Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 6, Issue 2, Summer 2019, Pages: 1-8

Original Article

doi: 10.52547/johe.6.2.1

Consequence Analysis of Gas Condensate Leakage in a Gas Refinery to Develop an Emergency Response Plan

Ahmad Reza Movahed[1], Fereshteh Jahani[2,*], Mehdi Parvini[3], Mehdi Shakib[4]

[1] *MSc in Chemical Engineering, Faculty of Chemical Engineering, University of Semnan, Semnan, Iran*
[2] *MSc in Occupational Health Engineering, School of Health, Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran*
[3] *Associate Professor, Department of Chemical, Petroleum, and Gas Engineering, University of Semnan, Semnan, Iran*
[4] *MSc in Industrial Management, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Fereshteh Jahani, School of Health, Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran. Email: jahani.f71@gmail.com*

Received: 17/04/2019
Accepted: 10/07/2019

How to Cite this Article:
Movahed AR, Jahani F, Parvini M, Shakib M. Consequence Analysis of Gas Condensate Leakage in a Gas Refinery to Develop an Emergency Response Plan. *J Occup Hyg Eng*. 2019; 6(2): 1-8. DOI: 10.52547/johe. 6.2.1

Abstract

Background and Objective: One of the main steps to increase the level of safety and plan for reactions in the active or developing units is to assess the risks, such as releasing chemicals in the environment. The present study aimed to model the leakage consequences from gas condensate reservoirs for developing an emergency response plan.

Materials and Methods: In order to investigate gas condensate distribution from reservoirs and related consequences in a gas refinery, PHAST software was used in this study. Using process data, landing maps, and meteorological information, the modeling was performed for four scenarios, including a jet fire, pool fire, flash fire, and vapor cloud explosion. In each scenario, the dimensions of the incident and extent of the damage were investigated, and the obtained results were utilized in identifying hazardous areas in the refinery, proper locating of safe areas, and improving routes used in emergencies.

Results: In the 650 reservoirs, which are the most dangerous unit equipment, the four scenarios can lead to deadly consequences. In this regard, the incident of vapor cloud explosion and after that pool fire had the most consequences. Accordingly, up to 490 m, the reservoirs, including the control center and some routes, will be affected by possible incidents.

Conclusion: According to the regions wind rose and modeling, some changes should be made in the emergency plan, including the fact that the two access routes should be situated more distant from the reservoirs and they should not be placed in the direction of the wind. In addition, two muster points should be located more distant from the reservoirs, and the control center should be fortified against fire and explosion.

Keywords: Consequence Analysis; Emergency Response; Gas Condensate; PHAST Software

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.1]

Copyright © 2019 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی

doi: 10.52547/johe.6.2.1

مدل‌سازی پیامد نشت میعانات گازی در یک پالایشگاه گاز به‌منظور تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری

احمدرضا موحد[۱]، فرشته جهانی[۲،*]، مهدی پروینی[۳]، مهدی شکیب[۴]

[۱] کارشناس ارشد مهندسی شیمی گرایش HSE، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

[۲] کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

[۳] دانشیار و عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز دانشگاه سمنان

[۴] کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران مرکز، تهران، ایران

* **نویسنده مسئول:** فرشته جهانی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

ایمیل: jahani.f71@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۱/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۱۹

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: یکی از اصلی‌ترین مراحل جهت افزایش سطح ایمنی و برنامه‌ریزی برای واکنش‌ها در واحدهای فعال و یا درحال طراحی، ارزیابی خطراتی همچون رهاشدن مواد شیمیایی در محیط است. در این ارتباط، مطالعه حاضر با هدف مدل‌سازی پیامد نشت از مخازن ذخیره میعانات گازی برای کمک به تدوین واکنش در شرایط اضطراری انجام شد.

مواد و روش‌ها: در مطالعه حاضر برای بررسی نحوه انتشار میعانات گازی از مخازن ذخیره‌سازی در یک صنعت پالایش گاز و پیامد آن از نرم‌افزار PHAST استفاده شد. با استفاده از داده‌های فرایندی، نقشه‌های جانمایی و اطلاعات هواشناسی، مدل‌سازی برای چهار سناریوی آتش فورانی، آتش استخری، آتش ناگهانی و انفجار ابر بخار صورت گرفت. در هر سناریو، ابعاد حادثه و میزان خرابی و آسیب‌ها بررسی شدند و از نتایج آن برای تعیین مناطق خطرناک در پالایشگاه، جانمایی صحیح نقاط ایمن و بهبود مسیرهای مورد استفاده در شرایط اضطراری بهره گرفته شد.

