



## بهینه‌سازی تولید یک چاه دارای تولید ماسه به همراه مناسب‌ترین عمق کنترل‌کننده‌های ماسه

محمدالیاس خداشناس<sup>1</sup>\*

1- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز, [elyaskhodashenas20@gmail.com](mailto:elyaskhodashenas20@gmail.com)

### چکیده

تولید ماسه یکی از مشکلات رایج در چاه‌های نفت و گاز است که می‌تواند منجر به کاهش بهره‌وری و تولید، آسیب به تجهیزات و افزایش هزینه‌های عملیاتی شود. مهار یا کنترل تولید ماسه می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری و بهینه‌سازی تولید از چاه‌ها شود. مهار و کنترل تولید ماسه در چاه‌هایی که دارای مشکل تولید ماسه هستند؛ نیازمند تحلیل دقیق شرایط مخزن و انتخاب روش‌های مناسب در جهت کنترل ماسه می‌باشد. یکی از عوامل تاثیرگذار بر موفقیت روش‌های اعمال شده برای کنترل ماسه، تعیین عمق مناسب نصب تجهیزات می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد که انتخاب صحیح روش و عمق مناسب نصب کنترل‌کننده‌های تولید ماسه، می‌تواند بهبود قابل توجهی در تولید چاه و کاهش مشکلات ناشی از تولید ماسه به همراه داشته باشد. با استفاده از داده‌های تولیدی، شبیه‌سازی نرم‌افزاری و مدل‌سازی زمین‌شناسی و آزمون‌های میدانی، می‌توان عمق بهینه برای نصب فیلترهای ماسه یا دیگر روش‌های کنترلی را تعیین کرد. در این پژوهش به بررسی و مقایسه عملکرد کنترل‌کننده‌های مختلف و تعیین عمق مناسب جهت نصب و استقرار کنترل‌کننده ماسه، به منظور بهینه‌سازی تولید نفت، در یکی از چاه‌های جنوب ایران پرداخته شده است. نتایج نشان داد که انتخاب عمق مناسب کنترل‌کننده ماسه، به نوع سناریوی کنترل ماسه بستگی دارد.

**کلمات کلیدی:** کنترل‌کننده ماسه، شبیه‌سازی، اثر پوسته، عمق مناسب کنترل‌کننده، بهره‌وری تولید نفت، کاهش تولید ماسه

### 1-مقدمه

در سراسر جهان، هفتاد درصد چاه‌های تولید نفت و گاز به دلیل تولید غیرقابل پیش‌بینی شن و ماسه، با موانعی روبرو هستند. [1] این پدیده زمانی رخ می‌دهد که خواص مکانیکی سنگ، در نتیجه عملیات حفاری و تولید هیدروکربن مختل شود که تحت تأثیر تنش‌های از پیش موجود در زمین قرار می‌گیرد. [2] مدیریت شن و ماسه یک جنبه حیاتی از تولید نفت و گاز است که استخراج کارآمد و ایمن هیدروکربن‌ها را تضمین می‌کند و در عین حال چالش‌های ناشی از تولید شن و ماسه از مخازن زیرزمینی را به حداقل می‌رساند. انتخاب روش‌های مناسب کنترل ماسه و تعیین عمق بهینه نصب تجهیزات کنترلی از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور کاهش و کنترل تولید ماسه، از روش‌هایی استفاده می‌شود که نرخ جریان را در حد نرخ جریان بحرانی نگه می‌دارد تا از تولید ماسه جلوگیری شود؛ نرخ جریان بحرانی چاه به عنوان بالاترین نرخ تولید



قبل از وقوع تولید ماسه تعریف می شود [3]. به علاوه استفاده از تکنولوژی های مهار مکانیکی و تجهیزات کنترلی می تواند به بهبود کارایی و کاهش هزینه ها کمک کند و به طور موثری مانع ورود ماسه به تجهیزات سطحی شود و از آسیب های ناشی از ماسه به پمپ ها و دیگر تجهیزات جلوگیری کند. [4] تجهیزات مورد استفاده در مهار مکانیکی عبارتند از:  
**لوله مشبک کاری شده:** لوله ای که در درون چاه نصب می شود و دارای سوراخ های کوچکی است که به طور دقیق در نقاط مشخصی ایجاد شده اند. این سوراخ ها اجازه می دهند که نفت یا گاز به داخل لوله وارد شود، در حالی که مانع از ورود ماسه و ذرات بزرگ تر به درون لوله می شوند. استفاده از لوله سوراخ دار به عنوان بخشی از سیستم تکمیل چاه، کمک می کند تا جریان سیال بهینه شده و تولید ماسه به حداقل برسد، در نتیجه عمر مفید چاه افزایش یابد و هزینه های عملیاتی کاهش پیدا کند. شکل (1) نمایی از لوله مشبک کاری شده را نشان می دهد:



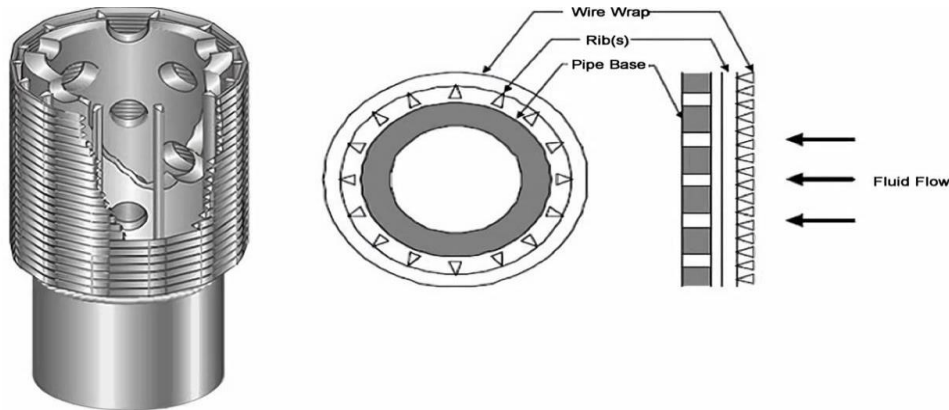
شکل (1) نمایی از لوله مشبک کاری شده در سازند

**صفحه سیم پیچی شده<sup>۲</sup>:** این صفحه از چندین لایه سیم که به دور یک هسته مرکزی پیچیده شده اند تشکیل شده است. فواصل بین سیم ها به دقت تنظیم شده اند تا ماسه و ذرات ریزتر را از ورود به چاه جلوگیری کنند، در حالی که امکان عبور آزادانه نفت یا گاز را فراهم می کنند. صفحه سیم پیچ به دلیل طراحی منحصر به فرد خود، علاوه بر کنترل تولید ماسه، مقاومت بالایی در برابر فشارهای خارجی و خوردگی دارد. این ویژگی ها باعث می شود که صفحه سیم پیچ به یکی از روش های مؤثر و

