

## **Simulation, Exergy Analyses and optimization in Crude Oil Pre-Refining (Case study: Central production facility and desalting unit of Cheshmeh Khosh)**

**Kiuomars Naseri<sup>1\*</sup>; Alireza Noorpoor<sup>2</sup>; Fatemeh Razavian<sup>3</sup>; Behnosh Khoshmaneshzadeh<sup>4</sup>**

- \*1. Department of Environmental Science and Engineering, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Department of Environmental Science and Engineering, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Department of Environmental Engineering, Parand Branch, Islamic Azad University, Iran.

\*Email Address: [Q.naseri@gmail.com](mailto:Q.naseri@gmail.com),

<b>Article Info</b>	<b>ABSTRACT</b>
<b>Article Type:</b> Research Paper	<p>Increasingly, as technology advances in the twenty-first century, people are becoming more concerned about the exhaustion of natural resources and ecological deterioration. Exergy analysis has been considered as a powerful tool for evaluating the efficiency of energy systems and industrial processes, including the oil and gas industries, which can reduce the concerns of this industry. Therefore, the present study was conducted to analyze exergy to identify energy loss points in the process, eliminate inefficient equipment (such as low-efficiency heaters) and replace them with optimal systems, reduce energy consumption and environmental pollutants through heat recovery, and increase production by improving the efficiency of the crude oil processing process in the Cheshme Khosh crude oil pre-refinery, which can have industrial and environmental consequences, including economic savings (reducing operating costs due to energy consumption), environmental sustainability (reducing carbon footprint and other pollutants in accordance with green standards), and generalizability to other oil and gas processing units. In this study, simulation was performed using Aspen HYSYS software and based on exergy analysis, 2 heaters were removed and 5 heat exchangers were added to optimize the process, which resulted in a 27.93% reduction in exergy loss in the process. This study shows that combining exergy analysis with heat recovery and equipment upgrades can simultaneously achieve economic, environmental, and technical goals in the oil and gas industries.</p>
<b>Article History:</b>	
Received Date: <b>2025/06/28</b>	
Revised Date: <b>2025/07/13</b>	
Accepted Date: <b>2025/07/14</b>	
Published Date: <b>2025/09/09</b>	
<b>Keywords:</b> Process Simulation, Exergy, Crude Oil pre-refining, HYSYS Software, Cheshmeh Khosh Oil	

**Cite this article:**

Kiuomars Naseri, Alireza Noorpoor, Fatemeh Razavian, Behnosh Khoshmaneshzadeh (2025). Simulation, Exergy Analyses and optimization in Crude Oil Pre-Refining (Case study: Central production facility and desalting unit of Cheshmeh Khosh) , Journal of Environmental Sciences Studies, 10(2) , Pages 10480 – 10492.

## EXTENDED ABSTRACT

### Introduction

Crude oil pre-refining processes, which are designed to extract water, gas, sulfur, and salt from crude oil, are among the processes that have significant environmental consequences and high energy demands. For this reason, exergy analysis is performed in the context of industrial environments for more efficient use of energy. Engineers use exergy analysis for optimization. Process optimization is an excellent way to achieve production goals. Exergy evaluation is performed in an industrial environment to maximize energy use.

### Materials and Methods

In this study, first, process simulation (based on process maps and mass and heat balance PFD, P&ID, H&MB and diagrams of pipelines and equipment) was performed using the Aspen HYSYS software, and using the output data of the software, the amount of exergy and energy consumed throughout all parts of the process and equipment was examined, and then inefficient components were identified, eliminated or modified in order to increase the efficiency of the equipment based on operational parameters, process optimizer, and exergy analysis. Also, using the PipeSim software, the effect of pipeline profiles on the operating pressure of the process was examined.

### Results and discussion

In this study, in order to achieve the goals, using Pipe Sim software, the effect of pipeline profile on the operating pressure of the process was investigated and it was determined that it does not have much effect on the operating parameters. Therefore, after simulating the crude oil processing process using HYSYS software and exergy analysis, heat exchangers were added to the simulation and the energy of hot streams was used to heat cold streams. Two heaters were removed from the simulation and five heat exchangers were added. With this method, in addition to eliminating inefficient equipment, the heat required for other heaters is also reduced. The results of calculating exergy loss before and after adding heat exchangers and removing heaters indicate a 93.27% reduction in exergy loss in the process, indicating a significant improvement in energy efficiency, reduced fuel consumption and pollutant emissions due to the removal of heaters dependent on external energy sources, increased production efficiency by optimizing the energy balance in the system, which can have industrial and environmental consequences, including economic savings (reducing operating costs due to energy consumption), environmental sustainability (reducing carbon footprint and other pollutants in accordance with green standards), and the ability to generalize to other oil and gas processing units.

### Conclusion

This research shows that exergy analysis is not only a theoretical tool, but also that combining exergy analysis with heat recovery and equipment modernization is a practical solution for multidimensional optimization (energy, economy and environment) in the oil and gas industry. The results obtained can be a model for other industrial units to move towards sustainable production with a systematic approach.



## شبیه سازی، تحلیل انرژی و بهینه سازی فرآیند فرآورش نفت خام (مطالعه موردی: بهره برداری و نمک زدایی نفت چشمه خوش)

کیومرث ناصری<sup>۱\*</sup>، علیرضا نورپور<sup>۲</sup>، فاطمه رضویان<sup>۳</sup>، بهنوش خوش منس زاده<sup>۴</sup>

\*-گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲-دانشکده محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳-گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴-گروه مهندسی محیط زیست، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، تهران، ایران

\*ایمیل نویسنده مسئول: q.naseri@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله علمی پژوهشی	
<b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۴/۰۴/۰۷	با پیشرفت تکنولوژی در قرن ۲۱ ام، جامعه به طور فزاینده ای، نگران مسائلی مانند تخلیه منابع طبیعی و تخریب محیط زیست است. تحلیل انرژی برای ارزیابی کارایی سیستم های انرژی و فرآیندهای صنعتی، از جمله صنایع نفت و گاز، مورد توجه قرار گرفته است که می تواند دغدغه های این صنعت را کاهش دهد. لذا تحقیق حاضر در جهت تحلیل انرژی برای شناسایی نقاط اتلاف انرژی در فرآیند، حذف تجهیزات ناکارآمد (مانند هیترهای کم بازده) و جایگزینی با سیستم های بهینه، کاهش مصرف انرژی و آلاینده های زیست محیطی از طریق بازیابی حرارت و افزایش تولید با بهبود راندمان فرآیند فرآورش نفت خام در واحد بهره برداری نفت چشمه خوش صورت پذیرفته است که این امر می تواند پیامدهای صنعتی و زیست محیطی از جمله: صرفه جویی اقتصادی (کاهش هزینه های عملیاتی ناشی از مصرف انرژی)، پایداری محیط زیست (کاهش رد پای کربن و سایر آلاینده ها مطابق با استانداردهای سبز) و قابلیت تعمیر در سایر واحدهای فرآورش نفت و گاز را می تواند به دنبال داشته باشد. در این مطالعه با استفاده از نرم افزار اسپن هایسیس شبیه سازی انجام و بر اساس آنالیز انرژی در جهت بهینه سازی فرآیند، ۲ عدد هیتر حذف و ۵ عدد مبدل حرارتی اضافه گردید که این اقدام باعث کاهش ۲۷/۹۳ درصدی اتلاف انرژی در فرآیند شد. این پژوهش نشان می دهد که تلفیق تحلیل انرژی با بازیابی حرارت و به روز رسانی تجهیزات می تواند به صورت همزمان اهداف اقتصادی، زیست محیطی و فنی را در صنایع نفت و گاز محقق سازد.
<b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۴/۰۴/۲۲	
<b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۴/۰۴/۲۳	
<b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۴/۰۶/۱۸	
<b>کلید واژه ها:</b> شبیه سازی فرآیند، انرژی، فرآورش نفت خام، نرم افزار هایسیس، نفت چشمه خوش	

