13(4) 209-216, Winter 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Risk management of environmental pollution factors offshore gas platforms (Case study: South Pars gas field)

Reza Mohammadzadeh, Mahnaz Mirza Ebrahim Tehrani [*] ***, Seyed Ali Jozi, Roxana Moogouei***

Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Key Words
Environmental pollution
Offshore gas platforms
Risk management

Abstract

Introduction: The decrease of energy resources in the world and the increase of its demand has led Human to extract oil and gas even in the depths of the seas; Therefore, paying attention to environmental management of energy consumption is an undeniable necessity.

Materials & Methods: The study area is the South Pars gas field, which is located on the joint border line between Iran and Qatar. The first step in implementing risk management is to identify the risk. The present study used the results of risk assessments of previous years, HAZOP reports and through interviews with some experts in the field of oil and gas extraction from the sea. Contaminants were extracted and the required information for each agent, including the probability of risk occurrence, the severity of the risk effect and the degree of risk control were determined. Then a risk map was prepared and finally the risk rating was done.

Result: The results showed that 6 factors have the highest intensity of risk impact, which are also in the group of risks with an emergency nature. These factors include Low Pressure Flaring, Operation of wells, Operation of the platform, Supply and transmission, Crane activity on the platform and Helicopter activity on the platform.

Conclusion: In the results of the present study, it was found that Low Pressure Flaring has the highest intensity of risk impact, which is also one of the emergency risks. The Flaring process can produce sulfur compounds that will have detrimental effects on human health, the environment and air quality.

* Corresponding Author's email: hse1400@gmail.com

Received: 22 July 2020; Reviewed: 21 September 2020; Revised: 21 November 2020; Accepted: 21 December 2020
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.299952.2612

مقاله پژوهشی

شناسایی ریسک عوامل ایجاد آلودگی محیط زیستی سکوهای گازی فراساحلی (مطالعه موردی: میدان گازی پارس جنوبی)

رضا محمدزاده، مهناز میرزا ابراهیم‌طهرانی، سیدعلی جوزی، رکسانا موگویی*

گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

کلمات کلیدی

آلودگی محیط زیستی
سکوهای گازی فراساحل
مدیریت ریسک

چکیده

مقدمه: کاهش منابع انرژی در جهان و افزایش تقاضای آن انسان را به سمت استخراج نفت و گاز حتی در اعماق دریاها سوق داده است؛ لذا توجه به مدیریت محیط زیستی مصرف انرژی ضرورتی انکارناپذیر است.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد مطالعه میدان گازی پارس جنوبی می‌باشد که بر روی خط مرزی مشترک ایران و قطر قرار گرفته است. اولین قدم برای پیاده‌سازی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک است. تحقیق حاضر از نتایج ارزیابی ریسک سال‌های قبل، گزارش‌های HAZOP و از طریق مصاحبه با برخی متخصصان حوزه استخراج نفت و گاز از دریا بهره‌گیری نمود. عوامل ایجادکننده آلودگی استحراج شدند و اطلاعات مورد نیاز هر عامل شامل احتمال رخداد ریسک، شدت اثر ریسک و میزان کنترل ریسک مشخص گردید. سپس اقدام به تهیه نقشه ریسک گردید و در نهایت رتبه‌بندی ریسک‌ها به انجام رسید.

نتایج: نتایج نشان داد ٦ عامل دارای بالاترین شدت تأثیر ریسک می‌باشند که هم‌زمان در گروه ریسک‌های با ماهیت اضطراری نیز قرار دارند. این عوامل عبارتند از: ۱- فلرینگ با فشار کم، ۲- فعالیت چاه‌ها، ۳- بهره‌برداری از سکو، ٤- تأمین و انتقال،٥- فعالیت جرثقیل‌ها بر روی سکو و ٦- فعالیت هلیکوپترها بر روی سکو.

نتیجه‌گیری و بحث: در نتایج پژوهش حاضر مشخص گردید که فلرینگ با فشار کم دارای بیش‌ترین شدت تأثیر ریسک می‌باشد که جز ریسک‌های اضطراری نیز می‌باشد. فرآیند مشعل سوزی می‌تواند ترکیبات گوگرد دار ایجاد نماید که آثار زیان‌باری روی سلامتی انسان، محیط زیست و کیفیت هوا خواهد داشت.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: hse1400@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱ مرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۳۱ شهریور ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱ آذر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۱ دی ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.299952.2612

