Journal of Research in Environmental Health
Volume 12, Issue 1

Investigating the Performance of Oily or Hydrocarbon-Smeared Wastewater Treatment Package in South Pars Gas Refinery

Talieh Abdolkhaninejad
* HSE Group, Kharad Institute of Higher Education, Bushehr, Iran.
(Corresponding Author)
Talieh_abdolkhani2011@yahoo.com
Ghafour Noorian
HSE Group, Kharad Institute of Higher Education, Bushehr, Iran.
Khosro Dehghan
Master's Student, HSE Group, Kharad Institute of Higher Education, Bushehr, Iran.
Mohammadreza Qaisari
Master's Student, HSE Group, Kharad Institute of Higher Education, Bushehr, Iran.

Received: 2025/12/30
Accepted: 2026/04/08
Doi:10.22038/jreh.2026.27882

Abstract

Background and Objective: Gas refineries, as one of the largest industrial centers in the production of energy and chemical products, always face serious challenges in the management of their produced wastewater. These wastewaters, which contain chemical compounds, hydrocarbons, oils, and sometimes heavy metals, can pose significant threats to the environment and water resources. The purpose of this study is to analyze the performance of wastewater treatment packages and identify problems in the treatment processes, especially fluctuations in input quality, technical problems in equipment and lack of accurate online monitoring.

Materials and Methods: In this study, performance data of wastewater treatment units of South Pars gas refineries were collected from internal reports and parameters such as COD, dissolved oil and H_2S were examined to evaluate the system efficiency. Oily wastewater was first treated in the API unit and then in the IGF with the help of chemicals such as Demulsifier. Acidic wastewater was also modified in neutralization tanks by adjusting pH and entered the next stages of treatment.

Results: The results show that despite significant improvements in the performance of treatment packages, there are still problems such as input fluctuations and technical problems in the API and IGF systems, the improvement of which can help reduce pollution and improve the quality of treated water. This study effectively emphasizes improving the performance of treatment systems and compliance with environmental standards.

Conclusion: The efficiency of the treatment system is affected by input fluctuations and technical problems, and equipment upgrades and online monitoring can significantly improve treatment performance.

Keywords: Gas Refinery, Wastewater Treatment, Hydrocarbon, Oil, API Separator System, IGF Flotation

Open Access Policy: This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. To view a copy ofthis licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Citation: Abdolkhaninejad T, Noorian Gh, Dehghan Kh, Qaisari M. Investigating the Performance of Oily or Hydrocarbon-Smeared Wastewater Treatment Package in South Pars Gas Refinery. *Journal of Research in Environmental Health.* 12(1):61-75.

بررسی عملکرد پکیج تصفیه پساب‌های آغشته به روغن یا هیدروکربن‌ها در پالایشگاه گازی پارس‌جنوبی

طلیعه عبدالخانی‌نژاد
* گروه HSE، موسسه آموزش عالی خرد، بوشهر، ایران. **(نویسنده مسئول)**
Talieh_abdolkhani2011@yahoo.com
غفور نوریان
گروه HSE، موسسه آموزش عالی خرد، بوشهر، ایران.
خسرو دهقان
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه HSE، موسسه آموزش عالی خرد، بوشهر، ایران.
محمدرضا قیصری
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه HSE، موسسه آموزش عالی خرد، بوشهر، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۱۹
نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: پالایشگاه‌های گازی به‌عنوان یکی از بزرگترین مراکز صنعتی در تولید انرژی و فرآورده‌های شیمیایی، همواره با چالش‌های جدی در زمینه مدیریت پساب‌های تولیدی خود مواجه هستند. این پساب‌ها که حاوی ترکیبات شیمیایی، هیدروکربنی، روغنی و گاهی فلزات سنگین هستند، می‌توانند تهدیدات قابل توجهی برای محیط زیست و منابع آبی به وجود آورند. هدف از این تحقیق، تحلیل عملکرد پکیج‌های تصفیه پساب و شناسایی مشکلات موجود در فرآیندهای تصفیه، به‌ویژه نوسانات کیفیت ورودی‌ها، مشکلات فنی در تجهیزات و نبود پایش آنلاین دقیق است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، داده‌های عملکرد واحدهای تصفیه پساب پالایشگاه‌های گازی پارس جنوبی از گزارش‌های داخلی جمع‌آوری و پارامترهایی مانند COD، روغن محلول و H_2S برای ارزیابی کارایی سیستم بررسی شد. پساب‌های روغنی ابتدا در واحد API و سپس در IGF با کمک مواد شیمیایی مانند Demulsifier تصفیه شدند. پساب‌های اسیدی نیز در مخازن خنثی‌سازی با تنظیم pH اصلاح و وارد مراحل بعدی تصفیه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در عملکرد پکیج‌های تصفیه، همچنان مشکلاتی مانند نوسانات ورودی و مشکلات فنی در سیستم‌های API و IGF وجود دارد که بهبود آنها می‌تواند به کاهش آلودگی‌ها و ارتقاء کیفیت آب‌های تصفیه‌شده کمک کند. این مطالعه به‌طور مؤثر بر ارتقاء عملکرد سیستم‌های تصفیه و انطباق با استانداردهای زیست‌محیطی تأکید دارد.

نتیجه‌گیری: کارایی سیستم تصفیه تحت‌تأثیر نوسانات ورودی و مشکلات فنی قرار دارد و ارتقای تجهیزات و پایش آنلاین می‌تواند عملکرد تصفیه را به‌طور قابل‌توجهی بهبود دهد.

کلیدواژه‌ها: پالایشگاه گازی، تصفیه پساب، هیدروکربن، روغن، سیستم API Separator، شناورسازی IGF

استناد: عبدالخانی‌نژاد ط، نوریان غ، دهقان خ، قیصری م. بررسی عملکرد پکیج تصفیه پساب‌های آغشته به روغن یا هیدروکربن‌ها در پالایشگاه گازی پارس‌جنوبی. *فصلنامه‌ی پژوهش در بهداشت محیط*. بهار ۱۴۰۵; ۱۲(۱): ۶۱-۷۵.

مقدمه

در دنیای صنعتی امروز، پالایشگاه‌ها به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین واحدهای تولید انرژی و فرآورده‌های شیمیایی، نقشی حیاتی در تأمین نیازهای انرژی جهانی ایفا می‌کنند (۱؛ ۲). این صنایع بزرگ، به‌دلیل فرآیندهای پیچیده و مصرفی که دارند، به حجم زیادی از منابع آبی نیازمندند (۳؛ ۴). پالایشگاه‌های گازی، به‌ویژه، به‌دلیل استفاده گسترده از آب در فعالیت‌های خود مانند تولید بخار (۵؛ ۶؛ ۷)، خنک‌سازی و فرآیندهای شیمیایی (۵؛ ۷)، میزان قابل توجهی از پساب تولید می‌کنند (۸). بخش عمده‌ای از آن‌ها حاوی مواد آلوده‌کننده و شیمیایی هستند.این پساب‌ها، که معمولاً آلودگی‌های شیمیایی، هیدروکربنی، روغنی، مواد شیمیایی سمی، ذرات‌معلق و حتی فلزات سنگین دارند، چالش‌های جدی برای محیط زیست و منابع آبی آب‌های سطحی (۷) و زیرزمینی به‌وجود می‌آورند.