1 Perforated Pipe  
2 Wire Wrapped Screen



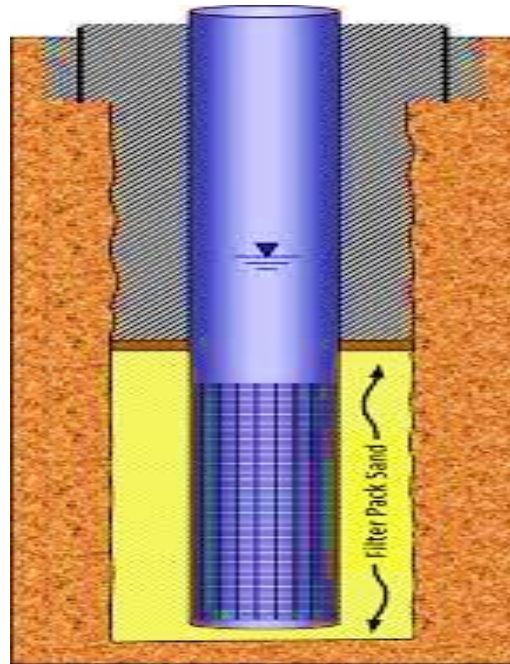
مطمئن برای تکمیل چاه‌های نفت و گاز، به‌ویژه در مخازن با محتوای ماسه بالا تبدیل شود. شکل (1) نمایی از صفحه سیم‌پیچی شده را نشان می‌دهد:



شکل (2) نمایی از صفحه سیم‌پیچی شده

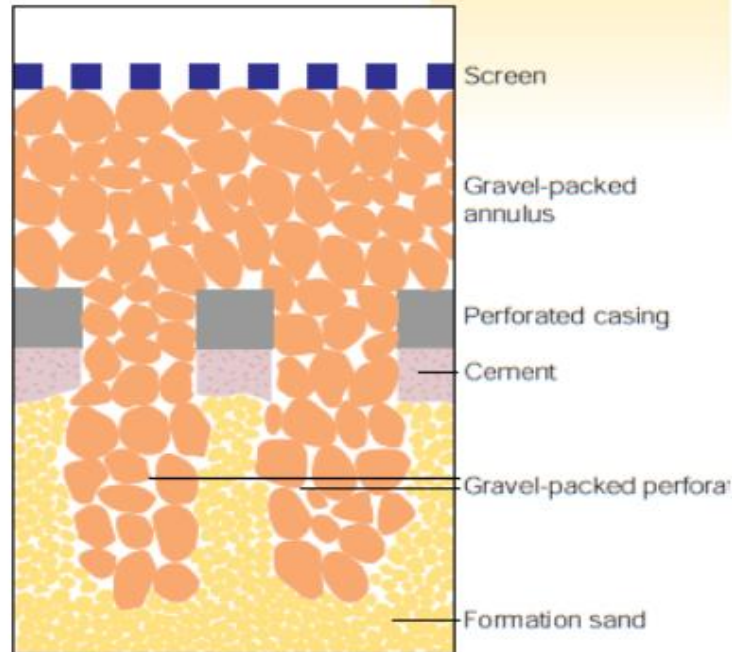
بسته‌بندی شنی<sup>1</sup>: بسته شنی یکی از تکنیک‌های تکمیل چاه‌های نفت و گاز است که برای کنترل تولید ماسه و بهبود بهره‌وری چاه به کار می‌رود. در این روش، ماسه با دانه‌بندی خاص به عنوان یک فیلتر طبیعی بین دیواره چاه و تجهیزات تکمیلی مانند لوله‌های مشبک یا صفحات سیم‌پیچ قرار می‌گیرد. این تجهیز با ایجاد یک لایه محافظتی، نقش مهمی در افزایش عمر چاه و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری دارد. انتخاب دقیق اندازه و نوع ماسه در این فرآیند بسیار حیاتی است تا بتواند به طور مؤثر ماسه‌های ناخواسته را فیلتر کرده و در عین حال جریان سیال را محدود نکند. شکل (3) نمایی از بسته‌بندی شنی در سازند را نشان می‌دهد:

1 Sand Pack



شکل (3) نمایی از بسته‌بندی شنی در سازند

**گراول پک!** در این روش، یک لایه ماسه یا شن با دانه‌بندی خاص بین دیواره چاه و لوله‌های تکمیل شده (مانند لوله‌های مشبک یا صفحه سیم‌پیچ) قرار می‌گیرد. هدف از این کار جلوگیری از ورود ماسه و ذرات ریز مخزن به چاه است، در حالی که اجازه می‌دهد نفت یا گاز به راحتی به داخل چاه جریان پیدا کند. در مخازنی که میزان ماسه بالایی دارند، بسیار کارآمد است و می‌تواند از آسیب به تجهیزات چاه و کاهش تولید جلوگیری کند. انتخاب درست اندازه و نوع ماسه برای بسته ماسه‌ای از اهمیت بالایی برخوردار است تا جریان سیال بهینه حفظ شده و تولید ماسه به حداقل ممکن کاهش یابد. شکل (4) نمایی از گراول پک در سازند را نشان می‌دهد:



شکل (4) نمایی از گراول پک در سازند

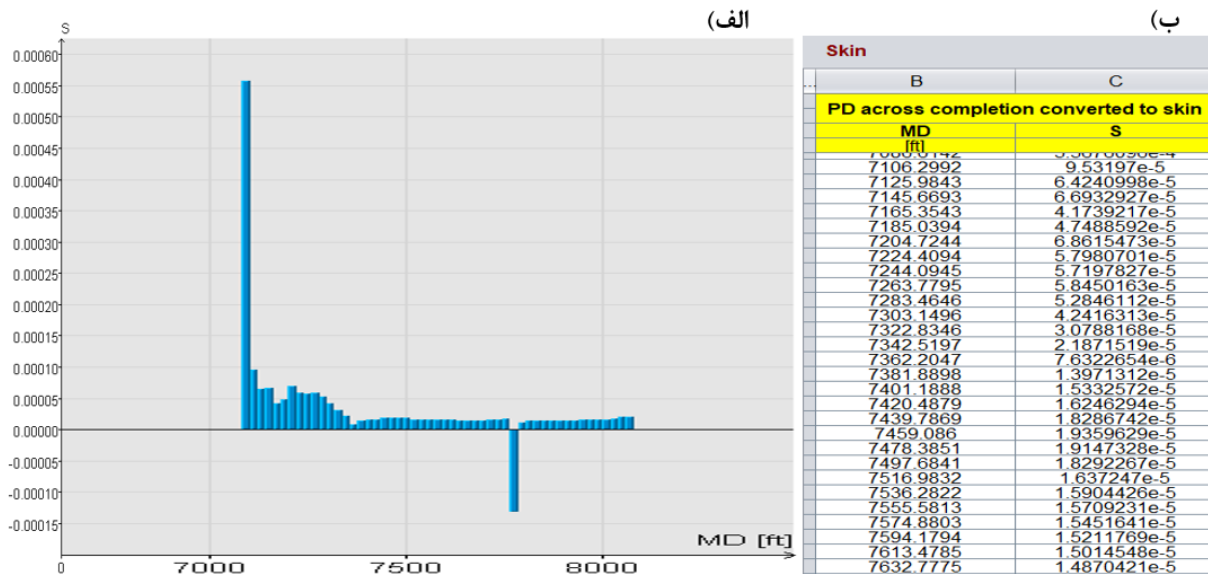
یکی از جنبه‌های کلیدی در مدیریت ماسه، انتخاب مناسب عمق تکمیل چاه است. عمق تکمیل چاه نقش مهمی در کنترل تولید ماسه دارد. برای تعیین عمق بهینه، باید به ویژگی‌های مخزن، فشار و دمای مخزن، و شرایط زمین‌شناسی منطقه توجه کرد. انتخاب عمق نامناسب می‌تواند منجر به افزایش تولید ماسه و آسیب به تجهیزات شود. [5] انتخاب مناسب عمق تکمیل چاه نه تنها به کاهش تولید ماسه کمک می‌کند، بلکه بهره‌وری چاه و طول عمر آن را نیز افزایش می‌دهد. به عنوان مثال، نصب تجهیزات کنترل ماسه در عمق‌های دقیقاً محاسبه‌شده، می‌تواند از ورود ماسه به چاه و تجهیزات سطحی جلوگیری کند و هزینه‌های ناشی از تعمیرات و نگهداری را کاهش دهد. [6] در زمینه تشخیص و کنترل تولید ماسه، تغییرات ضریب پوسته 1 در نواحی تولیدی از اهمیت بسزایی برخوردار است؛ زیرا افزایش اثر پوسته می‌تواند منعکس‌کننده ویژگی‌های سازند باشد و در تجزیه و تحلیل آسیب سازند نیز ابزاری موثر است [7] همچنین بکارگیری ناکارآمد کنترل‌کننده‌های ماسه می‌تواند منجر به ایجاد یک پوسته اضافی و کاهش بهره‌وری گردد [8]. از اینرو با رویکرد کاهش اثر پوسته در نواحی تولیدی شن و ماسه، می‌توان به بهینه‌سازی تولید از چاه پرداخت. در پژوهش حاضر، به بررسی مشکل تولید ماسه در یکی از چاه‌های نفتی جنوب ایران و بهینه‌سازی تولید با تکیه بر یافتن بهترین عمق نصب کنترل‌کننده‌های ماسه، به کمک شبیه‌سازی با نرم افزار پرداخته شده است.

## 2- معرفی نرم افزار

نرم‌افزار مورد استفاده در این پژوهش، جهت شبیه‌سازی تولید از چاه، نرم‌افزار NETool Well Simulator می‌باشد که یک نرم‌افزار پیشرفته شبیه‌سازی چاه‌های نفت و گاز است که برای طراحی، بهینه‌سازی، و تحلیل عملیات حفاری و تکمیل چاه‌ها

1 Skin Factor





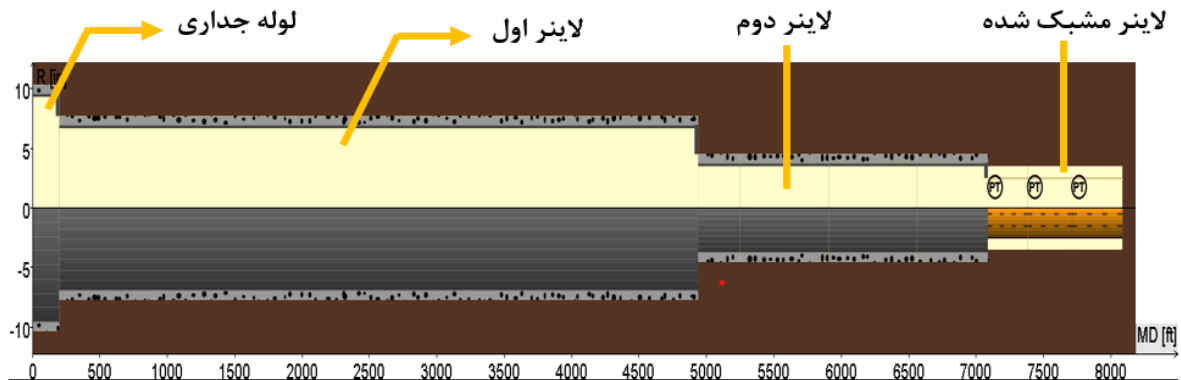
شکل (6) (الف) و (ب) به ترتیب نمایی از خروجی گرافیکی و عددی ضریب پوسته در نرم افزار

### 3-روش انجام کار

در پژوهش حاضر، بهینه‌سازی تولید با قرارگیری کنترل کننده ماسه در عمق مناسب در یکی از چاه‌های میدان منصوری به کمک نرم‌افزار صورت گرفته است؛ مراحل پژوهش، شامل: بررسی عوامل موثر بر تولید ماسه در چاه، تعریف پارامترهای کلیدی مدل‌سازی و ورود داده‌ها به نرم‌افزار، تعریف سناریوهایی به کمک سیستم‌های مهار ماسه موجود و قابل دسترس، شبیه‌سازی شرایط عملیاتی چاه و تحلیل عملکرد ارائه شده هر یک از سیستم‌ها می‌باشد. در نهایت، پس از مقایسه نتایج شبیه‌سازی، مناسب‌ترین سناریو مهار ماسه با توجه به ویژگی‌های خاص چاه و مخزن انتخاب می‌شود. این فرآیند به بهینه‌سازی تولید و نیز افزایش بازده سیستم‌های مهار ماسه کمک می‌کند.

### 4-فرضیات مدل‌سازی و پارامترهای ورودی نرم‌افزار

با توجه به اینکه داده‌های ورودی به نرم‌افزار، بر نتایج خروجی تاثیر می‌گذارد؛ به منظور صحت شبیه‌سازی، مقادیر هریک از پارامترها متناسب با اطلاعات واقعی چاه به نرم‌افزار وارد شده است. شماتیک تکمیل چاه در شکل (7) به کمک نرم‌افزار نشان داده شده است که شامل یک لوله جداری و دو لاینر سیمان کاری شده و یک لاینر مشبک کاری شده در بازه تولیدی می‌باشد.



