Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.8, No.3, Autumn 2020

Original Article

# Identification of Process Hazards in the Hot Stripping Tower of Common Crude Oil Sweetening Projects Using HAZOP Study

**Hamid Sarkheil[1, 2*], Fatemeh Dehdari [3] , Yousef Azimi[1] , Mohammad Talaeian Araghi[1]**

1-Department of Human Environment, College of Environment, Karaj, Iran
2- Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Iran
3-Msc. Student of Chemical Engineering-HSE, Department of Human Environment, College of Environment, Karaj, Iran
**Corresponding Author:** sarkheil_h@yahoo.co.uk

## Abstract

**Background and Objectives:** Nowadays, oil and gas resources play a vital role in supplying energy and raw materials so that any disruption in the operation of refineries leads to compensatory damages. Therefore, the continuous, safe, and accurate operation of refineries is essential. The presence of impurities in oil and gas has a negative effect on equipment and reduces the quality of the final product. Hence, a hot stripping unit was used for the separation of Hydrogen sulfide gas from crude oil. And identifies deviations in this desalination unit that will cause harm to humans, equipment, and the environment.

**Methods and Materials:** To prevent human, economic, and environmental damages, we need a systematic approach to study hazards and risk analysis. The Hazard and Operability Study (HAZOP) techniques were applied to identify hazards in the sweetening of the crude oil project. Initially, the HAZOP team divided the sweetening unit into 11 nodes and evaluated 94 deviations in these nodes. The faults and their causes, consequences, and safeguards were traced and reported.

**Results:** Based on operational deviations, risk factors, consequences, and barriers were reviewed and weaknesses in protection layers were identified. Outcomes of risk and operational management sessions, deviations, causes, consequences, safeguards, and possible solutions are identified. The most vital faults were traced in the desalination unit, overfilling of the tank surface, high pressure and incorrect function of the flare, which occurred in nodes 6, 7, and 9, respectively, for various reasons.

**Conclusion:** After summarizing the findings, for preventing the occurrence of consequences and accidents, recommendations were presented in the form of a general suggestion. The results of this study could create a safer surroundings with higher reliability and environmental-friendly product.

**Keywords:** Crude Oil Sweetening; Risk Assessment; Hazard and Operability Study (HAZOP); Consequence

**How to cite this article:** Sarkheil H, Dehdari F, Azimi Y, Talaeian Araghi M. Identification of Process Hazards in the Hot Stripping Tower of Common Crude Oil Sweetening Projects Using HAZOP Study. J Saf Promot Inj Prev. 2020; 8(3):172- 83.

مقاله پژوهشی

**مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها**
دوره۸. شماره ۳. پائیز ۱۳۹۹، صفحات ۱۷۲ تا ۱۸۳

# شناسایی مخاطرات فرآیندی در برج عریان سازی گرم پروژه‌های رایج شیرین سازی نفت خام به روش مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات

**حمید سرخیل[۱،۲*]، فاطمه دهداری[۳]، یوسف عظیمی[۱]، محمد طلائیان عراقی[۱]**

۱- گروه محیط زیست انسانی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران
۲-دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، گروه محیط زیست انسانی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران

## چکیده

**سابقه و هدف:** نفت و گاز از مهم‌ترین منابع جهت تأمین انرژی و مواد اولیه در دنیای امروز می‌باشند، به‌طوری‌که رخداد هرگونه اختلال در فعالیت پالایشگاه‌ها خسارات جبران‌ناپذیری به دنبال خواهد داشت. ازاین‌رو فعالیت مداوم، ایمن و دقیق پالایشگاه‌ها بسیار حائز اهمیت است. علاوه بر آن حضور ناخالصی‌های موجود در نفت و گاز می‌تواند بر روی تجهیزات و کاهش کیفیت محصول نهایی اثر منفی داشته باشد. این مطالعه بر روی بخش جداسازی گاز هیدروژن سولفید از نفت خام به روش بهره‌گیری از برج عریان سازی گرم متمرکزبود و به شناسایی انحرافات موجود در این واحد شیرین سازی که موجب آسیب به انسان، تجهیزات و محیط خواهند گردید، انجامید.

**روش بررسی:** در این تحقیق به‌منظور جلوگیری از صدمات انسانی، اقتصادی و محیط‌زیستی، از مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات که یک روش سامانمند برای مطالعه خطرات و آنالیز ریسک است، استفاده‌شد. در ابتدا گروه مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات، واحد را به ۱۱ گره تجزیه و سپس تعداد ۹۴ انحراف محتمل موجود در هر گره را مورد ارزیابی قراردادند.

**یافته‌ها**: بر اساس انحرافات عملیاتی، عوامل خطر، پیامدها و لایه‌های حفاظتی مورد بازبینی قرار گرفت و نقاط ضعف موجود در لایه‌های حفاظتی مشخص گردید. نتایج جلسات مخاطرات و راهبری عملیات، انحراف‌ها، علل، پیامدها، محافظ‌ها و راه‌حل‌های احتمالی مشخص‌شد. به‌طوری‌که مهم‌ترین انحراف‌های موجود در این واحد شیرین سازی، بیش‌ازحد پر شدن سطح مخزن، فشار بالا، عملکرد ناصحیح فلر که به ترتیب در گره‌های ۶، ۷ و ۹ به دلایل مختلف اتفاق افتاده بودند.

**نتیجه‌گیری:** پس از جمع‌بندی یافته‌ها، به‌منظور جلوگیری از رخداد پیامد و حوادث ناگوار تعداد ۵۵ اقدام اصلاحی مؤثر پیشنهاد گردید. بدیهی است به‌کارگیری نتایج این تحقیق به ایجاد محیطی ایمن‌تر باقابلیت اطمینان بالاتر و محصولات دوستار محیط‌زیست کمک خواهد نمود.

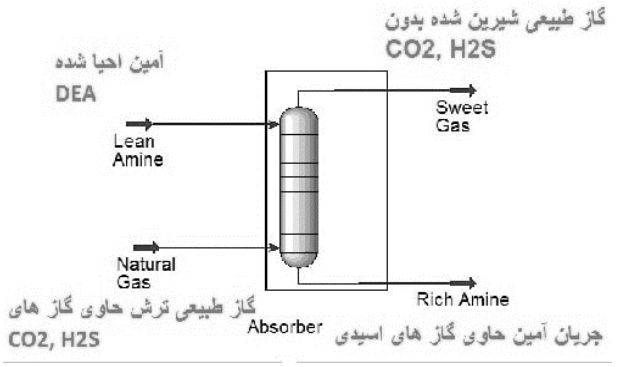
**واژگان کلیدی:** شیرین سازی نفت خام; آنالیز ریسک; مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات; پیامد

## مقدمه

کشور ایران دارای میدان‌ها هیدروکربنی متعددی است به‌طوری‌که به دلیل ماهیت تکتونیکی ایران عمده این میدان‌ها و مخازن نفتی تحت‌فشار بوده و نفت و گاز را به‌صورت توأمان به همراه دارد، حدود ۴۳ درصد از مخازن ایران جزء مخازن بزرگ و بسیار بزرگ در دنیا محسوب می‌شوند و درنتیجه آن با دارا بودن حدود ۶۰۰ میلیارد بشکه نفت درجا و ۳۵ هزار میلیارد مترمکعب ذخایر گاز، بیشترین ذخایر هیدروکربنی را در جهان داراست (۴-۱). بهره‌برداری بهینه از این ذخایر باارزش نیازمند حذف یا کاهش ناخالصی‌های متعددی است که در این منابع وجود دارد. ترکیبات گوگردی مانند هیدروژن سولفید، کربونیل سولفید، دی سولفید کربن ازجمله‌ی این ناخالصی‌ها می‌باشند. حذف ترکیبات گوگردی می‌تواند از دو دیدگاه فنی و زیست‌محیطی حائز اهمیت باشد(۵). ترکیبات گوگردی به دلیل بوی نامطبوع و در مواردی خاصیت خورندگی به‌طور فراوانی بر عملیات پالایش و نگه‌داری نفت تأثیر گذاشته و درنتیجه استفاده از فنّاوری شیرین‌سازی و یا گوگردزدایی ازاین‌جهت دارای اهمیت بسیار می باشد (۶).