مقدمه

انرژی همواره محرک زندگی بشر بوده و هست. اغلب فعالیت‌های روزمره براساس استفاده از انرژی استوار شده است. رشد جمعیت، صنعتی شدن شهرها در قرن گذشته و افزایش فعالیت‌های صنعتی باعث افزایش مصرف انرژی گردیده‌است. به‌خصوص می‌توان بر افزایش تقاضا و مصرف انرژی‌های غیرتجدیدپذیر مانند نفت و گاز تأکید نمود. استفاده بیش از حد و نادرست از این منابع، پیامدهای منفی بسیاری برای انسان و محیط زیست به همراه داشته‌است (۱). از طرفی افزایش تقاضای انرژی، انسان را به‌سمت حفاری و استخراج نفت و گاز حتی در اعماق دریاها و اقیانوس‌ها سوق داده است. در طول پنجاه سال گذشته، بهره‌برداری از منابع تجدیدناپذیر برای پاسخگویی، به تقاضای جهانی برای انرژی به‌شدت افزایش یافته است و به موازات این افزایش استخراج، آلودگی‌های محیط زیستی ناشی از فعالیت‌های سکوهای دریایی نیز افزایش پیدا کرده است (۲). این سکوها به طرق مختلفی مانند حضور افراد روی سکو، نشت نفت و گاز به دریا، تغییرات دمایی در آب، انداختن زباله‌های جامد به دریا، آلودگی‌های ناشی از حفاری و غیره باعث آلودگی دریاها و آسیب رساندن به محیط زیست و گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شوند. اثرات محیط زیستی فعالیت‌های نفت و گاز فراساحلی را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم بندی کرد: ۱- اثرات تأخیری، که به‌خاطر تخلیه پساب‌ها به دریا و انتشارات اتمسفر یک می‌باشند. ۲- اثرات آنی، که ناشی از نشت‌ها و انفجارهای بزرگ می‌باشند (۳). تصور نادرست انسان در گذشته این بود که به‌علت وسعت زیاد آب دریاها و اقیانوس‌ها آن‌ها هرگز آلوده نمی‌شوند. امروزه که اثرات آلودگی آب دریاها بر زندگی انسان به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم به اثبات رسیده، مسأله مبارزه با رفع این آلودگی‌ها به شکل بسیار جدی‌تری مطرح شده است. شناخت عوامل آلوده‌کننده اولین گام جهت رفع آلودگی است. آلودگی ناشی از نشت نفت و گاز از جمله مهم‌ترین عوامل آلودگی آب دریاها می‌باشد. خلیج فارس به دلیل دارا بودن ذخایر نفت و گاز از این امر مستثنی نیست. خلیج فارس علاوه بر این‌که یک آبراه تجاری و بازرگانی به‌شمار می‌رود دارای ۳۴ حوضه نفت وگاز با ۸۰۰ حلقه چاه تولیدی می‌باشد که فرآورده‌های نفتی را از طریق ۳۵ پایانه بزرگ نفتی به نقاط مختلف جهان صادر می‌کند (۴)، هم‌چنین منبع غنی مواد غذایی و پروتئینی دریایی شامل انواع آبزیان نیز هست که در اعماق آب‌های گرم و حیات بخش آن زندگی می‌کنند و ارتباط مستقیم با ارتزاق روزمره مردم منطقه و ساحل نشینان دارند. براساس قانون حفاظت از دریا و رودخانه‌های مرزی از آلودگی نفتی مصوب ۱۳۵۴/۱۱/۱۴، آلوده‌کردن رودخانه‌های مرزی و آب‌های داخلی و دریایی سرزمینی ایران به نفت یا هر نوع مخلوط نفتی خواه توسط کشتی‌ها و خواه توسط سکوهای حفاری یا جزایر مصنوعی و یا توسط لوله‌ها و تأسیات و مخازن نفتی واقع در خشکی یا دریا ممنوع است (۵). یکی از راهکارهای اساسی جهت حل مسائل ناشی از آلودگی دریایی، انجام مطالعات ارزیابی و شناسایی پیامدها و جنبه‌های زیست محیطی است. ارزیابی می‌تواند به‌عنوان یک ابزار برنامه‌ریزی در دسترس برنامه‌ریزان، مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار گیرد تا براساس آن بتوانند اثرات بالقوه زیست محیطی که در نتیجه اجرای پروژه‌های عمرانی و توسعه، پدیدار می‌شوند را شناسایی نموده و گزینه‌های منطقی جهت رفع کاهش آن‌ها انتخاب کنند (۶). می‌دانیم که ریسک در تمام کارهای بشر وجود دارد و در واقع همان عدم حتمیت (احتمال) و زیان (پیامد) به‌صورت‌های مختلف است. یکی از مرسوم‌ترین این ترکیب‌ها حاصل‌ضرب احتمال در پیامد است که در بسیاری از منابع مورد تأیید قرار گرفته است (۷). از این‌رو امروزه استفاده از روش‌های ارزیابی ریسک در صنایع مختلف رو به گسترش است، به‌طوری‌که در حال حاضر بیش از ۷۰ نوع مختلف کیفی و کمّی ارزیابی ریسک در دنیا وجود دارد. از جمله می‌توان به روش‌های PHL (Preliminary Hazard List)، PHA (Preliminary Hazard Analysis)، SSHA (Sub System Hazard Analysis)، HAZOP و مصاحبه با متخصصین اشاره نمود. این روش‌ها معمولاً برای شناسایی، کنترل و کاهش پیامدهای خطرات به‌کار می‌رود. عمده روش‌های موجود ارزیابی ریسک روش‌های مناسب جهت ارزیابی خطرات بوده و نتایج آن‌ها را می‌توان جهت مدیریت و تصمیم‌گیری درخصوص کنترل و کاهش پیامدهای آن بدون نگرانی به‌کار برد (۸). Elbisy به بررسی مدیریت محیط زیستی یک سکوی گازی به همراه خطوط لوله انتقال آن در دریای مدیترانه پرداخت و جنبه‌های محیط زیستی و آلودگی‌های ناشی از آن را ارزیابی کرد و هم‌چنین اشاره نمود که استخراج نفت و گاز و عملیات تولید بسته به سطح فرآیند، ذات و حساسیت محیط اطراف و تکنولوژی تولید، پتانسیل‌های زیادی برای اثرگذاری بر محیط دارند (۹). Beyer و همکاران، در بررسی اثرات محیط زیستی تخلیه آب‌های ساحلی تولید شده ناشی از فعالیت استخراج نفت و گاز ساحلی توسط سکوهای گازی بیان کردند که این فعالیت‌ها سبب آلودگی آب می‌شوند. این آب‌های تخلیه شده عمدتاً شامل ترکیبات نفت خام پراکنده، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای، آلکیل‌ها و غیره می‌باشد (۱۰). از این‌رو پژوهش حاضر در صدد است مدیریت ریسک عوامل ایجاد آلودگی محیط زیستی سکوهای گازی دریایی پارس جنوبی را به انجام برساند. Karami و همکاران، طی انجام پژوهشی ضرورت مطالعه مدیریت ریسک در پروژه‌های نفتی را مورد بررسی قرار دارند. ایشان معتقدند به‌دلیل اهمیت این پروژه‌ها در اقتصاد ایران و نیاز به سرمایه‌گذاری