شکل (7) شماتیک تکمیل چاه

بعلاوه تولید از چاه، از خواص مخزن و نوع تکمیل چاه نیز تاثیر می پذیرد؛ داده های ورودی به مدل شامل: پارامترهای تولید از مخزن و سایز لوله گذاری های موجود چاه، در جدول (1) نمایش یافته است:

جدول (1) پارامترهای تولیدی مخزن و قطر لوله ها

برش آب ۲	نسبت گاز به نفت ۱	فشار ته چاهی (Psi)	دبی نفت مورد انتظار (STB/Day)
0	701.823	1934.59	3000.0
قطر داخلی لاینر مشبک ۴ (in)	قطر داخلی لاینر دوم (in)	قطر داخلی لاینر اول (in)	قطر داخلی لوله جداری ۳ (in)
4.9	7.0	13.375	18.625

برای برخی از پارامترها نیز از مقادیر پیش فرض نرم افزار استفاده شده است. تکمیل چاه به صورت حفره بسته ۵ بوده است و طول بازه تکمیل معادل 8064 فوت ۶ می باشد که در مدلسازی، به بازه های کوچکتری مطابق جدول (2) تفکیک شده است؛ در نهایت، فرآیند شبیه سازی در بخش های 7 و 8 و 9 که بازه تولیدی مشبک کاری شده هستند؛ اعمال می گردد.

جدول (2) طول و نوع تکمیل چاه

نوع لوله	عمق عمودی بازه (ft)	طول بخش (ft)	عمق بالایی بخش (ft)	عمق اندازه گیری شده ۷ شماره بخش

- 1 GOR
- 2 Water Cut
- 3 Casing
- 4 Slotted Liner
- 5 Case Hole
- 6 ft
- 7 Measured Depth





بخش 1	0.0	200.131	0.0	لوله جداری
بخش 2	200.13	4737.53	200.13	لایندر اول
بخش 3	4937.66	311.67	4937.66	لایندر دوم
بخش 4	5249.34	656.16	5249.34	لایندر دوم
بخش 5	5905.51	656.16	5905.51	لایندر دوم
بخش 6	6558.75	524.93	6561.67	لایندر دوم
بخش 7	7044.50	295.27	7086.61	لایندر مشبک شده
بخش 8	7278.65	328.08	7381.88	لایندر مشبک شده
بخش 9	7444.06	374.01	7709.97	لایندر مشبک شده

#### 4-1- تعریف سناریوهای ارائه شده جهت بهینه‌سازی تولید

در نهایت هر یک از روش‌های لوله مشبک‌کاری شده و صفحه سیم‌پیچی شده، در عمق‌های مختلف چاه در ترکیب با حالات مختلفی که در جدول (3) نشان داده شده است؛ به منظور ایجاد و بررسی سناریوهای بهینه‌سازی بکارگرفته شده است تا نتایج هر سناریو با یکدیگر مقایسه و کارآمدی هر تکنیک ارزیابی گردد.

جدول (3) سناریوهای مدنظر در شبیه‌سازی توسط نرم افزار

شماره سناریو	نوع صفحه توری ۱	بسته‌بندی شنی	گراول در فضای حلقوی ۲
سناریوی 1	لوله مشبک‌کاری شده	-	-
سناریوی 2	لوله مشبک‌کاری شده	✓	-
سناریوی 3	لوله مشبک‌کاری شده	✓	✓
سناریوی 4	صفحه سیم‌پیچی شده	-	-
سناریوی 5	صفحه سیم‌پیچی شده	✓	-
سناریوی 6	صفحه سیم‌پیچی شده	✓	✓

در ابتدا حالت تولید طبیعی (قبل از اعمال هرگونه روش مهار ماسه) مدل‌سازی می‌شود تا وضعیت ضریب پوسته ابتدایی مشخص گردد و سپس سایر سناریوها نیز در نظر گرفته می‌شوند. به کمک داده‌های موجود از چاه و با اعمال شش سناریوی کنترل تولید ماسه بر روی بازه‌های تولیدی (بخش‌های 7 و 8 و 9)، به مدل‌سازی 18 حالت مختلف جهت بهبود بهره‌وری و

1 Screen Type  
 2 Gravel in Annulus



تولید از چاه پرداخته می‌شود. در نهایت پس از مدل‌سازی هریک از سناریوها، ضریب پوسته برای هر سناریو توسط نرم‌افزار محاسبه شده و به دو صورت گرافیکی و داده‌های ستونی نمایش می‌یابند تا جهت مقایسه و ارزیابی بکارگرفته شوند.

### 5- نتایج پژوهش

به منظور دستیابی به شرایط تولید اولیه، مدل‌سازی تولید از چاه در حالت طبیعی و بدون سیستم مهار کننده ماسه- با شرایط بیان شده در جدول (1)- انجام شد. نتایج تولید طبیعی در شکل (8) نشان داده شده است:

Summary Table											
Bottomhole Pressure	Oil rate	Gas rate	Water rate	Liquid rate	Gas/oil ratio	Oil/gas ratio	Water cut	Downhole rate	Well P.I. Oil	Well P.I. Gas	Well P.I. Water
[psi]	[STB/day]	[MMScf/day]	[STB/day]	[STB/day]	[Scf/STB]	[STB/MMScf]	[%]	[RB/day]	[STB/day/psi]	[MMScf/day/psi]	[STB/day/psi]
1924.59	3000.0	2.10547	0.0	3000.0	701.823	1424.86	0.0	5237.4	89.5343	0.0628372	0.0

شکل (8) نتایج خروجی نرم‌افزار با توجه به شرایط تولید

با توجه به شکل (8) دبی نفت تولیدی در مدل، برابر 3000 بشکه در روز می‌باشد که تطابق بین تولید واقعی از چاه و خروجی نرم‌افزار را تایید می‌کند. همچنین مقادیر تولید آب از مخزن در مدل برابر صفر بوده است؛ در نتیجه مشکل تولید آب مشاهده نمی‌شود و در بهینه‌سازی اثری ندارد. تولید گاز نیز سهم چندانی در تولید از چاه ندارد؛ بنابراین در بهینه‌سازی چالشی ایجاد نمی‌کند.

بخش 7 می‌تواند بعنوان اولین کاندید نصب سیستم‌های مهار ماسه، در مدل، مورد بررسی قرارگیرد؛ بنابراین هر یک از سناریوها در مدل قرار داده شد. نتایج شبیه‌سازی ضریب پوسته برای شش سناریوی کنترلی، زمانی که مهارکننده ماسه در بخش هفتم قرارگیرد؛ توسط جدول (4) نشان داده شده است. از آنجا که استقرار تجهیزات کنترل ماسه در یک بخش، می‌تواند بر مقدار ضریب پوسته بخش‌های جانبی نیز اثر بگذارد؛ قسمت فوقانی بخش هشتم نیز در جدول (4) ذکر شده است.

جدول (4) نتایج ضریب پوسته حاصل از شبیه‌سازی (محل استقرار کنترل کننده: بخش 7) که ستون‌های قرمز و سبز به ترتیب افزایش و کاهش ضریب پوسته را نشان می‌دهند.