به همین دلیل، سیستم‌های تصفیه پساب باید به‌طور مؤثر و کارآمد طراحی و اجرا شوند تا بتوانند به‌طور کامل آلودگی‌های موجود در پساب‌ها را از بین برده و آب را برای استفاده مجدد یا بازگرداندن به محیط زیست به استانداردهای لازم برسانند (۹). در واحدهای شیمیایی و آب‌های روغنی این پالایشگاه‌ها، معمولاً آلودگی‌های سنگینی ایجاد می‌شود که می‌تواند تأثیرات منفی زیادی بر محیط زیست داشته باشد (۹؛ ۱۰). به‌همین دلیل، این پساب‌ها باید با استفاده از فرآیندهای مختلف تصفیه، ازجمله روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، پاکسازی شوند (۱۱).

یکی از واحدهای تصفیه پساب در پالایشگاه‌های گازی پارس‌جنوبی، واحد تصفیه‌ی پساب‌های آلوده به روغن و هیدروکربن‌ها است. این واحد مسئول تصفیه پساب‌هایی است که معمولاً حاوی مواد شیمیایی، روغن‌ها، هیدروکربن‌ها و فلزات سنگین هستند. پساب‌های آلوده پس از ورود به سیستم تصفیه، به واحدهایی مانند پکیج تصفیه پساب‌های روغنی منتقل می‌شوند که با استفاده از فرآیندهای مختلف، این مواد آلوده‌کننده از آب جدا می‌شود.

در پالایشگاه‌های گازی پارس جنوبی، فرآیند تصفیه پساب‌ها با استفاده از سیستم‌های پیشرفته و پکیج‌های تصفیه‌ای مانند API[1] و IGF[2] صورت می‌گیرد. در پالایشگاه‌های گازی پارس جنوبی، این واحدها به‌عنوان مراحل اصلی پیش‌تصفیه مورد استفاده قرار می‌گیرند و توضیحات تفصیلی این فرآیندها در بخش روش کار ارائه شده است. این سیستم‌ها با استفاده از روش‌های فیزیکی، شیمیایی و گاهی بیولوژیکی، پساب‌های آلوده به روغن و هیدروکربن‌ها را تصفیه و آب را برای استفاده مجدد یا تخلیه به محیط‌زیست آماده می‌کنند (۱۲؛۱۰). ویژگی‌های کیفی پساب‌ها، ازجمله مقدار روغن محلول، موادمعلق و میزان COD[3]، از مهم‌ترین پارامترهایی هستند که بر عملکرد این سیستم‌ها تأثیر می‌گذارند. در پکیج تصفیه پساب‌های روغنی پالایشگاه گازی پارس جنوبی، فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی مختلفی استفاده می‌شود (۹؛ ۱۰). در فرآیند تصفیه پساب‌های آلوده به روغن و هیدروکربن‌ها، مشکلات زیادی وجود دارد که عملکرد سیستم‌های تصفیه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. یکی از مهم‌ترین مشکلات، نوسانات در پارامترهای COD و H_2S در پساب‌های ورودی است (۱۳؛ ۱۴). نوسانات زیاد در این پارامترها باعث کاهش کارایی تصفیه می‌شود، زیرا ترکیبات مختلف از واحدهای صنعتی به سیستم تصفیه وارد می‌شوند و ممکن است غلظت این مواد تغییر کند. علاوه بر این، در این سیستم‌ها نیز با مشکلاتی نظیر نشتی، آسیب به پمپ‌ها و تجهیزات فرسوده مواجه هستند (۱۵). این مشکلات می‌توانند به عملکرد نادرست سیستم‌های تصفیه منجر شوند و نیاز به نگهداری و تعمیرات مداوم دارند. برای مقابله با مشکلات موجود و

[1] American Petroleum Institute
[2] Induced Gas Flotation
[3] Chemical Oxygen Demand

بهبود عملکرد سیستم‌های تصفیه پساب، پالایشگاه گازی پارس جنوبی پروژه‌های مختلفی را در دست اقدام دارد. یکی از این پروژه‌ها، بهبود سیستم هوادهی در حوضچه‌های پساب بهداشتی است که به‌منظور بهبود فرآیند تجزیه بیولوژیکی مواد آلی در پساب‌ها طراحی شده است. این اصلاحات به‌طور مؤثر به کاهش میزان آلودگی‌ها و افزایش کیفیت پساب‌های تصفیه‌شده کمک خواهد کرد. هم‌چنین، نصب آنالایزرهای آنلاین برای پایش مستمر پارامترهای کیفیت پساب‌ها و انجام اقدامات اصلاحی فوری در صورت تغییرات ناگهانی، یکی دیگر از پروژه‌های مهم است. این آنالایزرها به‌طور مستقیم به سیستم‌های کنترلی متصل خواهند شد و به مدیران پالایشگاه این امکان را می‌دهند که در زمان واقعی از وضعیت کیفیت پساب‌ها آگاه شوند. در نهایت، بهینه‌سازی پمپ‌ها و تجهیزات تصفیه یکی دیگر از پروژه‌های در دست اقدام است.

با توجه به اهمیت تصفیه پساب‌های آلوده به روغن در پالایشگاه‌های گازی، اهداف این پژوهش شامل:

۱- ارزیابی راندمان واحد API در حذف روغن و کاهش اولیه COD

۲- بررسی عملکرد واحد IGF در حذف روغن‌های امولسیونی و سبک

۳- تحلیل اثر نوسانات COD و H_2S[1] بر کارایی سیستم‌های تصفیه

۴- شناسایی مشکلات عملیاتی مؤثر بر افت راندمان

۵- مقایسه نتایج با استانداردهای زیست‌محیطی و ارائه راهکارهای اصلاحی است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

در پالایشگاه‌های گازی پارس جنوبی، که یکی از بزرگ‌ترین مجموعه‌های صنعتی در ایران و منطقه است، واحدهای مختلفی برای تصفیه پساب‌های آلوده به روغن و هیدروکربن‌ها وجود دارد. این واحدها با استفاده از روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی طراحی شده‌اند تا پساب‌های تولید شده در این پالایشگاه‌ها را به‌طور مؤثر تصفیه و آلودگی‌ها را حذف کنند. استفاده از پکیج‌های تصفیه در این واحدها، به‌طور مداوم در حال بهینه‌سازی است تا نه‌تنها استانداردهای زیست‌محیطی رعایت شوند بلکه بتوان از آب‌های تصفیه‌شده در فرآیندهای دیگر استفاده مجدد کرد. به‌منظور ارزیابی دقیق عملکرد سیستم‌های تصفیه، مقادیر اندازه‌گیری‌شده COD، TSS، Oil و pH در ادامه با استانداردهای ملی سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و در صورت لزوم استانداردهای بین‌المللی (EPA)[2] مقایسه شده‌اند. **جدول ۱** مقایسه‌ی مقدار استاندارد ملی و بین‌المللی پارامترهای مورد بررسی را نشان می‌دهد.

به‌منظور ارزیابی دقیق عملکرد سیستم‌های تصفیه، مقادیر اندازه‌گیری‌شده COD، TSS، Oil و pH با استانداردهای ملی سازمان حفاظت محیط‌زیست و همچنین استانداردهای بین‌المللی (EPA) مقایسه شدند. مقایسه این حدود با استانداردهای EPA نشان می‌دهد که مقادیر مجاز در هر دو مرجع تقریباً هم‌پوشانی داشته و اختلاف قابل‌توجهی مشاهده نمی‌شود. بنابراین استفاده هم‌زمان از هر دو استاندارد می‌تواند ارزیابی جامع‌تری از عملکرد سیستم تصفیه ارائه دهد.