ناشر: انتشارات فن پایا

## ۱- مقدمه

در جهان امروز و عصر تکنولوژی، با توجه به رشد جمعیت و افزایش سطح رفاه عمومی، بحران تامین انرژی مورد نیاز از مهمترین دغدغه‌ها می‌باشد. از طرفی در سالهای اخیر نیز بدلیل روند فزاینده صنعتی شدن و شهرنشینی فاصله بین عرضه و تقاضای انرژی رو به افزایش بوده و منجر به افزایش هزینه‌های تولید و واردات انرژی گردیده است. این در حالیست که هنوز هم سوخت‌های فسیلی که عامل اصلی انتشار آلاینده‌های گلخانه‌ای و نهایتاً مشکلات زیست محیطی بلند مدت همچون گرم شدن زمین و تغییرات اقلیمی می‌شوند، منبع اصلی تولید انرژی می‌باشند. منبع اصلی گرمایش جهانی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و عامل اصلی انتشار نیز مصرف انرژی است. بنابراین کاهش مصرف انرژی به کاهش انتشار می‌انجامد. توسعه اقتصادی و مصرف انرژی به هم وابسته‌اند. از سوی دیگر، افزایش کارایی که به صرفه‌جویی در مصرف انرژی منجر می‌شود، نتیجه توسعه اقتصادی است. توسعه پایدار هر جامعه‌ای مستلزم توجه به محیط زیست و حفاظت از آن برای نسلهای آینده است. در ارتباط با چارچوب کلی آینده‌ی انرژی در جهان، طبق آمار مصرف انرژی جهانی با رشد ۴۲ درصدی تا سال ۲۰۲۵ میلادی به ۱۴۳۶۱ میلیون تن معادل نفت خام می‌رسد. و تامین نیاز فزاینده انرژی جهان اولین چالش آتی پیش روی بشر در بخش انرژی است. براساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی، مصرف انرژی جهان در ۲۰۲۲ به ۶۰۶ اگزاجول (EJ) رسید، در ۲۰۲۳، انتشار جهانی CO<sub>2</sub> به ۳۷٫۵ میلیارد تن رسید (رشد ۱٫۱٪ نسبت به ۲۰۲۲). هنوز درآمد ۸۰-۹۰٪ کشورهای عضو اوپک (مانند عربستان، عراق، ایران) از نفت/گاز است، برخی مانند عربستان سعودی و امارات پروژه‌های عظیم تجدیدپذیر (انرژی پاک) راه انداخته‌اند تا وابستگی به نفت را کاهش دهند. مصرف بهینه انرژی، از عوامل مهم در کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای و به‌طور کلی نگهداری محیط زیست است. این امر تنها مربوط به کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر نیست، بلکه مهم‌تر از آن مربوط به کاهش در مصرف انرژی به ازای هر واحد تولید (شدت انرژی) است. از مقدار مصرفی سالانه انرژی فسیلی، حدود ۳۰ درصد آن در بخش صنعت مصرف می‌گردد، که بیشترین سهم را پالایشگاههای نفت و گاز دارند. بنابراین مدیریت انرژی در بخش پالایشگاهی کمک بسیار بزرگی به بهینه‌سازی مصرف انرژی‌های فسیلی خواهد داشت در سال ۲۰۲۲، بخش صنعت ۳۵٪ از کل مصرف انرژی نهایی ایالات متحده و ۳۳٪ از کل مصرف انرژی ایالات متحده را به خود اختصاص داده است بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی یکی از دغدغه‌های اصلی صنعت نفت، گاز و پتروشیمی می‌باشد. امروزه با گسترش صنعت پالایش، فراوری نفت و گاز در کشور و با توجه به اینکه ایران در میان تولیدکنندگان آلاینده‌های هیدروکربنی ناشی از سوزاندن گاز در فلر و یا تخلیه آن به محیط زیست، رتبه سوم را در جهان داراست، تدوین برنامه جامع و اجرای پژوهش‌هایی در راستای کاهش این معضل امری ضروری است. با افزایش آگاهی از نگرانیهای زیست محیطی، جامعه به طور فزاینده‌ای، نگران مسائلی مانند تخلیه منابع طبیعی و تخریب محیط زیست است. تجارت و صنعت با ارائه محصولات سبزتر و استفاده از فرآیندهای سبزتر به این آگاهی واکنش نشان داده‌اند. اثرات منفی زیست محیطی مرتبط با محصولات و فرآیندها به یک نگرانی عمده تبدیل شده‌اند که باعث شده‌اند بسیاری از شرکتها به بررسی روشهایی برای کاهش اثرات آنها بر محیط زیست بپردازند. تولید در یک میدان نفتی می‌تواند تا سالیان زیادی طول بکشد، عملیات تولید ایمن و پاک امری حیاتی است. کیفیت و کمیت نفت خام ارسالی از واحدهای بهره‌برداری به پارامترهایی نظیر خواص سیال، میزان گاز همراه نفت، فاصله‌های نفت تا واحد بهره‌برداری، قطر خطوط لوله، درجه حرارت محیط، فشار تفکیک گر و .. بستگی دارد. و از این موارد فشار و دمای محیط قابل تغییر می‌باشند، که تنها فشار محیط قابل کنترل است. لذا لازمه دقیق تعیین فشار بهینه‌سازی واحد با استفاده از نرم افزارهای سیستمی می‌باشد. بهینه‌سازی انرژی فرآیند ریفرمینگ گاز طبیعی باعث کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در کوره‌ها می‌گردد و می‌تواند باعث کاهش فلرینگ شود همچنین نتایج آن می‌تواند نقش مهمی در مدیریت و بهینه‌سازی انرژی و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی گازهای ارسالی به فلر را داشته باشد. با انجام شبیه‌سازی و تحلیل انرژی می‌توان فشارهای بهینه را در تفکیک گر ها به دست آورد و با تلفیق شبیه‌سازی فرآیند و ارزیابی چرخه عمر می‌توان بهینه‌سازی را به نحو مناسب انجام داد و اثرات زیست محیطی را به میزان قابل توجهی کاهش داد. عبارت انرژی در سال ۱۹۵۶ توسط زوران رنت با استفاده از دو واژه یونانی اگز (ex) و ارگون (ergon) مطرح شد. انرژی هیچگاه طی یک فرآیند از بین نمی‌رود، بلکه از شکلی به شکل دیگر تغییر می‌یابد. برعکس، انرژی عامل برگشت‌ناپذیری یک فرآیند به واسطه افزایش آنتروپی است. انرژی همواره وقتی که تغییر دما باشد، از بین می‌رود. این نابودی متناسب با افزایش آنتروپی سیستم همراه با محیط پیرامونش است. انرژی نابودشده، انرژی نامیده می‌شود. برای فرآیندی همدما، انرژی و انرژی واژه‌های تعویض‌پذیری هستند. در واقع انرژی نوعی مدل کردن انرژی بر اساس قانون اول و دوم ترمودینامیک می‌باشد. کاربرد تحلیلی انرژی به ما کمک می‌کند تا میزان هدروری انرژی را در فرآیندهایی که به تعادل میرسند، پیدا کنیم. غائبی و همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند که با افزایش دمای ورودی رطوبت زدا و دمای ورودی گرمکن سیستم آب شیرینکن بازده انرژی و انرژی کاهش می‌یابد و همچنین با افزایش نرخ دبی جرمی گردش یافته در رطوبت زدا، بازده انرژی و انرژی افزایش می‌یابد. آیرز و همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند که انرژی می‌تواند به عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری منابع و جریان‌های انرژی و همچنین پتانسیل آلودگی و آسیب زیست محیطی مورد استفاده قرار گیرد. تجزیه و تحلیل انرژی اجازه می‌دهد بسیاری از کاستیهای تجزیه و تحلیل انرژی برطرف شوند و جریان انرژی، تعادل، تخریب و کارایی برای یک فرآیند یا سیستم کلی و زیربخشهای آن تعیین می‌شود. تحلیل انرژی بر اساس قانون دوم ترمودینامیک است و در شناسایی علل، موقعیت و بزرگی ناکارآمدیهای فرآیند مفید است. تحلیل انرژی