گسترده در بخش بالادستی نفت و گاز کشور، ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های احتمالی امری ضروری است (۱۱). Kirin و همکاران، در پژوهشی به مقایسه ریسک تجربی، عددی و تحلیلی لوله‌های جوش داده‌شده در صنعت حفاری نفت براساس پارامترهای مکانیک شکست پرداختند. ایشان از ابزار نمودار ارزیابی شکست (FAD) برای سنجش احتمال خرابی لوله بهره‌گیری نمودند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد ارزیابی تحلیلی از امتیاز بالاتری برخودار است (۱۲). Dimaio و همکاران، یک شبکه بیزین چندمنظوره (BN) برای مدل‌سازی و محاسبه تخریب موانع ایمنی در ارزیابی ریسک صنعت نفت و گاز ایجاد نمودند و نتایج نشان داد که مدل BN چند منظور می‌تواند کارایی لازم را داشته باشد (۱۳). Vora و همکاران، طی انجام مطالعه‌ای مروری، یک چارچوب برای ارزیابی خطرات زیست محیطی بازیابی نفت از محلول‌های EOR ارائه نمودند (۱۴). از این‌رو پژوهش حاضر درصدد است ارزیابی و مدیریت ریسک عوامل ایجاد آلودگی محیط زیستی سکوهای گازی میدان پارس‌جنوبی را به‌روش مدیریت ریسک سازمانی به انجام برساند که این ارزیابی می‌تواند به‌عنوان یک ابزار برنامه‌ریزی در دسترس برنامه‌ریزان و مدیران قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه میدان گازی پارس جنوبی (گنبد شمالی در بخش قطری) بزرگ‌ترین منبع گازی جهان است که بر روی خط مرزی مشترک ایران و قطر در آب‌های خلیج فارس قرار گرفته است. این میدان گازی در بین طول شرقی "۳۷ '۵۴ °۵۱ تا "۳۸ '۰۰ °۵۲ و عرض شمالی "۴۷ '۳۰ °۲۶ تا "۱۱ '۳۹ °۲۶ قرار دارد و بخش ایرانی آن از اصلی‌ترین منابع انرژی کشور به‌شمار می‌رود. این میدان در حدود ۱۰۰ کیلومتری جنوب ساحل بندر عسلویه، محل احداث تجهیزات و تسهیلات دریافت کننده گاز استخراجی قرار دارد. ذخایر گاز این میدان عظیم حدود ۸٪ کل ذخایر گاز جهان و بخش ایرانی آن نزدیک به نیمی از ذخایر گاز کشور را شامل می‌گردد. مساحت این میدان ۹۷۰۰ کیلومتر مربع است که سهم متعلق به ایران ۳۷۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد.

روش تحقیق: اولین قدم برای پیاده‌سازی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک است. روش‌های بسیاری برای کمک به شناسایی ریسک وجود دارد (۱۵): این روش‌ها شامل چک لیست، فن دلفی، روش جریان کار، روش تراوش ذهنی، فن کانون تمرکز، پرسشنامه ریسک، ساختار شکست ریسک، رویدادهای ثبت شده از گذشته، بازدید و مشاهده، روش تحلیل سیستم، مصاحبه و فن SWOT است. تحقیق حاضر از نتایج ارزیابی ریسک سال‌های قبل، گزارش‌های HAZOP (Hazard and Operability Study) و از طریق مصاحبه با برخی مدیران عملیاتی و متخصصان حوزه استخراج نفت و گاز از دریا، که به‌عنوان افراد خبره در این حوزه مطرح هستند بهره‌گیری نمود. با بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که حدوداً تعداد ۱۲ نفر از افراد متخصص و خبره در میدان گازی مورد مطالعه به تمامی زوایای موضوع پژوهش حاضر مسلط هستند. سپس عوامل ایجادکننده آلودگی زیادی استخراج شدند که از بین آن‌ها عواملی که در نظرات خبره‌ها مشترک بودند، انتخاب گردیدند و اطلاعات مورد نیاز هر عامل شامل احتمال رخداد ریسک، شدت اثر ریسک و میزان کنترل ریسک توسط آن‌ها مشخص گردید. قابل ذکر است احتمال رخداد ریسک براساس مقیاس لگاریتمی ADISER (Australian Department of Industry, Science, Energy and Resources) و شدت اثر ریسک تکمیل گردید (جداول ۱ و ۲) و پیرو آن، میزان کنترل ریسک براساس نظرات افراد خبره پژوهش مشخص شد. اطلاعات تکمیلی براساس درصد، مطابق با جدول ۳ می‌باشد. سپس در محیط نرم‌افزار SPSS Ver. 19 اقدام به تهیه نقشه ریسک گردید و در نهایت رتبه‌بندی ریسک‌ها به انجام رسید.

جدول ۱: احتمال وقوع ریسک بر اساس مقیاس لگاریتمی

احتمال وقوع	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱
تفسیر	کم‌تر از یک مورد در سال	حداکثر سالیانه یک اتفاق	حداکثر سالیانه ۳ اتفاق	حداکثر سالیانه ۶ اتفاق	حداکثر سالیانه ۱۲ اتفاق	حداکثر ماهیانه ۳ اتفاق	حداکثر هفتگی یک اتفاق	حداکثر هر ۳ روز یک اتفاق	حداکثر روزانه یک اتفاق	دائمی

جدول ۲: شدت اثر ریسک

اثر	درجه تاثیر	تعریف/مصادیق شدت اثر
بدون اثر	۱	هیچ‌گونه خطر و تاثیر زیست محیطی منفی رخ نمی‌دهد.
ناچیز	۲	خطر برای کارکنان و محیط زیست محسوس نیست.
جزئی	۳	خطر برای کارکنان و محیط زیست دردسر ایجاد می‌کند.
کم	۴	خطرات اتفاق افتاده باعث ناراحتی کارکنان و عناصر محیط زیست می‌شود/تاثیر محسوس.
متوسط	۵	تاثیر خطر در محیط زیست سبب مراجعه ضابطین بهداشتی و توقف کوتاه‌مدت کار می‌شود.
زیاد	۶	خطر باعث بروز خسارت و آلودگی قابل توجه اما جبران‌ناپذیر به محیط زیست می‌شود.
خیلی زیاد	۷	خطر اتفاق افتاده در محیط زیست به‌صورتی است که نیاز به پاک‌سازی و تصفیه و ...دارد.
جدی	۸	خطر اتفاق افتاده در محیط زیست، باعث ازبین رفتن بخشی از عناصر محیط زیست یا آلودگی آن می‌شود.
بحرانی	۹	خطر در محیط زیست به‌صورتی است که باعث از بین رفتن منابع وسیعی از محیط زیست می‌شود یا آلودگی وسیع به‌جا می‌گذارد.
فاجعه بار	۱۰	خطر در محیط زیست به‌صورتی است که منابع طبیعی، محیط زیست جانوری،گیاهی و انسانی خارجی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد.