در این مطالعه، اطلاعات مورد نیاز از واحد تصفیه پساب پالایشگاه‌های گازی پارس جنوبی، که شامل پکیج تصفیه پساب‌های آغشته به روغن یا هیدروکربن‌ها است، جمع‌آوری و تحلیل شده است. این اطلاعات از طریق اسناد داخلی پالایشگاه، گزارش‌های روزانه و داده‌های عملکرد واحد تصفیه پساب به‌دست آمده است. برای بررسی دقیق‌تر عملکرد پکیج‌های تصفیه، داده‌هایی از ورودی و خروجی پساب‌ها از واحدهای مختلف پالایشگاه ازجمله COD، میزان روغن محلول، مقدار H_2S پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته‌اند. پساب‌های روغنی و هیدروکربنی که به‌ویژه از واحدهای شیمیایی و فرآیندهای تولید بخار و خنک‌سازی به‌وجود می‌آیند، به واحد تصفیه ۱۲۹ منتقل می‌شوند. در این واحد، پساب‌ها ابتدا به جداکننده‌های

[1] هیدروژن سولفید

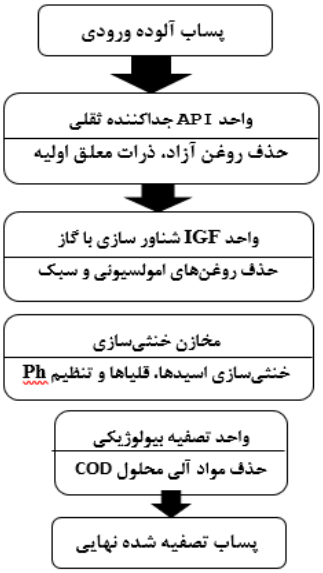
[2] *Environmental Protection Agency*

API وارد می‌شوند. این جداکننده‌ها با استفاده از فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی، روغن‌های محلول را از آب جدا کرده و آن‌ها را به سطح آورده و از آب جدا می‌کنند. پس از جداسازی روغن‌ها، پساب به واحد IGF منتقل می‌شود. در این واحد، برای تکمیل فرآیند تصفیه و جداسازی روغن‌های سبک، از مواد شیمیایی خاصی مانند رطوبت‌گیر استفاده می‌شود.

جدول ۱- مقایسه مقدار استاندارد ملی و بین‌المللی پارامترهای مورد بررسی

پارامتر	WHO	استاندارد ایران (سازمان حفاظت محیط‌زیست)	استاندارد EPA آمریکا	توضیح
COD	۲۵۰ ≥ (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۰۰ ≥ (میلی‌گرم بر لیتر) تخلیه به آب‌های سطحی	۱۲۰-۲۵۰ (میلی‌گرم بر لیتر) بسته به نوع صنعت	CODشاخص بار آلی و آلودگی زیست‌محیطی است.
TSS	۵۰ ≥ (میلی‌گرم بر لیتر) تخلیه به محیط ۳۰ ≥ (میلی‌گرم بر لیتر) پساب بهداشتی تفصیه شده	۴۰ ≥ (میلی گرم بر لیتر) برای تخلیه به آب‌های سطحی	۳۰-۵۰ (میلی‌گرم بر لیتر)	TSSبالا باعث کدورت و کاهش اکسیژن محلول می‌شود.
Oil & Grease[1]	۱۰ ≥ (میلی‌گرم بر لیتر) تخلیه به آب‌های سطحی	۱۰ ≥ (میلی‌گرم بر لیتر) تخلیه به آب‌های سطحی	۱۵-۱۰ (میلی‌گرم بر لیتر)	روغن و چربی مهم‌ترین آلاینده پساب پالایشگاه‌هاست.
pH	۹-۶	۸/۵-۶	۹-۶	pH خارج از محدوده باعث سمیت برای آبزیان می‌شود.

[1] گریس



شکل ۱- فلوچارت مفهومی از فرآیند تصفیه پساب پالایشگاه گازی پارس جنوبی

یافته‌ها

بر اساس اطلاعات موجود در **جدول ۲** نشان‌دهنده مشخصات پساب‌های روغنی است که از سیستم‌های فاضلاب آلوده به روغن پالایشگاه‌ها جمع‌آوری می‌شود. براساس این جدول، ویژگی‌هایی هم‌چون دبی جریان، میزان روغن، غلظت مواد معلق و پایداری فیزیکی پساب‌ها به‌طور دقیق مشخص شده است. این اطلاعات مبنای طراحی سیستم‌های تصفیه قرار می‌گیرند. به‌طور خاص، در فرآیند تصفیه، پساب‌ها از واحد API Separator عبور کرده و سپس به واحد شناورسازی IGF منتقل می‌شوند تا روغن‌ها و هیدروکربن‌های سبک از آب جدا شوند.

جدول ۳ مشخصات طراحی آب روغنی حاصل از زهکش روباز را نشان می‌دهد. جریان به‌صورت پیوسته و با دبی نرمال ۲۲/۵ مترمکعب بر ساعت و دبی طراحی ۴۵ مترمکعب بر ساعت در نظر گرفته شده است. غلظت روغن در محدوده ۵۰ تا ۵۰۰ قسمت در میلیون و ذرات معلق بین ۳۰ تا ۱۰۰ قسمت در میلیون قرار دارد. چگالی روغن در شرایط نرمال ۵۰۰ تا ۸۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب و در شرایط طراحی ۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب فرض شده است. ویسکوزیته برابر با ۰/۰۰۱۳ $kg/m{\cdot}s$[1](معادل ویسکوزیته آب در دمای ۱۰ درجه سلسیوس) بوده و محدوده pH بین ۶ تا ۸/۵ تعیین شده است. دما در شرایط محیطی و فشار در حالت اتمسفریک (جریان ثقلی) در نظر گرفته شده است. این اطلاعات مبنای طراحی واحدهای جداسازی و تصفیه آب روغنی در سیستم زهکش روباز محسوب می‌شود.

[1] کیلوگرم بر متر-ثانیه

جدول ۲- آب روغنی حاصل از فاضلاب روغنی (زهکش روباز)

معیار طراحی	مقدار
نوع سیال	آب روغنی
نوع جریان	پیوسته
دبی جریان – نرمال	۲۲/۵ مترمکعب بر ساعت
دبی جریان – طراحی	۴۵ مترمکعب بر ساعت
روغن	حداکثر ۵۰ تا ۵۰۰ قسمت در میلیون
ذرات معلق	حداکثر ۳۰ تا ۱۰۰ قسمت در میلیون
چگالی روغن – نرمال	۵۰۰ تا ۸۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب
چگالی روغن – طراحی	۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب
ویسکوزیته	۰/۰۰۱۳ کیلوگرم بر متر-ثانیه (ویسکوزیته آب در دمای ۱۰ درجه سلسیوس)
pH	۶ تا ۸,۵
دما	محیطی (طراحی: ۱۰°C)
فشار	اتمسفریک (جریان ثقلی)