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: sarkheil_h@yahoo.co.uk

همچنین لازم به ذکر است که در صنایع نفت و گاز با توجه به نوع فرآیندها و موارد مورداستفاده، احتمال بروز حوادثی از قبیل آتش‌سوزی و انفجار بسیار بالا است (حادثه آتش‌سوزی در پالایشگاه گاز قطر در سال ۱۹۷۷). بنابراین توجه به ایمنی و اجرای برنامه‌های تجزیه‌وتحلیل حوادث، شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک به‌منظور جلوگیری از وقوع حوادث هولناک بسیار ضروری است (۷). ایمنی و پایداری هر یک از قسمت‌های مجموعه سبب پایداری و افزایش بهره‌وری کل مجموعه می‌گردد. البته توجه به ایمنی ذاتی در فرایندهای پتروشیمی و پالایشگاهی می‌تواند سطح ایمنی را به‌گونه‌ای مؤثر افزایش دهد (۹-۸). به‌طوری‌که در صنایع نفت و گاز، دستگاه‌های مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست با در نظر گرفتن عناصر کلیدی و شاخص‌های مؤثر می‌توانند ضمن صیانت از جنبه‌های ایمنی و سلامت کارکنان، جنبه‌های زیست‌محیطی را نیز در عرصه‌های ملی موردتوجه قرار دهند (۱۱-۱۰). اجرای روش مخاطرات و راهبری عملیات به‌عنوان یکی از مؤثرترین روش‌های ارزیابی ریسک به‌منظور شناسایی کانون‌های خطر در واحدهای فرآیند موردتوجه قرارگرفته است. این روش بر اساس یک رویکرد سامانمند قسمت‌های مختلف یک واحد عملیاتی را بررسی و با شناخت پتانسیل‌های بالقوه خطر، پیشنهادهای اصلاحی برای کاهش ریسک ارائه می‌دهد (۱۲). درنهایت شناسایی مخاطرات فرآیندی در پروژه شیرین سازی نفت خام سبب افزایش ایمنی واحد و کاهش احتمال آسیب به کارکنان و تجهیزات شده همچنین افزایش بهره‌وری و پایداری در واحد و منافع اقتصادی را نیز به دنبال دارد. در شکل ۱ فرآیند مربوط به شیرین سازی به‌صورت خلاصه آورده شده است.




**شکل۱. نمایی کلی از فرآیند به شیرین سازی نفت**

صنایع فرآیندی نفت به‌ویژه در بخش بالادستی به سبب خطرات جدی و عدیده‌ای که برای انسان و محیط‌زیست به همراه دارد و نیز به دلیل هزینه‌های بالا برای کارکنان، افراد جامعه، محیط‌زیست و نیز هزینه‌های فراوان ناشی از وقفه‌های ایجادشده در تولید و هدر رفت محصولات، همواره در توسعه و آنالیز ایمنی فرآیند پیشگام بوده است(۱۴-۱۳). در چند دهه اخیر وقوع حوادثی از قبیل بوپال هندوستان با ۴۰۰ نفر کشته، چرنویل اوکراین با ۳۸ نفر کشته، فلیکس بورو انگلستان با بیش از ۲۰ نفر کشته و سوزو ایتالیا با توده گاز منتشره ناشی از انفجار دارای ۶ کیلومتر طول و یک کیلومتر عرض، توجه‌ها را به صنایع شیمیایی و ریسک‌های موجود جلب کرده و ضرورت تجزیه‌وتحلیل سامانمند ایمنی فرآیندهای مختلف را در صنایع شیمیایی افزایش داده است(۷).

اولین قدم در فرآیند مدیریت و ارزیابی خطرات، شناسایی خطرات و تأثیر آن‌ها هست. فرآیند شناسایی خطرات علاوه بر بعد انسانی و سیستم باید در بعد مهندسی نیز در نظر گرفته شود. فرآیند شناسایی خطرات باید به‌صورت مستمر و پویا بوده و نه‌تنها در زمان توسعه ایمنی پروژه بلکه در تمام محدوده تعریف‌شده بکار گرفته شود. فن‌های مختلفی ازنظر کمی و کیفی وجود دارند. فن‌های کیفی عبارت‌اند از: چک‌لیست های ایمنی مثل تجزیه و تحلیل چه می شود اگر (What-if)، مطالعه عملیات و خطرات[۱] و تحلیل مقدماتی خطر[۲]. ازجمله روش‌های کمی می‌توان به روش های حالات شکست و تحلیل اثرات آن‌ها[۳] و تحلیل درخت خطا[۴] اشاره کرد. روش مخاطرات و راهبری عملیات و روش حالات شکست و تحلیل اثرات آن‌ها ازجمله روش‌های پرهزینه مطالعاتی محسوب می‌شوند (۱۴).

در این تحقیق با برگزاری جلسات مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات، انحرافات موجود در واحد شیرین سازی مزبور که پتانسیل آسیب به نیروی کار، محیط‌زیست و تجهیزات را دارد، به‌منظور ارائه اقدامات کنترلی و حفاظتی، مشخص گردید.

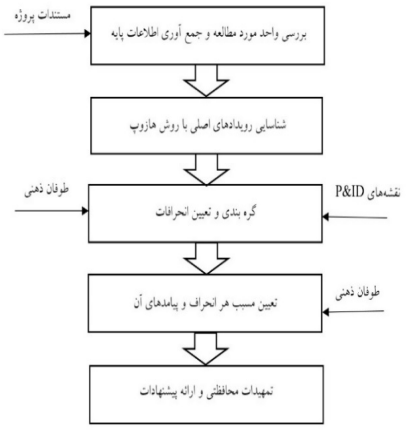
## مواد و روش‌ها

چارچوب کلی فرآیند مطالعات شناسایی مخاطرات با روش مطالعات مخاطرات و راهبری عملیات در واحد شیرین سازی نفت خام این تحقیق در شکل ۲ آورده شده است.

یکی از روش‌های مرسوم تحلیل ایمنی مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات هست که در سطح گسترده‌ای از صنایع فرآیندی کاربرد دارد. این فن نخستین بار در سال ۱۹۷۰ بر اساس روشی که آزمایش بحرانی خوانده می‌شود، توسط صنایع شیمیایی بریتانیا معرفی به‌صورت قانون درآمد. روش مخاطرات و راهبری عملیات اساساً ماهیتی آینده‌نگر و مبتنی بر پیشگیری دارد. فلسفه اصلی این فن بدین شکل است که چنانچه فرآیند در راستای تمایل طراحی عمل کند، دچار حادثه‌ای نخواهد شد (۱۲).

۱. (HAZOP)
۲. PHA: Preliminary Hazard Analysis
۳. FMEA: Failure Mode and Effects Analysis
۴. FTA: Fault Tree Analysis

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.