جدول ۳: دامنه احتمال و ضریب اثر هر ریسک

عدد معادل			درصد		
احتمال رخداد ریسک مقیاس لگاریتمی	شدت اثر ریسک طبق مطالعات فرساد	میزان کنترل ریسک بر اساس نظرات افراد خبره	درصد احتمال رخداد ریسک	درصد شدت اثر ریسک	درصد میزان کنترل ریسک
۰/۱	۱	۱	٪ ۱۰	٪ -۱۰	٪ ۱۰
۰/۲	۲	۲	٪ ۲۰	٪ -۲۰	٪ ۲۰
۰/۳	۳	۳	٪ ۳۰	٪ -۳۰	٪ ۳۰
۰/۴	۴	۴	٪ ۴۰	٪ -۴۰	٪ ۴۰
۰/۵	۵	۵	٪ ۵۰	٪ -۵۰	٪ ۵۰
۰/۶	۶	۶	٪ ۶۰	٪ -۶۰	٪ ۶۰
۰/۷	۷	۷	٪ ۷۰	٪ -۷۰	٪ ۷۰
۰/۸	۸	۸	٪ ۸۰	٪ -۸۰	٪ ۸۰
۰/۹	۹	۹	٪ ۹۰	٪ -۹۰	٪ ۹۰
۱	۱۰	۱۰	٪ ۱۰۰	٪ -۱۰۰	٪ ۱۰۰

نتایج

براساس نتایج ارزیابی ریسک سال‌های گذشته، گزارش‌های HAZOP و مصاحبه با افراد خبره، ۳۲ عامل ایجادکننده آلودگی که بین کارشناسان نیز مشترک بودند، برای تحلیل انتخاب شدند (جدول ۴). جدول ۵ احتمال رخداد ریسک، شدت اثر و میزان کنترل آن را برای ۳۲ عامل ایجاد آلودگی براساس نظرات افراد خبره منعکس می‌نماید. براساس داده‌های به‌دست آمده، نقشه ریسک عوامل ایجادآلودگی به‌دست‌آمد (شکل ۱). نقشه‌ریسک به‌طور معمول از دو محور تشکیل شده است: محور عمودی که نشانگر اثر بالقوه ریسک است و محور افقی که احتمال برآورده شده از وقوع ریسک را نشان می‌دهد. این نقشه برای اهداف تحلیلی بیش‌تر، به چهار ناحیه تقسیم می‌شود که عبارتند از: ۱- اثر بالا-احتمال پایین: ریسک‌های این ناحیه در بیش‌تر موارد ماهیتی بحرانی دارند و در چهارچوب ارزش در معرض ریسک (Value at risk) به‌منزله رویدادهای دنباله پهن (Fat tail) توصیف می‌شوند. این رویدادها به‌دلیل پیش‌بینی ناپذیر بودن، در بیش‌تر موارد با استفاده‌از بیمه یا برنامه‌ریزی بازیابی فجایع کاهش داده می‌شوند. ۲- اثر پایین-احتمال پایین:ریسک‌های این ناحیه، ریسک‌های عادی و غیربحرانی هستند که باید پذیرفته یا با ابزارهای عملیاتی نرمال مدیریت شوند. ۳- اثر بالا- احتمال بالا: ریسک‌های این ناحیه اضطراری‌اند و به توجه گسترده از سوی بخش مدیریت نیازمندند. تا زمانی که این ریسک‌ها به سطحی پذیرفتنی کاهش داده شوند، باید تمرکز کاملی بر آن‌ها اعمال شود. ۴-اثر پایین- احتمال بالا: بیش‌تر ریسک‌های این ناحیه، خطاهای تراکنشی یا پیش‌بینی پذیرند که باید از طریق کنترل‌های رویه‌ای به سطح هزینه منفعت پذیرفتنی کاهش داده شوند.

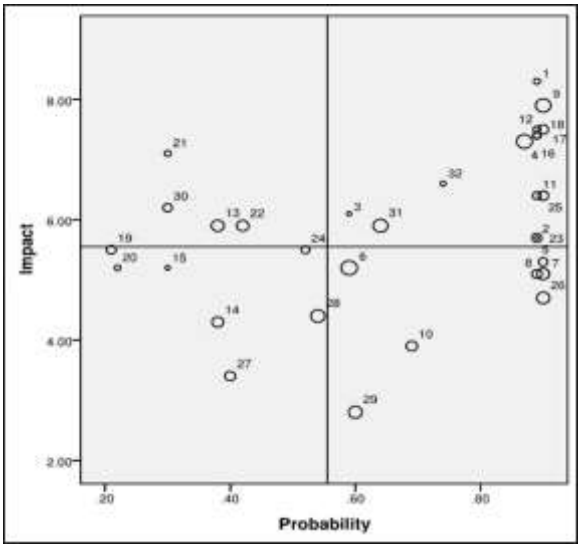
جدول ۴: مهم‌ترین عوامل ایجادکننده آلودگی سکوهای گازی

