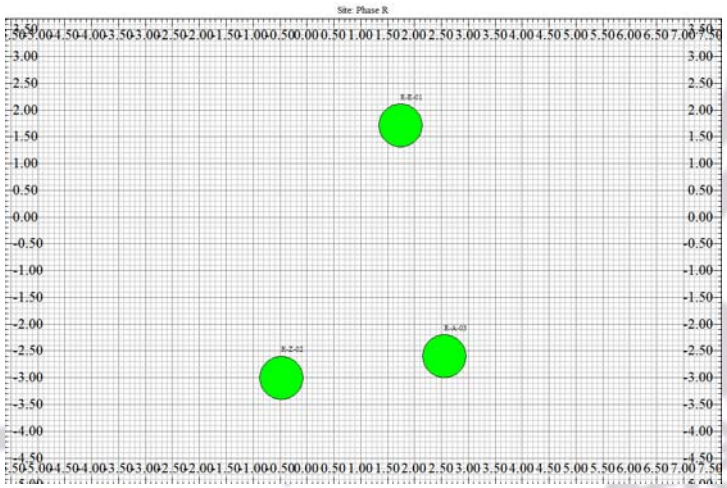
[11] - Safety Margin

www.SID.ir

Archive of SID

در شبیه سازی ۳ چاه پر کاربرد در میدان با استفاده از ماژول Compass، همانطور که دربخش قبلی بصورت مفصل بیان گردید و سعی بر آن بوده که با داشتن ۳ نقطه از مسیر که شامل محل سطحی هر سه چاه، نقطه ی ورودی به مخزن برای دو چاه جهتدار 1 و 2 و محل نهائی هر سه چاه مورد مطالعه که همان هدف مخزنی است، ۳ چاه با شماره های 1 ، 2 و 3 (چاه ۳ بصورت عمودی حفاری شده است) را طراحی نمود.

ابتدا به تعریف اطلاعات مربوط به مختصات جغرافیائی سه چاه در دسترس در میدان مورد مطالعه پرداخته که نتیجه آن در نمودار ۱ نشان داده شده است.