اذعان میکند که اگرچه انرژی نمیتواند ایجاد یا تخریب شود، اما می تواند از نظر کیفیت تخریب شود و در نهایت به حالتی برسد که در آن با محیط اطراف در تعادل کامل است. سه ارتباط اصلی بین انرژی و اثرات زیست محیطی که معمولاً در طول تمام فازهای چرخه حیات رخ میدهد، شامل انتشار انرژی تلف شده، تخریب منابع، تخریب نظم و ایجاد آسفتگی می باشد. انرژی مربوط به تشعشعات مواد زائد می تواند به عنوان پتانسیلی برای آسیبهای زیست محیطی در نظر گرفته شود، در حالی که این انرژی نشان دهنده پتانسیل ایجاد تغییر به خاطر عدم تعادل با محیط است. منابع موجود در طبیعت به دلیل عدم خارج شدن از تعادل با محیط، از حساسیت برخوردار هستند و تخریب منابع طبیعی نوعی از آسیبهای زیست محیطی است. اساساً، انرژی یک معیار نظم و آنتروپی هرج و مرج و تخریب نظم و یا ایجاد هرج و مرج، شکلی از آسیب زیست محیطی است. از گازهای با زیستی شده از شبکه مشعل یک پالایشگاه گاز به منظور کاهش آلودگی زیست محیطی و بهینه سازی مصرف انرژی می توان استفاده نمود. با استفاده از شبیه سازی و بهینه سازی فرآیند، بهترین دما و نرخ جریان را تعیین و صرفه جویی اقتصادی حاصل از آن را در فرآیند تولید پروپیلن بیان کرد، جوادی و همکاران در مطالعه ای از شبیه سازی فرآیند پالایشگاه نفت خام بوعلی سینا با استفاده از نرم افزار هایسیس برای اصلاح و طراحی مجدد پارامترهای مؤثر بر مصرف انرژی پالایشگاه استفاده کردند. همچنین با استفاده از شبیه سازی و بهینه سازی فرآیند جداسازی نفت خام با استفاده از نرم افزار هایسیس می توان فشار عملیاتی، تغییرات فشار اتمسفر، قطر مخزن جداکننده و نرخ جریان سیال را بررسی کرد. باریوس و همکاران با بهینه سازی و مدل سازی فرآیند با استفاده از رویکرد شاخص انرژی در یک پالایشگاه نفت و گاز، نشان دادند که بهبود راندمان پمپ، تولید را افزایش و شدت انرژی را کاهش می دهد. آن ها این روش را برای سایر تجهیزات، از جمله فرآیندهای بخار و مبدل های حرارتی پیشنهاد کرده اند. اولوگینگا و همکارانش با مدل سازی و شبیه سازی فرآیندهای نفت خام، نشان داده اند که بهترین فشار بخار  $7,752 \text{ Psia}$  است. حمید سعود و همکاران با استفاده از نرم افزار هایسیس، تعداد سینی ها، نرخ گردش، دما، نرخ جریان جرمی و مولی و سایر پارامترهای کاهش  $H_2S$  را بررسی کردند و با استفاده از بهینه سازی فرآیند، نشان دادند که جریان حجمی محصولات با افزایش دما افزایش و مقدار نفتا کاهش می یابد. آنگانی انرژی تلف شده در واحد تقطیر نفت خام و استفاده از آن به عنوان مصرف فرآیند را بررسی کرده و نشان داده است که بیشترین مصرف انرژی از سوخت های فسیلی است و در نهایت اصلاحات لازم را انجام داده و یک شبیه سازی جدید انجام داده است. مطالعه لویسا و همکاران نشان می دهد که اگرچه هیدروکراکینگ انرژی بر است، اما تحلیل انرژی به شناسایی ناکارآمدی ها کمک می کند و معیارهای تاب آوری، طراحی قوی را هدایت می کنند. مطالعه داسیت و همکاران عملکرد انرژی و انرژی، اثرات زیست محیطی و بهینه سازی راندمان سیستم های احتراق  $CCCHP$  را با استفاده از شبیه سازی نرم افزار  $Epsilon Professional$  ارائه و راندمان انرژی را افزایش داده و انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش می دهند. فرآیندهای پالایش نفت خام که برای استخراج آب، گاز، گوگرد و نمک از نفت خام طراحی شده اند، از جمله فرآیندهایی هستند که پیامدهای زیست محیطی قابل توجه و تقاضای انرژی بالایی دارند. به همین دلیل، آنالیز انرژی در زمینه محیط زیست صنعتی برای استفاده کارآمدتر از انرژی انجام می شود. مهندسی از آنالیز انرژی برای بهینه سازی استفاده می کنند بهینه سازی فرآیند راهی عالی برای دستیابی به اهداف تولید است. ارزیابی انرژی در محیط صنعتی برای به حداکثر رساندن استفاده از انرژی انجام می شود. ارزیابی انرژی توسط مهندسان برای بهینه سازی عملکرد استفاده می شود. بنابراین با توجه به موارد اشاره شده و تحقیقات قبلی، موضوع تحقیق حاضر با توجه به مقدار انرژی مصرف شده در طول فرآیند پالایش نفت خام، اهمیت انرژی در جامعه امروزی و حذف تجهیزات ناکارآمد انجام گردید. لذا برای کاهش انرژی و افزایش تولید با کمترین هزینه ممکن، مطالعه حاضر با هدف پیاده سازی تکنیک های ضروری برای بهینه سازی میزان انرژی در تمام مراحل پیش پالایش نفت خام چشمه خوش (بهره برداری و نمک زدایی) ترتیب گردید.