شماره بخش	عمق (فوت)	تولید طبیعی	سناریوی 1	سناریوی 2	سناریوی 3	سناریوی 4	سناریوی 5	سناریوی 6
	۷۰۸۶،۶	۱۶،۴۵	۵۵،۶۸	۶۵۰،۱۸	۱۵۳۸،۷۱	۵۸،۷۹	۸۸۵،۰۴	۱۶۸۲،۲۶
	۷۱۰۶،۲	۲،۷۸	۹،۵۳	۳۸۷،۸۶	۱۲۳۵،۱۰	۱۰،۳۳	۶۱۵،۸۳	۱۳۸۰،۲۲
	۷۱۲۵،۹	۱،۹۸	۶،۴۲	۲۵۶،۱۷	۹۹۸،۹۷	۶،۸۶	۴۴۶،۶۸	۱۱۳۷،۴۴
	۷۱۴۵،۶	۲،۶۲	۶،۶۹	۱۸۶،۹۵	۸۲۶،۲۴	۷،۱۰	۳۴۳،۵۹	۹۵۲،۳۳
	۷۱۶۵،۳	۲،۵	۴،۱۷	۱۴۹،۰۷	۶۹۵،۶۵	۴،۴۵	۲۷۸،۶۹	۸۰۷،۸۹
	۷۱۸۵،۰	۲،۴۵	۴،۷۵	۱۲۶،۲۷	۵۹۱،۷۶	۵،۰۴	۲۳۵،۰۶	۶۹۱،۹۰
	۷۲۰۴،۷	۲،۴۹	۶،۸۶	۱۱۷،۳۹	۵۰۴،۷۴	۷،۲۷	۲۰۲،۷۲	۵۹۵،۴۲



۵۱۱,۴۰	۱۸۶,۹۲	۶,۱۷	۴۳۰,۲۴	۱۰۹,۳۶	۵,۸۰	۲,۵۴	۷۲۲۴,۴	بخش 7
۴۳۴,۹۶	۱۶۴,۳۶	۶,۰۸	۳۶۳,۳۸	۱۰۰,۷۳	۵,۷۲	۲,۴۰	۷۲۴۴,۰	
۳۶۲,۳۰	۱۳۸,۳۱	۶,۲۰	۳۰۱,۸۳	۸۸,۰۵	۵,۸۵	۲,۱۷	۷۲۶۳,۷	
۲۹۲,۱۵	۱۱۴,۴۸	۵,۶۰	۲۵۲,۹۸	۷۲,۳۹	۵,۲۸	۱,۷۲	۷۲۸۳,۴	
۲۳۰,۰۷	۹۰,۹۹	۴,۴۹	۲۱۰,۵۵	۵۷,۶۸	۴,۲۴	۱,۶۰	۷۳۰۳,۱	
۱۷۰,۱۹	۶۶,۰۷	۳,۲۷	۱۵۲,۲۱	۴۲,۴۲	۳,۰۸	۱,۵۸	۷۳۲۲,۸	
۱۰۳,۶۷	۳۸,۳۲	۲,۳۱	۸۶,۴۰	۲۵,۰۳	۲,۱۹	۱,۵۸	۷۳۴۲,۵	
۱۳,۹۵	۶,۳۹	۰,۷۸	۱۲,۲۸	۴,۴۸	۰,۷۶	۱,۵۷	۷۳۶۲,۲	بخش 8
۴,۱۸	۲,۶۰	۱,۴۰	۳,۸۵	۲,۱۹	۱,۴۰	۱,۵۷	۷۳۸۱,۸	
۲,۱۹	۱,۸۲	۱,۵۳	۲,۱۱	۱,۷۲	۱,۵۳	۱,۵۷	۷۴۰۱,۱	
۱,۷۷	۱,۶۹	۱,۶۲	۱,۷۵	۱,۶۷	۱,۶۲	۱,۶۳	۷۴۲۰,۴	

با توجه به داده‌های جدول (4) و مقایسه مقادیر ستون تولید طبیعی (قبل از اعمال هر گونه روش مهار ماسه) با نتایج مدل سازی شش سناریو، مشخص شد که استفاده از سناریوهای کنترل کننده تولید ماسه در بخش هفتم، غالباً باعث افزایش ضریب پوسته شده است و به افزایش تولید منجر نمی‌شود که می‌تواند نشان‌دهنده اثر پوسته اضافی ناشی از قرارگیری تجهیزات کنترل ماسه در عمق نامناسب باشد؛ در عین حال، در سناریوهای 1 و 4، بطور خاص مشاهده می‌شود که در عمق حدود 7360 الی 7420 فوت، مقدار ضریب پوسته به میزان کمی کاهش یافته است که می‌تواند نشانگر تولید ماسه جزئی در بازه مذکور باشد؛ بطوریکه سیستم مهارکنندگی این دو سناریو توانسته افت فشار ناشی از پوسته را کاهش دهد.

فرآیند شبیه‌سازی، به‌طور مشابه برای بخش هشتم نیز انجام شد تا ظرفیت بخش هشتم نیز، بعنوان کاندید انتخاب محل مناسب تجهیزات کنترلی مورد بررسی قرارگیرد. نتایج شبیه‌سازی ضریب پوسته برای شش سناریوی کنترلی، زمانی که مهارکننده ماسه در بخش هشتم قرارگیرد؛ توسط جدول (5) نشان داده شده است. استقرار تجهیزات کنترل ماسه در بخش هشتم، می‌تواند بر مقدار ضریب پوسته بخش‌های بالایی و زیرین نیز اثر بگذارد؛ بنابراین ضریب پوسته در قسمت زیرین بخش هفتم و قسمت بالایی بخش نهم، نیز در جدول (5) ذکر شده است.

جدول (5) نتایج ضریب پوسته حاصل از شبیه‌سازی (محل استقرار کنترل کننده: بخش 8) که ستون‌های قرمز و سبز به ترتیب افزایش و کاهش ضریب پوسته را نشان می‌دهند.

شماره بخش	عمق (فوت)	تولید طبیعی	سناریوی 1	سناریوی 2	سناریوی 3	سناریوی 4	سناریوی 5	سناریوی 6
بخش 7	۷۳۶۲,۲	۱,۵۷	۲,۵۴	۴,۹۱	۶,۷۴	۲,۵۵	۵,۶۷	۶,۹
	۷۳۸۱,۸	۱,۵۷	۳,۱۸	۱۷,۵۶	۲۵,۶۹	۳,۳۲	۲۰,۶۷	۲۶,۹۱
بخش 8	۷۴۰۱,۱	۱,۵۷	۳,۴۵	۲۷,۷۳	۴۱,۵۵	۳,۶۴	۳۳,۲۶	۴۳,۲۷
	۷۴۲۰,۴	۱,۶۳	۳,۷۷	۳۵,۹۵	۵۵,۳۳	۴,۰۰	۴۳,۸۲	۵۷,۵۶
	۷۴۳۹,۷	۱,۸۳	۴,۳۶	۴۲,۵۷	۶۷,۲۷	۴,۶۱	۵۲,۶۰	۶۹,۹۸
	۷۴۵۹,۰	۱,۹۴	۴,۶۸	۴۷,۷۶	۷۷,۴۶	۴,۹۵	۵۹,۸۲	۸۰,۶۴