ردیف	عامل	جنبه محیط زیستی	پیامد	ردیف	عامل	جنبه محیط زیستی	پیامد
۱	فعالیت و احتراق پمپ‌های آب و فایر پمپ‌ها (پمپ آتش نشانی)	تولید SO_x, NO_x, CO_2, CO به‌واسطه احتراق	آلودگی هوا	۱۷	فعالیت جرثقیل‌ها بر روی سکو	ایجاد نویز	آلودگی صوتی
۲	احتراق ژنراتورهای مولد برق	آلودگی ذرات معلق به‌علت بدسوزی احتمالی در ژنراتور	آلودگی هوا	۱۸	فعالیت هلیکوپترها بر روی سکو	ایجاد نویز	آلودگی صوتی
۳	فلرینگ یا مشعل سوزی با فشار زیاد	آلودگی ذرات معلق به‌علت بدسوزی احتمالی در ژنراتور	آلودگی هوا	۱۹	کنترل فشار سرچاهی توسط سری ولوها	نشت مایعات و آلودگی بستر دریا	آلودگی آب
۴	فلرینگ یا مشعل سوزی با فشار کم	انتشار SO_x, NO_x, CO و ذرات معلق به واسطه احتراق	آلودگی هوا	۲۰	عملیات انتقال میعانات به واحد تست چاه	نشت میعانات و آلودگی دریایی	آلودگی آب
۵	روشن کردن چراغ در منطقه بی نور	آلودگی نوری در هنگام برداشت از منبع	آلودگی نوری (آب)	۲۱	فرآیند ایجاد نیروی گرانشی جهت جدا کردن کاندنسیت از آب	نشت کاندنسیت	آلودگی آب
۶	فرسودگی، خوردگی و خرابی درخط سی لاین (خط لوله دریایی)	نشت گاز و میعانات به‌دلیل خوردگی	تغییر در تنوع زیستی	۲۲	خرابی تجهیزات و دفع یک‌باره ترکیبات	دفع آب همراه و پساب‌های صنعتی	آلودگی آب
۷	فعالیت توربین های گازی	ایجاد نویز در محیط‌های آبی	آلودگی صوتی	۲۳	برداشت آب و میعانات گازی از عمق و رهاسازی آب همراه در سطح دریا	برداشت آب و میعانات گازی از عمق و رهاسازی آب همراه در سطح دریا	آلودگی آب
۸	خرابی تجهیزات و اتصالات حاوی سیالات نفتی	نشت کندانسیت در آب دریا	آلودگی آب	۲۴	اسیدواش لوله‌های برداشت میعانات جهت دفع رسوبات کربنات کلسیم	دفع آب همراه در هنگام فعالیت اسید واش	تغییر در تنوع زیستی
۹	بهره‌برداری و فعالیت چاه‌ها	جابجایی آب دریا از عمق به سطح، افزایش کدورت آب دریا به‌واسطه دفع گل و شن آب همراه، نشت آب فرایندی و کاندنسیت در آب دریا و افزایش تبخیر آب به‌واسطه افزایش دمای انبساط گاز	آلودگی آب	۲۵	اسیدواش لوله‌های برداشت میعانات جهت دفع رسوبات کربنات کلسیم	تخلیه اسید سولفوریک و اسید کلریدریک در دریا	تغییر در تنوع زیستی
۱۰	پیگ‌رانی	دفع ترکیبات آنتی کروژن به هنگام فعالیت پیگ رانی	آلودگی آب	۲۶	تعمیر تجهیزات حاوی سیالات	تخلیه آب فرایندی و کاندنسیت در هنگام خارج کردن تجهیز از فعالیت	تغییر در تنوع زیستی
۱۱	الکترولیز آب	دفع ترکیبات اکساینده در آب دریا	آلودگی آب	۲۷	خرابی تجهیزات و اتصالات در پمپ‌های برداشت	نشت روغن سوخته پمپ-های برداشت به آب دریا	تغییر در تنوع زیستی
۱۲	فعالیت و بهره‌برداری از سکو	افزایش نویز و ارتعاش در محیط‌های آبی	آلودگی صوتی	۲۸	خرابی تجهیزات و اتصالات حاوی آنتی کروژن	نشت آنتی کروژن Pl550 در آب دریا	تغییر در تنوع زیستی
۱۳	تامین برق	دفع ترکیبات دفعی احتراق GTG ها با دمای ۴۰۰ درجه در محیط	آلودگی آب	۲۹	تعمیر و تنظیم MOV جهت باز و بسته کردن ولوها	نشت روغن هیدرولیک در هنگام تنظیم فشار ولوهای SSV	تغییر در تنوع زیستی
۱۴	تعمیر و نگه داری (رنگ و عایق)	نشت تینر و حلال های رنگ در آب دریا	آلودگی آب	۳۰	شستشو و تمیز کاری ابزارآلات و قطعات	دفع پساب چرب حاصل از تنظیفات صنعتی در دریا	آلودگی آب
۱۵	فرآیندهای مکانیکال و پایپینگ	نشت پساب حاصل از تنظیفات صنعتی در دریا	آلودگی آب	۳۱	شستشوی عرشه کشتی و قطعات آن	پساب شستشوی کشتی‌ها در دریا	آلودگی آب
۱۶	تأمین و انتقال (جابجایی اجسام و افراد با کشتی و قایق)	ایجاد نویز به هنگام نزدیک شدن کشتی‌ها	آلودگی صوتی	۳۲	اقامت و تهیه و طبخ غذا	تولید پساب حاصل از شستشو	آلودگی آب