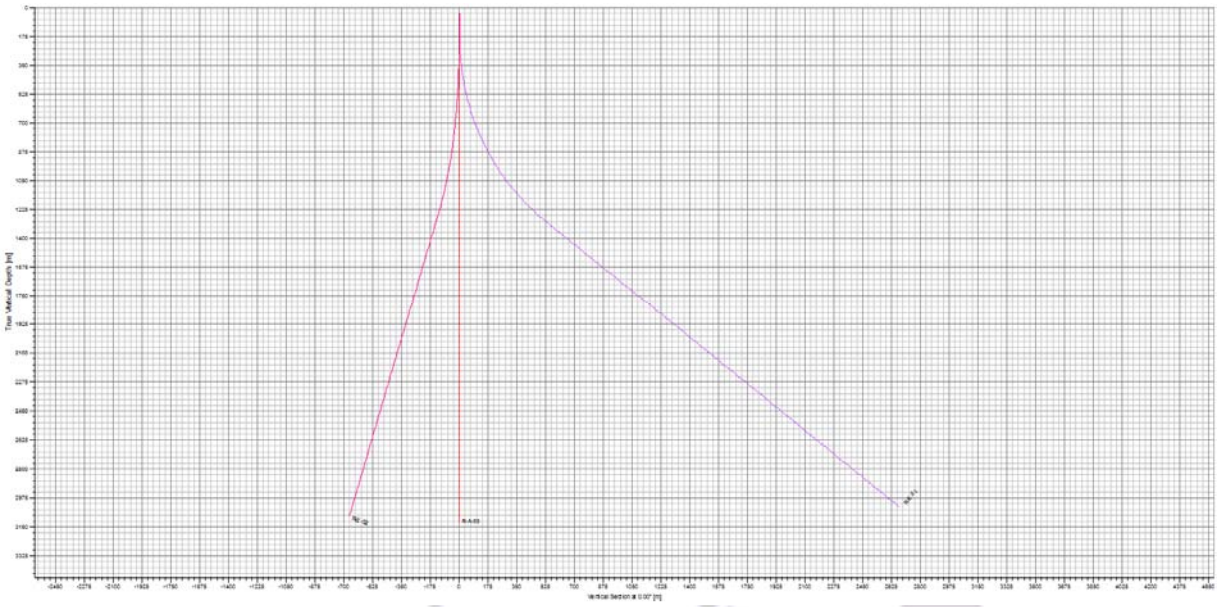


نمودار ۱- الگوی مختصات سه چاه مورد بررسی در میدان مورد مطالعه

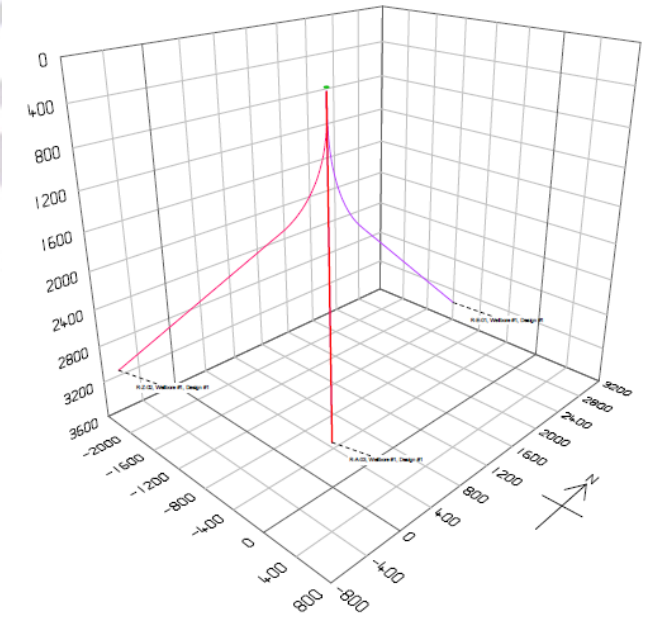
بعد از تعریف مختصات سطحی هر سه چاه مطابق شکل بالا، مختصات مربوط به نقاط ورودی به مخزن برای چاه های جهتدار 1 و 2 و مختصات اهداف مخزنی را برای هر سه چاه تعریف می کنیم و طراحی مسیر چاه را برای هر کدام از ۳ چاه را انجام می دهیم، که نتایج این بخش بصورت نموداری در نمودار های ۲ و ۳ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۲- نمای طراحی مسیر هر ۳ چاه مورد بررسی بصورت دید از کنار در یک نمودار



نمودار ۳- نمای ۳ بعدی از طراحی مسیر هر ۳ چاه مورد بررسی در یک نمودار

www.SID.ir

Archive of SID

پس از طراحی مسیر هر سه چاه مورد مطالعه و بررسی از لحاظ مشکلات مربوط به سگدست[12] (کمتر از ۳ درجه در هر ۱۰۰ فوت باشد) و سایر مشکلات وارد گام بعدی طراحی در ماژول CasingSeat که مختص طراحی محل نشتن پاشنه جداری و شماتیک چاه است، می شویم.
طراحی در این قسمت همانطور که در بخش قبلی بیان گردید، با استفاده از ماژول CasigSeat انجام می پذیرد. نکته ای که باید در این قسمت رعایت شود این است که در خروجی CasingSeat مدل های زیادی با توجه به سایز لوله های جداری و چاه تعریف می گردد که مختص هر چاه می باشد، ما می توانیم با توجه به الزامات و نیازمندی های تولید شامل تجهیزات مورد نیاز تولید، از جمله لوله مغزی، شیر اطمینان زیر سطحی، پمپ شناور و اندازه سنبه فرازآوری گاز، نیازمندی های تکمیل (به عنوان مثال گراول پک) و وزن لوله ی مورد استفاده که از مزایای افزایش عملکرد لوله مغزی بزرگتر در برابر هزینه بالای جداری بزرگتر در طول عمر چاه است و همچنین الزامات ارزیابی از قبیل الزامات تفسیر نمودارگیری و قطر ابزار مورد استفاده برای نمونه گیری و در انتها الزامات حفاری شامل حداقل قطر مته برای کنترل مناسب جهت و عملکرد حفاری، تجهیزات ته چاهی در دسترس، مشخصات دکل و تجهیزات فورانگیر در دسترس، اندازه ی حفره ها و جداری های دلخواه را انتخاب نمائیم. این الزامات به طور معمول حفره یا قطر جداری نهائی را تحت تاثیر قرار می دهد. به این دلیل، اندازه جداری باید از داخل به بیرون از پایین ترین حفره، تعیین شود.