جدول ۳. نتایج آزمایشگاهی: API ورودی؛ API خروجی؛ مشاهده

کلراید *۱۰۰ (قسمت در میلیون)	MEG(قسمت در میلیون)	CODخروجی (میلی گرم در لیتر)	کل مواد جامد معلق (قسمت در میلیون)	روغن خروجی IGF (قسمت در میلیون)	روغن خروجی API (قسمت در میلیون)	روغن ورودی API (قسمت در میلیون)	تاریخ
۱۷۵/۹	۷۵	۱۳۰۱	۱۴۵	—	۷/۹	-	۱۴۰۲ /۱۰/ ۱۱
۱۷۱/۷	۱۲۳/۵	۱۶۰۶	۱۵۸	—	۱۲/۳	—	۱۴۰۲ /۱۰/ ۱۲
۱۸۱/۵۶	۱۷۸	۱۱۹۸	۱۳۲	۱۰/۵	۱۱/۶	—	۱۴۰۲ /۱۰/ ۱۳
۱۶۰/۹۵	۱۰۸/۸	۱۲۵۹	۱۴۰	۸,۲	۲۰/۱	—	۱۴۰۲ /۱۰/ ۱۴
۱۸۵	۱۷۰	۱۱۰۲	۱۲۰	۱۰,۱	۱۲/۹	۱۶/۸	۱۴۰۲ /۱۰/ ۱۵
۱۵۶/۲	۱۰۲/۲	۱۰۰۰	۱۱۰	۱۷,۳	۱۳/۵	۲۰/۹	۱۴۰۲ /۱۰/ ۱۶
۱۳۴/۹	۱۵	۱۱۵۹	۱۳۵	۲۱,۵	۲۳/۷	۲۵	۱۴۰۲ /۱۰/ ۱۷
۱۷۷/۵	۲۴	۱۴۸۰	۱۵۰	۱۷	۱۵/۷	۱۹/۸	۱۴۰۲ /۱۰/ ۱۸

داده‌های **جدول ۴** نشان می‌دهد که مقدار روغن ورودی APIمقادیر ۱۶/۸ تا ۲۵ قسمت در میلیون گزارش شده است. این مقادیر نشان‌دهنده‌ی ورود بار آلی نسبتاً متوسط به واحد API است. روغن خروجی API بین ۷/۹ تا ۲۳/۷ قسمت در میلیون نوسان دارد. این نوسان نشان می‌دهد که راندمان API پایدار نیست و تحت تأثیر تغییرات بار ورودی، دبی و حضور MEG قرار دارد. بیشترین مقدار خروجی API برابر ۲۳/۷ قسمت درمیلیون (در ۱۷ دی) است که نشان‌دهنده‌ی کاهش راندمان است.

مقادیر روغن خروجی IGF بین ۸/۲ تا ۲۱/۵ قسمت درمیلیون متغیر است. IGF معمولاً باید روغن امولسیونی را کاهش دهد، اما نوسانات بالا نشان می‌دهد که سیستم شناورسازی گاز القایی تحت تأثیر شوک‌های آلی و تغییرات کیفیت جریان ورودی قرار گرفته است .بیشترین مقدار ۲۱/۵ قسمت درمیلیون در ۱۷ دی ثبت شده که هم‌زمان با بیشترین مقدار روغن خروجی API است؛ این هم‌زمانی نشان‌دهنده‌ی انتقال بار آلی بالا از API به IGFاست. مقدار TSS بین ۱۱۰ تا ۱۵۸ قسمت درمیلیون نوسان دارد. این مقادیر نسبتاً بالا هستند و نشان می‌دهند که ذرات معلق در جریان پساب کنترل نشده‌اند. بیشترین مقدار ۱۵۸ قسمت درمیلیون در ۱۲ دی ثبت شده که می‌تواند ناشی از:

- افزایش دبی
- ورود ذرات جامد از واحدهای فرآیندی
- ناپایداری API باشد.

مقدار TSS پایین‌تر (۱۱۰ قسمت درمیلیون) در ۱۶ دی نشان‌دهنده‌ی عملکرد بهتر در آن روز است. مقدار COD خروجی بین ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۶ میلی‌گرم نوسان دارد. این مقادیر بسیار بالاتر از حد مجاز استاندارد ایران (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) هستند. بیشترین مقدار ایران (۱۶۰۶ میلی‌گرم در لیتر) در ۱۲ دی ثبت شده که هم‌زمان با بیشترین مقدار TSS است؛ این نشان می‌دهد که افزایش ذرات معلق و روغن می‌تواند COD را افزایش دهد. کمترین مقدار استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) که با کاهش TSS و روغن خروجی هم‌خوانی دارد.

مقدار مونو اتیلن گلایکول (MEG) بین ۱۰۲/۲ تا ۱۷۸ قسمت در میلیون نوسان دارد. مونو اتیلن گلایکول یک ترکیب محلول در آب است که COD را به‌شدت افزایش می‌دهد. بیشترین مقدار ۱۷۸ قسمت در میلیون ثبت شده که هم‌زمان با COD نسبتاً بالا (۱۱۹۸میلی‌گرم بر لیتر) است. مونواتیلن‌گلایکول پایین‌تر (۱۰۲/۲قسمت در میلیون) با کاهش COD هم‌زمان است. این رابطه نشان می‌دهد که مونواتیلن‌گلایکول یکی از عوامل اصلی افزایش CODدر این دوره است. مقدار کلراید بین ۱۳۴/۹ تا ۱۸۵ قسمت در میلیون نوسان دارد. افزایش کلراید معمولاً نشان‌دهنده‌ی ورود آب شور یا نشتی خطوط است. بیشترین مقدار ۱۵۸ قسمت در میلیون ثبت شده که هم‌زمان با افزایش روغن ورودی و خروجی است؛ این می‌تواند نشان‌دهنده‌ی اختلال در خطوط یا ورود جریان آلوده باشد.

نتایج **جدول ۴** نشان می‌دهد که سیستم تصفیه در طول سال ۱۴۰۳ با نوسانات شدید در COD ورودی و خروجی مواجه بوده است. در حالی‌که عملکرد سیستم در فصل تابستان و زمستان نسبتاً پایدار بوده، فصل پاییز با ثبت مقادیر بسیار بالا (تا ۲۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) نشان‌دهنده‌ی وقوع شوک‌های آلی شدید و اختلال جدی در عملکرد واحدهای API و IGF است. در برخی موارد CODخروجی حتی از COD ورودی بیشتر شده که بیانگر ورود جریان‌های آلوده، اختلاط پساب تصفیه‌نشده یا ورودMEG به سیستم است. به‌طور کلی، داده‌ها نشان می‌دهد که سیستم در برابر تغییرات بار آلی ورودی حساس بوده و نیازمند کنترل دقیق‌تر دبی، مدیریت جریان‌های آلوده و بهبود عملکرد واحدهای پیش‌تصفیه است. مشاهده کاهش شدید COD از ۸۱۷۰ به ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر ناشی از افزایش دبی ورودی و رقیق‌سازی پساب به‌دنبال بارندگی و تخلیه آب‌های سطحی بوده است. بنابراین مقدار پایین COD خروجی ناشی از عملکرد غیرعادی سیستم نبوده، بلکه نتیجه تغییر شرایط هیدرولیکی ورودی است. برای ارزیابی عملکرد سیستم، راندمان حذف روغن و COD بر اساس رابطه (In–Out/In)محاسبه شد. نتایج نشان داد که راندمان حذف روغن در API بین ۴۰ تا ۷۰ درصد و در IGF بین ۲۰ تا ۴۵ درصد متغیر بوده است. هم‌چنین تحلیل روندCOD در چهار فصل نشان داد که بیشترین نوسانات در ماه‌های سرد سال رخ داده که با افزایش بار آلی ورودی و کاهش کارایی واحد بیولوژیکی مرتبط است. میانگین ماهانه COD نیز محاسبه و با استانداردهای مقایسه شد که نشان‌دهنده نیاز به بهبود عملکرد واحدهای پیش‌تصفیه است.