جدول ۵: داده‌های به‌دست آمده برای ریسک ۳۲ عامل ایجاد آلودگی

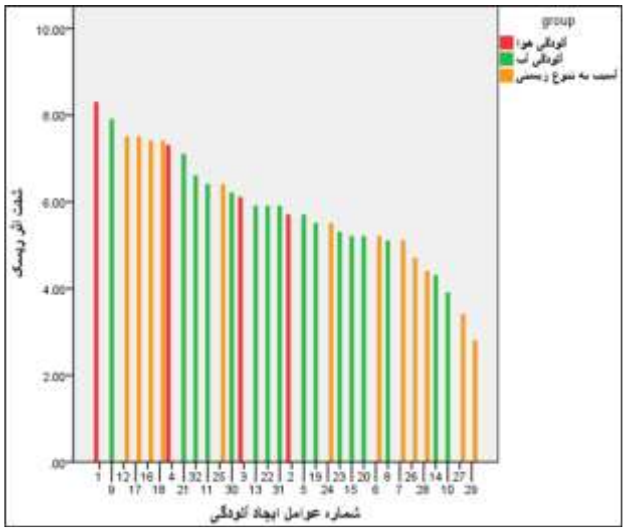
عامل آلودگی	احتمال رخداد ریسک	شدت اثر ریسک	میزان کنترل ریسک	عامل آلودگی	احتمال رخداد ریسک	شدت اثر ریسک	میزان کنترل ریسک
۱	۰/۸۹	۸/۳	۲/۵	۱۷	۰/۹	۷/۵	۲/۵
۲	۰/۸۹	۵/۷	۱/۲	۱۸	۰/۸۹	۷/۴	۳/۲
۳	۰/۵۹	۶/۱	۱/۴	۱۹	۰/۲۱	۵/۵	۴/۷
۴	۰/۸۷	۷/۳	۸/۷	۲۰	۰/۲۲	۵/۲	۲/۴
۵	۰/۸۹	۵/۷	۵	۲۱	۰/۳	۷/۱	۲/۴
۶	۰/۵۹	۵/۲	۸/۸	۲۲	۰/۴۲	۵/۹	۵/۸
۷	۰/۹	۵/۱	۶	۲۳	۰/۹	۵/۳	۴/۵
۸	۰/۸۹	۵/۱	۵	۲۴	۰/۵۲	۵/۵	۳/۴
۹	۰/۹	۷/۹	۸/۶	۲۵	۰/۹	۶/۴	۳/۴
۱۰	۰/۶۹	۳/۹	۵/۵	۲۶	۰/۹	۴/۷	۶/۱
۱۱	۰/۸۹	۶/۴	۳/۴	۲۷	۰/۴	۴/۷	۵/۲
۱۲	۰/۸۹	۷/۵	۳	۲۸	۰/۵۴	۴/۴	۷/۲
۱۳	۰/۳۸	۵/۹	۶	۲۹	۰/۶	۴/۴	۶/۳
۱۴	۰/۳۸	۴/۳	۵/۶	۳۰	۰/۳	۴/۴	۴/۵
۱۵	۰/۳	۵/۲	۲/۱	۳۱	۰/۶۴	۵/۹	۷/۳
۱۶	۰/۸۹	۷/۴	۲/۶	۳۲	۰/۷۴	۶/۶	۲/۲

اندازه دایره‌ها در نقشه‌ریسک، میزان کنترل هر ریسک را نشان می‌دهد. بدین‌شکل که هرچقدر میزان کنترل ریسک بالاتر باشد اندازه دایره بزرگ‌تر خواهد بود و بالعکس.



شکل ۱: نقشه ریسک عوامل ایجاد آلودگی (۱۶)

با استناد به نقشه‌ریسک، رتبه‌بندی‌ریسک براساس شدت تأثیر ریسک برای سه گروه آلودگی هوا، آلودگی آب و آسیب به تنوع زیستی در شکل ۲ ارائه شده است. این شکل گویای این است که ۲۵٪ بالایی شدت تأثیر ریسک به‌ترتیب از بیش‌ترین به کم‌ترین مقدار مربوط به فعالیت و احتراق پمپ‌های آب و فایر پمپ‌ها (پمپ آتش‌نشانی)، بهره‌برداری و فعالیت چاه‌ها، فعالیت و بهره‌برداری از سکو، فعالیت جرثقیل‌ها بر روی سکو، تأمین و انتقال (جابجایی اجسام و افراد با کشتی و قایق)، فعالیت هلیکوپترها بر روی سکو، فلرینگ یا مشعل‌سوزی با فشار کم، فرآیند ایجاد نیروی گرانشی جهت جدا کردن کاندنسیت از آب می‌باشد.