بر اساس ورودی مخزن و عملکرد لوله مغزی، اندازه لوله مغزی مناسب انتخاب می شود. سپس، اندازه جداری تولیدی لازم با توجه به الزامات تکمیل تعیین می شود. در مرحله بعد، قطر مته حفاری برای حفاری در بخش تولیدی با توجه به ملاحظات حفاری و مقررات سیمانکاری انتخاب می شوند. پس از آن، باید کوچکترین جداری که از طریق آن مته عبور می کند را تعیین کرده و این پروسه را تکرار نمائیم. صرفه جویی عظیم در هزینه با پشتکار بیشتر (با استفاده از خطای کمتر) در این بخش از مرحله طراحی اولیه امکان پذیر است. این یکی از محرک های اصلی در افزایش استفاده از حفاری حفره باریک تر است.

نوع تکنولوژی و ابزارآلات در دسترس و مواردی همچون کمتر شدن هزینه و زمان عملیات، برنامه سایز حفره ها و جداری های مناسب چاه را تحت تاثیر قرار می دهد. پس از گرفتن خروجی نرم افزار در گام آخر ما می توانیم با مقایسه این برنامه با حالت واقعی یا عملیاتی (از نظر هزینه و امنیت بالا و کاهش زمان عملیات و غیره) به بهبود و یا تایید صحت این اندازه برسیم.
پس از انتخاب برنامه چاه، ما با ورود اطلاعات مربوط به گرادیان فشار منفذی و گرادیان شکست سازند، حاشیه امنیت مناسب برای گرادیان فشار منفذی و گرادیان شکست سازند و الزامات و محدودیت های موجود برای قرار گرفتن جداری در یک لایه ی خاص، عمق نشست پاشنه های جداری را تعیین می کنیم. که نتایج آن در ادامه خواهد آمد.

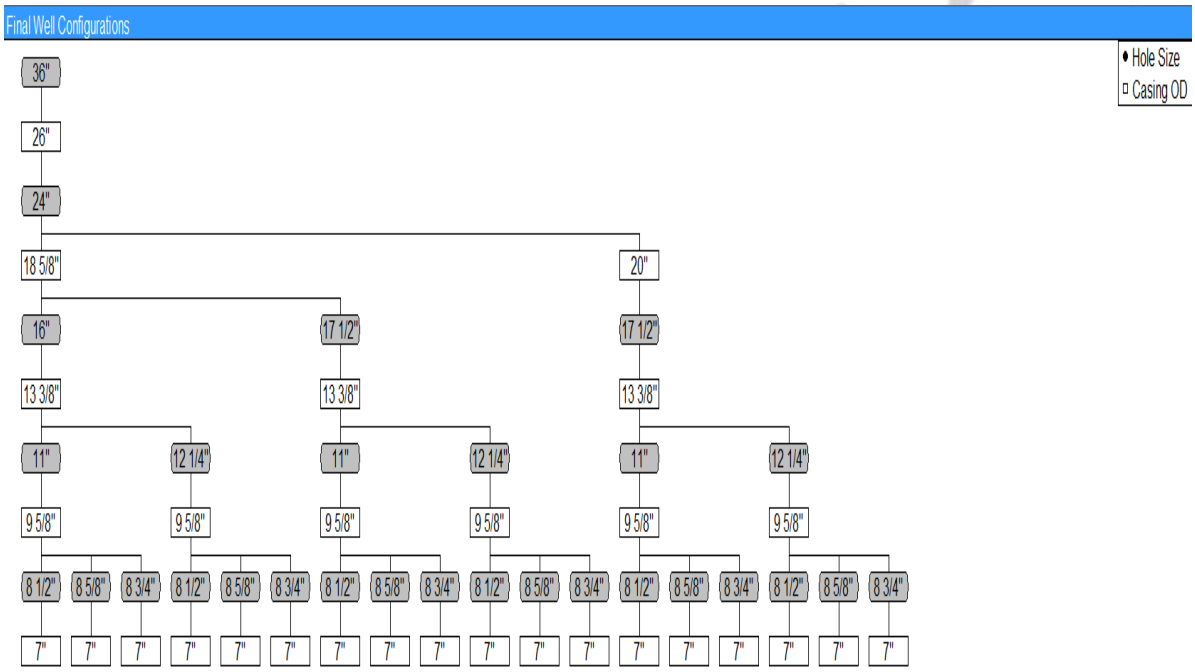
در این قسمت گراف انتخاب حفره و جداری مجاز با توجه به اطلاعات ورودی ما، به عنوان خروجی بر اساس سایز آنها آمده است. این طرح پیشنهادی، ترکیبی از طرح عملیاتی یا واقعی مورد استفاده شده در میدان مورد مطالعه و استاندارد API می باشد، که در شکل 1 آمده است.