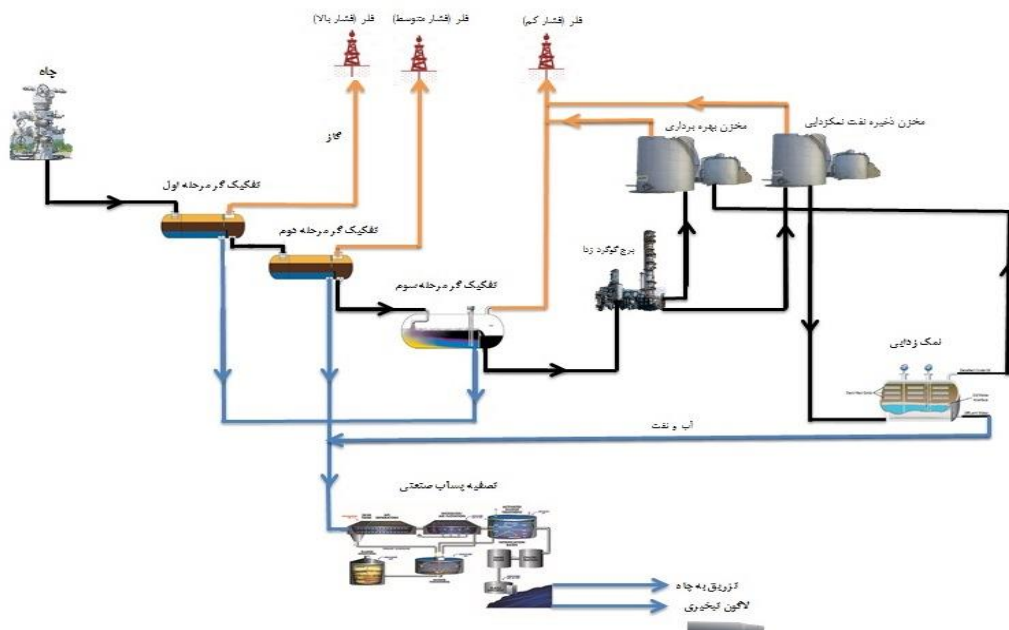
## ۲- روش انجام تحقیق

دو تا پنج درصد از نفت ایران توسط شرکت نفت چشمه خوش تولید می شود. در آینده نزدیک، با توجه به سرمایه گذاری کشور روسیه و افزایش تولید، این شرکت می تواند سهم اقتصادی و تولید نفت بیشتری داشته باشد. از آنجا که تا به امروز بررسی جامعی در مورد فرآیند پیش پالایش نفت خام چشمه از نظر ارزیابی انرژی انجام نشده است، تحقیق حاضر برای پر کردن این شکاف و به منظور توسعه اقتصادی، این تحقیق با هدف شبیه سازی فرآیند و کشف هدرت انرژی، حذف تجهیزات ناکارآمد و بهینه سازی فرآیند در تمام مراحل تولید نفت خام در منطقه عملیاتی نفتی چشمه خوش انجام شد. بنابراین می توانیم با توجه به شرایط تحریم فعلی، استراتژی های ضروری را ارائه دهیم و آنها را در سایر واحدهای پالایش نفت خام کشور نیز به کار گیریم.

### • محدوده مورد مطالعه

واحد بهره برداری چشمه خوش واقع در ۵۲ کیلومتری شهرستان دهلران از توابع استان ایلام می باشد که با ظرفیت اسمی ۸۰ هزار بشکه در روز نفت تولیدی میادین چشمه خوش، پایدار، پایدار غرب و دالپری را فرآوری و به وسیله دو خط لوله ۲۴ و ۲۰ اینچ به طول ۵۳ و ۱۵۳ کیلومتر به واحد تلمبه خانه سبزآب و واحد بهره برداری شماره ۳ اهواز و تلمبه خانه شهید چمران به منظور تأمین خوراک پالایشگاه ها و یا صادرات از سال می نماید. لازم به ذکر است طول خطوط لوله از چاهها تا مرکز بهره برداری و نمک زدایی چشمه خوش در مجموع حدود ۱۰۰۰ کیلومتر می باشد. در واحدهای بهره برداری، تأسیسات لازم جهت جدا سازی گاز از نفت طی چهار مرحله (در چهار فشار مختلف)

فراهم گردیده است. این مراحل شامل سه مرحله اول تفکیک کننده گاز از نفت و مرحله چهار مخزن بهره برداری می باشد. باتوجه به تعداد چاه های جریانی، مراحل چهارگانه واحد بهره برداری از یک تا چند ردیف خواهد بود. لذا در هر مرحله نسبت به مرحله قبلی فشار کم شده و این اجازه به گاز داده می شود که طی چهار مرحله از نفت جدا شده و در مرحله آخر (مرحله مخزن بهره برداری) نفت بدون گاز (در شرایط تثبیت شده) جهت انتقال به مراکز مصرف پالایشگاهی آماده شود. هر واحد بهره برداری به طور معمول مجهز به یک تلمبه خانه و خط لوله انتقال نفت است که توسط آن نفت تولیدی را پس از فشارافزایی و اندازه گیری به طور مستمر به شبکه توزیع نفت خام ارسال می کند. بر روی کلیه خطوط لوله در چند راه ورودی واحد بهره برداری شامل خطوط لوله چاه ها و تسهیلات سر چاهی؛ اندازه گیری دی، فشار، دما، شیرهای ایمنی و ... نصب شده است. این خطوط لوله به وسیله خطوط لوله مقسم باتوجه به ماهیت نفت ورودی به مجموعه های تفکیک مختلف (غیر نمکی - نمکی) هدایت می شوند. ظروف تفکیک گاز از نفت، ظروفی افقی با ابعاد مشخص و فشارهای عملیاتی مناسب بوده که نفت تولیدی از یک طرف به آن وارد شده و باتوجه به وجود ادوات ویژه درون آن و نیروی گرانش نفت به قسمت پایین و گاز به قسمت بالا هدایت می شود و در نهایت گاز از قسمت بالای تفکیک کننده و نفت از سمت پایین آن خارج می شود. تفکیک کننده ها بر مبنای کاهش فشار در هر مرحله تفکیک عمل می کنند. چنانچه نفت ورودی یک یا چند چاه به واحد بهره برداری، ترش باشد (دارای گاز هیدروژن سولفور)، به برج گوگرد زدا ارسال می گردد، در این مجموعه با نصب یک برج جداکننده هیدروژن سولفور، میزان هیدروژن سولفور نفت به حد استاندارد رسانده می شود، اگر نفت تولیدی به همراه خود نمک داشته باشد، در بدو ورود به واحد بهره برداری از طریق خطوط لوله مقسم به مجموعه تفکیک مختص نفت نمکی هدایت، نفت نمکی عاری از گاز جهت آبدایی و نمک گیری به تأسیسات نمک زدایی که معمولاً در مجاورت واحدهای بهره برداری احداث شده اند هدایت می یابند و در این واحد پس آب جدا شده که با توجه به درصد بالای نمک آن پس از انجام مراحل تصفیه به چاه های تزریقی ارسال می گردد (اسناد موجود در منطقه عملیاتی نفت چشمه خوش، پایگاه اینترنتی شرکت بهره برداری نفت و گاز غرب، ۱۴۰۴).