یافته‌ها: در مخازن ۶۵۰ که خطرناک‌ترین تجهیزات واحد هستند، چهار سناریوی یادشده می‌توانند پیامدهای مرگ‌باری را در پی داشته باشند که در این میان، حادثه انفجار ابر بخار و پس از آن آتش استخری دارای بیشترین پیامد می‌باشند؛ به‌طوری که تا فاصله ۴۹۰ متری از محل مخازن که مرکز کنترل و برخی از مسیرها را شامل می‌شود، تحت تأثیر حوادث احتمالی قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری: براساس گلباد منطقه و مدل‌سازی انجام‌شده می‌بایست برخی از تغییرات در برنامه واکنش در شرایط اضطراری انجام شود؛ از جمله آنکه دو مسیر دسترسی باید با فاصله بیشتری از مخازن بوده و در جهتی که باد مواد را جابه‌جا می‌کند، نباشند. همچنین لازم است دو نقطه امن (Muster Point) در فاصله بیشتری از مخازن قرار گیرند و مرکز کنترل در برابر آتش و انفجار مقاوم‌سازی شود.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی پیامد؛ میعانات گازی؛ نرم‌افزار PHAST؛ واکنش در شرایط اضطراری

مقدمه

یکی از مهم‌ترین تبعات پیشرفت صنایع و تکنولوژی، افزایش تولید، گسترش حمل و نقل و نیاز بیشتر به مواد شیمیایی است؛ به‌طوری که امروزه وقوع حوادث ناگواری که ناشی از رهایش و انفجار مواد شیمیایی و سمی در واحدهای صنعتی هستند سبب شده است که خطرات بسیاری افراد جامعه را تهدید نماید [۱]. آنچه باید مورد توجه قرار گیرد آن است که ابعاد بزرگ یک حادثه همیشه به معنای حتمی‌بودن آن حادثه نمی‌باشد؛ زیرا در بیشتر موارد ابعاد حادثه نسبت معکوسی با احتمال وقوع آن دارد. سرآغاز پدیده توسعه بخارات مایع درحال جوش، نشتی در مخزن است که با عواملی همچون برخورد فیزیکی یک شی با مخزن و احاطه مخزن توسط آتش آغاز می‌شود و پس از شروع نشتی، کاهش فشار ناگهانی در مخزن به وجود می‌آید که در این شرایط، مایع درون مخزن به حالت فوق اشباع درآمده و جوشش مایع آغاز می‌شود و بخار حاصل از مایع به بخار اولیه در مخزن اضافه

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.1]