شکل ۲ دیاگرام علت–معلولی افزایش خروجی COD نشان می‌دهد که عوامل متعددی در کاهش راندمان سیستم تصفیه نقش دارند. از نظر شیمیایی، ورود MEG، روغن امولسیونی، ضدیخ‌ها، افزایش TSS و افزایش کلراید از مهم‌ترین عوامل افزایشCOD هستند. در بخش فرآیندی، شوک‌های آلی ورودی، نوسان دبی، اختلاط پساب تصفیه‌نشده، برگشت جریان و تغییر کیفیت خوراک باعث ناپایداری عملکرد می‌شوند. از نظر تجهیزات، راندمان پایین واحدهای API وIGF، گرفتگی خطوط، خرابی پمپ‌ها و ته‌نشینی نامناسب از عوامل مؤثر هستند. عوامل انسانی مانند خطای اپراتوری، تنظیم نادرست تجهیزات، عدم پایش لحظه‌ای و تأخیر در واکنش به هشدارها نیز نقش مهمی دارند. در نهایت، شرایط محیطی شامل تغییرات دما، بارندگی، رواناب و تغییرات فصلی می‌توانند بار آلی ورودی را افزایش دهند. ترکیب این عوامل موجب افزایش COD خروجی و کاهش کارایی سیستم تصفیه می‌شود.

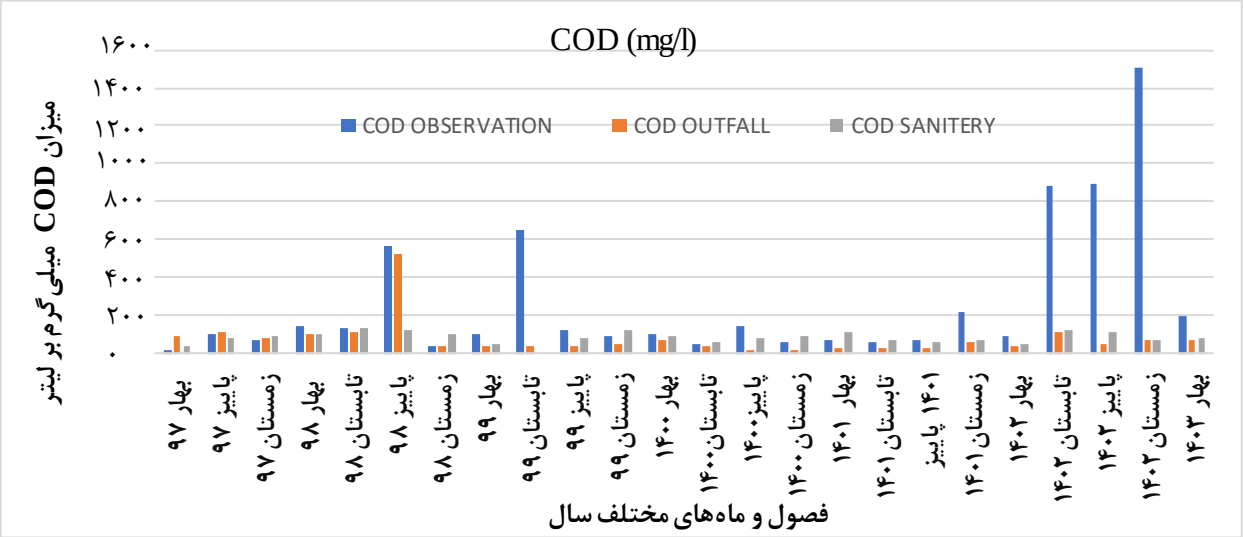
جدول ۴. نتایج آزمایشگاهی: ورودی (API) ؛ خروجی (مشاهده) COD

فصل	تاریخ	COD ورودی (میلی‌گرم بر لیتر)	COD خروجی (میلی‌گرم بر لیتر)
بهار	۱۴۰۳/۰۱/۲۱	۱۰۸۰	۷۸۰
	۱۴۰۳/۰۳/۲۷	۱۹۳۰	۲۱۳۰
	۱۴۰۳/۰۳/۳۰	۲۰۶۹	۱۰۳۶
	۱۴۰۳/۰۴/۰۳	۱۵۵۴	۱۰۹۴
تابستان	۱۴۰۳/۰۴/۰۶	۱۷۰۰	۱۳۰۰
	۱۴۰۳/۰۴/۱۰	۱۰۵۴	۷۷۸
	۱۴۰۳/۰۶/۲۰	۱۰۲۰	۵۹۲
	۱۴۰۳/۰۶/۲۹	۱۴۶۶	۱۰۱۴
پاییز	۱۴۰۳/۰۷/۰۶	۱۵۰۰	۶۹۱
	۱۴۰۳/۰۷/۰۷	۸۱۷۰	۵۰۰
	۱۴۰۳/۰۷/۹	۷۶۳۰	۸۲۷
	۱۴۰۳/۰۷/۰۶	۱۵۰۰	۶۹۱
زمستان	۱۴۰۳/۰۹/۲۵	۲۵۰۰۰	۲۸۰۰۰
	۱۴۰۳/۰۹/۲۹	۷۲۰	۴۰۰
	۱۴۰۳/۱۱/۱۳	۲۱۵۰	۸۰۱
	۱۴۰۳/۱۱/۱۷	۱۸۵۰	۱۱۰۰
	۱۴۰۳/۱۱/۲۰	۲۴۰۰	۱۳۰۸
	۱۴۰۳/۱۲/۰۱	۱۰۵۷	۱۳۰۷
	۱۴۰۳/۱۲/۰۴	۱۶۵۰	۱۰۰۷

شکل ۲- نمودار دیاگرام علت- معلولی در افزایش خروجی COD

شکل ۳ نمودار تغییرات COD در هفت سال را نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقادیر COD اندازه-گیری شده در نمونه خام فاضلاب قبل از هرگونه تصفیه در مقایسه با COD خروجی نهایی از سیستم و COD

فاضلاب انسانی و بهداشتی در اغلب دوره‌ها به‌طور قابل‌توجهی بالاتر است. این اختلاف بیانگر آن است که بار آلی واقعی موجود در پساب بسیار بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری‌شده در خروجی نهایی یا پساب بهداشتی است. در برخی دوره‌ها مانند **بهار ۹۹، بهار ۱۴۰۲ و بهار ۱۴۰۳**، مقدار COD مشاهده‌ای به اوج خود رسیده و از ۱۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیز فراتر رفته است. این افزایش شدید معمولاً ناشی از ورود شوک‌های آلی، افزایش بار روغن، ورود MEG، یا ناپایداری عملکرد واحدهای API و IGFاست. در مقابل، مقادیر COD خروجی و COD بهداشتی در تمام دوره‌ها بسیار پایین‌تر و نسبتاً پایدار هستند و معمولاً کمتر از ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باقی می‌مانند. این موضوع نشان می‌دهد که بخش‌هایی از سیستم تصفیه توانایی کاهش بخشی از بار آلی را دارند، اما **COD** اندازه‌گیری شده در نمونه خام فاضلاب **بالا** نشان‌دهنده‌ی آن است که بار آلی ورودی به سیستم بسیار بیشتر از ظرفیت طراحی بوده و سیستم در مواجهه با شوک‌های آلی عملکرد مطلوبی ندارد.