۸۹.۵۶	۶۵.۵۹	۴.۹۵	۸۵.۹۵	۵۱.۷۰	۴.۶۷	۱.۹۲	۷۴۷۸.۳	بخش 8
۹۶.۹۴	۷۰.۱۲	۴.۷۰	۹۲.۹۴	۵۴.۵۶	۴.۴۲	۱.۸۳	۷۴۹۷.۶	
۱۰۲.۶۷	۷۳.۱۸	۴.۱۱	۹۸.۲۷	۵۶.۱۵	۳.۸۶	۱.۶۴	۷۵۱۶.۹	
۱۰۶.۶۸	۷۴.۹۱	۳.۸۳	۱۰۱.۹۷	۵۶.۶۶	۳.۵۹	۱.۵۹	۷۵۳۶.۲	
۱۰۸.۹	۷۵.۶۴	۳.۷۲	۱۰۳.۹۹	۵۶.۶۵	۳.۵۰	۱.۵۷	۷۵۵۵.۵	
۱۰۹.۱۵	۷۵.۵۴	۳.۶۱	۱۰۴.۱۹	۵۶.۲۲	۳.۴۰	۱.۵۵	۷۵۷۴.۸	
۱۰۷.۱۴	۷۴.۰۵	۳.۵۲	۱۰۲.۳۳	۵۴.۹۲	۳.۳۱	۱.۵۲	۷۵۹۴.۱	
۱۰۲.۳۷	۷۰.۷۸	۳.۴۵	۹۷.۸۲	۵۲.۵۰	۳.۲۵	۱.۵۰	۷۶۱۳.۴	
۹۳.۶۶	۶۵.۰۶	۳.۴۴	۸۹.۵۵	۴۸.۵۱	۳.۲۳	۱.۴۹	۷۶۳۲.۷	
۷۹.۳۳	۵۵.۷۲	۳.۶۰	۷۵.۹۴	۴۲.۰۶	۳.۳۹	۱.۴۸	۷۶۵۲.۰	
۵۶.۳۸	۴۰.۵۴	۴.۳۹	۵۴.۱۰	۳۱.۴۲	۴.۲۰	۱.۴۸	۷۶۷۱.۳	
۱۸.۷۶	۱۵.۰۳	۷.۸۷	۱۸.۲۰	۱۳.۰۶	۷.۸۴	۱.۴۹	۷۶۹۰.۶	
۹.۱۷	۷.۷۷	۴.۷۳	۸.۹۶	۶.۹۷	۴.۷۲	۱.۵۱	۷۷۰۹.۹	بخش 9
۶.۰	۵.۲۴	۳.۵۳	۵.۸۹	۴.۸۰	۳.۵۲	۱.۵۸	۷۷۲۹.۶	
۵.۴۴	۴.۸۴	۳.۴۸	۵.۳۶	۴.۴۹	۳.۴۸	۱.۷۹	۷۷۴۹.۳	

با مشاهده داده‌های حاصل از جدول (5) و مقایسه مقادیر ستون تولید طبیعی با نتایج شبیه‌سازی هر شش سناریو، مشخص شد که استفاده از سناریوهای کنترل‌کننده تولید ماسه، باعث افزایش ضریب پورته در نواحی مدنظر شده است و ممکن است باعث کاهش بهره‌وری شود که بطور کلی نشان‌دهنده اثر پورته اضافی ناشی از قرارگیری تجهیزات کنترل ماسه در عمق نامناسب می‌باشد؛ زیرا سیستم‌های مهار ماسه مشابه یک سد عمل کرده‌اند و مجرای جریان نفت به داخل چاه را محدود کرده‌اند و به همین دلیل، پورته اضافی به مدل تحمیل شده است. بنابراین بخش 8، تولید ماسه ندارد و قرارگیری هیچکدام از سیستم‌های ماسه در این عمق، بر بهبود شرایط تولید از چاه تاثیر نمی‌گذارد و استفاده از آنها در این بازه توصیه نمی‌شود. فرآیند شبیه‌سازی، به‌طور مشابه برای بخش نهم نیز انجام شد تا ظرفیت بخش نهم نیز، بعنوان کاندید انتخاب محل مناسب تجهیزات کنترلی مورد بررسی قرارگیرد. نتایج شبیه‌سازی ضریب پورته برای شش سناریوی کنترلی، زمانی که مهارکننده ماسه در بخش نهم قرارگیرد؛ توسط جدول (6) نشان داده شده است. استقرار تجهیزات کنترل ماسه در بخش نهم، می‌تواند بر مقدار ضریب پورته ناحیه مجاور بخش هشتم نیز اثر بگذارد؛ بنابراین ضریب پورته در قسمت زیرین بخش هشتم در جدول (6) ذکر شده است.

جدول (6) نتایج ضریب پورته حاصل از شبیه‌سازی (محل استقرار کنترل‌کننده: بخش 9) که ستون‌های قرمز و سبز به ترتیب افزایش و کاهش ضریب پورته را نشان می‌دهند.

شماره بخش	عمق (فوت)	تولید طبیعی	سناریوی 1	سناریوی 2	سناریوی 3	سناریوی 4	سناریوی 5	سناریوی 6
بخش 8	۷۶۳۲.۷	۱.۴۹	۱.۴۶	۱.۴۵	۱.۴۲	۱.۴۶	۱.۴۴	۱.۴۲
	۷۶۵۲.۰	۱.۴۸	۱.۲۹	۱.۲۵	۱.۰۹	۱.۲۹	۱.۲۲	۱.۰۶