**شکل۲. مراحل تحقیق**

بر اساس ایزو ۳۱۰۰۰ هر سازمان می‌بایست منابع ریسک، حوزه‌های تأثیر، حوادث (شامل تغییرات در شرایط مختلف)، علت آن‌ها و پیامدهای احتمالی آنان را شناسایی کند. هدف از شناسایی خطر تهیه‌ی فهرستی کامل از خطرهاست که بر اساس آن حوادث امکان ایجاد، ارتقا، جلوگیری، تخریب، تسریع و یا تأخیر در دستیابی به هدف به همراه باشد(۱۷-۱۶). به معنای دیگر مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات، یک روش کارآمد و سامانمند برای شناسایی خطرات و مشکلات عملیاتی سیستم و تعیین اثرات آن‌ها هست. این فن بر پایه اصل: "سیستم، زمانی ایمن است که تمامی پارامترهای عملیاتی مانند دما، فشار در حالت طبیعی و قابل‌قبول باشد"، قرار دارد(۱۸). همچنین توجه به مخاطرات محیط‌زیستی آلودگی‌های نیز ناشی از فرایند تصفیه نیز حائض اهمیت می باشد (۱۹).

گروه مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات عموماً متشکل از ۴ تا ۸ نفر و دارای یک رهبر، یک منشی و افراد با دانش‌های متفاوت هستند. ازجمله متخصصین در این گروه می‌توان به مهندسین فرآیند، تعمیر و نگه‌داری، ایمنی اشاره کرد. رهبر گروه علاوه بر تجربه کافی باید توانایی کنترل جلسات و تسلط بر اعضای گروه را هم داشته باشد (۲۰). بررسی انفرادی و یا جمعی از مهندسان یک تخصص نمی‌توانند تمام سطوح مشترک میان بخش‌های مهندسی را که به‌عنوان نقاط ضعف و بحران برای ایمنی واحدهای پیچیده مطرح می‌شوند، به‌درستی ارزیابی کنند(۲۱). بر اساس آنچه بیان شد، روش مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات یک روش خلاقانه و استدلالی بر اساس تجربه اعضای گروه هست. ازآنجاکه تجزیه‌وتحلیل انفرادی نمی‌تواند تمام مشکلات فرآیندی واحدهای عملیاتی را تشخیص و ارزیابی کند، لازم است گروه تشکیل شود. طبق تعریف انجمن صنایع شیمیایی انگلستان این روش آنالیز می‌بایست توسط تیمی از داخل سازمان انجام گیرد. افراد گروه عموماً بین چهارتا هشت نفر شامل رهبر، منشی، ایمنی، ابزار دقیق، عملیات، مهندسی فرآیند و تعمیر و نگه‌داری می‌باشند. راحتی افراد در ارائه نظرات خود ازجمله رموز موفقیت این روش ذکرشده است(۲۱). به‌طوری‌که توجه به جنبه‌های عدم شفافیت و فریب نیز به دلیل حساسیت‌های موجود در جمع‌آوری اطلاعات از واحدهای عملیاتی در غالب پاسخ‌های جمع‌بندی شده نیز می‌بایست موردنظر گروه تحلیل‌گر مخاطرات قرار گیرد (۲۲).

اطلاعات موردنیاز جهت مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات در یک واحد فرآیندی شامل: نقشه نمودار جریان[۵] ، آخرین نسخه نقشه لوله‌کشی و ابزار دقیق[۶] ، نقشه[۷] ، نقشه جانمایی تجهیزات[۸] ، تشریح فرآیند و موازنه مواد و انرژی فرآیند هست (۲۰).

نقشه نمودار جریان: در این نقشه تجهیزات اصلی فرآیند و چگونگی جریان مواد بین آن‌ها نشان داده‌شده است. راکتورها، برج‌های جداسازی، مخازن، مبدل‌های حرارتی، فیلترها، پمپ‌ها ازجمله تجهیزات فرآیندی هستند که در این نمودارها نمایش داده می‌شوند. به‌طورکلی اعداد و ارقام مربوط به جریان‌ها مانند دبی، ترکیب، دما، فشار و انرژی به‌صورت جدول در زیر نقشه ذکر می‌گردد. جریان‌های فرعی، تجهیزات و دستگاه‌های یدکی، ابعاد کامل دستگاه‌ها، اطلاعات مربوط به ابزار دقیق در یک نمودار جریان نشان داده نمی‌شود.

نقشه لوله‌کشی و ابزار دقیق: این نوع نقشه بر اساس نقشه نمودار جریان رسم می‌شود و به‌عبارت‌دیگر نوع تکمیل‌شده‌ی نقشه نمودار جریان هست. در این‌گونه نقشه‌ها کلیه‌ی تجهیزات حتی تجهیزات فرعی نمایش داده می‌شود. در نقشه لوله‌کشی و ابزار دقیق هر لوله با یک کد شماره‌گذاری می‌شود. اطلاعات دقیق در مورد لوله‌کشی و ابزار دقیق نیز ذکر می‌گردد.

اطلاعات خروجی به دودسته تقسیم می‌شوند. گزارش اول شامل چک‌لیست که به‌صورت کامل تمامی جزییات و بررسی کیفی ریسک (ماتریس ریسک) در آن آورده شده و گزارش دوم مناسب برای مدیریت کارخانه و شامل پیشنهادها ارائه‌شده به همراه ارزش ریسک مربوط به هر پیشنهاد هست(۲۰).

به‌طورکلی، ریسک تابعی از احتمال و شدت خطر هست. به‌منظور ارزیابی کیفی ریسک برای هر حادثه، میزان احتمال و شدت خطر تخمین زده می‌شود. چنانچه احتمال رخ دادن حادثه‌ای کم و شدت آن زیاد باشد، میزان ارزش ریسک پایین و در حالتی که احتمال رخ دادن حادثه بالا و شدت آن نیز زیاد باشد، میزان ریسک بالا خواهد بود.

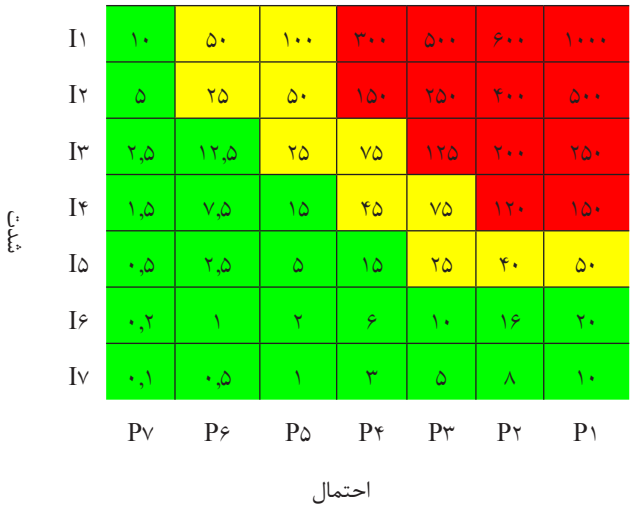
$$\text{ریسک} = \text{احتمال} \times \text{شدت} \qquad (۱)$$

به دنبال تعیین کیفیت ریسک از نمودار احتمال و شدت معروف

۵. PFD: Process Flow diagram
۶. P&ID: Piping and Instrumentation Diagram
۷. Cause & Effect
۸. Plot Plan

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License ( CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

به ماتریس ریسک استفاده می‌شود. بدین منظور ماتریس ۷ در ۷ با شدت بر روی محور افقی و احتمال بر روی محور عمودی رسم می‌کنیم (شکل ۳) (۲۱).




**شکل۳. ماتریس ریسک با شبکه ۷ در ۷**

به‌منظور تعریف مرتبه ماتریس به تعداد تعاریف احتمال و شدت خطر بستگی دارد. هم‌چنین آرایه‌های درون ماتریس کیفی می‌باشند و ارزش ریسک را مشخص می‌کنند. جدول ۱ و ۲ به ترتیب تعاریف کیفی شدت خطر و احتمال را نشان می‌دهند.

