امکان سنجی تزریق امتزاجی گاز دریکی ازمیادین نفتی جنوب غرب ایران

بنفشه امیرسلیمانی[۱]، مسعودآقاجانی[۲]
دانشکده تحصیلات تکمیلی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب،گروه مهندسی شیمی
b.amirsoleymani@yahoo.com

Archive of SID

چکیده

تزریق گاز به مخازنی که با کاهش دبی تولید مواجه اند همواره مورد توجه بوده است.درحالیکه تزریق گاز به مخازن کربناته تحت اشباع تاکنون امری چالش برانگیزاست مهمترین مشکل تحرک پذیری بالای گاز است که منجر به بازده جاروبی ضعیف می‌شود. مخزنx یکی از مخازن نفتی کربناته تحت اشباع جنوب غربی ایران است . این مخزن یک مخزن عادی (غیر شکافدار) است که نفوذپذیری آن درلایه های مختلف ثابت نیست. نفوذپذیری این مخزن کم وبه طور متوسط ۴/۴ میلی دارسی است. مکانیسم تولید ازاین مخزن رانش گاز محلول است . با توجه به تراوایی پایین وآبده ضعیف تزریق امتزاجی گاز جهت ازدیاد برداشت در این مخزن پیشنهاد شده است.دراین مطالعه ابتدابا آنالیزسازگاری داده‌های خواص سیال مخزن یک مدل ۱۱جزئی ساخته، سپس سناریو تخلیه طبیعی وسناریوهای مختلف تزریق امتزاجی گاز بااستفاده از نرم‌افزارEclipse300 شبیه سازی شده است نتایج نشان دادگازهای‌سنگین‌تر منجر به افزایش امتزاج پذیری و درنتیجه‌افزایش بیشتر بازیافت از مخزن‌گردیده است هرچندباید مطالعات اقتصادی و همچنین پدیده‌تشکیل واکس وآسفالتین‌درتزریق گازسنگین‌ترموردبررسی بیشترقرارگیرد.همچنین با توجه به تراوایی پایین سازند، شکاف هیدرولیکی ازمهمترین روش هایی است که می‌تواند به منظور افزایش تولید نفت و گاز از این مخزن مورد بررسی قرار گیرد.

واژه های کلیدی: تزریق امتزاجی ،شبیه سازی،Eclipse300

---

[۱]کارشناس ارشد مهندسی شیمی
[۲] عضو هیأت علمی دانشگاه صنعت نفت ،گروه مهندسی نفت،اهواز

www.SID.ir

۱- مقدمه

در حال حاضر، نفت قابل برداشت اولیه از مخازن نفتی ایران درحدود۲۰ درصد نفت موجود در مخزن است بدین ترتیب ملاحظه می شود که میزان نفت باقیمانده مخزن چهار برابر میزان نفتی است‌که با روشهای شناخته شده فعلی به طورطبیعی می‌توان استخراج نمود لذا لزوم انجام تحقیقات و مطالعات کاربردی بر روی شیوه‌های گوناگون و متنوع ازدیاد برداشت به خوبی‌احساس می‌شود[۱].با توجه به منابع عظیم گازی(اکثراً گاز طبیعی) در ایران وقابل استحصال بودن بخش زیادی گاز تزریقی، تزریق گاز به مخازن مورد توجه می باشد.تزریق امتزاجی گاز یکی از بهترین روشهای ازدیاد برداشت نفت است که کاربرد آن درجهان برای تولید هرچه بیشتر نفت رو به افزایش است.امروزه به خوبی روشن شده است تزریق امتزاجی گاز به میزان قابل ملاحظه در افزایش تولید نفت وبازیافت نفتی که به طور طبیعی‌به‌سختی تولید می شود،موثر است[۲].عوامل زیادی درراندمان عمل‌تزریق امتزاجی گاز به مخزن‌تأثیردارند.از جمله مهمترین این عوامل مانند اندازه وشکل مخزن، ترکیب سیال مخزن، ناهمگنی سنگ مخزن ، دما وفشار مخزن می باشد[۳].

۲- خصوصیات کلی میدان مورد مطالعه

میدانx یکی‌ازمیادین نفتی‌کربناته تحت اشباع است‌که‌درمنطقه اروندان، دراستان خوزستان، درنزدیکی میادین آزادگان‌ودارخوین واقع شده‌است.مطالعه برروی سازند فهلیان این میدان انجام شده است.فشار اولیه برابر psia ۹۹۴۵درعمق مبنا ۱۴۵۵۰ فوت از سطح دریا،درجهAPIنفت برابر۳۹ ودمای مخزن ^{o}F۲۸۶است. نفت اولیه درجای مخزن حدود۳۳۶۷MMRb گزارش‌شده‌است. نسبت گازمحلول نفت۲۰۴۸,۰۳SCF/Stbهمچنین-ضریب‌حجمی‌نفت، ویسکوزیته و دانسیته‌نفت‌درفشاراشباع ۴۶۳۰,۷۴psiaبه ترتیب۰,۱۹۱۳۰cp،۲,۴۴۹۱bbl/Stbو ۰,۵۲۴۸gr/cc می باشد.