شکل ۲: رتبه‌بندی ریسک برای سه گروه آلودگی هوا، آلودگی آب و آسیب به تنوع زیستی

بحث

براساس نتایج حاصل از پژوهش در شکل ۱ مشخص می‌گردد که ریسک‌های تأمین برق، فرآیند ایجاد نیروی گرانشی جهت جدا کردن کاندنسیت از آب، خرابی تجهیزات و دفع یک‌باره ترکیبات، شستشو و تمیزکاری ابزارآلات و قطعات ماهیت بحرانی دارند. ریسک‌های تعمیر و تنظیم MOV جهت باز و بسته کردن ولوها، عملیات انتقال میعانات به واحد تست چاه، فرآیندهای مکانیکال و پایپینگ، اسیدواش لوله‌های برداشت میعانات جهت دفع رسوبات کربنات کلسیم، تعمیر و نگه‌داری (رنگ و عایق)، خرابی تجهیزات و اتصالات در پمپ‌های برداشت، خرابی تجهیزات و اتصالات حاوی آنتی کروژن جزء ریسک‌های عادی و غیربحرانی هستند. ریسک‌های فلرینگ یا مشعل‌سوزی با فشار زیاد، فلرینگ یا مشعل‌سوزی با فشار کم، بهره‌برداری و فعالیت چاه‌ها، الکترولیز آب، فعالیت و بهره‌برداری از سکو، تأمین و انتقال (جابجایی اجسام و افراد با کشتی و قایق)، فعالیت جرثقیل‌ها بر روی سکو، فعالیت هیلیکوپترها بر روی سکو، اسیدواش لوله‌های برداشت میعانات جهت دفع رسوبات کربنات کلسیم، شستشوی عرشه کشتی و قطعات آن، اقامت و تهیه و طبخ غذا دارای ماهیت اضطراری می‌باشند. ریسک‌های روشن کردن چراغ در منطقه بی نور، فعالیت توربین‌های گازی، خرابی تجهیزات و اتصالات حاوی سیالات نفتی، تعمیر تجهیزات حاوی سیالات، فرسودگی، خوردگی و خرابی درخط سی‌لاین، پیگ‌رانی جزو خطاهای تراکنشی یا پیش‌بینی پذیرند. از بین ریسک‌های ذکر شده، آن‌هایی که ماهیت اضطراری دارند باید مورد توجه ویژه بخش مدیریت سکوهای گازی قرار گیرند و تا زمانی‌که به سطحی پذیرفتنی کاهش داده نشوند، نباید تمرکز از آن‌ها برداشته شود. نتایج در شکل ۲ نیز نشان داد سطوح بالای شدت تأثیر ریسک مربوط به فعالیت و احتراق پمپ‌های آب و فایر پمپ‌ها (پمپ آتش‌نشانی)، بهره‌برداری و فعالیت چاه‌ها، فعالیت و بهره‌برداری از سکو، فعالیت جرثقیل‌ها بر روی سکو، تأمین و انتقال (جابجایی اجسام و افراد با کشتی و قایق)، فعالیت هیلیکوپترها بر روی سکو، فلرینگ یا مشعل‌سوزی با فشار کم و فرآیند ایجاد نیروی گرانشی جهت جدا کردن کاندنسیت از آب می‌باشد. مطابقت نتایج رتبه‌بندی و نقشه ریسک نشان می‌دهد ۶ عامل دارای بالاترین شدت تأثیر ریسک می‌باشند که هم‌زمان در گروه ریسک‌های با ماهیت اضطراری نیز قرار دارند. این عوامل عبارتند از: ۱- فلرینگ یا مشعل‌سوزی با فشار کم، ۲- بهره‌برداری و فعالیت چاه‌ها، ۳- فعالیت و بهره‌برداری از سکو، ۴- تأمین و انتقال (جابجایی اجسام و افراد با کشتی و قایق)، ۵- فعالیت جرثقیل‌ها بر روی سکو و ۶- فعالیت هیلیکوپترها بر روی سکو. Payan و Pourmir، نشت آلودگی از سکوها، عملیات نفت‌کش‌ها، شست وشوی مخازن و تخلیه آب مخزن تعادل به دریا، تصادف نفت‌کش‌ها و تجهیزات پالایشگاهی در سواحل را به‌عنوان عواملی که همواره سلامت محیط زیست را تهدید می‌کند معرفی نمودند (۱۷). Lee و Neff، تخلیه آب تولیدی ناشی از فعالیت سکوهای گازی و نفتی را به‌عنوان منبع مهم آلودگی آب بیان کرده‌اند (۱۸) که با بخشی از نتایج پژوهش حاضر هم‌سو است. Beyer و همکاران، بیان کردند که آب خروجی ناشی از فعالیت چاه‌ها توسط سکوهای گازی بزرگ‌ترین منبع عملیاتی آلودگی صنعت نفت و گاز ساحلی می‌باشد (۱۰). این نتایج نیز با بخشی از نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. فلرینگ یا مشعل‌سوزی با فشار کم به‌عنوان اولین عامل از عوامل شش گانه فوق، دارای بیش‌ترین شدت تأثیر ریسک می‌باشد که در دسته ریسک‌های با ماهیت اضطراری نیز قرار گرفته است. سیستم فلر یک جزء بسیار مهم از مفهوم ایمنی پالایشگاه می‌باشد. هدف اصلی فلر سوزاندن گازهای هیدروکربنی، ترکیبات ارگانیک فرار و بخارات حاصل از احتراق به اتمسفر می‌باشد. معمولاً گاز سوزانده شده در مشعل به‌علت عدم صرفه اقتصادی، مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرد. این امر به‌علت دور بودن خطوط انتقال و یا ترش بودن گاز و وجود مقادیر زیاد هیدروژن سولفید در گاز می‌باشد. اگرچه ترکیب گاز سوزانده شده در مشعل‌های مختلف می‌تواند کاملاً متفاوت باشد، اما معمولاً گاز متان به‌عنوان گاز غالب در صنایع بالادستی نفت و گاز در مشعل محسوب می‌شود (۱۹). فرآیند مشعل‌سوزی می‌تواند آلاینده‌های متفاوت مانند ترکیبات گوگرددار ایجاد نماید که آثار زیان‌باری روی سلامتی انسان، محیط زیست و کیفیت هوا خواهد داشت. دی اکسیدگوگرد، گازی است بی‌رنگ که روی سطوح بسیاری از مواد جامد و ذرات هوا واکنش انجام می‌دهد. این ترکیب در آب و نیز قطرات باران حل شده و تری اکسید گوگرد و در نهایت به اسید سولفوریک تبدیل می‌شود. در صورت مواجهه افراد آسمی با این آلاینده به‌مدت ۱۰ دقیقه در غلظت‌های ۱ تا ppm ۵، علائم مشخص تنگی نفس بروز می‌کند. بررسی‌های سازمان جهانی بهداشت برای تعیین آستانه اثر دی اکسیدگوگرد نشان داده‌است که در صورت مواجهه با این ترکیب در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم در مترمکعب در مدت ۱۰ دقیقه اولین اثر حاد ظاهر خواهد شد. با درنظرگرفتن ضریب ایمنی در این بازه، مواجهه در غلظت‌های بالاتر از ۵۰۰ میکروگرم در مترمکعب توصیه نشده است (۲۰). از آن‌جا که اصلی‌ترین راه اتلاف انرژی در پالایشگاه‌ها سیستم فلرینگ بوده و عمدتاً بیش‌ترین میزان آلاینده‌های محیط زیستی نیز از همین سیستم متصاعد می‌گردد، توجه به بهینه‌سازی عملکرد و اصلاح این بخش از اهمیت به‌سزائی برخوردار بوده و هست. تا به امروز روش‌ها و راهکارهای گوناگونی جهت کاهش و یا بازیابی گازهای ارسالی به فلر ارائه گشته که عمدتاً