**جدول ۱. تعریف کیفی شدت خطر**

| شدت | تعریف |
|---|---|
| ۷I | آسیب یا صدمه‌ی قابل‌توجهی وجود ندارد. |
| ۶I | آسیب جزئی (کمک‌های اولیه) و صدمه کمتر از هزار دلار |
| ۵I | آسیب‌های موقت یا اثراتی بر روی سلامتی و صدمه کمتر از ۵ هزار دلار |
| ۴I | آسیب‌واثرات بلندمدت بر روی سلامتی‌وصدمه‌بین ۵هزارتا ۵۰هزاردلار |
| ۳I | آسیب‌واثرات دائمی بر روی سلامت‌وصدمه‌بین ۵۰هزارتا ۱۰۰هزاردلار |
| ۲I | یک مرگ و صدمه بین ۱۰۰ هزارتا ۱۵۰ هزار دلار |
| ۱I | چندین مرگ و صدمه بیش‌تر از ۱۵۰ هزار دلار |

**جدول ۲. تعریف کیفی احتمال خطر**

| احتمال | تعریف |
|---|---|
| ۷P | تقریباً غیرممکن |
| ۶P | به‌ندرت ممکن است رخ دهد |
| ۵P | ممکن است با احتمال کمتر از ۵۰٪ تصادفی |
| ۴P | ممکن است گاهی رخ دهد |
| ۳P | امکان‌پذیر با احتمال ۵۰٪ |
| ۲P | مکرر |
| ۱P | رخ خواهد داد |

جهت انجام دقیق مطالعات مخاطرات و راهبری عملیات روی واحد شیرین سازی نفت خام، نقشه موردمطالعه به ۱۱ گره باهدف مطالعات کامل‌تر و جامع‌تر تفکیک‌شد. نمونه کاملی از کاربرگ گره‌های واحد شیرین سازی نفت خام در ادامه نمایش داده‌شده است. انتخاب گره‌ها به‌گونه‌ای بود که مراحل تکراری در بررسی گره‌ها به وجود نیاید و از پیچیدگی بیش‌ازحد نیز جلوگیری شود. در جدول۳ لیست گره‌ها با رنگ‌بندی مربوط به هر گره نمایش داده‌شده است.

## یافته‌ها

### گره شماره ۱

اولین گره، برج عریان سازی گرم (A۲۰۱T-) که شامل ورودی پمپ تغذیه (۱A۲۰۱P-/۲A)، پمپ جانبی (۱A۲۰۲P-/۲A) و پمپ‌های تولیدی (۱A۲۰۳P-/۲A) بود. جداسازی هیدروژن سولفید و ترکیبات سبک از نفت خام با استفاده از انرژی گرمایی انجام گرفت. این گره شامل ۱۰ انحراف قطع یا کاهش جریان، افزایش جریان، برگشت در جهت خلاف جریان، دمای بالا، دمای پایین، فشار بالا، فشار پایین، سطح مشترک بالا، سطح مشترک پایین و تصحیح مدرک نقشه لوله‌کشی و ابزار دقیق بود. کاهش جریان از واحد نمک‌زدایی به هر دلیلی، بسته شدن شیر قطع اضطراری (ESDV-۱۲۰۱)، گرفتگی در صافی پمپ، اختلال در پمپ تغذیه و ازکارافتادن شیر کنترل (FCV-۱۲۰۱) از عوامل کاهش جریان بودند. از پیامدهای این گره کاهش سطح مایع در پایین برج عریان سازی با احتساب آسیب به پمپ‌ها و گرم‌کن‌ها و کاهش تولید و اختلال در عملیات بود که در جدول ۴ و محدوده این گره در شکل ۴ نمایش داده‌شده است.

### گره شماره ۲

هر واحد شیرین سازی به یک تفکیک‌تر مطلوب نیاز دارد. تفکیک‌تر باهدف فیلتراسیون سیستم برای حذف ذرات و جامدات غوطه‌ور ایجاد می‌شود. جداکننده نه‌تنها بر اساس حجم مایع ورودی بلکه بر اساس ظرفیت بالقوه برای مدیریت هیدروکربن‌های مایع، آب و مواد شیمیایی تصفیه چاه باید طراحی گردد ازآنجاکه آب موجود قادر به خروج از دو مسیر خروجی (نفت و گاز) نیست، لازم است تفکیک‌تر جانبی داشته باشد تا در آن تجمع یابد. بدین گونه ترکیب تثبیت سازی با یک سیستم خنک‌کننده مؤثر که بسیار ارزان‌تر و کم‌حجم‌تر است، امکان‌پذیر می‌گردد.

این گره شامل تفکیک گر جانبی (V-۲۰۱) و مبدل حرارتی جانبی (E-۲۰۱A) هست. گره دوم شامل ۱۰ انحراف قطع یا کاهش جریان، افزایش جریان، برگشت در خلاف جهت جریان، دمای بالا، دمای پایین، فشار بالا، فشار پایین، سطح مشترک بالا، سطح مشترک پایین

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

و خطرات نگه‌داری و تعمیرات هست. افزایش جریان از بالادست و اختلال شیر کنترل فشار از دلایل افزایش جریان هست. از پیامدهای این گره می‌توان به کاهش جداسازی آب در تفکیک‌تر جانبی ، کاهش دما در گرم‌کن، کاهش فشار در تفکیک‌تر جانبی که سبب تشکیل بخار می‌شود، اشاره کرد. اطلاعات مربوط به این انحراف در جدول ۵ و محدوده دومین گره‌ی واحد شیرین سازی نفت در شکل ۵ نشان داده‌شده است.

### گره شماره ۳

گرم‌کن همرفتی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیرمجموعه واحدهای پالایشگاهی باهدف تأمین حرارت موردنیاز ایجادشده‌اند. طراحی کوره‌ها بر اساس وظیفه گرمایشی، نوع سوخت و روش تأمین احتراق متفاوت هست. عمدتاً دو بخش اصلی کوره‌های صنعتی شامل بخش تابشی و همرفتی است. بخش همرفتی که گره شماره ۳ را تشکیل می‌دهد در بالای بخش تابشی واقع‌شده است و حرارت ناشی از احتراق گازها پیش از خروج از دودکش، بازیافت می‌شوند. انتقال حرارت در این بخش با انتقال حرارت جابه‌جایی حرارتی صورت می‌گیرد. این گره شامل ۱۳ انحراف قطع یا کاهش جریان نفت خام، افزایش جریان نفت خام، قطع یا کاهش جریان گاز به مشعل، افزایش جریان گاز به مشعل، قطع یا کاهش جریان گاز به جرقه زن، افزایش جریان گاز به جرقه زن، برگشت در خلاف جهت جریان، فشار بالا، فشار پایین، دمای بالا، دمای پایین، تغییر ترکیب، نشت ازجمله انحرافات این گره هست. معیوب شدن لوله‌های خام از علت‌های نشت هست که پیامد آن عبارت است از ورود نفت به محفظه آتش گرم‌کن که سبب آسیب به گرم‌کن می‌شود. اطلاعات مربوط به این انحراف در جدول ۶ و محدوده گره سوم در شکل ۶ نشان داده‌شده است.