شکل ۳- نمودار تغییر شاخص COD از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۳

بحث

نتایج نشان داد که نوسانات شدید COD و روغن محلول در دوره‌های مختلف، ناشی از تغییرات بار آلودگی ورودی از واحدهای فرآیندی بوده است. افزایش ناگهانی COD در برخی روزها به‌ویژه زمانی رخ داده که واحدهای بخار، واحد مونواتیلن‌گلایکول (MEG) و بخش‌های شیمیایی تخلیه‌های دوره‌ای یا شوک‌های آلی به سیستم وارد کرده‌اند. هم‌چنین خرابی پمپ‌ها، نشتی خطوط و تشکیل امولسیون‌های پایدار باعث افزایش بار روغن ورودی به APIو کاهش راندمان جداسازی شده است. این عوامل در کنار ناپایداری دبی ورودی، موجب شده بخشی از روغن امولسیونی از API عبور کرده و بار اضافی به واحد IGFوارد شود. بنابراین، افت راندمان سیستم نه‌تنها ناشی از کیفیت پساب، بلکه نتیجه تعامل چند عامل عملیاتی و فرآیندی است.

نتایج نشان می‌دهد که سیستم تصفیه در دوره‌ی مورد بررسی با نوسانات قابل‌توجهی در پارامترهای روغن، TSS، COD وMEG مواجه بوده است. افزایش هم‌زمان روغن خروجی API وIGF، همراه با افزایش TSSوMEG، منجر به افزایشCOD خروجی شده است. بیشترین مقدارCOD (۱۶۰۶ میلی‌گرم در لیتر) در روزی ثبت شده که TSS و MEG[1] نیز در مقادیر بالا قرار داشته‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که عملکرد سیستم تحت تأثیر شوک‌های آلی، ورود MEG، ناپایداری API و IGF و احتمالاً تغییرات دبی قرار گرفته

[1] Mono Ethylene Glycol

است. به‌طور کلی، داده‌ها بیانگر نیاز به کنترل دقیق‌تر بار ورودی، مدیریت MEG و بهبود عملکرد واحدهای پیش‌تصفیه هستند.

بررسی داده‌های نشان داد که مقادیر COD ورودی و خروجی در طول سال ۱۴۰۳ دچار نوسانات زیادی بوده‌اند و این نوسانات ارتباط مستقیم با تغییرات فصلی، شوک‌های آلی و وضعیت عملیاتی واحدهای API و IGF دارد. در فصل بهار، مقادیر COD ورودی بین ۱۰۸۰ تا ۲۰۶۹ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بوده و COD خروجی نیز از ۷۸۰ تا ۲۱۳۰ میلی‌گرم بر لیتر تغییر کرده است. افزایش COD خروجی در در فصل بهار که حتی از CODورودی نیز بیشتر است، نشان‌دهنده‌ی وقوع یک شوک آلی یا ورود جریان آلوده به سیستم است. در فصل تابستان، رفتار سیستم نسبتاً پایدارتر بوده و COD خروجی در محدوده ۵۹۲ تا ۱۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر قرار گرفته است؛ هرچند این مقادیر همچنان بسیار بالاتر از استانداردهای تخلیه محیط‌زیست هستند.

در فصل پاییز، شدیدترین نوسانات مشاهده می‌شود. CODورودی از ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تغییر کرده و COD خروجی نیز در برخی روزها به ۲۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر رسیده است. این مقادیر بسیار بالا نشان‌دهنده‌ی ورود شوک‌های آلی شدید، احتمال نشت جریان‌های آلوده، یا ورود مونواتیلن‌گلایکول و روغن از واحدهای فرآیندی است. تکرار داده در فصل پاییز نیز نشان می‌دهد که در این روز عملکرد سیستم نسبتاً پایدار بوده، اما در روزهای ۷ و ۹ مهر، اختلاف شدید بین CODورودی و خروجی بیانگر ناپایداری عملکرد IGF و APIاست. در زمستان، مقادیر COD ورودی بین ۱۰۵۷ تا ۲۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و COD خروجی بین ۸۰۱ تا ۱۳۰۸ میلی‌گرم بر لیتر قرار گرفته است. این فصل نسبت به پاییز عملکرد بهتری دارد، اما همچنان COD خروجی بسیار بالاتر از حد مجاز استاندارد سازمان محیط زیست (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) است.

مقایسه‌ی نتایج این مطالعه با استانداردهای بین‌المللی نشان می‌دهد که بیشترین اختلاف از حدود مجاز جهانی مربوط به شاخص‌های کل مواد جامد معلق و روغن و گریس است؛ به‌طوری‌که مقادیر اندازه‌گیری‌شده در برخی دوره‌ها بالاتر از استانداردهای WHO و EPA قرار گرفته‌اند. این موضوع بیانگر کارایی ناکافی واحدهای پیش‌تصفیه در حذف مواد معلق و روغن و هم‌چنین حساسیت بالای این شاخص‌ها در فرآیندهای صنعتی است. در مقابل، شاخص pH در تمامی دوره‌ها در محدوده استانداردهای بین‌المللی (۶ تا ۹) قرار داشته و کمترین اختلاف را نشان می‌دهد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کنترل اسیدیته و قلیائیت پساب به‌صورت مناسب انجام شده است، اما برای انطباق کامل با معیارهای جهانی، لازم است فرآیندهای حذف کل مواد جامد معلق و روغن وگریس تقویت و پایش دقیق‌تری بر بار ورودی اعمال شود.

به‌طور کلی، تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که سیستم تصفیه در برابر تغییرات بار آلی ورودی حساس بوده و در مواجهه با شوک‌های آلی شدید، به‌ویژه در پاییز، کارایی خود را از دست می‌دهد. افزایش هم‌زمان COD ورودی، TSS، روغن و احتمالاً MEG، مهم‌ترین عوامل افزایش CODخروجی هستند. بنابراین، کنترل دقیق‌تر بار ورودی، مدیریت جریان‌های آلوده، و بهبود عملکرد واحدهای پیش‌تصفیه (APIوIGF) برای کاهش COD خروجی ضروری است. روند نمودار نشان می‌دهد که افزایش COD مشاهده‌ای در دوره‌های خاص (به‌ویژه بهارها) می‌تواند ناشی از افزایش دبی، ورود جریان‌های آلوده، یا تغییرات فصلی باشد. این نوسانات بیانگر نیاز به کنترل دقیق‌تر بار ورودی، پایش لحظه‌ای، و بهبود عملکرد واحدهای پیش‌تصفیه است تا از افزایش ناگهانی CODجلوگیری شود.