-۱.۱۶	-۰.۱۷	۰.۳۰	-۰.۹۵	۰.۰۷	۰.۳۰	۱.۴۸	۷۶۷۱.۳	بخش 9
-۱۴.۴۷	-۹.۱۲	-۶.۲۹	-۱۳.۳۳	-۷.۷۵	-۶.۲۸	۱.۴۹	۷۶۹۰.۶	
-۵۸.۰۷	-۲۰.۹۰	-۰.۹۷	-۵۰.۳۶	-۱۰.۹۶	-۰.۹۴	۱.۵۱	۷۷۰۹.۹	
-۱۵۵.۵۸	-۵۳.۸۰	۰.۲۵	-۱۳۴.۵۶	-۲۶.۳۰	۰.۲۶	۱.۵۸	۷۷۲۹.۶	
-۴۶۲.۸۸	-۱۶۳.۷۸	۰.۲۹	-۴۰۱.۳۸	-۸۱.۹۲	۰.۳۲	۱.۷۹	۷۷۴۹.۳	
۲۱۸۲۵.۱۷	۷۹۷۴.۲۹	۵۲.۹۵	۱۸۹۸۸.۷۸	۴۱۴۲.۲۵	۴۸.۲۵	- ۱۴.۰۱	۷۷۶۹.۰	
۷۳۶.۱۲	۲۷۹.۳۰	۳.۵۵	۶۴۳.۱۵	۱۵۰.۰۴	۳.۳۱	۱.۱۶	۷۷۸۸.۷	
۴۵۱.۷۵	۱۷۷.۱۳	۳.۰۹	۳۹۶.۱۸	۹۷.۹۰	۲.۹۰	۱.۳۴	۷۸۰۸.۳	
۳۵۶.۳۴	۱۴۴.۱۱	۳.۰۴	۳۱۳.۶۳	۸۱.۷۴	۲.۸۵	۱.۳۷	۷۸۲۸.۰	
۳۰۸.۸۴	۱۲۸.۶۳	۳.۰۵	۲۷۲.۷۸	۷۴.۶۳	۲.۸۷	۱.۳۸	۷۸۴۷.۷	
۲۸۰.۳۱	۱۲۰.۰۲	۳.۰۹	۲۴۸.۴۲	۷۱.۰۶	۲.۹۱	۱.۴۰	۷۸۶۷.۴	
۲۶۰.۹۹	۱۱۴.۷۲	۳.۱۵	۲۳۲.۰۶	۶۹.۱۷	۲.۹۶	۱.۴۲	۷۸۸۷.۱	
۲۴۶.۶۷	۱۱۱.۱۵	۳.۲۲	۲۲۰.۰۲	۶۸.۱۷	۳.۰۳	۱.۴۴	۷۹۰۶.۸	
۲۳۵.۲۰	۱۰۸.۵۲	۳.۳۲	۲۱۰.۴۳	۶۷.۶۴	۳.۱۲	۱.۴۷	۷۹۲۶.۵	
۲۲۵.۸۲	۱۰۶.۳۵	۳.۴۳	۲۰۲.۳۸	۶۷.۳۱	۳.۲۲	۱.۵۰	۷۹۴۶.۱	
۲۱۷.۵۷	۱۰۴.۳۱	۳.۵۷	۱۹۵.۴۸	۶۷.۰۰	۳.۳۵	۱.۵۵	۷۹۶۵.۸	
۲۰۹.۷۲	۱۰۲.۴۹	۳.۷۳	۱۸۸.۹۵	۶۶.۵۵	۳.۵۰	۱.۵۹	۷۹۸۵.۵	
۲۰۱.۴۷	۱۰۰.۶۹	۳.۸۸	۱۸۲.۰۶	۶۶.۳۲	۳.۶۴	۱.۶۳	۸۰۰۵.۲	
۱۹۲.۶۷	۹۸.۱۳	۴.۲۸	۱۷۴.۴۸	۶۵.۷۲	۴.۰۱	۱.۷۱	۸۰۲۴.۹	
۱۸۳.۲۴	۹۴.۴۹	۴.۹۸	۱۶۶.۱۹	۶۳.۹۶	۴.۷۰	۱.۹۶	۸۰۴۴.۶	
۱۷۳.۱۴	۸۹.۸۶	۵.۰۹	۱۵۷.۱۴	۶۱.۱۴	۴.۸۲	۱.۹۹	۸۰۶۴.۳	

با مشاهده داده‌های حاصل از جدول (6) و مقایسه مقادیر ستون تولید طبیعی با نتایج شبیه‌سازی شش سناریو، مشخص شد که استفاده از سناریوهای کنترل کننده تولید ماسه، در برخی نواحی منجر به کاهش اثر پوسته می‌شود؛ در بازه‌ی بین 7630 الی 7750 فوت، در صورت اعمال هر یک از سناریوها، مقادیر ضریب پوسته کاهش یافته است؛ بطوریکه ضریب پوسته توسط اغلب سناریوها، در حدود بازه 7690 الی 7750 فوت، منفی پیش بینی شده است که این موارد نشانگر تاثیر قابل توجه استقرار کنترل کننده‌ها بر کاهش تولید ماسه و افت فشار ناشی از آن می‌باشد که در قالب کاهش اثر پوسته نمایش یافته است. با توجه به مقادیر جدول (6) مشخص می‌شود که در بازه‌ی حدود 7670 الی 7750 فوت، بیشترین میزان بهینه‌سازی تولید و بهره‌وری، در صورت بکارگیری تجهیزات کنترل کننده ماسه قابل دستیابی است. از آنجا که هر یک از سناریوها در بازه انتخابی جهت نصب سیستم، مقادیر متفاوتی را نشان می‌دهند و هر سناریو در یک عمق خاص از این بازه به بهترین عملکرد خود می‌رسد؛ انتخاب عمق دقیق برای نصب مهار کننده به سناریوی انتخابی بستگی دارد و منحصر به یک عمق واحد نمی‌باشد. همچنین با توجه به مقادیر کاهش ضریب پوسته، بازه تولید ماسه نیز در حدود 7670 الی 7750 فوت پیش‌بینی شده است؛ زیرا پس از نصب سیستم از عملکرد تولیدی چاه در این بازه بهبود یافته است.

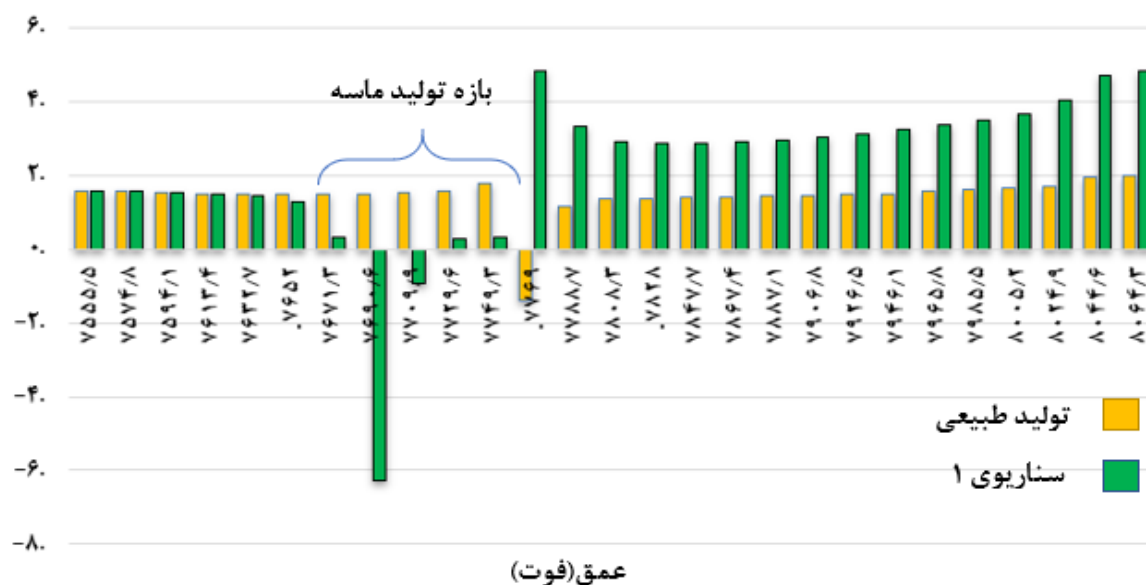


## 6- بحث و نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، به بهینه سازی تولید و تعیین بهترین مکان قرارگیری کنترل کننده ماسه و نیز انتخاب بهترین تجهیزات کنترلی، بوسیله بررسی سناریوها در یکی از چاه های جنوب ایران پرداخته شد و نتایج بدست آمده از مقایسه داده های حاصل از شبیه سازی ضریب پوسته برای سناریوهای مختلف، توسط نرم افزار نشان داد:

- 1- با توجه به نتایج جداول (4)، (5) و (6)، بازه تولید ماسه، در حدود 7670 الی 7750 فوت می باشد؛ بنابراین غالباً مشکل تولید ماسه در بخش 9 اتفاق می افتد و کاندید مناسب جهت اعمال روش های کنترل ماسه محسوب می شود. قرارگیری کنترل کننده های ماسه در این بخش، کاهش چشمگیر ضریب پوسته را به همراه دارد.
- 2- در بازه ی حدود 7360 الی 7400 فوت نیز، پس از اعمال سناریوهای 1 و 4، بهبود اثر پوسته مشاهده شده است که نشانگر بروز احتمالی تولید ماسه در این بازه نیز می باشد.
- 3- نصب تجهیزات کنترلی در بخش 7 و 8، با ایجاد یک اثر پوسته اضافی ناشی از قرارگیری تجهیزات اضافی در مسیر جریان سیال به چاه، منجر به افزایش اثر پوسته در بخش های مذکور و نواحی مجاور شده و باعث کاهش تولید و بهره وری از چاه می شود و مشخص شد که بخش های مذکور، جهت نصب سیستم های کنترل کننده ی ماسه، مناسب نیستند.
- 4- در بخش 9 می توان سناریوهای مختلفی را با توجه به اهداف مدنظر تولید از چاه، انتخاب کرد. زیرا هر یک از سناریوها مزایای ویژه ای متناسب با کاربردهای مختلف دارند.
- 5- «سناریوی 1» اولویت اول گزینش و بکارگیری در بخش نهم محسوب می شود؛ زیرا با توجه به جدول (6) و شکل (9) که نمایشی گرافیکی از جدول (6) محسوب می شود و مقایسه مقادیر پوسته قبل و بعد از اعمال سناریوی 1 را نشان می دهد؛ مشخص شد که این سناریو (استفاده از لوله مشبک کاری شده) در بازه مشکل ساز از نظر تولید ماسه، توانسته است به خوبی عمل کند و اثر پوسته را کاهش دهد؛ بعلاوه از عمق 7770 الی 8064 فوت، افزایش ضریب پوسته ی کمتری نسبت به سایر سناریوها رخ می دهد.

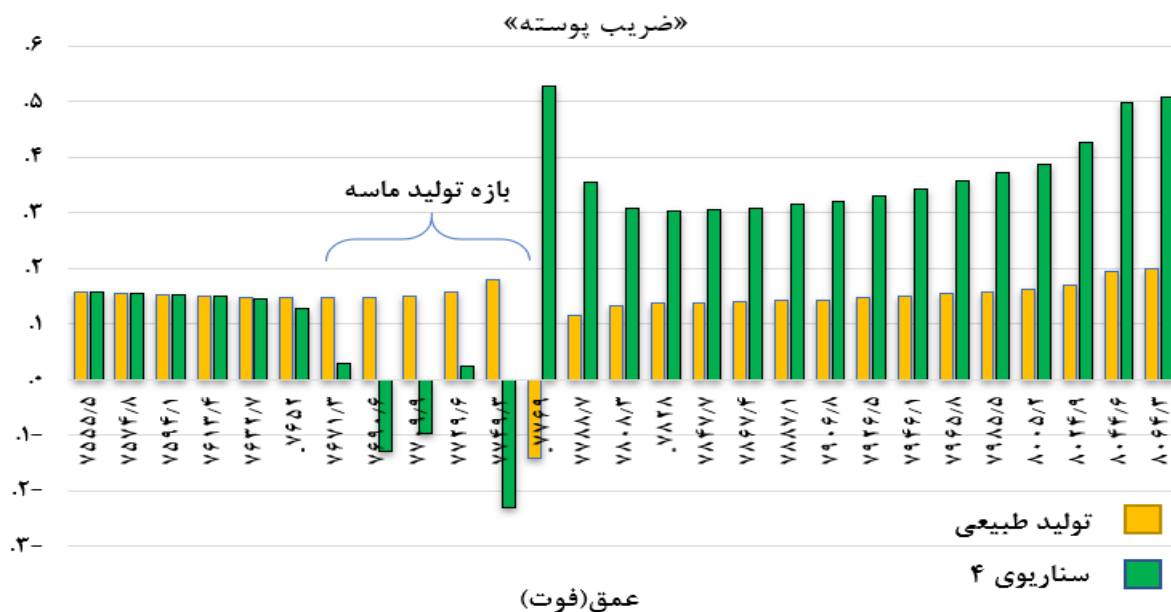
«ضریب پوسته»





شکل (9) مقایسه ضریب پوسته در حالت تولید طبیعی و «سناریوی 1»

6- «سناریوی 4» اولویت دوم گزینش و بکارگیری در بخش نهم محسوب می‌شود؛ زیرا با توجه به جدول (6) و شکل (10) که نمایشی گرافیکی از جدول (6) محسوب می‌شود و مقایسه مقادیر پوسته قبل و بعد از اعمال سناریوی 4 را نشان می‌دهد؛ مشخص می‌شود که این سناریو، پس از سناریوی 1 می‌تواند بهترین عملکرد را در زمینه کاهش اثر پوسته‌ی ناحیه تولید ماسه ایفا کند و اثر افزایش پوسته آن در سایر بازه تولیدی، نسبت به سایر سناریوها کمتر است.





3rd International Congress for  
**Chemical Engineering and  
Petroleum Industry students**

[www.cco.cdsts.ir](http://www.cco.cdsts.ir)



سومین کنگره بین‌المللی  
**دانشجویان مهندسی  
شیمی و صنعت نفت**

- [6] F. Deng *et al.*, "Review of sand control and sand production in a gas hydrate reservoir," *Energy & Fuels*, vol. 36, no. 19, pp. 11712-11723, 2022.
- [7] T. Unneland and L. Larsen, "Limitations of the skin concept and its impact on success criteria used in sand control," in *SPE European Formation Damage Conference and Exhibition*, 1995: SPE, pp. SPE-30093-MS.
- [8] A. A. Chitale, M. H. Stein, B. J. Arias, R. K. Narayanan, and D. W. Schott, "A new methodology to safely produce sand-controlled wells with increasing skin," *SPE Production & Operations*, vol. 25, no. 04, pp. 423-430, 2010.
- [9] H. B. Mahmud, V. H. Leong, and Y. Lestari, "Sand production: A smart control framework for risk mitigation," *Petroleum*, vol. 6, no. 1, pp. 1-13, 2020.