**جدول ۳. لیست گره‌ها و رنگ‌بندی مربوط به هر کدام**

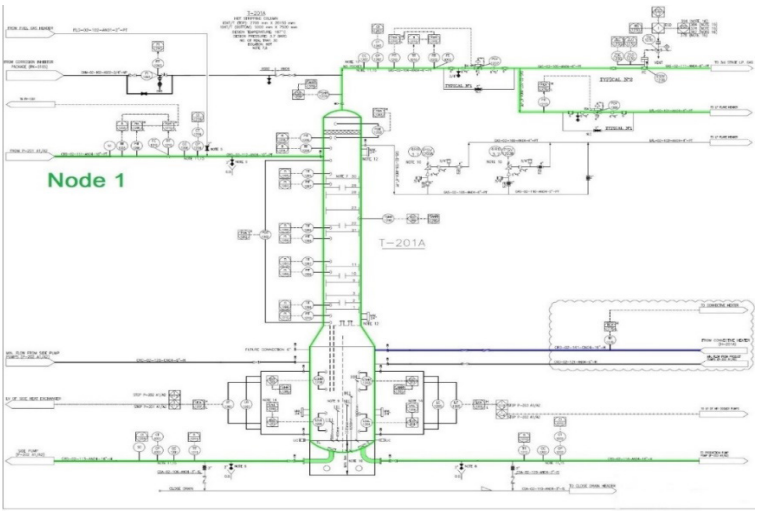
| گره | رنگ | نوع تجهیز | نوع و شماره تجهیزات |
|---|---|---|---|
| ۱.برج عریان ساز گرم | سبز | خط لوله<br>پمپ<br>برج | -۱A۲۰۲P/۲A،-P ۱A۲۰۱/۲A<br>-P-،A۲۰۱T ۱A۲۰۳/۲A، |
| ۲. تفکیک گر جانبی | بنفش | خط لوله<br>مخزن | A۲۰۱V، A۲۰۱E- |
| ۳.گرم‌کن همرفتی | آبی | خط لوله<br>هیتر | A۲۰۱H- |
| ۴.مبدل حرارتی جدید | زرد | خط لوله<br>کولر هوایی<br>مبدل حرارتی | A۲۰۱AC-،A۲۰۲ E-، A۲۰۱E- |
| ۵.پمپ توزیع آب رقیق‌کننده | نارنجی | خط لوله | - |
| ۶.پکیج تزریق مواد شیمیایی | قرمز | پکیج<br>خط لوله<br>پمپ تزریق | ۲۰۵PK-،A/B۲۱۱ P- |
| ۷.قطره گیر سوخت مصرفی | بنفش | خط لوله<br>مخزن | ۲۰۲V- |
| ۸.. قطره گیر گاز مشعل | آبی روشن | خط لوله<br>مخزن<br>پمپ | A/B۲۰۶P-،۲۰۴ V- |
| ۹.پکیج مشعل | صورتی | خط لوله<br>پکیج | ۲۰۱V- |
| ۱۰ ظرف تخلیه مایعات | قرمز | خط لوله<br>مخزن<br>پمپ | ۲۰۳V- |
| ۱۱.پکیج هوای ابزار دقیق | آبی | خط لوله<br>کمپرسور<br>مخزن<br>پکیج | A/B۲۰۳PK-،۲۰۵ V-،A/B۲۰۲ PK- |

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

**جدول۴. انحراف‌ها و پیامدهای گره شماره ۱ در واحد شیرین سازی نفت خام**

| گره۱: برج عریان ساز گرم | شماره تجهیزات: ۱A۲۰۱P-/A، ۱A۲۰۲P-/۲A، ۱A۲۰۳P-/۲A، A۲۰۱T- | | | | | انحراف۱: بدون/حداقل جریان |
|---|---|---|---|---|---|---|
| دلایل انحرافات | پیامدها | تجهیزات حفاظتی | ماتریکس ریسک | | | پیشنهادها |
| | | | RR | L | S | |
| ۱.کاهش/افت جریان از واحد نمک‌زدایی موجود به هر دلیلی | کاهش سطح در برج عریان ساز عامل آسیب به پمپ‌ها، هیتر و کاهش تولید | FAL-۱۲۰۹ .۱,۱,۱ | ۴۵ | ۴P | ۴I | ۱. لازم نیست ESDV-۱۲۰۱ توسط PSLL-۱۲۰۱ بسته شود (فشار پایین ورودی پمپ ۱A۲۰۱P-/۲A) |
| | | PAL-۱۲۰۲ A/B.۲,۱,۱ | | | | |
| | | PSLL-۱۲۰۱ A/B.۳,۱,۱ که باعث فعال شدن ESD-۳۰۱ A/B | | | | |
| | | ۴,۱,۱. کنترل FI-۱۲۱۰ | | | | |
| | | ۵,۱,۱. کنترل FI-۱۲۰۱ | | | | |
| | | ۶,۱,۱. جریان حداقل در پمپ | | | | |
| ۲.بسته شدن ۱۲۰۱-ESDV به دلیل خطا یا اشکال در فرآیند | | ۱,۱,۲. مشابه موارد مطرح‌شده در ۱,۱,۱ تا ۱,۱,۵ | ۱۵ | ۳P | ۴I | ۲.بسته شدن شیر ایمنی<br>۳. ESDV-۱۲۰۱ باید به‌سختی بسته شود |
| | | ۲,۱,۲. موقعیت شناساگرها شیرها | | | | |
| ۳.بسته شدن صافی‌های پمپ | | PDAH-۱۲۰۲ A/B .۱,۱,۳ | ۱۵ | ۳P | ۴I | |
| ۴.بسته شدن /ایجاد اشکال در پمپ‌های ۲A ۱A۲۰۱P-/ | | ۱,۱,۴. اشکال در بخش هشدار یا شناساگر وضعیت در پمپ | ۱۵ | ۳P | ۴I | |
| | | ۲,۱,۴. آماده‌به‌کار در نظر گرفتن پمپ | | | | |
| ۵. ایجاد اشکال/بسته شدن FCV-۱۲۰۱ یا هر المان وابسته | | FAL-۱۲۰۹ .۱,۱,۵ | ۴۵ | ۴P | ۴I | ۴. لازم به بسته شدن ۱۲۰۱-ESDV به علت ۱۲۰۲-PSHH (فشار بالای خروجی پمپ ۱A۲۰۱P-/۲A) |
| | | PAH-۱۲۰۴ A/B.۲,۱,۵ | | | | |
| | | PSHH-۱۲۰۴ A/B.۳,۱,۵ که با A/B ESD-۳۰۸ فعال می‌شود | | | | |
| | | ۴,۱,۵. کنترل FI-۱۲۰۱ | | | | |

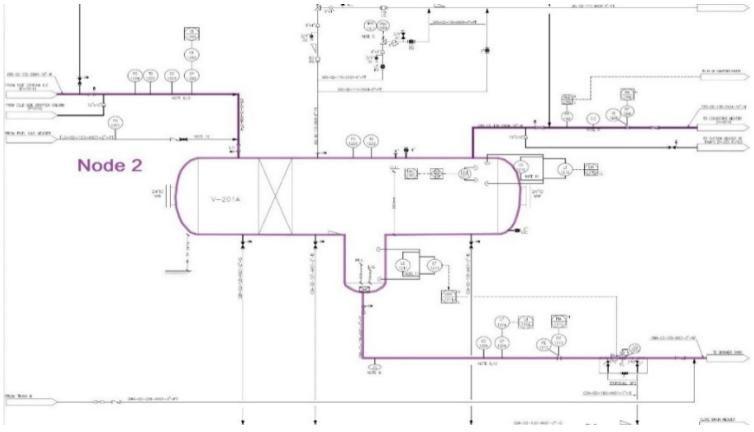
این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.