۳- مدل سیال مخزن

تعیین دقیق ودرست خصوصیات سیال مخزن، یکی از عوامل بسیار مهم در مطالعات شبیه سازی مخزن است.در فرایند تزریق گاز، برهم کنش زیادی بین سیالات وجود دارد ، به دلیل اینکه تعیین خصوصیات سیال به طور دقیق بسیار حائز اهمیت است لذا یک معادله حالت بااستفاده مدل سیال مخزن توسط نرم افزار خواص ترمودینامیک سیال ساخته شد.استفاده از دادهای آزمایشگاهی انبساط ترکیب ثابت، انبساط مرحله‌ای‌وآزمایش تفکیک-گرچندگانه معادله حالت پنگ رابینسون سه پارامتری (PR) جهت پیش‌بینی رفتار سیال

Archive of SID

www.SID.ir

مخزن انتخاب شد جهت پیش بینی رفتار سیال مخزن تنظیم و Lohrenz-Bray-Clark به عنوان رابطه تجربی گرانروی استفاده شد. توصیف نامناسب هیدروکربنهای سنگین دقت پیش بینی خواص PVT راکاهش می‌دهد لذا ترکیبات سنگین به ویژه زمانی که مقدار آنها در مقایسه با سایر اجزاءزیاد باشد باید به اجزای مجازی شکسته شوند.جزء سنگین سیال مخزن شامل C_{12+} به دو جز ءمجازی$Frac1_{+}$ و $Frac2_{+}$ تفکیک شد. برای کم کردن حجم محاسبات عددی و کاهش خطاها در شبیه‌ساز ترکیبی اجزای مخلوط هیدروکربنی براساس وزن مولکولی گروه‌بندی شد.[۴]عموماً ۴ تا۱۰جزء برای بررسی رفتار فازی کافی است. گاهی برای بررسی امتزاج‌پذیری بیش از۱۰جزء مورد نیاز است [۵].ترکیب نهایی سیال مخزن برای ورودبه مدل شامل۱۱جزء N_2 ، H_2S ، $CO2$ ،C_1، C_2 ،C_3، C_4، C_5، C_{6+} ، $Frac1_{+}$ و$Frac2_{+}$ می‌باشد.

۴- مطالعه موردی مدل واقعی مخزن

هدف اصلی این مطالعه ارزیابی ومقایسه سناریوتخلیه طبیعی وسناریوهای مختلف تزریق امتزاجی گازاست به منظور در دست داشتن یک مبنای مقایسه ای صحیح محدودیت‌هایی برای تمام سناریوهای اجرایی تعریف شدکه در جدول۱ آورده شده است.

جدول۱:محدودیت های فنی واقتصادی برای تمام سناریوهای اجرایی در مخزن

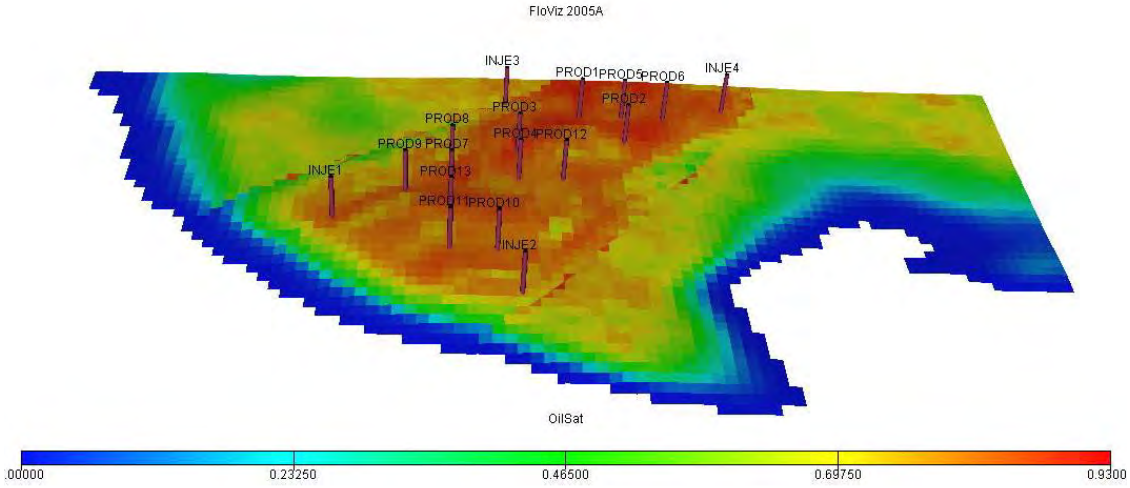
کمترین میزان تولید نفت	۱۰۰Stb/Day
بیشترین فشار ته چاه تزریقی	۱۱۰۰۰psia
بیشترین میزان نسبت گاز به نفت میدان	۲,۵MScf/Stb
بیشترین میزان برش آب میدان	۰,۲
کمترین فشار ته چاه تولیدی	۳۰۰۰ psia