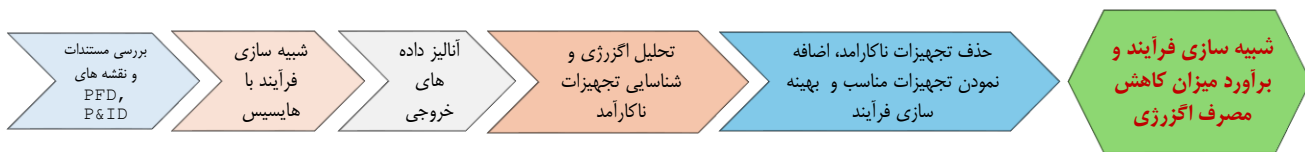


شکل ۱- دیاگرام واحد بهره برداری و نمک زدایی چشمه خوش (نویسنده)

#### • روش انجام

باتوجه به تحریم های صورت گرفته علیه کشور ایران و اهمیت انرژی در جهان می طلبد تا فرآیندهای صنعتی با رویکردی اقتصادی و انرژی - مدارانه مورد توجه قرار گیرد تا هدررفت منابع کمترین میزان خود را داشته باشد. فرآیند تولید و فرآورش نفت خام از جمله فرآیندهای صنعتی است که انجام شبیه سازی فرآیند، تحلیل انرژی فرآیند فرآورش نفت خام قبل و بعد از بهینه سازی امری مفید می باشد. تهیه فهرست موجودی از ورودی های انرژی و مواد فرآیند فرآورش نفت خام که شامل پمپ های دوفازی، توربین ها، کمپرسورها، ولوها، هیترها، کوره ها، مخازن ذخیره، دیسالترها، چاه های تزریق پس آب و خطوط لوله انتقال نفت بررسی شده و ورودی و خروجی و سایر اطلاعات مورد نیاز هر کدام از تجهیزات می تواند در جهت تحقق اهداف و نتایج شبیه سازی کمک شایانی بنماید. شبیه سازی و بهینه سازی فرآیند به ویژه برای طراحی و مهندسی سیستم ها به عنوان عناصر کلیدی برای بهینه سازی فرآیندهای موجود و آینده مفید هستند. لذا باتوجه به مطالعه تحقیقات گذشته و مشاوره با متخصصان شیمی فرآیند، در این مطالعه نرم افزار شبیه ساز فرآیند هایسیس به دلیل کاربر پسند بودن، رایگان بودن، داشتن مرکز

اطلاعات کتابخانه‌ای، محدوده معادلات ترمودینامیکی و ضرایب دو جزئی و ... وسیع و همچنین استفاده فراوان در صنعت انتخاب گردید. با توجه به اینکه تاکنون در خصوص تحلیل آگزرژی، بر روی فرآیند فرآورش نفت خام چشمه خوش مطالعه ای انجام نشده است، تحقیق حاضر ترتیب گردید تا با شبیه سازی فرآیند و سپس شناسایی هدررفت های انرژی، تجهیزات ناکارآمد حذف و بهینه سازی فرآیند در کلیه مراحل تولید نفت خام در منطقه عملیاتی نفت چشمه خوش در جهت رشد اقتصادی کشور با توجه به شرایط کنونی در تحریمها راهکارهای لازم ارایه داد، و همچنین می توانیم در سایر واحدهای فرآورش نفت خام در کشور استفاده نماییم. در این مطالعه ابتدا شبیه سازی فرآیند (بر اساس نقشه های فرآیندی و موازنه جرم و حرارت PFD, P&ID, H&MB و نقشه ها و دیاگرام های خطوط لوله، فرایندها و تجهیزات) با استفاده از نرم افزار اسپن هایسیس انجام و با استفاده از داده های خروجی نرم افزار هایسیس میزان آگزرژی و انرژی مصرفی در طول کلیه بخش های فرآیند و تجهیزات بررسی، و سپس اجزای ناکارآمد شناسایی، حذف یا اصلاح فرآیند در جهت بالا بردن بازدهی تجهیزات بر اساس پارامترهای عملیاتی، بهینه ساز فرآیند، تجزیه تحلیل آگزرژی صورت می گیرد، همچنین با استفاده از نرم افزار پایپ سیم تاثیر پروفایل خطوط لوله بر فشار عملیاتی فرآیند بررسی و مشخص گردید که تاثیر چندان در پارامترهای عملیاتی ندارد (شکل شماره ۲).



شکل ۲- مراحل کلی پژوهش

### ۳- تجزیه و تحلیل داده ها

در این تحقیق پس از مطالعه مدارک و مستندات فرآیندی موجود (PFD, P&ID، متربال بالانس)، شبیه سازی فرآیند انجام (شکل شماره ۳) و پس از شبیه سازی کاربرگ مناسب برای تحلیل آگزرژی تهیه و در کاربرگ مورد نظر، دما، دبی جرمی، انتالپی، انترپی و آگزرژی تمام جریانها به صورت ورکشیت در نرم افزار هایسیس ایجاد و در ادامه داده های کاربرگ به نرم افزار اکسل منتقل و محاسبات آگزرژی انجام و اتلاف آگزرژی محاسبه شده است (جدول شماره ۱). مقادیر تمام موارد ذکر شده توسط نرم افزار محاسبه گردید. در این شبیه سازی کار تولیدی وجود ندارد و تنها پمپها کار مصرف می کنند. همچنین انرژی (گرما) تولیدی نداریم و انرژی تنها برای گرمایش جریانها مصرف می شود. پس از وارد کردن داده های مورد نیاز در نرم افزار اکسل، جریان های ورودی و خروجی دسته بندی شده و اتلاف آگزرژی محاسبه می شود. در ادامه برای کاهش اتلاف آگزرژی از اضافه کردن مبدل های حرارتی استفاده شد. در این راستا، ۵ مبدل حرارتی به شبیه سازی اضافه و از انرژی جریان های گرم برای گرمایش جریان های سرد استفاده شد. پس از اضافه شدن ۵ مبدل حرارتی، ۲ هیتر از شبیه سازی حذف شد؛ زیرا جریان های پیش از ورودی به هیتر توسط مبدل های حرارتی به دمای مورد نظر رسانده بودند و نیاز به هیتر وجود نداشت. با این روش علاوه بر حذف کامل ۲ هیتر، گرمای مورد نیاز برای دیگر هیترها نیز کاهش می یابد (جدول شماره ۲، شکل شماره ۴). در پایان مطابق روند ذکر شده در قبل، ورکشیت مناسب تحلیل آگزرژی ایجاد و داده ها به نرم افزار اکسل منتقل و محاسبات مربوطه انجام می گردد.