**شکل ۴. نمونه‌ای از گره شماره ۱ در واحد شیرین سازی نفت خام**

**جدول۵. انحراف‌ها و پیامدهای گره شماره ۲ در واحد شیرین سازی نفت خام**

| گره۲:تفکیک‌تر جانبی | شماره تجهیزات: A۲۰۱E- ،A۲۰۱V- | | | | انحراف۲: افزایش جریان |
|---|---|---|---|---|---|
| دلایل انحرافات | پیامدها | تجهیزات حفاظتی | ماتریکس ریسک | | | پیشنهادها |
| | | | RR | L | S | |
| ۱.افزایش جریان بالادستی به هر دلیلی | ۱,۱. کاهش جدایش آب در V-۲۰۱ . کاهش دما در هیتر | FAH-۱۲۰۶ .۱,۱,۱ | ۱۵ | ۴P | ۳I | |
| ۲.ایجاد اشکال/ بسته شدن PCV-۱۲۱۲ یا هر المانی که کنترل‌کننده‌ی چرخه فرایند هست | ۱,۲.کاهش دما در هیتر | FAH-۱۲۰۶ .۲,۱,۲ | ۱۵ | ۴P | ۳I | |
| | | ۳,۱,۲. دمای پایین حفاظت کننده هیتر | | | | |
| | ۲,۲. کاهش فشار در V-۲۰۱ که ممکن است منجر به ایجاد بخار شود | LALL-۱۲۱۰ .۱,۲,۲ | ۱۵ | ۳P | ۴I | |
| | | ۲,۲,۲. LALL-۱۲۱۷ که به‌وسیله‌ی ESD-۳۷۴ A/B فعال می‌شود | | | | |
| | | PAL-۱۲۴۳ .۳,۲,۲ | | | | |

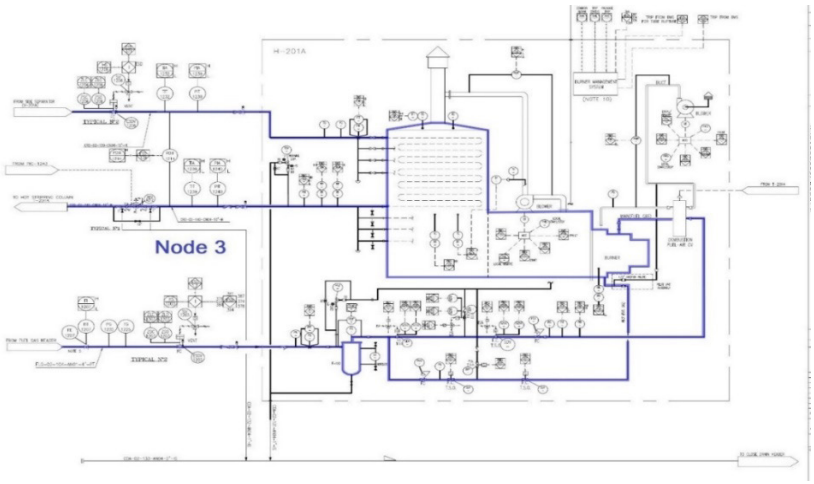



**شکل ۵. نمونه‌ای از گره شماره ۲ در واحد شیرین سازی نفت خام**

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License ( CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

جدول ۶. انحراف‌ها و پیامدهای گره شماره ۳ در واحد شیرین سازی نفت خام

| گره۳: گرم‌کن همرفتی | شماره تجهیزات: -A۲۰۱H | | | | انحراف۱۲: نشتی/سوراخ |
|---|---|---|---|---|---|
| دلایل انحرافات | پیامدها | تجهیزات حفاظتی | ماتریکس ریسک | | | پیشنهادها |
| | | | RR | L | S | |
| ۱.خرابی تیوب‌های نفتی | ۱,۱. امکان ورود نفت به جعبه آتش هیتر و ایجاد آسیب به هیتر | ۱,۱,۱. روند تعمیر و نگهداری | ۴۵ | ۴P | ۴I | |
| | | ۲,۱,۱. قطع شدن سیگنال از BMS برای سوراخ تیوب | | | | |




شکل ۶. نمونه‌ای از گره شماره ۳ در واحد شیرین سازی نفت خام

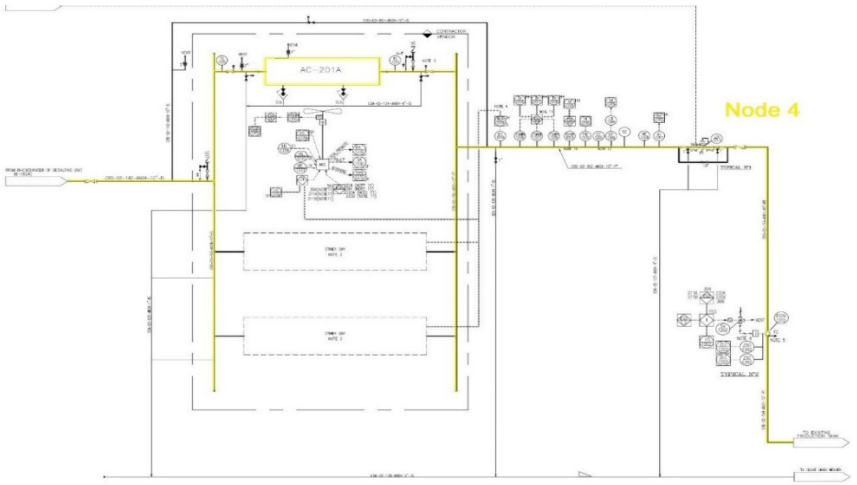
## گره شماره ۴

گره‌ی چهارم شامل مبدل حرارتی جدید برای واحد نمک‌زدایی و خنک‌کننده هست. یک مبدل حرارتی می‌تواند انرژی موردنیاز برای خنک کردن و حرارت لازم برای نمک‌زدایی را فراهم کند. به نظر می‌رسد در میان روش‌های نمک‌زدایی موجود، روش تقطیر غشایی مناسب‌ترین راه‌حل برای فراهم کردن سطح دمای لازم پمپ حرارتی استاندارد داشته باشد. این گره شامل یک مبدل حرارتی جدید (-A۲۰۱E)، یک مبدل حرارتی جانبی (-A۲۰۲E) و یک خنک‌کننده (-A۲۰۱AC) هست. تعداد انحرافات در این گره ۷ عدد و شامل انحراف قطع یا کاهش جریان، افزایش جریان، برگشت در جهت نامناسب جریان، دمای بالا، دمای پایین، فشار بالا، فشار پایین هست. کاهش انتقال حرارت در مبدل حرارت جانبی و مبدل حرارتی جدید به علت ضعف و اختلال در خنک‌کننده و ضبط کننده دما از عوامل افزایش دما هست. افزایش بار گرم‌کن همرفتی، افزایش دما محصولات، اختلال در واحد نمک‌زدایی ازجمله پیامدهای این عوامل می‌باشند. اطلاعات این گره در جدول ۷ و قسمتی از گره چهارم در شکل ۷ نشان داده‌شده است.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

**جدول ۷. انحراف‌ها و پیامدهای گره شماره در واحد شیرین سازی نفت خام ۴**

| گره۴:مبدل حرارتی | شماره تجهیزات: -A۲۰۱E، -A۲۰۲E، -A۲۰۱AC | | | | | انحراف۴: دمای بالا |
|---|---|---|---|---|---|---|
| دلایل انحرافات | پیامدها | تجهیزات حفاظتی | ماتریکس ریسک | | | پیشنهادها |
| | | | RR | L | S | |
| ۱. کاهش انتقال حرارت E-A۲۰۱ به دلیل گرفتی و غیره | ۱,۱. افزایش بار H-A۲۰۱ | ۱,۱,۱. اپراتور می‌تواند TI-۱۲۲۲/۱۲۱۳ را چک کند | ۵ | ۳P | ۳I | |
| | ۲,۱. افزایش دمای تولید | ۱,۲,۱. TAH-۱۲۲۹ | ۵ | ۳P | ۳I | |
| ۲. کاهش انتقال حرارت E-A۲۰۲ به دلیل گرفتی و غیره | ۱,۲. آسیب به فرآیند واحد نمک‌زدایی | ۱,۱,۲. اپراتور می‌بایست TI-۱۲۳۸/۱۲۴۰ را چک کند | ۵ | ۳P | ۳I | |
| | ۲,۲. افزایش دمای تولید | ۱,۲,۲. TAH-۱۲۲۹ | ۵ | ۳P | ۳I | |
| ۳. فن کولردارای ااشکال یا از سرویس خارج شود | ۱,۳.افزایش دمای تولید با امکان آسیب به تانک‌های بهره‌برداری و خط لوله و بخار مایع در تانک بهره‌برداری | ۱,۱,۳.. اشکال در بخش هشدار یا شناساگر وضعیت کولر | ۴۵ | ۴P | ۴I | |
| | | ۲,۱,۳. TAH-۱۲۲۹ | | | | |
| | | ۳,۱,۳. TSHH-۱۲۲۹ که به‌وسیله ESD-۳۶۷ فعال می‌شود | | | | |
| | | ۴,۱,۳. -۱۲۲۶/۱۲۲۷/۱۲۲۸ TSHH که به‌وسیله‌ی ESD-۳۶۰ فعال می‌شود | | | | |