نمای سه بعدی مدل مخزن x با۱۷چاه عمودی (۱۳ چاه تولیدی و۴ چاه تزریقی) درشکل ۳ نشان داده شده است. سازند فهلیان در این مدل به ۲۴ لایه تقسیم بندی گردیده است.لایه ها به ترتیب از بالا به پایین شماره گذاری شده اند.چاههای تولیدی درهمه لایه ها وچاههای گازی درلایه های۱ تا۱۹مشبک‌کاری شده‌اند. لایه های ۱تا۶ به عنوان لایه های با تراوایی پایین در نظرگرفته شده اند. مشبک‌کاری چاههای گازی دراین لایه ها به کاهش شدید دبی تزریق‌پذیری منجر می شود. الگوی تزریق الگوی نامنظم است و۴چاه تزریقی(INJE1، INJE2،INJE3 وINJE4) درپایین طاقدیس به فاصله دورتری از چاههای تولیدی درنظرگرفته شده اند. بررسی ها نشان داده است الگوهای منظم مانند پنج نقطه‌ای

Archive of SID

www.SID.ir

وپنج نقطه‌ای معکوس باتوجه به میزان گاز محلول در نفت بالا و همچنین شیب کم مخـزن باعث نفوذ زود هنگام گاز در چاه‌های تولیدی و بازده جاروبی پایین می‌شوند.

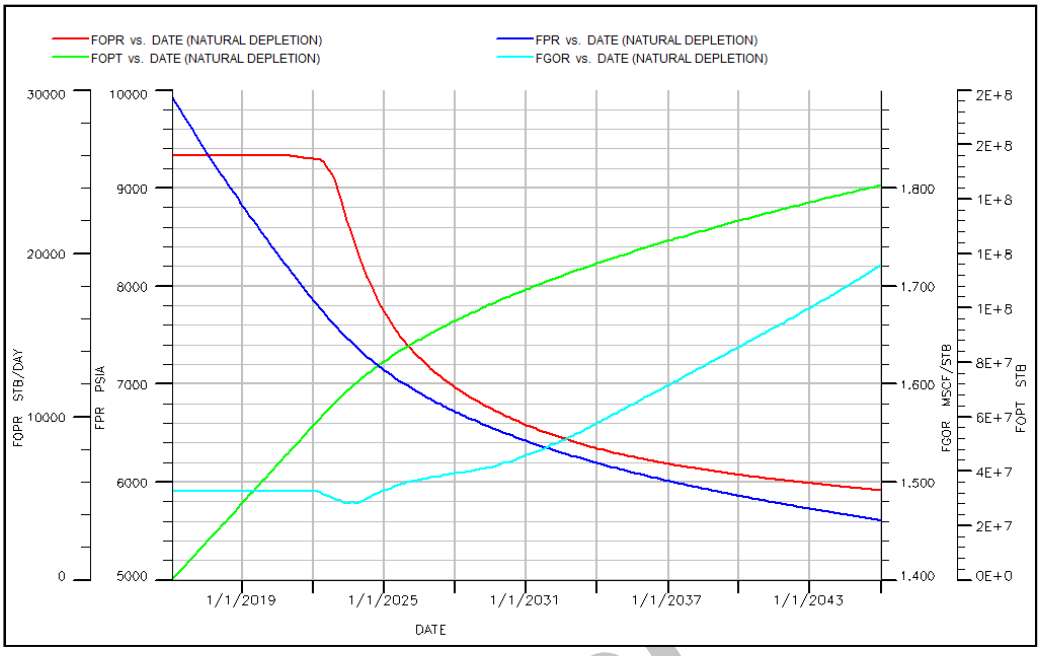


شکل ۳:نمای سه بعدی مدل مخزنX باحفاری چاههای تولیدی وتزریقی

۵-تخلیه طبیعی

سناریو تخلیـه طبیعـی بـه مـدت ۳۰سـال بـا ۱۳ چـاه تولیـدی ودبـی تولیـد روزانـه ۲۰۰۰بشکه در روز اجرا شبیه سازی شد. تولید ازاول ژانویه ۲۰۱۶ شروع وتا سال ۲۰۴۶ به ادامه می یابد. نتایج پیش بینی سناریوتخلیه طبیعی درشکل۴ نشان داده شده اسـت. مـدت زمان نرخ پایدار تولیدحدود۴ سال است . نرخ تولید از اواسط اکتبر۲۰۲۰بـه تـدریج کـاهش یافته وتاسال ۲۰۴۶به۵۴۸۴ بشـکه استانداردرروزرسـیده اسـت. تولیـدتجمعی۱۴۶میلیـون بشـکه اسـتاندارد وضـریب بازیافـت٪۹,۵۳اسـت.کـل افـت فشـارمخزن حـدودpsia ۴۴۶۰است.نسبت گاز به نفت مدت۶سال ۱,۴۹MScf/Stb اسـتودرانتهـای دوره بـه MScf ۱,۷۲/Stbمی رسد.