می‌گردد. مایع تا حد مشخصی می‌تواند حالت فوق اشباع را تحمل کند و پس از آن حد، جوشش هسته‌زایی و همگن آغاز خواهد شد که این جوشش به‌صورت انفجاری عمل خواهد کرد و مایع را به‌صورت دوفازی از طریق منفذ نشتی با سرعت بالایی به بیرون خواهد راند. در اثر این رویداد، مخزن خرد می‌شود و تکه‌های آن به اطراف پرتاب می‌گردد. در صورتی که مایع قابل‌اشتعال باشد، به همراه انفجار، توپ آتش نیز ایجاد می‌شود [۲]. مخازن ذخیره نفت یکی از مهم‌ترین تأسیسات صنعتی هستند که همواره در معرض ریسک انتشار مواد سمی، آتش‌سوزی و انفجار می‌باشند. در این میان، آتش‌سوزی رایج‌ترین و انفجار به دلیل میزان مرگ و میری که به دنبال دارد، مهم‌ترین ریسک مخازن ذخیره نفت و فرآورده‌های نفتی هستند [۳-۵]. در این راستا در مطالعه‌ای که توسط Li و همکاران در سال ۲۰۱۰ با هدف بررسی و ارزیابی ریسک در یک ایستگاه سوخت‌گیری گاز هیدروژن در شانگهای صورت گرفت، نشان داده شد که تنظیم محفظه کمپرسور، نقش قابل‌توجهی در تغییر فاصله ایمن دارد [۶]. همچنین در مطالعه‌ای که توسط Gerboni و همکاران با هدف بررسی و تجزیه و تحلیل سیستم‌های حمل و نقل هیدروژن انجام شد، مشخص گردید که شعاع‌های آتش ناگهانی ناشی از نشتی لوله‌های هیدروژن معادل ۱۳ متر می‌باشد [۷]. مدل‌سازی پیامد یکی از تحلیل‌های مهندسی ایمنی است که می‌تواند قسمت اعظم حوادث را پیش‌بینی نموده و خسارات ناشی از آن را کاهش دهد [۸]. با انجام مدل‌سازی پخش مواد با استفاده از نرم‌افزارهای معتبر از جمله PHAST، DEGADIS، SLAB، HGSYSTEM و ALOHA علاوه بر مشخص‌نمودن محدوده متأثر از نشت مواد سمی و خطرناک می‌توان برنامه واکنش در شرایط اضطراری را با استفاده از نتایج مدل‌سازی، طرح‌ریزی نمود. علاوه بر مدل‌سازی تخلیه مواد، نحوه پخش ماده در محیط و اتمسفر نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌طور کلی هدف اصلی مدل‌سازی پخش مواد، تخمین غلظت ماده منتشرشده در محیط در یک فاصله معین و زمان خاص است. نتایج حاصل از خروجی نرم‌افزار می‌توانند به‌عنوان معیاری جهت تدوین حداکثر مناطق متأثر از غلظت‌های خطرناک ناشی از نشت مواد در نظر گرفته شوند. بدین‌طریق امکان تدوین طرح واکنش در شرایط اضطراری میسر خواهد شد [۹-۱۱]. یکی از نرم‌افزارهای ارائه‌شده برای مدل‌سازی‌های ناشی از رهاشدن مواد، نرم‌افزار PHAST است که یکی از قوی‌ترین و مشهورترین نرم‌افزارهای موجود در این زمینه می‌باشد و برای تحلیل پیامد حوادث مربوط به شرکت‌های نفت، گاز و پتروشیمی و صنایع شیمیایی استفاده می‌شود. این نرم‌افزار قادر به مدل‌سازی مراحل مختلف رهایش مواد (اعم از خالص یا مخلوط) در محیط شامل: تخلیه تبخیر از حوضچه‌های مایع و در نهایت پخش مواد می‌باشد. هر دو نوع رهایش پیوسته (پلوم) و ناگهانی (پاف) در نرم‌افزار قابل مدل‌سازی هستند. شرایط جوی نیز به‌عنوان یکی از داده‌های ورودی به این نرم‌افزار در نظر گرفته می‌شود [۱۲،۱۳]. اقدامات واکنش در شرایط اضطراری با توجه به شدت حادثه، وسعت دامنه انتشار آلودگی و جمعیت در معرض خطر مشخص می‌شود. بر این اساس، مرکز CCPS (Center of Chemical Process Safety) سطوح اضطرار را به چهار گروه به‌صورت زیر تقسیم‌بندی نموده است: سطح اضطرار اول: هنگامی که مواد خطرناک وجود داشته و یا احتمالاً وجود دارد؛ اما نشتی، ریزش، حریق یا انفجار رخ نداده و انتظار رخداد آن نیز وجود ندارد؛ سطح اضطرار دوم: زمانی که اثرات سوء شدید سلامتی وجود ندارد؛ اما رهایش و یا حریق ممکن است توسط افراد شاغل به علت بو یا ابر ایجادشده، تشخیص داده شود و جمعیت اطراف ممکن است به آن توجه کرده و سؤالاتی را مطرح نمایند؛ سطح اضطرار سوم: هنگامی که رهایش یا پتانسیل رهایش به‌عنوان عامل تهدیدکننده سلامت جامعه افراد شاغل در اطراف ناحیه صنعتی مطرح بوده و احتمال وقوع آن به واسطه اقدامات کنترلی اعمال‌شده وجود داشته باشد. در این سطح، افراد مسئول در شرایط اضطراری شهری از موضع آگاه خواهند شد تا در صورت لزوم، اقدامات لازم در این زمینه را انجام دهند. اگر کنترل از دست رود، رهایش می‌تواند به‌صورت شرایط اضطراری در جامعه دربیاید. همچنین اگر کنترل موفقیت‌آمیز باشد، به اضطرار سطح ۲ کاهش می‌یابد؛ سطح اضطرار چهارم: هنگامی که رهایش رخ‌داده بتواند سبب بروز اثرات نامطلوب به‌صورت گسترده بر جامعه ساکن در اطراف ناحیه صنعتی شود. در این سطح کلیه مسئولان مرتبط با واکنش طرح اضطراری در شهر از حادثه آگاه شده و اقدامات مناسب را انجام می‌دهند. در این سطح، اقدامات واکنشی مناسب به جامعه اطراف تسری می‌یابد [۱۴]. از آنجایی که در بیشتر برنامه‌های ارائه‌شده در مورد واکنش در شرایط اضطراری، سطوح اضطرار در نظر گرفته نشده و برنامه واکنش به‌صورت کلی بیان گردیده است، معیار زمان واکنش و هزینه‌های مورد نیاز جهت کنترل شرایط اضطراری نادیده گرفته می‌شود. هر چقدر اقدامات پیشگیرانه در یک سازمان تقویت شود، باز هم امکان وقوع حوادث در آن وجود دارد؛ از این رو، آمادگی برای مقابله با وضعیت به وقوع پیوسته و واکنش مناسب می‌تواند به نحو مؤثری از پیامدهای حادثه بکاهد [۱۵،۱۶]. با توجه به مطالب بیان‌شده، مطالعه حاضر با هدف مدل‌سازی نشت میعانات گازی، ارزیابی پیامدهای حاصل از نشت مواد و همچنین تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری در یکی از صنایع پالایش گاز در جنوب کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در یکی از پالایشگاه‌های جنوب کشور که دارای چهار مخزن میعانات گازی (هرکدام با ظرفیت ۲۰ هزار متر مکعب میعانات گازی) است، انجام شد. به‌منظور توسعه یک برنامه واکنش در شرایط اضطراری، نشتی میعانات گازی از مخزن به دلیل توانایی ایجاد آتش و انفجار در واحد به‌عنوان بدترین سناریوی قابل‌وقوع