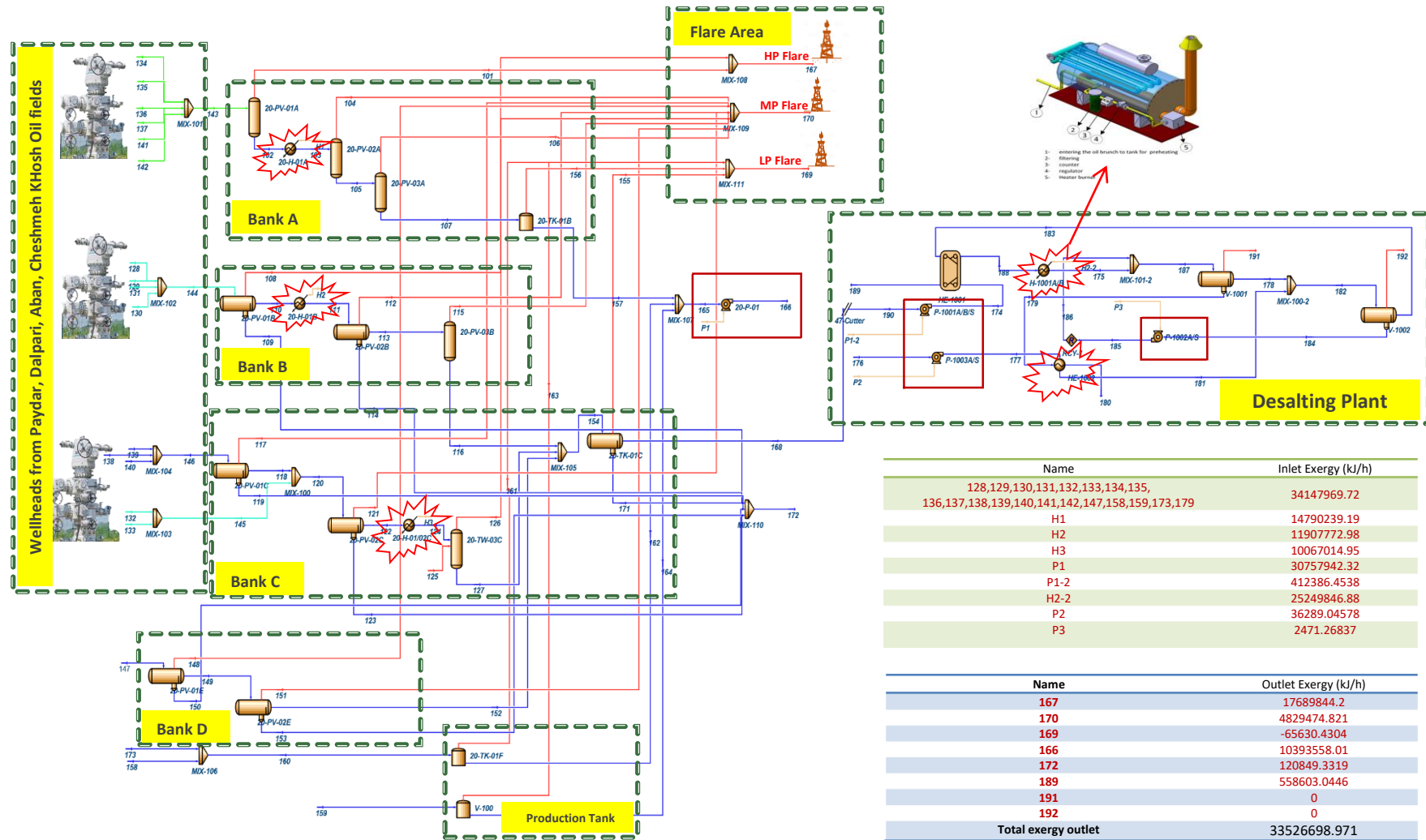
جدول ۱ - مشخصات جریان های فرآیند نفت در واحد بهره برداری و نمک زدایی چشمه خوش قبل از بهینه سازی

Exergy	Outlet	Exergy	Inlet	Exergy	Inlet
17689844.2	167	490141.9144	147	2320642.722	134
4829474.821	170	249918.9743	173	2320642.722	135
-6563.4304	169	187842.1852	158	2320642.722	136
10393558.01	166	91451.68423	159	2320642.722	137
120849.3319	172	10812.62408	176	2320642.722	141
558603.0446	189	14790239.19	H1	2320642.722	142
0	191	11907772.98	H2	1657539.359	128
0	192	10067014.95	H3	2777020.723	129
33526698.97	Total outlet exergy	30757942.32	P1	2777020.723	131
127371932.8	Total inlet exergy	412386.4538	P1-2	2777020.723	130
<b>Total exergy=</b>		25249846.88	H2-2	826687.2929	138
<b>Total inlet - Total outlet exergy</b>		36289.04578	P2	2407010.249	139
<b>93845233.85 kJ/h</b>		2471.26837	P3	2012790.653	140
		2915648.664	133	1043207.614	132

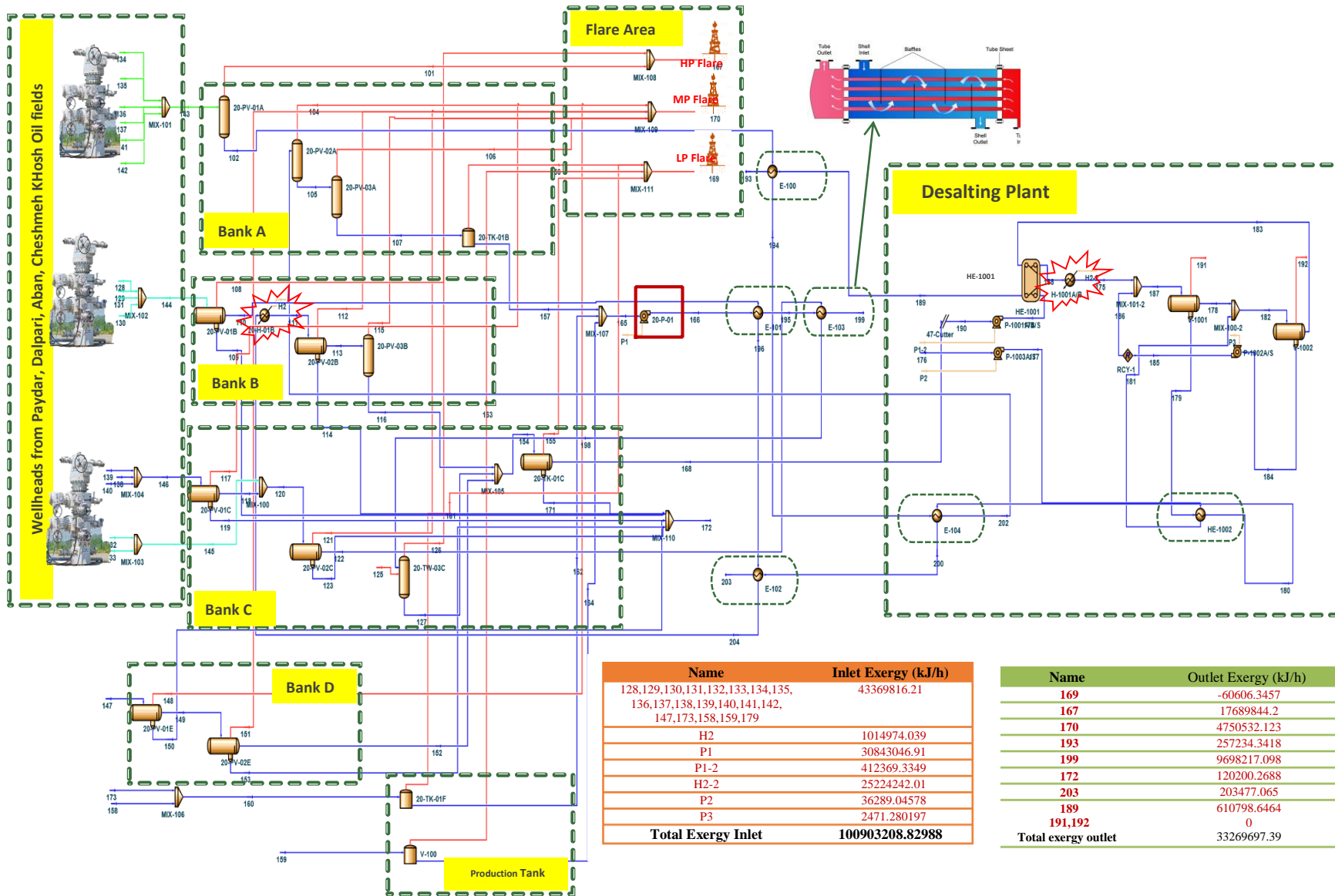
جدول ۲ - مشخصات جریان های فرآیند بهره برداری و نمک زدایی چشمه خوش (پس از از بهینه سازی)