Archive
www.SID.ir



شکل۴ : تولیدروزانه، تولید تجمعی ، فشار مخزن ونسبت گازبه نفت درفرایند تخلیه طبیعی

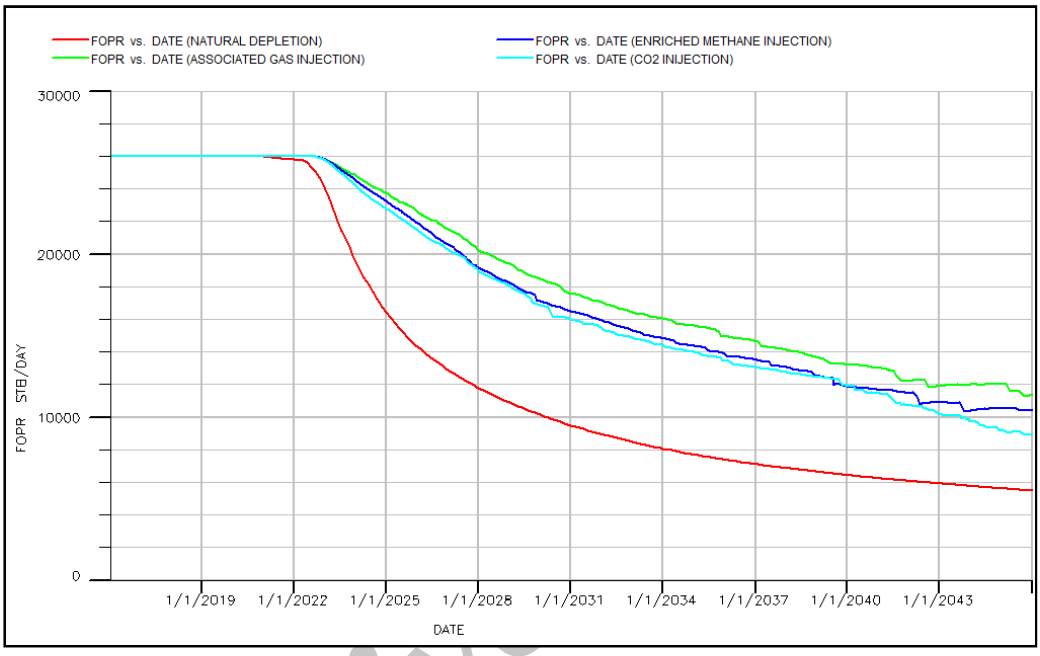
۶-تزریق امتزاجی گاز

۶-۱-بررسی اثر نوع گازتزریقی

به منظور بررسی اثر **ترکیب** گازتزریقی بر رفتار مخزن ۳ سناریو مورد بررسی قرارگرفت در این سناریوها همه شرایط شبیه هم بوده تنها نوع گاز تزریقی در میدان متفاوت می باشد. نرخ های تولید وتزریق میدان به ترتیب معادل۲۶هزار بشکه درروز و۴۰ میلیون فوت مکعب استاندارد در روز می باشد. زمان تزریق در پایان دوره پایدار تولیددر نظر گرفته شد.گازهای تزریقی متفاوت شامل گاز همراه (٪۲,۹ دی اکسیدکربن ،٪۰,۱۵نیتروژن،٪ ۷۷متان و٪۱۹,۹۵ بقیه اجزاء) ، گاز غنی (٪۶۰ متان و٪ ۴۰ اتان) و دی اکسید کربن می باشند. کمترین فشار امتزاجی گازهای تزریقی با استفاده ازشبیه سازی آزمایش لوله قلمی به ترتیب ۵۵۰۰ ،۵۸۰۰ و psia ۶۳۰۰ به دست آمدکه نشان می دهدبا توجه به فشار مخزن در زمان تزریق(۸۲۲۲psia) تمام گازهای تزریقی انتخابی با سیال مخزن امتزاج پذیرند. نتایج حاصل از سناریوهای تزریق گازهای مختلف در شکلهای ۵، ۶، ۷و ۸ نشان داده شده است. نرخ پایدار تولید در همه سناریوهای تزریق نسبت به سناریوتولید طبیعی نزدیک به دو سال افزایش می یابد. ضریب بازیافت تولید طبیعی وسناریوهای تزریق گاز همراه مخزن ، متان غنی شده، دی اکسید کربن به ترتیب ٪ ۹,۵۳ ،