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.1]

در پالایشگاه مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج حاصل از آن مدل‌سازی گردید. در این پژوهش میعانات به‌صورت مایع در یک مخزن با طول ۱۷ متر و قطر ۴۰ متر در شرایط اتمسفریک و دمای محیطی نگهداری شد. برای تعیین سناریوی پژوهش مورد نظر براساس جدول ۱، نشتی متوسط به قطر ۲ اینچ در مخزن و در ارتفاع یک متری از سطح زمین جهت مدل‌سازی پیامدهای ناشی از رهایش میعانات گازی طراحی گشت. به‌منظور مدل‌سازی پیامد با استفاده از نرم‌افزار PHAST، نیازمند اطلاعاتی از جمله نوع ماده، مقدار ماده (جرم و حجم)، دما و فشار ماده، قطر و ارتفاع روزنه، ارتفاع دیوار حائل، پارامترهای محیطی از جمله دما، رطوبت، سرعت باد، پایداری و ناپایداری جوی و اطلاعات دیگر می‌باشیم.

اثرات ناشی از نشتی و ترکیدگی را می‌توان برای تمامی روزهای سال مدل‌سازی کرد؛ اما به دلیل حجیم‌بودن و کاربردی‌نبودن آن، بدترین حالات و شرایط جوی را مورد مطالعه قرار دادیم. برای تعیین بدترین حالات نیز به دلیل تأثیر مستقل دما، سرعت باد، رطوبت و غیره بر نحوه پخش مواد در فضا به‌صورت مطلق نمی‌توان شرایط آب و هوایی خاصی را از قبل به‌عنوان بدترین حالت در نظر گرفت. یکی از پیشنهادات مناسب برای درنظرگرفتن شرایط آب و هوایی را دستورالعمل Total-gs-253 پیشنهاد می‌دهد. بدین‌صورت که ما با داشتن اطلاعات هواشناسی در مورد منطقه در فصول مختلف، آن‌ها را در سه دسته قرار می‌دهیم و مدل‌سازی را برای این سه شرایط آب و هوایی انجام می‌دهیم. علاقه‌مندان برای اطلاعات بیشتر در مورد نحوه تنظیم شرایط آب و هوایی می‌توانند به دستورالعمل ذکرشده مراجعه نمایند. در پژوهش حاضر برای پوشش آب و هوای کل سال و بدترین شرایط ممکن از این دستورالعمل استفاده گردید. سه شرایط آب و هوایی متفاوت در نظر گرفته‌شده برای منطقه‌ای که پالایشگاه در آن قرار دارد، در جدول ۲ نشان داده شده است.

به‌منظور انجام مدل‌سازی پیامد نشت، اطلاعات مورد نیاز از جمله شرایط آب و هوایی، شرایط فرایندی و غیره در نرم‌افزار PHAST وارد شدند. پس از تعیین شدت پیامدهای ایجادشده و مشخص‌شدن سطوح اضطرار، اقدامات لازم در ارتباط با کنترل، آمادگی واکنش در شرایط اضطراری و کاهش اثرات پیامدها ارائه شدند.