Exergy	Outlet	Exergy	Inlet	Exergy	Inlet
-60606.3457	169	3958647.496	132	2320642.722	134
17689844.2	167	490141.9144	133	2320642.722	135
4750532.123	170	490141.9144	147	826687.2929	136
257234.3418	193	610798.6464	173	2012790.653	137
9698217.098	199	5845037.669	158	3958647.496	141
120200.2688	172	40777.61802	159	490141.9144	142
203477.065	203	10157332.01	176	2320642.722	128
610798.6464	189	1014974.039	H2	2320642.722	129
0	191	30843046.91	P1	2407010.249	131
0	192	412369.3349	P1-2	2407010.249	130
33269697.39	Total outlet exergy	25224242.01	H2-2	315605.6926	138
67633511.44	Total exergy	36289.04578	P2	35487.55259	139
<b>27.93079769 %</b>		2471.280197	P3	40986.95216	140
<b>Total inlet exergy = 100903208.8</b>					
<b>Total exergy= Total inlet exergy - Total outlet exergy , Total exergy =67633511.44 (kJ/h)</b>					

مجموع انرژی جریان های خروجی از واحد - مجموع مقادیر انرژی و یا کار تولید شده در واحد - مجموع انرژی ورودی به واحد + مجموع مقادیر انرژی و یا کار مصرف شده در واحد = اتلاف انرژی



شکل ۳- شبیه سازی فرآیند بهره برداری و نمک زدایی چشمه خوش قبل از بهینه سازی و تحلیل انرژی



شکل ۴- شبیه سازی فرآیند بهره برداری و نمک زدایی چشمه خوش پس از بهینه سازی و تحلیل انرژی

## ۴- بحث و نتیجه گیری:

در سال‌های اخیر، تحلیل انرژی به عنوان یک ابزار قدرتمند برای ارزیابی کارایی سیستم‌های انرژی و فرآیندهای صنعتی، از جمله صنایع نفت و گاز، مورد توجه قرار گرفته است، لذا تحقیق حاضر در جهت تحلیل انرژی برای شناسایی نقاط اتلاف انرژی در فرآیند، حذف تجهیزات ناکارآمد (مانند هیترهای کم‌بازده) و جایگزینی با سیستم‌های بهینه، کاهش مصرف انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی از طریق بازیابی حرارت و افزایش تولید با بهبود راندمان فرآیند فرآورش نفت خام در واحد بهره برداری نفت چشمه خوش صورت پذیرفته است. در این مطالعه در جهت پیشبرد اهداف، با استفاده از نرم افزار پایپ سیم تاثیر پروفایل خطوط لوله بر فشار عملیاتی فرآیند بررسی و مشخص گردید که تاثیر چندانی در پارامترهای عملیاتی ندارد، لذا پس از شبیه سازی فرآیند فرآورش نفت خام با استفاده از نرم افزار اسپن هایسیس و تحلیل انرژی مبدل‌های حرارتی به شبیه سازی اضافه و از انرژی جریان‌های گرم برای گرمایش جریان‌های سرد استفاده و ۲ هیتر از شبیه سازی حذف، و ۵ مبدل حرارتی اضافه گردید با این روش علاوه بر حذف تجهیزات ناکارآمد، گرمای مورد نیاز برای دیگر هیترها نیز کاهش می یابد. نتایج محاسبه‌ی اتلاف انرژی قبل و بعد از اضافه کردن مبدل‌های حرارتی و حذف هیترها حاکی از: کاهش ۲۷/۹۳ درصدی اتلاف انرژی در فرآیند، نشان‌دهنده بهبود چشمگیر در بازدهی انرژی، کاهش مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌ها به دلیل حذف هیترهای وابسته به منابع انرژی خارجی، افزایش راندمان تولید با بهینه‌سازی توازن انرژی در سیستم می باشد که پیامدهای صنعتی و زیست‌محیطی از جمله: صرفه‌جویی اقتصادی (کاهش هزینه‌های عملیاتی ناشی از مصرف انرژی)، پایداری محیط‌زیست (کاهش ردپای کربن و سایر آلاینده‌ها مطابق با استانداردهای سبز) و قابلیت تعمیر در سایر واحدهای فرآورش نفت و گاز را می تواند به دنبال داشته باشد. این پژوهش نشان می‌دهد که تحلیل انرژی نه تنها یک ابزار نظری، بلکه تلفیق تحلیل انرژی با بازیابی حرارت و به‌روزرسانی تجهیزات یک راهکار عملی برای بهینه‌سازی چندبعدی (انرژی، اقتصاد و محیط‌زیست) در صنعت نفت و گاز است. نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند الگویی برای سایر واحدهای صنعتی باشد تا با رویکردی سیستماتیک به سمت تولید پایدار حرکت کنند.

## ۵- منابع

- Aduhene, D. 2016. The Exploration and Production Life cycle of oil and gas . [www.reportingoilandgas.com](http://www.reportingoilandgas.com).
- Anagani, Tarun. 2024. «Optimization of crude distillation unit using pinch technology with aspen hysys». A thesis presented the department of chemical engineering California state university, long beach, p7-28
- Ayres R.U, Ayres L.W, Martinas K. 1998. "Exergy, waste accounting and life-cycle analysis." *Energy*; 23: 355-63. DOI: 10.1016/S0360-5442(97)00076-5.
- Bahadori, A., Hari, B., Mokhatab, S. 2008. Optimizing separator pressure in the multistage crude oil production unit. *Asia-Pac. J. Chem. Eng. Volume3, Issue4 Special Issue: Separation Processes*. <https://doi.org/10.1002/apj.159>.
- Barrios, Baquero, David, Juan, 2023. «Process modeling optimization on energy performance indicators: A case study of pumping system in an oil and gas treatment facility ». *Electronic Thesis, Communication in OAKTrust*.p60
- Dargahi, H., Bahrami, M. 2011. the GHGs Emissions Determinants in Selected OECD and OPEC Countries and the Policy Implications for Iran: (Panel Data Approach); 1(1): 5-263.
- Dasith Wijesekara, Prasad Amarasinghe, Ashan Induranga, Vimukthi Vithanage, Kaveenga Rasika Koswattage, 2025. Energy, Exergy, and Environmental Impact Analysis and Optimization of Coal–Biomass Combustion Combined Cycle CHP Systems, *Sustainability*, 17(6), 2363; <https://doi.org/10.3390/su17062363> .
- Dincer I., Rosen M.A. 2012. *Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development*. UK: Elsevier; 2007. ISBN: 0080970907, 9780080970905. Publisher: Newnes.
- Documents in Cheshmeh Khosh Oil Operation Area. 2022. National Iranian Oil Company, WOGPC (West Oil and Gas Production Compny). <https://www.wogpc.ir/>.
- EIA. U.S. 2022. Energy Information Administration, Manufacturing Energy Consumption Survey. <https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/industry.php>.
- Electricity and Energy Macro Planning Office in IRAN. 2019. Energy Balance Sheet, Ministry of Energy. <https://isn.moe.gov.ir/>.