**شکل ۷. نمونه‌ای از گره شماره ۴ در واحد شیرین سازی نفت خام**

## بحث

گروه مطالعه کننده پس از بررسی هر گره انحرافات و پیشنهادها خود را در جداول مربوطه وارد نموده‌اند. نتایج جلسات مخاطرات و راهبری عملیات به‌صورت جداولی استاندارد که در ستون‌های آن انحراف‌ها، علل، پیامدها، محافظ‌ها و سرانجام در صورت وجود، راه‌حل احتمالی درج‌شده است، مستند می‌شود که مهم‌ترین انحراف‌های موجود در این واحد شیرین سازی، بیش‌ازحد پر شدن سطح مخزن، فشار بالا، عملکرد ناصحیح فلر که به ترتیب در گره‌های ۶، ۷ و ۹ به دلایل مختلف اتفاق می‌افتند. گره‌ی ششم شامل بسته تزریق مواد شیمیایی هست. به‌طور مثال پر نشدن مخزن به مدت طولانی از عوامل کاهش سطح هست که عدم تزریق مواد شیمیایی و در صورت ادامه داشتن این موضوع، افزایش خوردگی را به دنبال دارد. یکی از مهم‌ترین

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

انحراف‌ها در این گره، بیش‌ازحد پر شدن سطح مخزن می باشد که متعاقباً باعث از دست رفتن مواد و انتقال آلودگی به محیط و خطرات سلامتی برای کارکنان می‌گردد. گره‌ی هفتم شامل قطره گیر سوخت مصرفی هست. یکی از مهم‌ترین انحراف‌ها در این گره، فشار بالا می باشد که به دلایل آتش‌سوزی و عدم عملکرد صحیح شیرهای کنترل فشار می باشد که باعث صدمه به تجهیز می‌گردد. برای جلوگیری از وقوع این پیامد، شیرهای ایمنی فشار که به‌صورت خودکار عمل می‌کند برای تخلیه گاز به خط فلر قرارگرفته‌اند. گره‌ی نهم شامل پکیج مشعل هست. از مهم‌ترین انحرافات این گره عملکرد ناصحیح فلر می باشد که به دلیل خاموش شدن شعله فلر (به هر علتی) رخ می‌دهد که باعث تخلیه گاز فلر (گازهای سمی و قابل اشتعال) به اتمسفر می‌گردد. بنابراین با انجام مطالعات مخاطرات و راهبری عملیات و در طی یک فعالیت کاملاً خلاقانه سعی می‌شود تمام نقص‌های طراحی، مخاطرات احتمالی و مشکلات راهبری واحد عملیاتی آشکار شود و بدین‌وسیله نقاط ضعف واحد ازنظر ایمنی شناسایی گردد. ازآنجاکه این جستجو روشمند انجام می‌گیرد، احتمال دیده نشدن مشکلات ایمنی و عملیاتی به حداقل می‌رسد. نتایج حاصل از این روش می‌تواند ارزیابی کیفی مخاطرات را به همراه داشته باشد. به‌طوری‌که پس از روشن شدن نقاط ضعف فرآیند، مطالعات مخاطرات و راهبری عملیات می‌تواند مقدمه‌ی انجام تحلیل‌های کمی بعدی مانند درخت خطا و روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع باشد.

روش مخاطرات و راهبری عملیات برای کشف خطرات در مراحل نخست فرآیند طراحی مؤثر هست و در صورت انجام به‌موقع می‌تواند بسیاری از تغییرات پرهزینه واحد را که باهدف بهبود طراحی فرآیند یا شرایط عملیاتی، انجام می‌شود، کاهش دهد. میزان موفقیت و تأثیر این مطالعه درگرو تجربه و معلومات فنی اعضا گروه و شایستگی رهبر گروه است. واضح است که افراد خطرات و عللی که در سطح دانش آن‌ها نباشد را نمی‌توانند پیش‌بینی و شناسایی نمایند. درنتیجه باید تلاش شود که افراد مجرب و آگاه به مسائل ایمنی و فرآیندی با تخصص‌های گوناگون در تشکیل گروه در نظر گرفته شوند. اصلی‌ترین ضعف روش مخاطرات و راهبری عملیات تنها ارزیابی بخش‌هایی است که در نمودارهای فرآیندی و سامانه‌های اطلاعاتی موجود هستند. به‌بیان‌دیگر انحرافات غیرقابل‌پیش‌بینی در مطالعات استاندارد مخاطرات و راهبری عملیات لحاظ نمی‌شوند. صرف زمان و هزینه‌های زیاد نیز از دیگر معایب این روش نسبت به سایر روش‌های شناسایی مخاطرات هست. علاوه بر این، چنانچه بخش وسیعی از کارخانه موردمطالعه قرار گیرد به علت جزئی و دقیق بودن، بررسی بسیار پیچیده شده و باعث سردرگمی اعضای گروه می‌شود.

به طور کلی، با توجه به اینکه به‌منظور کاهش دادن میزان سولفید هیدروژن نفت خام از روش شیرین سازی نفت استفاده می‌شود و یکی از روش‌های پرکاربرد برای شیرین سازی، استفاده از روش برج‌های عریان سازی است. با توجه به اینکه در این فرآیند مایعات ترش از بالا وارد برج دفع می‌شود و پس از شیرین سازی از قسمت انتهایی برج وارد گرم‌کن می‌شوند. وجود گرما به‌عنوان عامل مهم برای این جداسازی می باشد، بنابراین این فرآیند می‌تواند مخاطره‌هایی را نیز به همراه داشته باشد، که این مخاطرات فرایندی از عواملی همچون دمای موردنیاز گرم‌کن، دمای نفت خام ورودی، فشار کارکرد برج و تعداد سینی‌های برج متأثر می‌باشند. بنابراین استفاده از روش‌های مطالعه مخاطرات همچون روش هازوب می‌تواند با شناسایی گره‌ها، انحرافات و همچنین مخاطرات احتمالی ضمن معرفی راهکارهای پیشنهادی مؤثر، ضمن جلوگیری از آسیب وارده به نیروی کار، تجهیزات و محیط کار نقش مؤثری در راهبری عملیاتی در واحد فرآیندی داشته باشد

به‌طوری‌که در این تحقیق ضمن در نظر گرفتن گره‌ها در سیستم، پارامترهایی از قبیل سهولت دستیابی به میزان سولفید هیدروژن مجاز، تجهیزاتی مانند مبدل حرارتی، پمپ‌های خنک‌کننده، گاز سوخت مصرفی کوره‌ها و گرم‌کن‌ها، سایت موردنیاز برای نصب تسهیلات و تجهیزات و کیفیت نفت خام شیرین شده برای طراحی و بهینه‌سازی فرآیند شیرین سازی نفت خام نقش به سزایی دارند.