Archive of SID
www.SID.ir

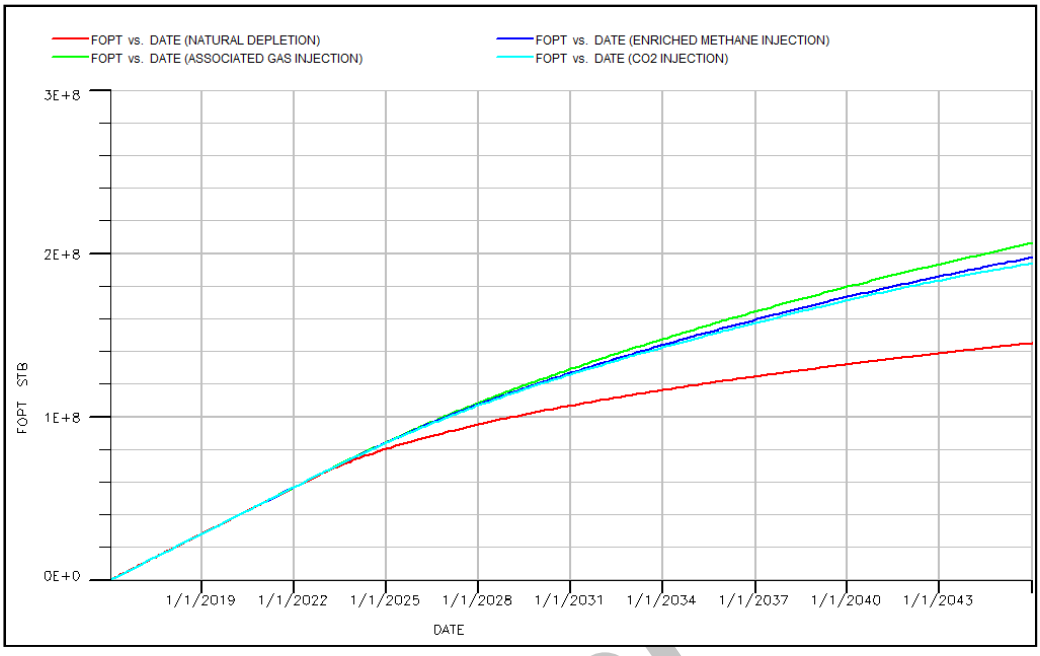
٪ ۱۳,۴۸ ، ٪۱۲,۹۰و ٪ ۱۲,۶۶ است .نوسان فشار مخزن از سال ۲۰۴۳ در سناریوهای تزریق گاز اغلب به تغییر ناگهانی در میزان گاز محلول نفت مخزن مربوط می شود.



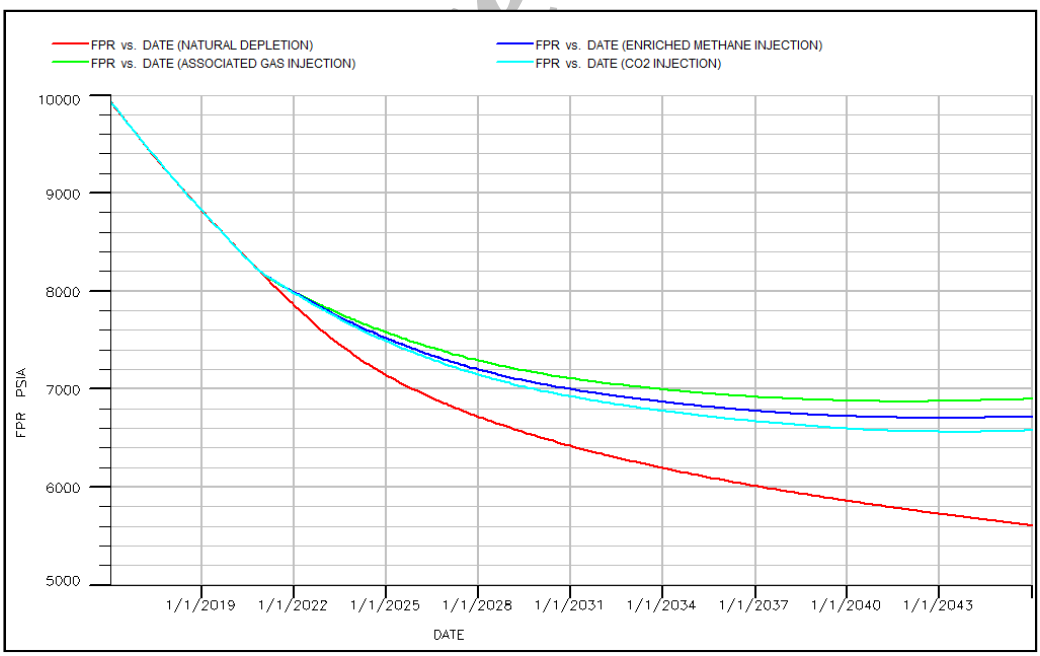
شکل۵ :تولید روزانه در سناریوهای تخلیه طبیعی ،تزریق دی اکسیدکربن ،متان غنی شده وگاز همراه