- Enayati, M., Watani, A., Rashtchian, D. 2014. Simulation and environmental assessment of the gas recovery system sent to the Felare network. *Energy Eng*; 4(1): 30-39. DOR: 20.1001.1.23452951.1393.4.1.2.6. <https://energy.kashanu.ac.ir/article-1-164-fa>.
- Enayati, Mehdi, Hosseini, Seyed Mohsen, Parvizian, Fahimeh. 2024. "Simulation and exergy analysis of the sources consuming the gases recovered from the gas refinery flare network". *Journal of Oil Research*, No. 137, pp. 114-127,
- Fakhreddini, A., Ansari, A. 2018. Energy Optimization of Combined Natural Gas Reforming Process with HYSYS Software. Fifth National Conference on New Research in Chemical Science and Engineering; COI: CCES05\_012, <https://civilica.com/doc/813552/>.
- Halimifard, G., Akbari, A. 2011. Simulation of Amirkabir Petrochemical Ethane Refining Process with the aim of optimizing energy in this process with ASPEN HYSYS software Third National Conference on New Research in Chemistry and Chemical Engineering; COI: CMRCE03\_068. <https://civilica.com/doc/130120/>.
- Halimifard, G., Zare, H., Tahmasebi, H. 2012. Energy Optimization in the Flaring Section of Masjed Soleiman Gas Refinery, Master Thesis. Shahroud Azad University; <https://elmnet.ir/article/10514938-19501>.
- Hunt, RG., Franklin, WE., Welch, RO., Cross, JA., Woodal, a. 1974. Resource and environmental profile analysis of nine beverage container alternatives. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency; <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/9100M5VS>.
- Ibrahim, Hawraa Khalil, Kadhim, Dina Sami, Zahraa Ahmmad. 2024. «Simulation, optimization and analysis of the crude oil separation plant in basra, Iraq, by Hysys». Conference: 7th International Azerbaijan Congress on Life, Engineering, Mathematical, and Applied Sciences, At: Azerbaijan – Baku, p1.
- Javadi, Ali, Nemati Yazdi, Nazanin, Mehdi, Nasiri, Mostafa, Valizadeh. 2014. "Pinch analysis and case simulation of the Bu Ali Sina crude oil refinery unit". *Two quarterly scientific journals of science and technology in mechanical engineering*, Volume 2, Number 2. pp. 1-14.
- Karimi, Asadollah, Kaviani, Alireza. 2024. "Process study of polypropylene production using the Analytic Hierarchy Process: Simulation and Optimization". *New Process Journal*, Year 19, No. 86. pp. 27-38.
- Khorshidi, J., Jahanshahi, B. 2012. The influence of energy management of industrial furnaces of Sarkhon and Qeshm gas refineries on Energy Consumption. 2th National Conference on Energy Management in Oil and Energy Industries. <https://civilica.com/doc/706207>.
- Luisa, José, Ángel Darío. 2025. Exergy Assessment and Exergetic Resilience of the Large-Scale Gas Oil Hydrocracking Process. , 7(2), 65; <https://doi.org/10.3390/sci7020065>
- Mark E, Rosen. A, Dinser (authors). Bahrapour A (Translator). 2021. Exergy assessment and its relation with life cycle assessment. First Edition. Tehran. Authoring Educational Institute of Arshadan. P42.
- Mark E, Rosen. I, Dinser (authors) Bahrapour A (translator). 2021. Evaluation of the exergetic life cycle. First Edition. Tehran. Authoring Educational Institute of Arshadan.
- Mark E, Rosen. I, Dinser (authors) Bahrapour A (translator). 2021. "Exergy-Energy, Environment and Sustainable Development." First Edition. Tehran. Authoring Educational Institute of Arshadan.
- Masoudnia, M., Keshvari, M. 2012. Reducing the amount of flaring: a case study of a gas refinery. The second conference and exhibition of industrial energy management. Tehran. Iran; COI: ENERGYCONF02\_053; <https://civilica.com/doc/181727/>.
- Olugbenga, AG., Ochayi, AE., Ogidi, O. 2024. «Efficient modeling and simulation of crude oil stabilization process: integrating RSM and Aspen Hysys fo energy saving ». SPE Nigeria annual international conference and exhibition, p1
- Pirzadeh, M., Nasrabadi, AM., Fayouzi, A., Goshtasb, B. 2011. Reduction of energy consumption in distillation units of Bandar Abbas oil refinery with the implementation of crude oil processing project in Hengam field. The first national conference on energy management in oil and gas industry; COI: ENERGYCONF01\_012, <https://civilica.com/doc/126567/>
- Rezazadeh, P., Moradi, GH. 2010. Estimation of the optimum pressures of separation phases in crude oil exploitation units to obtain the maximum level of crude oil production, Thesis, Razi University, Technical and Engineering Research Institute. <https://elmnet.ir/doc/10508559-67661>.

- Rikhtegar, F. 2011. Strategies for reforming the pattern of energy consumption in the oil industry. Quarterly Journal of Research, Education, News and Information on Energy Consumption Optimization, NO.1770, COI: ICOGPP04\_090.
- Rosen M.A., Dincer I. 1997. "On exergy and environmental impact." International Journal of Energy Research 1997; 21: 643-654. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099).
- Sari, R., Soytaş, U. 2009. Are Global Warming and Economic Growth Compatible? Evidence from Five OPEC Countries. Journal of Applied Energy, No. 86, pp. 1887-1893. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.12.007>.
- Saud, Iltifat Hameed, Aseed, Abdulrazzaq, A Al Asadi Akram, Basma Al Janab, 2024. «Study and optimization of the factors affecting the crude oil distillation process using Hysys ». EUREKA; physics and engineering, 31-41.
- Taghi Abadi, M., Irani, M., Tavassoli, A. 2017. Flare Gases Management with Recovery Methods Utilization. 2017. <https://www.magiran.com/p1795658>.
- Tamazian, A. 2009. Do Economic, Financial and Institutional Developments Matter of Environmental Degradation? Evidence from Transitional Economics. Energy Econ. Volume 32, Issue 1, January, Pages 137-145. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.04.004>.
- Website of West Oil and Gas Exploitation Company. 2022. <http://www.wogpc.ir/>.
- Yousefikhah, S. 2017. Developing Strategies for Improving the Energy Consumption Pattern in the Oil Industry, (Case Study: Iran). Fourth International Conference on Oil, Gas and Petrochemicals; COI: ICOGPP04\_090.
- آهني, الهه, محمدی, حمید, دهباشی, وحید. ۱۴۰۳. تجزيه و تحليل اثرات رشد اقتصادي بر ميزان انتشار گازهاي گلخانه‌اي در کشورهاي منتخب. مطالعات علوم محيط زيست 9(3), 8913-8924. doi: 10.22034/jess.2023.420577.2152
- غائبي, هادي, سليمانی, الهه. ۱۴۰۳. تحليل ترموديناميكي و بررسي اثرات متقابل پارامترها در سيستم ريفرمينگ بخار آب بيوگاز-آب شيرين کن رطوبت زن-رطوبت زدا, مطالعات علوم محيط زيست 9(1), pp. 7873-7889. doi: 10.22034/jess.2023.406642.2079