در این پژوهش، در ابتدا گروه مطالعه مخاطرات مخاطرات و راهبری عملیات تشکیل‌شده، واحد فرآیندی را به ۱۱ گره تجزیه و تعداد ۹۴ انحراف محتمل موجود در هر گره را مورد ارزیابی قراردادند. بر اساس انحرافات عملیاتی، عوامل خطر، پیامدها و لایه‌های حفاظتی مورد بازبینی قرار گرفت و نقاط ضعف موجود در لایه‌های حفاظتی مشخص گردید. به‌طوری‌که مهم‌ترین انحراف‌های موجود در این واحد شیرین سازی، بیش‌ازحد پر شدن سطح مخزن، فشار بالا، عملکرد ناصحیح فلر که به ترتیب در گره‌های ۶، ۷ و ۹ به دلایل مختلف به وقوع پیوسته است. در این تحقیق پس از جمع‌بندی یافته‌ها، به‌منظور جلوگیری از رخداد پیامد و حوادث ناگوار تعداد ۵۵ اقدام اصلاحی مؤثر پیشنهاد گردید. بدیهی است به‌کارگیری نتایج این تحقیق به ایجاد محیطی ایمن‌تر باقابلیت اطمینان بالاتر و محصول دوستار محیط‌زیست کمک خواهد نمود. به‌طوری‌که پیشنهادهای عمومی عملیاتی شامل : در نظر گرفتن شماره تگ تمام دریچه‌های کنترل باید با توجه به شماره تگ فرستنده ، اصلاحات در مجوز نهایی اسناد، حذف تمام نقاط کور در خطوط اتصال PSVها، مشخص کردن تمام محافظ‌های پمپ مناسب مانند سوییچ دما یا ارتعاش (در صورت لزوم) در داده‌های مربوط به پمپ، در نظر گرفتن نقطه تخلیه نگه‌دارنده برای تخلیه و مکش تمامی پمپ‌ها ارائه می‌گردد.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License ( CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

**تشکر و قدردانی**

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از دانشکده محیط‌زیست، به‌واسطه حمایت‌های مادی و معنوی از این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند، در ضمن بدین‌وسیله اعلام می‌شود که تحقیق حاضر هیچ‌گونه تضاد منافعی به همراه ندارد.

## References

1. Sarkheil H, Hassani H, Alinia F. The fracture network modeling in naturally fractured reservoirs using artificial neural network based on image loges and core measurements. Aust J Basic Appl Sci. 2009; 3 (4): 3297-306.

2. Sarkheil H, Hassani H, Alinia F. Fractures distribution modeling using fractal and multi-fractal–neural network analysis in Tabnak hydrocarbon field, Fars, Iran. Arabian Journal of Geosciences. 2013;6 (3):945-56.

3. Sarkheil H, Hassani H, Alinia F, Enayati A, Nikandish A. Fracture analysis in Tabnak hydrocarbon field of Iran by using fractal geometry and multi-fractal analysis. Arabian Journal of Geosciences. 2012; 5(4):579-86.

4. Sarkheil S, Hassani H, Alinya F, Enayati Aa, Motamedi H. A Forecasting System Of Reservoir Fractures Based On Artificial Neural Network And Borehole Images Information-Exemplified By Reservoir Fractures In Tabnak Feild, Fars, Iran. International Multidisciplinary Scientific Geoconference: Sgem. 2009;1:563-70.

5. Tavakol Moghadam M, Rashtchi M, Pashaei E, Rezapour M, Shaykh F. Analysis of patent documents in the field of sulfur disinfection processes from hydrocarbons. Quarterly Journal. 2014;44:5-19. (In Persian)

6. Tajdini P, Valizadeh K, Khabazzadeh M, Tahmasebi, M M. Sulfur Desalination of Petroleum Products by Nanocatalysts. First International Conference on Oil, Gas, Oil and Petrochemicals. 2012. (In Persian)

7. Adl J, Ghahramani A, Nasel saraji J. Risk Assessment in the Confectionery Section of Gas Refining Gas Refining Unit. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2005; 3(4):1-2. (In Persian)

8. Sarkheil H, Tavakoli J, Rezvani S. Inherent safety process assessment in the initial phase of the chemical design process: the case of the acetic acid production process. Safety Promotion and Injury Prevention. 2016;4(1):63-8.

9. Mohammadi G, Azimi Y, Sarkheil H, Bodaghjamali J. Modeling and Evaluation of the Benzene Leakage Consequences in the Coking Plant of Isfahan Steel Company. Safety Promotion and Injury Prevention. 2019; 7(1):10-9.

10. Sarkheil H, Rahbari S. Hse Key Performance Indicators In Hse-Ms Establishment And Sustainability: A Case Of South Pars Gas Complex, Iran. International Journal Of Occupational Hygiene. 2016;8(1):45-53.

11.Sarkheil H, Tahery B, Rayegani B, Ramezani J, Goshtasb H, Jahani A. Evaluating the current status of the national health, safety, and environment management system for integration, harmonization, and standardization of environmental protection. Health Risk Analysis. 2020;1:18-24.

12. Jozi SA, Ghasemi MR, Safari H. Evaluation of Process Hazards of the Confectionery Unit of the Gas Refinery of the Offshore Oil Company of Qeshm Operational Zone by HAZOP Method. National Conference on Environmental Research of Iran. Hamadan-Shahid Mofteh College. 2013. (In Persian)

13. Mantehai A. Study of Hazards and Operations

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License ( CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

Assessment (Case Study: Oil Warehouse of National Petroleum Products Distribution Company). Journal of Environmental Science and Technology. 2010;1(12):39-49. (In Persian)

19. Sarkheil H, Tavakoli J. Oil-Polluted Water Treatment Using Nano Size Bagasse Optimized- Isotherm Study, Eur. Online J. Nat. 2015; 4(2), 392-400.

20. Gholamreza A, Bashiri NM. HAZOP Risk Assessment in Process Industries (Case study in Pars oil refinery for formal unit). 3rd National Conference on Safety Engineering and HSE Management.2009:7-18. (In Persian)

21. Omrani A. Thesis Identification and Evaluation of Process Risks of LPG Unit of Tehran Refinery Using HAZOP Technique. Sistan and Baluchestan University. 2011:215

22. Sarkheil H, Alavi-Tabar A, Shayan Fard P. An Innovative Method for Identifying and Detecting Factors and indication of Fraud Occurrences in Health, Safety and Environmental Management System Audits. Case Study: Safety Promotion and Injury Prevention. 2019; 7(2):95-105.

Management. Journal of Exploration and Production,2005;13: 38-41. (In Persian)

14. Ghorbanzade T, Sarkheil H, Ramezani R. Analysis of Occupational Hazardous Causes: Ergonomics, Thermal Stress, Noise and Vibration; Provision of HSE_MS Improvement Resolutions for Refinery A of Assaluyeh. Iran. J. Appl. Environ. Biol. Sci. 2015;5(8):291-7.

15. Goharrokhi M, Farahmand F, Otadi M. Gas Sweetening Units Risk Assessment Using HAZOP Procedure.

16. ISO. International Standard: Risk Management: Principles and Guidelines. ISO 31000. Principes Et Lignes Directrices. ISO; 2009.

17. Sarkheil H, Tavakoli J, Rezvani S. An Innovative Neglected Invisible Hazard Identification (NIHI) At Workplaces; The Case Of Athletics Hall Boroujen-Iran. International Journal of Occupational Hygiene. 2015;7(3):159-66.

18. Mohammad Fam I, Kianfar A. Application of Operations and Hazard Study Techniques (HAZOP) in Safety, Health and Environmental Hazards

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.