12 - Dog Leg

www.SID.ir

Archive of SID

پس از تعریف اندازه های در دسترس حفره و جداری برای هر کدام از ۳ چاه مورد بررسی، با توجه به مقادیر فشار منفذی و گرادیان شکست سازند، (گرادیان زمین گرمایی هم با نرخ ۱/۷ درجه فارنهایت بر فوت را نیز برای هر سه چاه با استفاده از اطلاعات استخراج شده از گزارشات عملیات های میدان) نرم افزار عمق پاشنه های جداری[۱۳] و همچنین میزان وزن گل حفاری مورد نیاز در پاشنه های جداری را محاسبه می نماید. با ورود اطلاعات مربوط به گرادیان فشار منفذی و گرادیان شکست سازند، بر حسب PPG و همچنین الزامات نشستن جداری در لایه ای همچون کنگان بالائی با توجه به ورود به مخزن در این لایه، و تجربیات موفق سیمانکاری در سازند ایلام، خروجی های نرم افزار را را گرفته که نتایج آن در ادامه خواهد آمد.



شکل ۱- Final Well Configuration

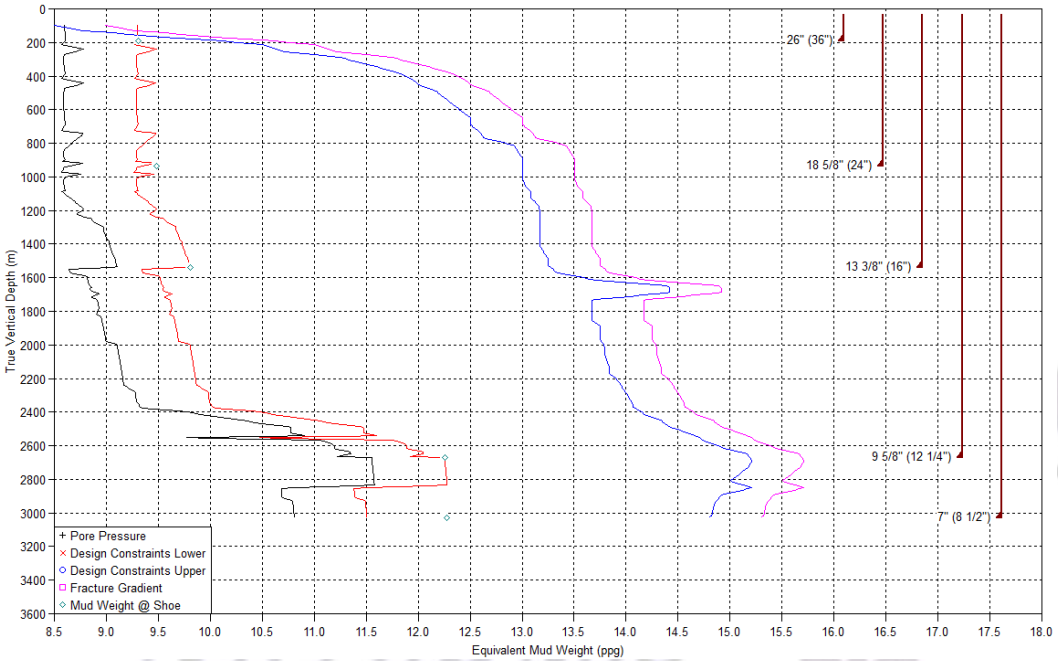
نتایج چاه شماره ی 1:

با ورود اطلاعات (همانطور که بیان گردید) مربوط به چاه شعاع بلند حفاری شده 1، در میدان مورد مطالعه و عمق های مربوط به محل نشستن پاشنه های جداری و شماتیک چاه، برای این چاه مورد مطالعه حاصل گردید، که در ادامه بصورت نمودار در نمودار ۴ و شکل ۳ آمده است.