بر روی اصلاح واحدهای تولیدکننده گازهای ارسالی به فلر معطوف گشته‌اند. اما پیشنهاد می‌گردد به کمک طراحی یک سیستم خاص فشرده‌سازی گاز، میزان فلرینگ پالایشگاه را به‌طور چشمگیری کاهش داد و از این طریق گازهایی که تاکنون سوزانده می‌شدند را جمع‌آوری و سپس به‌عنوان خوراک برای سیستم‌هایی هم‌چون Fuel Gas Turbines و HRSG تبدیل نمود. پیرو این فرآیند آلودگی ناشی از سوختن گازها نیز به‌طور بسیار محسوسی کاهش خواهد یافت. از بین عوامل شش گانه، چهار مورد شامل فعالیت و بهره‌برداری از سکو، تأمین و انتقال (جابجایی اجسام و افراد با کشتی و قایق)، فعالیت جرثقیل‌ها بر روی سکو و فعالیت هیلیکوپترها بر روی سکو همگی ایجاد نویز می‌نمایند و باعث آلودگی صوتی می‌گردند که پیشنهاد می‌گردد از قایق‌های با موتور کم صدا و جرثقیل‌های تمام هیدرولیک با کم‌ترین ایجاد نویز بهره‌گیری گردد. هم‌چنین برای فعالیت و بهره‌برداری از سکو تا حد ممکن از ادوات و ماشین‌آلاتی بهره‌گیری گردد که توسط لاستیک‌های حاوی آب منتقل گردند. برای فعالیت هیلیکوپترها بر روی سکو می‌توان براساس پیک‌های حضور موجودات زنده دریایی در محل استقرار سکو، زمان‌بندی نمود. دیگر عامل از عوامل شش‌گانه، بهره‌برداری و فعالیت چاه‌ها می‌باشد. از آن‌جاکه در طی انجام این فعالیت مهم‌ترین آلودگی نشت آب فرایندی و کاندنسیت به دریا می‌باشد، لذا ایجاد مخازن مکش در مسیر آب فرایندی تا حد بسیار بالایی از آلودگی آب دریا جلوگیری می‌نماید.

منابع

1. **Crane, H., Kinderman, E. and Malhotra, R., 2010.** A cubic mile of oil: realities and options for averting the looming global energy crisis. Oxford University Press.
2. **Smith, J.R., 2001.** Energy demand creates new opportunities and challenges for drilling. Journal of Canadian Petroleum Technology. 40(05).
3. **Schneider, J., Ghettas, S., Merdaci, N., Brown, M., Martyniuk, J., Alshehri, W. and Trojan, A., 2013.** Towards sustainability in the oil and gas sector: benchmarking of environmental, health, and safety efforts. Journal of Environmental Sustainability. 3(3): 6.
4. **Zanganeh, B., 2004.** Production capacities. Energy Economy Journal. 6 p. (In Persian)
5. **Rahimi Kamal, S., Nasl Saraji, J. and Mohammad Fam, I., 2010.** Assessment of human error probability index for gas compressor station musters (region 3 of gas transmission operation). Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 7(4): 51-68. (In Persian)
6. **Kapoor, I., 2001.** Towards participatory environmental management? Journal of environmental management. 63(3): 269-279.
7. **Mousavi, S.M. and Asareh, M., 2013.** Industrial risk management using different methods of risk assessment, the second scientific conference on process engineering. Kimia Energy Associates, Tehran. 14 p. (In Persian)
8. **Razavi Dezfuli, B.A., Oskuei, A.A. and Semnani Rahbar, M., 2013.** Identification and assessment of environmental aspects and consequences of oil platforms by FMEA method (case study: burning oil platforms). The first international oil, gas, petrochemical and power plant conference, Tehran. (In Persian)
9. **Elbisy, M.S., 2016.** Environmental management of offshore gas platforms in Abu Qir Bay, Egypt. KSCE Journal of Civil Engineering. 20(4): 1228-1241.
10. **Beyer, J., Goksøyr, A., Hjermann, D.Ø. and Klungsøyr, J., 2020.** Environmental effects of offshore produced water discharges: A review focused on the Norwegian continental shelf. Marine environmental research. 105155 p.
11. **Karami, M., Samimi, A. and Ja'fari, M., 2020.** Necessity to Study of Risk Management in Oil and Gas Industries (Case Study: Oil Projects). Progress in Chemical and Biochemical Research. 239-243.
12. **Kirin, S., Sedmak, A., Zaidi, R., Grbović, A. and Šarkočević, Ž., 2020.** Comparison of experimental, numerical and analytical risk assessment of oil drilling rig welded pipe based on fracture mechanics parameters. Engineering Failure Analysis. 114: 104600.
13. **Dimaio, F., Scapinello, O., Zio, E., Ciarapica, C., Cincotta, S., Crivellari, A., Decarli, L. and Larosa, L., 2021.** Accounting for Safety Barriers Degradation in the Risk Assessment of Oil and Gas Systems by Multistate Bayesian Networks. Reliability Engineering & System Safety. 107943 p.
14. **Vora, M., Sanni, S. and Flage, R., 2021.** An environmental risk assessment framework for enhanced oil recovery solutions from offshore oil and gas industry. Environmental Impact Assessment Review. 88: 106512.
15. **Jalilvand, A., Rostami Noroozabad, M., Askari Firoozjaei, E. and Rahmaniani, M., 2019.** Implementation of Organizational Risk Management; Identification, Analysis, and Evaluation (Case Study: Active Financial Institution in Iranian Capital Market). Asset Management and Financing. 7(25): 1-24. (In Persian)
16. **Fraser, J.R., Simkins, B. and Narvaez, K., 2014.** Implementing enterprise risk management: Case studies and best practices. John Wiley & Sons.
17. **Payan, S. and Pourmir, M.A., 2013.** The effect of oil pollution on marine life in the Persian Gulf region and the feasibility of collecting heavy oil deposited due to possible oil spills in the Persian Gulf, Persian Gulf National Conference, Sistan and Baluchestan. (In Persian)
18. **Lee, K. and Neff, J., 2011.** Produced water: environmental risks and advances in mitigation technologies. Springer Science & Business Media.
19. **Kearnes, J., 2000.** Flaring and Venting in the Oil and Gas Exploration and Production Industry: An Overview of Purpose, Quantities, Issues, Practices and Trends. International Association of Oil and Gas Producers (OGP) Report, (2.79/288).
20. **Krzyzanowski, M., 2008.** WHO air quality guidelines for Europe. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 71(1): 47-50.