Archive

www.SID.ir

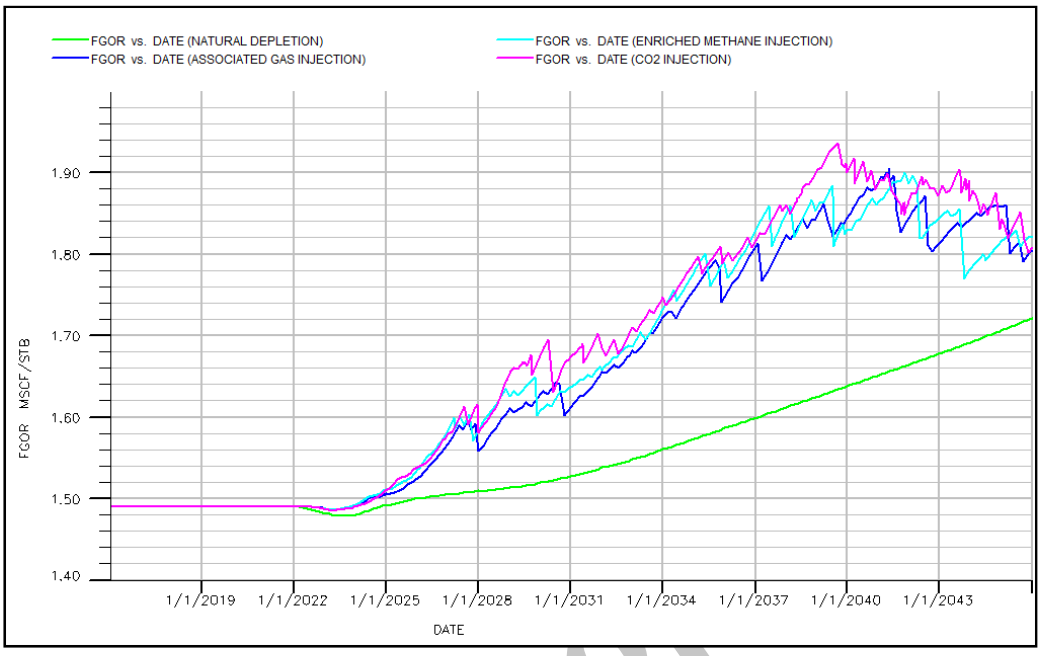


شکل ۶:تولید تجمعی سناریوهای تخلیه طبیعی ،تزریق دی اکسیدکربن ،متان غنی شده وگاز همراه



شکل ۷:فشار متوسط مخزن سناریوهای تخلیه طبیعی ،تزریق دی اکسیدکربن ،متان غنی شده وگاز همراه

www.SID.ir

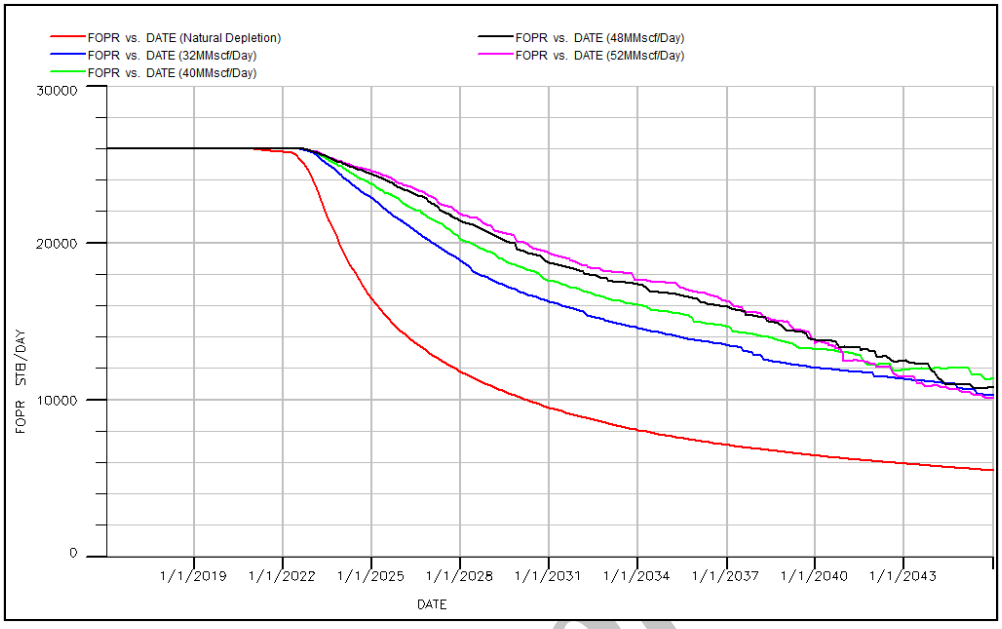


شکل۸: گاز محلول نفت سناریوهای تخلیه طبیعی ،تزریق دی اکسیدکربن ،متان غنی شده وگاز همراه