نتایج حاصل از بررسی عملکرد پکیج‌های تصفیه پساب‌های روغنی در پالایشگاه‌های گازی پارس جنوبی نشان می‌دهد که استفاده از فرآیندهای متداول فیزیکی–شیمیایی، به‌ویژه سیستم‌های جداسازی API و شناورسازی با گاز القایی(IGF) ، نقش مؤثری در کاهش اولیه آلودگی‌های نفتی، TSS و بخشی از COD دارد. این یافته‌ها با گزارش‌های پیشین درباره ماهیت پساب‌های

صنایع پالایشگاهی و ضرورت به‌کارگیری واحدهای جداسازی اولیه هم‌خوانی دارد (۴،۵،۶) رادِلیوک و همکاران (۴) و دیاالدین و همکاران (۵) تأکید کرده‌اند که به‌دلیل تنوع ترکیبات هیدروکربنی و نوسانات دبی و بار آلودگی، سیستم‌های API و IGF به‌عنوان مراحل پیش‌تصفیه ضروری‌اند، اما به‌تنهایی قادر به دستیابی به استانداردهای سخت‌گیرانه زیست‌محیطی نیستند. در پالایشگاه‌های گازی بزرگ، ازجمله مجتمع پارس جنوبی، مصرف گسترده آب در واحدهای تولید بخار، خنک‌سازی و فرآیندهای شیمیایی منجر به تولید حجم بالایی از پساب‌های روغنی و بهداشتی می‌شود. مطالعات سون و همکاران (۳) و **ونکاتش** و باسو (۷) نشان داده‌اند که سهم قابل‌توجهی از آب مصرفی پالایشگاه‌ها به پساب‌هایی تبدیل می‌شود که دارای COD بالا و ترکیبات مقاوم به تجزیه زیستی هستند. بر همین اساس، نتایج این پژوهش که حاکی از باقی‌ماندن COD قابل‌توجه در پساب خروجی است، با روندهای گزارش‌شده در پالایشگاه‌های مشابه در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه همسو می‌باشد (۴،۹). عملکرد سیستم API در جداسازی روغن‌های آزاد و ذرات سنگین، عمدتاً وابسته به اختلاف چگالی و شرایط هیدرولیکی پایدار است. با این‌حال، وجود امولسیون‌های پایدار و نوسانات بار ورودی باعث کاهش راندمان این واحد می‌شود. آفولابی و همکاران (۱۶) نیز گزارش کرده‌اند که نشتی تجهیزات، ضعف عملکرد پمپ‌ها و طراحی نامناسب سیستم‌های کنترل pH می‌تواند به اختلال در جداسازی و افزایش بار آلودگی ورودی به واحدهای بعدی منجر شود. این موضوع در نتایج حاضر نیز مشاهده شد، به‌طوری‌که بخشی از روغن‌های امولسیونی از API عبور کرده و به واحد IGF منتقل شده‌اند.

سیستم IGF با ایجاد حباب‌های ریز گاز، راندمان حذف روغن‌های سبک و ذرات معلق را افزایش می‌دهد، اما کارایی آن به عواملی نظیر اندازه حباب، زمان ماند و ترکیب شیمیایی پساب وابسته است. لاوان و همکاران (۱۹) و مادینزی و همکاران (۱۰) نشان داده‌اند که در پساب‌های پالایشگاهی با ترکیبات پیچیده، IGF به‌تنهایی قادر به حذف کامل COD نیست، زیرا بخش عمده COD مربوط به ترکیبات محلول و مقاوم است. کاهش ناقص COD و TSS در برخی بازه‌های زمانی در این مطالعه، با نتایج این پژوهش‌ها همخوانی دارد و بیانگر محدودیت ذاتی فرآیندهای فیزیکی–شیمیایی در حذف آلاینده‌های محلول است. از سوی دیگر، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که عملکرد نامطلوب واحدهای بیولوژیکی پساب بهداشتی، یکی از عوامل اصلی افزایش COD خروجی نهایی است محمددوست و همکاران (۱۸) و کروز و همکاران (۱۱) تأکید کرده‌اند که کمبود اکسیژن محلول، طراحی نامناسب حوضچه‌های هوادهی و ورود ترکیبات سمی یا شوک‌های آلی، راندمان تجزیه بیولوژیکی را به‌طور محسوسی کاهش می‌دهد. این یافته‌ها با شرایط مشاهده‌شده در پالایشگاه پارس جنوبی همسو بوده و ضرورت ارتقاء سیستم هوادهی و کنترل دقیق‌تر ورودی‌ها را توجیه می‌کند. مطالعات صفاحیه و همکاران (۲۸) نیز نشان داده‌اند که کنترل لحظه‌ای کیفیت پساب نقش مهمی در دستیابی پایدار به استانداردهای زیست‌محیطی دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت تصفیه پساب‌های صنعتی در پالایشگاه‌های گازی، به‌ویژه در مجتمع پارس جنوبی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که اگرچه پکیج‌های تصفیه موجود شامل سیستم‌های API و IGF نقش مؤثری در کاهش آلودگی پساب‌های روغنی دارند، اما چالش‌هایی نظیر نوسانات کیفی و کمی پساب ورودی، مشکلات فنی تجهیزات و نبود پایش آنلاین مستمر، می‌تواند کارایی این سیستم‌ها را کاهش دهد. افزایش ناگهانی پارامترهایی مانند COD و روغن‌های محلول، به‌دلیل تغییرات فرآیندی و ترکیب پیچیده پساب، از عوامل اصلی افت عملکرد واحدهای تصفیه محسوب می‌شود. هم‌چنین نقص‌های فنی نظیر نشتی‌ها، خرابی پمپ‌ها و هوادهی ناکارآمد، موجب کاهش راندمان و ایجاد وقفه در عملکرد سیستم‌ها می‌گردد.در این راستا، اجرای پروژه‌های اصلاحی از جمله ارتقاء سیستم‌های هوادهی در حوضچه‌های پساب بهداشتی، نصب آنالایزرهای آنلاین برای پایش لحظه‌ای پارامترهایی مانند COD، TSS و pHو بهینه‌سازی تجهیزات مکانیکی، می‌تواند نقش مؤثری در بهبود عملکرد کلی سیستم تصفیه و کاهش آلودگی خروجی ایفا کند. به‌کارگیری این اقدامات علاوه بر افزایش راندمان فرآیندهای بیولوژیکی و فیزیکی، امکان

واکنش سریع به انحرافات عملیاتی را فراهم می‌سازد .در نهایت، استفاده از فناوری‌های نوین، بهینه‌سازی مستمر فرآیندهای تصفیه و پایش دقیق کیفیت پساب، از الزامات دستیابی به استانداردهای زیست‌محیطی و پایداری صنعتی در پالایشگاه‌های گازی به‌شمار می‌آید. این رویکرد می‌تواند ضمن کاهش اثرات زیست‌محیطی پساب‌های صنعتی، به حفظ منابع آبی و ارتقاء عملکرد زیست‌محیطی و اقتصادی پالایشگاه‌ها کمک نماید.

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از تمامی مدیران و کارکنان پالایشگاه گازی پارس‌جنوبی و واحد HSE که با مساعدت‌ها و دقت علمی خویش، راهگشای مراحل مختلف این پژوهش بودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع: نویسندگان اظهار می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافع با یکدیگر ندارند.

حمایت مالی: هیچ‌گونه حمایت مالی برای این مطالعه وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی: نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. هم‌چنین هر گونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

سهم نویسندگان: این مقاله بخشی از تحقیق دانشجویی کارشناسی‌ارشد دانشگاه خرد با راهنمایی سرکار خانم دکتر طلیعه عبدالخانی‌نژاد و با مشاوره جناب آقای دکتر غفور نوریان است. طراح ایتدایی این مطالعه به عهده‌ی استاد راهنما و قسمت‌هایی از تحلیل و آنالیزها بر عهده‌ی جناب آقای دکتر غفور نوریان بوده است. جمع‌آوری داده‌ها و نگارش مقاله بر عهده‌ی آقایان خسرو دهقان و محمدرضا قیصری است. در نهایت بازبینی و تکمیل تحلیل داده‌های محاسبه‌شده با راهنمایی سرکار خانم دکتر طلیعه عبدالخانی‌نژاد انجام شده است.