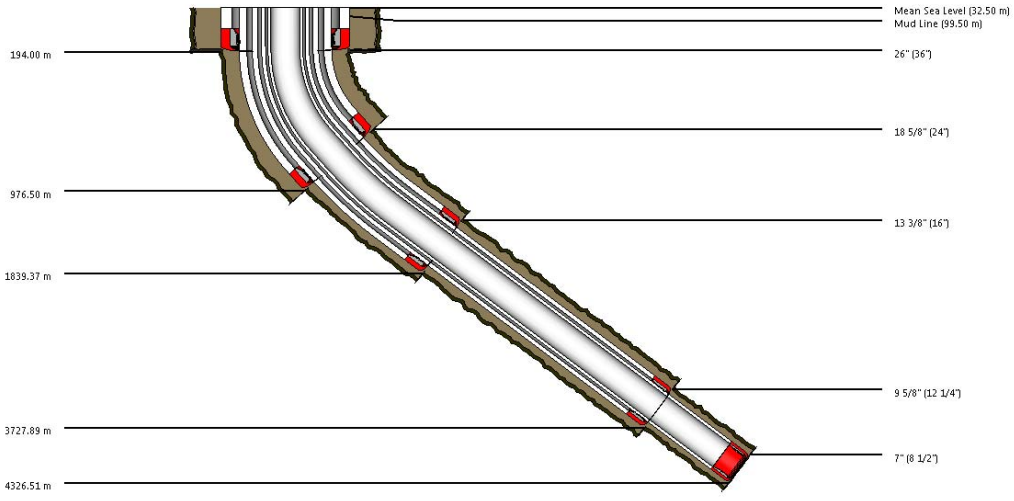
[13] - Casing Shoe

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۴- Design Plot چاه شماره ۱



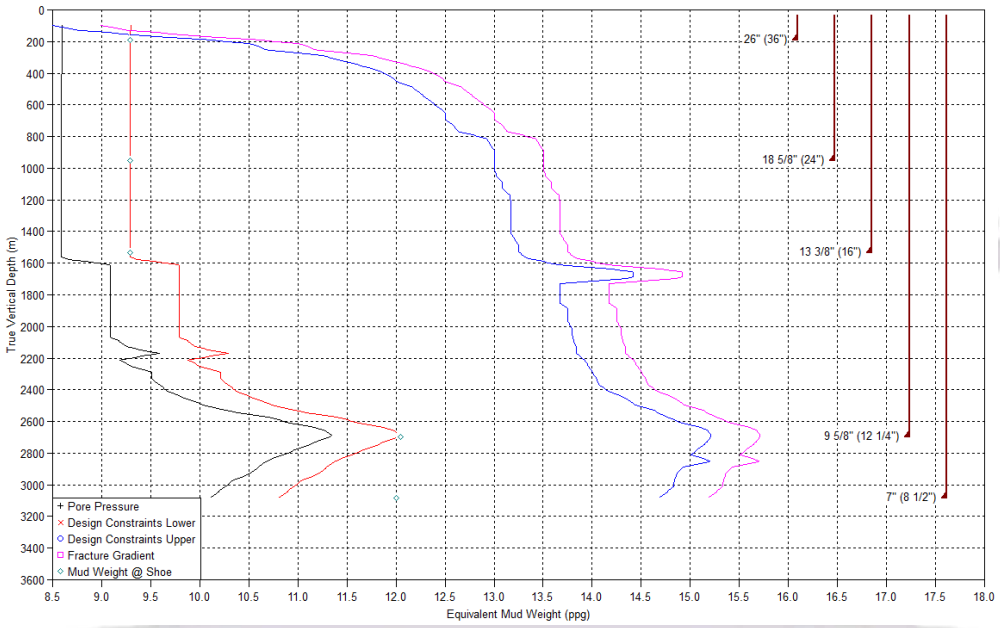
شکل ۳- شماتیک چاه شماره ی ۱

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج چاه شماره ۲:

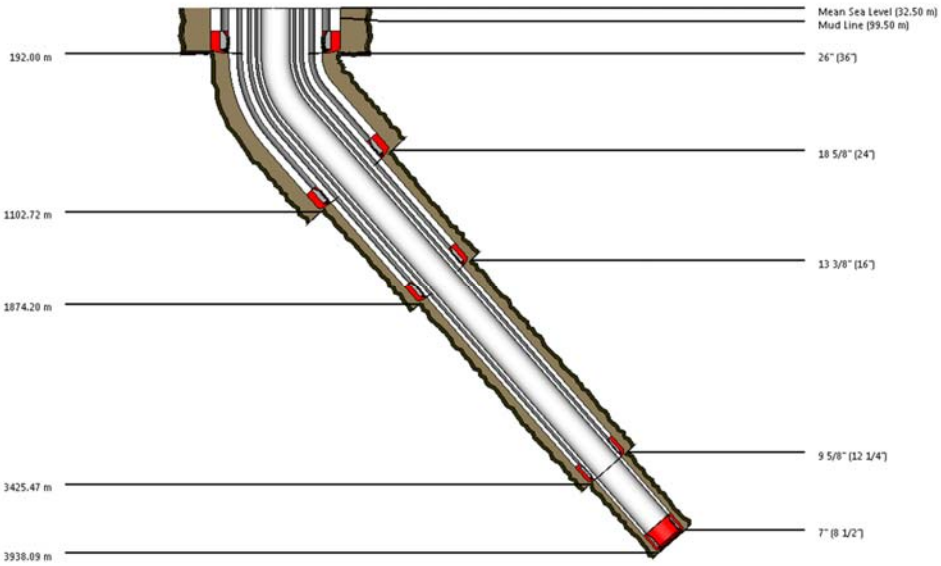
با ورود اطلاعات مربوط به چاه شعاع کوتاه حفاری شده ۲ در میدان مورد مطالعه و عمق های مربوط به محل نشستن پاشنه های جداری و شماتیک چاه، برای این چاه مورد مطالعه حاصل گردید، که در ادامه بصورت نمودار در نمودار ۵ و شکل ۴ آمده است.



نمودار ۵- Design Plot چاه شماره ی 2

www.SID.ir

Archive of SID



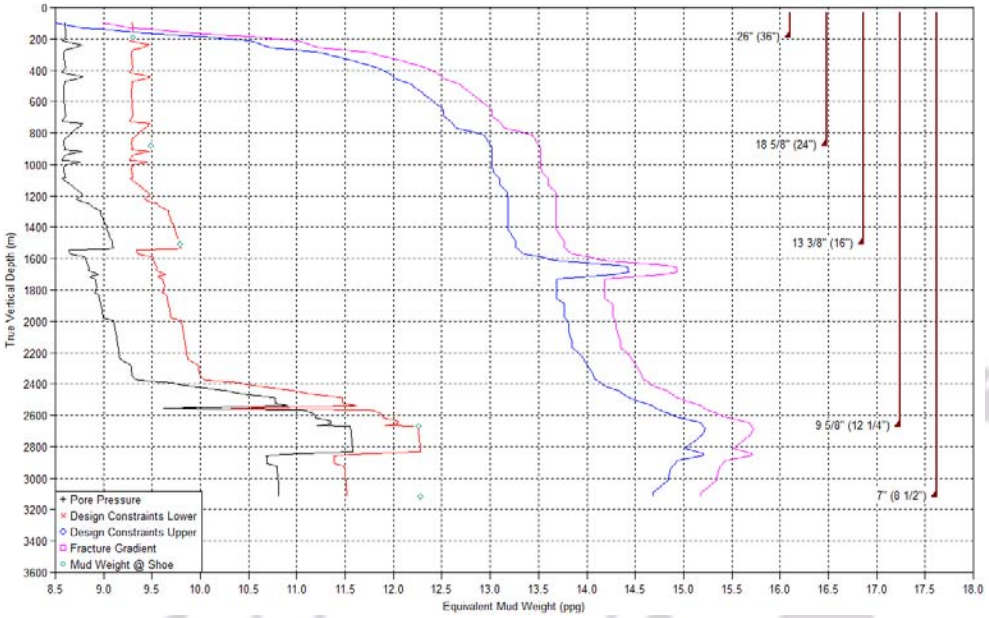
شکل ۴- شماتیک چاه شماره ی 2

نتایج چاه شماره ی ۳:

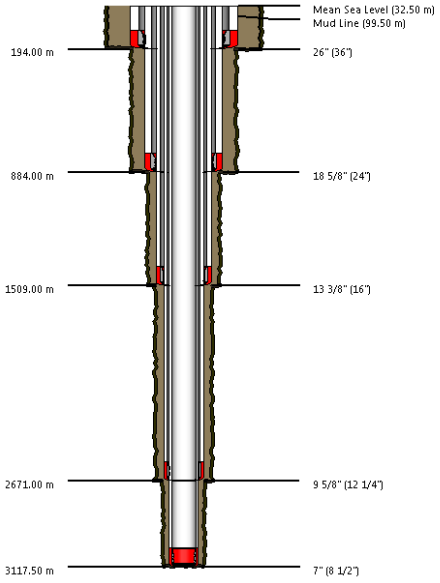
در مرحله آخر با ورود اطلاعات مربوط به چاه عمودی حفاری شده ۳، در میدان مورد مطالعه و عمق های مربوط به محل نشستن پاشنه های جداری و شماتیک چاه، برای این چاه مورد مطالعه حاصل گردید، که در ادامه بصورت نمودار در نمودار ۶ و شکل ۵ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۶- Design Plot چاه شماره ی ۳



شکل۵- شماتیک چاه شماره ی 3

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری

۱) با استفاده از نتایج خروجی ماژول CasingSeat و با بررسی گزارشات عملیاتی، به این نتیجه می رسیم که پاشنه لوله هادی باید در حدود ۸۰ تا ۹۰ متر زیر کف دریا انتخاب شود، که معنولا در این عمق با عبور از رسوبات کف دریا به لایه های سخت می رسیم.

۲) با توجه به نتایج نرم افزار و بررسی گزارشات چاه های حفاری شده در فاز R از میدان پارس جنوبی، بنابر داده های موجود، به این نتیجه می رسیم که عمق نشستن پاشنه جداری ۵/۸ ۹ در لایه ای کنگان بالائی با توجه به محل ورود به مخزن در این لایه و همچنین امکان خطا در تخمین محل قرار گیری این لایه، که ممکن است حاصل از خطاهای حفاری جهتدار باشد، در حدود ۱۵ متر بعد از حفاری این لایه انتخاب می شود.

۳) با بررسی گزارشات عملیاتی و تجربیات مهندسین فعال در این میدان که نشانگر عملیات موفق سیمانکاری در سازند ایلام است، جنس این لایه از سنگ آهک و دولومیت است که سختی بالائی دارد (در حفاری این لایه با مشکلاتی از جمله سختی لایه و سایر چالش های حفاری مواجه هستیم)، نتیجه ما را تایید می کند، که محل نشستن پاشنه های جداری در فاز R در جای مناسب بوده، و محل آن در حدود ۲۰ متر پس از حفاری این سازند می باشد.

منابع:

Knez, D., Gonet, A., & Śliwa, T. (2010). WELL DESIGN USING LANDMARK SOFTWARE. *TRANSPORT & LOGISTICS*, 45-49.

Kimura, M., Sakata, K., & Shimamoto, K. (2007). Corrosion resistance of martesitic stainless steel OCTG in severe corrosion enviroments. *NACE*.

Sampaio. (2007). *Advanced Drilling.* Curtin: Curtin Petroleum Engineering.

Mitchel, R. (2006). Casing Design. In L. W. Lake, & R. F. Mitchel (Ed.), *Petroleum Engineering Handbook-Vol. II* (Vol. II, p. 287). SPE.

Martin, J. (1995). *Guidelines for Selecting Downhole Tubular Materials For Sour Conditions.* BPAmaco.

SPE. (2014, Feburary 25). Retrieved from Petrowiki: http://petrowiki.spe.org/

www.SID.ir