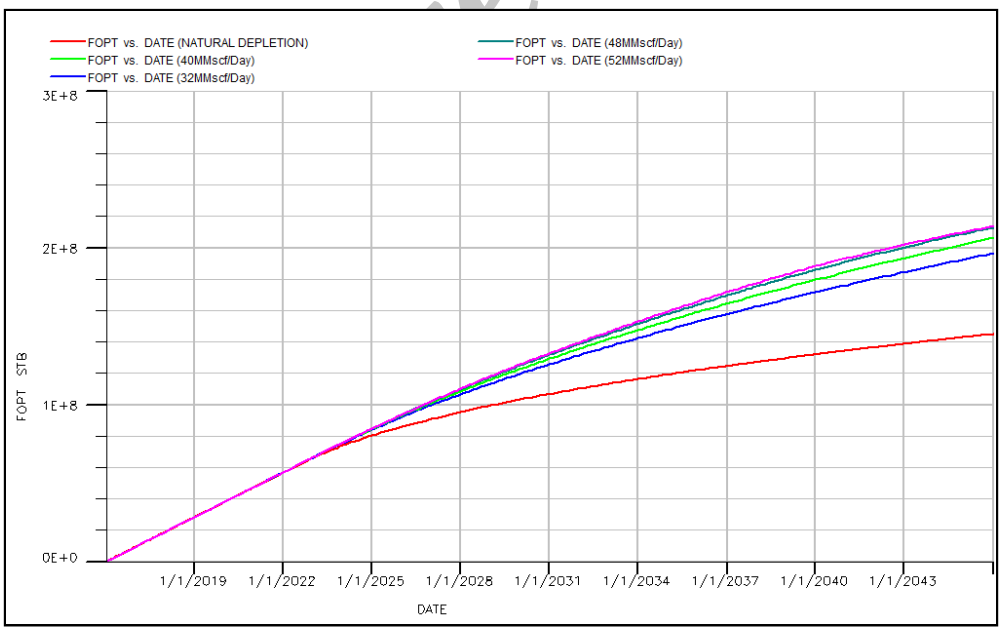
۶-۲-تعیین شدت جریان بهینه تزریق گاز

یکی از مهمترین پارامترهایی که فرایند جابجایی امتزاجی ونیز ضریب بازیافت را تحت تأثیر قرار می دهد؛ نرخ تزریق گاز است.شدت تزریق پایین ممکن است به فرایند جابجایی آهسته ودر نهایت ضریب بازیافت کم منجرشود. دبی تزریق بالا نیز ممکن است به نفوذ زودهنگام گاز در چاههای تولیدی منجرشود. به همین‌دلیل چهارسناریو با نرخ های تزریق ۸،۱۰،۱۲و۱۳MMScf/Day برای‌مطالعه درنظرگرفته شد. ابتداشدت‌جریان‌تزریق‌بهینه گازهمراه تعیین‌شد.نتایج‌پیش‌بینی‌عملکردمخزن با نرخهای مختلف‌تزریق درشکلهای۹،۱۰،۱۱و۱۲نشان داده‌شده است. ضریب بازیافت سناریوهای‌بالابه ترتیب٪۱۲,۸۲،٪۱۳,۴۸و٪۱۳,۹۰و٪۱۳,۹۶تعیین شد. نرخ تزریق ۱۳MMScf/Day به بالاترین ضریب بازیافت منجر شده است .با توجه به اینکه در این سناریو نوسانات گاز محلول نفت چاههای تولیدی بالا است نرخ ۱۲ MMScf/Dayبه عنوان شدت جریان بهینه تزریق انتخاب شده است. باروش مشابه شدت جریان‌بهینه تزریق برای سناریوهای تزریق دی‌اکسیدکربن ومتان‌غنی‌شده۱۲Mmscf/Day به دست آمده است.