References

1. Tavella, R. A., da Silva Júnior, F. M. R., Santos, M. A., Miraglia, S. G. E. K., & Pereira Filho, R. D. (2025). A review of air pollution from petroleum refining and petrochemical industrial complexes: Sources, key pollutants, health impacts, and challenges. *ChemEngineering*, *9*(1), 13.

2. Sharma, V. K., Thamida, S. K., Reddy, B. N. K., & Kumar, M. (2025). Liquefied Petroleum Gas: A Comprehensive Review of Its Manufacturing and Refining Routes. *Progress in Petrochemical Science*, *7*(2), 785-792.

3. Sun, P., Elgowainy, A., Wang, M., Han, J., & Henderson, R. J. (2018). Estimation of US refinery water consumption and allocation to refinery products. *Fuel*, *221*, 542-557.

4. Radelyuk, I., Tussupova, K., Klemeš, J. J., & Persson, K. M. (2021). Oil refinery and water pollution in the context of sustainable development: Developing and developed countries. *Journal of Cleaner Production*, *302*, 126987.

5. Diya'uddeen, B. H., Daud, W. M. A. W., & Aziz, A. A. (2011). Treatment technologies for petroleum refinery effluents: A review. *Process safety and environmental protection*, *89*(۲), 95-105.

6. Singh, S., & Shikha. (2018). Treatment and recycling of wastewater from oil refinery/petroleum industry. In *Advances in biological treatment of industrial waste water and their recycling for a sustainable future* (pp. 303-332). Singapore: Springer Singapore.

7. Venkatesh, M., & Basu, S. (2025). Water Use and Wastewater Sources in Downstream and Marketing Operations. In *Water Management in Petroleum Industries* (pp. 185-285). Singapore: Springer Nature Singapore.

8. Wang, Z., Feng, Y., Chen, F., & Qin, J. (2025). Thermal behavior of steam reforming reaction at different aspect ratios in the scramjet engine cooling channel. *Energy*, *314*, 134166.

9. Tella, T. A., Festus, B., Olaoluwa, T. D., & Oladapo, A. S. (2025). Water and wastewater treatment in developed and developing countries: Present experience

and future plans. In *Smart Nanomaterials for Environmental Applications* (pp. 3251-385). Elsevier.

10. Madinzi, A., Mouhir, L., Bakraouy, H., & Digua, K. (2025). Treatment of Petroleum Effluents and Effects on the Environment. *Management of Petroleum Wastewater and Oil Field Discharges: Diagnosis, Impacts and Treatment*, 47.

11. Cruz, R. A. G., Miranda, A. E., & Quiroz, I. V. (2025). Biological Treatment of Wastewater: Use of Microorganisms for Purification. In *Soil Improvement and Water Conservation Biotechnology* (pp. 183-204). Bentham Science Publishers.

12. Venkatesh, M., Shaw, A. R., Basu, S., Deshpande, S. P., & Kannan, A. D. (2025). Marketing Operations. *Water Management in Petroleum Industries*, 185.

13. Yousefi, M., Rezaei, P., Rad, M. M. P., Roustaei, A., Shahriari, I., Cheraghi, M., & Talabah, E. K. P. (2025). Using a New Method of Purifying Wastewater from Oil Refineries through Reverse Osmosis. *Prog. Chem. Biochem. Res*, *8*(4), 397-417.

14. Saki, H., & Mahdavian, L. Chemical Process Design.

15. Chybowski, L. (2023). Study of the relationship between the level of lubricating oil contamination with distillation fuel and the risk of explosion in the crankcase of a marine trunk type engine. *Energies*, *16*(2), 683.

16. AFOLABI, M., ONUKOGU, O. A., IGUNMA, T. O., ADELEKE, A. K., & NWOKEDIEGWU, Z. Q. S. (2021). Systematic Review of pH-Control and Dosing System Design for Acid-Base Neutralization in Industrial Effluents.

17.Elmi, R., Nejaei, A., Farshi, A., Ramazani, M. E., & Alaie, E. (2021). Comparison of two methods of neutralization and wet air oxidation for treating wastewater spent caustic produced by oil refineries. *Environmental Monitoring and Assessment*, *193*(12), 854

18.Mohammadi-Doust, H., Rahimi, M., & Rostami, A. (2015). Modeling of BOD and COD removal in aeration lagoons of Kermanshah refinery. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, *12*(3), 45–56.

19.Lawan, M. S., Kumar, R., Rashid, J., & Barakat, M. A. E.-F. (2023). Recent Advancements in the Treatment of Petroleum Refinery Wastewater. *Water*, *15*(20), 3676. https://doi.org/10.3390/w 15203676

20.Najmi, M., & Karagiri, A. (2016). Use of ceramic membranes for treating wastewater containing oil.

21.Babaipur, A., Rostaaazad, R., & Rajabi, N. (2009). Investigating the effect of operational conditions on fouling in the treatment of industrial wastewater containing oil using a new combined MF-UF system.

22.Saadati, & Pakizeh. (2016). A review on oil wastewater treatment methods with an emphasis on membrane methods. Scientific Journal of Process Now, 10(52), 52-77.

23.Zhao, G., Sheng, Y., Wang, C., Yang, J., Wang, Q., & Chen, L. (2018). In situ microbial remediation of crude oil-soaked marine sediments using zeolite carrier with a polymer coating. Marine Pollution Bulletin, 129(1), 172-178.

24.Gosiamemang, T., & Heng, J. Y. (2024). Superhydrophobic cotton for addressing fatbergs through oily wastewater treatment. International Journal of Biological Macromolecules, 277, 133863.

25.Ziyaei-Saghinsara, Shabnam, & Khazini, L. (2022). Experimental study of volatile organic compounds emitted from wastewater treatment ponds of oil refineries.

26.Rekabdar, F., Salahi, A., Mohammadi, T., & Ghaslahi, A. (2010). Application of membrane filtration process in treatment of oil wastewater from an oil refinery unit.

27.Safahiyeh, Majlesi, Nabavi, Savaari, & Torki. (2021). Quantitative and qualitative investigation of the wastewater from oil refinery industrial treatment units and comparison with international standards.

Scientific Journal of Process Now, 16(73), 22-36.
28. Nazari Alavi, & Ghasemi. (2023). Treatment of emulsion oil wastewater by electric coagulation method. Journal of Water and Wastewater, 34(3), 44-56.
29. Manzami Tehrani Ghazaleh, Barqai-Pour Hasti, & Nezam-Pour Alireza. (2020). Recovery of wastewater from a vegetable oil factory in Varamin using the IFAS method.
30. Shokti Pourthani Afshin, Shariat Mahmoud, Jafarzadeh Haghighi-Fard Nematollah, & Nabi Zadeh Noudhi Ramin. (2008). Removal of metals from wastewater by reuse of a waste stream: A case study of cadmium removal using clay from vegetable oil industries.
31. Shariat. (1980). Advanced treatment of an industrial wastewater contaminated with petroleum substances. Journal of the Faculty of Engineering, 40.