Archive of SID
www.SID.ir

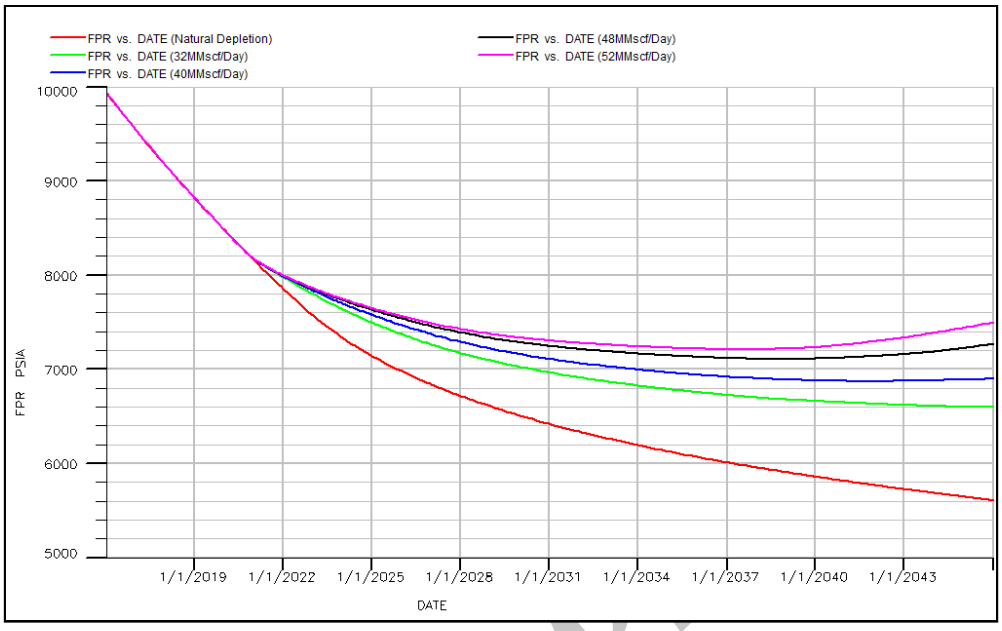


شکل۹: تولید روزانه برحسب نرخ های مختلف تزریق گاز همراه

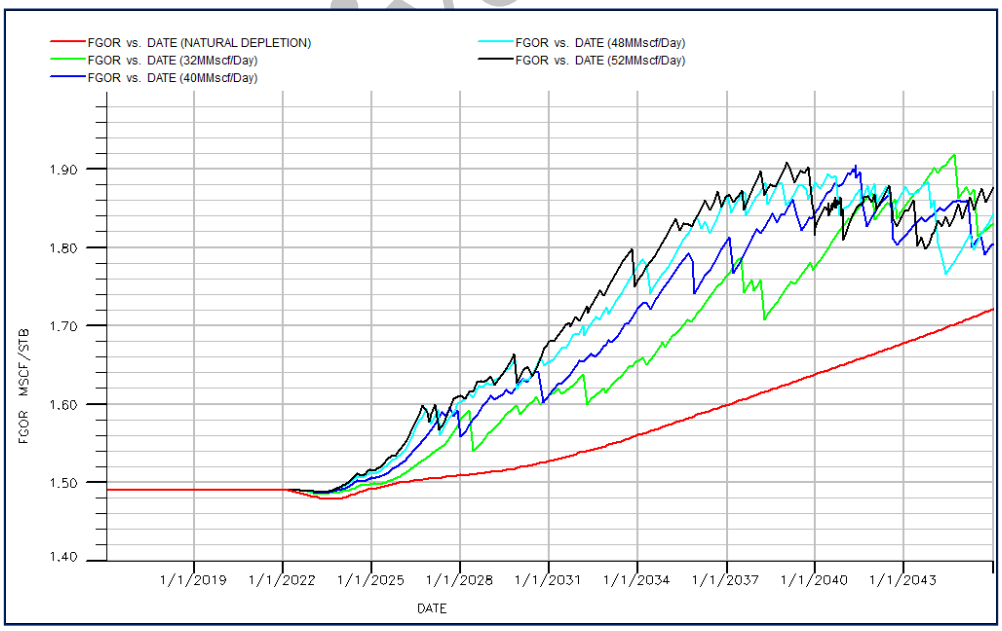


شکل۱۰: تولید تجمعی برحسب نرخ های مختلف تزریق گاز همراه

www.SID.ir



شکل۱۱: فشار متوسط مخزن برحسب نرخ های مختلف تزریق گاز همراه



شکل۱۲: گاز محلول نفت برحسب نرخ های مختلف تزریق گاز همراه

www.SID.ir

۷- نتیجه گیری

۱- نتایج بررسی سناریو تزریق گازهمراه، تولید تجمعی وضریب بازیافت بیشتری را نسبت به سناریو های تزریق گاز متان غنی شده ودی اکسید کربن نشان می‌دهد. با تزریق ۴۰ میلیون فوت مکعب استاندارد در روز گاز همراه مدت نرخ پایدار تولید۲سال افزایش یافته است.تولید تجمعی از۱۴۶میلیون بشکه استانداردبه ۲۰۶ میلیون بشکه استانداردرسیده در نتیجه ضریب بازیافت نسبت به تولید طبیعی٪۳,۹۵ افزایش داشته است.در این سناریو دو چاه تولیدی مخزن بسته می شوند.تزریق گاز متان غنی شده با توجه ضریب بازیافت نزدیکتر به تزریق گاز همراه به عنوان سناریو تزریق انتخابی بعدی درنظرگرفته می شود.

۲- نتایج بررسی تزریق گازهمراه با نرخ های ۸، ۱۰، ۱۲و۱۳MMScf/Dayنشان می‌دهد مدت نرخ پایدار تولید با افزایش نرخ تزریق تغییر نمی کند.ضریب بازیافت نسبت به تولید طبیعی به ترتیب٪۳,۳، ٪۳,۹۵، ٪۴,۳۷ و ٪۴,۴۳ افزایش می یابد.روند افزایشی ضریب بازیافت در نرخهای بالاتر به کندی صورت می گیرداین مساله به میان شکنی گاز در چاههای تولیدی مربوط می شود .به طوریکه مشاهده می شود نوسان گاز محلول نفت و فشار مخزن در شدت تزریقMMScf/Day ۱۳بالا است بنابراین نرخ۱۲MMScf/Day به عنوان شدت بهینه تزریق انتخاب می شود. هرچند لازم است با توجه به ملاحظات اقتصادی وامکانات تأ سیسات تحت الارضی درمورد شدت بهینه تزریق اظهار نظر کرد.

۳- قبل از شروع فرایند تزریق، مطالعه عمیق و جامع علمی و عملی برای بررسی و پیشگویی تشکیل رسوبات آسفالتین توجه به شرایط مخزن، نوع گاز تزریقی، نسبت حجمی گازتزریقی به نفت و همچنین دبی تزریق امری لازم وضروری است.

۴- با توجه به تراوایی پایین سازند، شکاف هیدرولیکی یکی ازمهم‌ترین فعالیتهایی است که می‌تواندبه‌منظورافزایش تولید نفت وگاز از این مخزن انجام شود.به این‌منظور انجام مطالعات و مدلسازی ژئومکانیکی مخزن ضروری است .

منابع

[۱]Green D.W.Wihite.P, " Enhanced Oil Recovery",SPE,Texas Richardson,2003

[۲]Stalkup, Fred.I.: "Miscible Displacement", SPE Text Book Third Printing, Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME , Richardson, Texas, USA, 1985

Archive of SID

www.SID.ir

[۳]C.Donaldson“ Enhanced Oil Recovery”,Elsevire1989

[۴]Peng Wang, and Gary A. Pope, “Proper Use of Equations of State for Compositional Reservoir Simulation”. SPE, U. of Texas at Austin, 2001

Archive of SID

www.SID.ir