جدول ۱: ابعاد متفاوت نشتی برای تعریف سناریوهای احتمالی [۱۷]

ابعاد کیفی نشتی	کوچک	متوسط	بزرگ	گسستگی کامل
قطر نشتی (میلی‌متر)	۳ تا ۱۰	۱۰ تا ۵۰	۵۰ تا ۱۵۰	-

جدول ۲: شرایط آب و هوایی در نظر گرفته‌شده

طبقه آب و هوایی	پایداری جوی	سرعت باد (متر بر ثانیه)	دما (سانتی‌گراد)	رطوبت (درصد)	تشعشع خورشید (کیلووات بر متر مربع)
۲/F	F	۲	۱۲	۴۷	۰
۵/D	D	۵	۴۱	۳۶	۱
۲۱/D	D	۲۰	۴۱	۳۶	۱

یافته‌ها

پس از پیاده‌سازی روش مطالعه عملیات و خطر، مخازن ۶۵۰ این پالایشگاه که به‌صورت چهار مخزن کاملاً مشابه A، B، C و D هستند و ویژگی‌های آن‌ها قبلاً ذکر شده است به‌عنوان کانون خطر اصلی و زمینه استخراج سناریوی محتمل معرفی گردیدند؛ زیرا سایر تجهیزات پالایشگاه در صورت بروز نشتی از آن‌ها، حجم‌های بسیار کمتری از میعانات گازی را نسبت به این مخازن منتشر می‌سازند. در سناریوی در نظر گرفته‌شده برای این مخزن، آب و هوای ۲/F که پایداری جوی بالاتری دارد، پیامدهای بیشتری را نسبت به سایر شرایط آب و هوایی داشت. نتایج حاصل از مدل‌سازی به شرح زیر می‌باشند.

هنگامی که نشتی ۲ اینچ در این مخزن ایجاد شود، مواد درون مخزن به‌صورت مایع و با دبی بالای ۱۵ کیلوگرم بر ثانیه از مخزن خارج می‌شود که این امر می‌تواند پیامدهای آتش و انفجار زیر را در بر داشته باشد.

آتش فورانی از احتراق مواد قابل‌اشتعالی که در حال خروج از یک منبع هستند، به وجود می‌آید. در سناریوی در نظر گرفته‌شده نیز چنانچه منبع جرقه‌ای در نزدیکی محل نشتی وجود داشته باشد، جت آتش پایداری شکل می‌گیرد. پیامدهای ناشی از آتش فورانی براساس میزان تشعشع ایجادشده از آن ارزیابی می‌گردد. براساس مدل‌سازی انجام‌شده در شکل ۱، تشعشع ۳۷/۵ کیلووات بر متر مربع که موجب مرگ فرد در معرض می‌شود، تا فاصله ۶۵ متری از مخزن وجود خواهد داشت. همچنین تشعشع ۱۲/۵ کیلووات بر متر مربع که آستانه آسیب به تجهیزات فرایندی است، تا فاصله ۸۰ متری و تشعشع ۴ کیلووات بر متر مربع که موجب درد می‌شود؛ اما انسان در آن شرایط توانایی فرار دارد نیز تا فاصله ۱۰۵ متری حس خواهند شد.

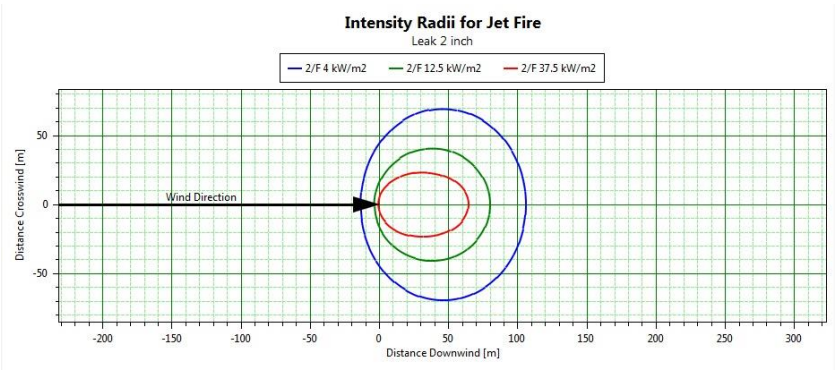
هنگامی که مایع قابل‌اشتعال حوضچه‌ای را در اطراف مخزن ایجاد کند، حادثه محتمل ایجاد آتش استخری است؛ زیرا رسیدن

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-11]

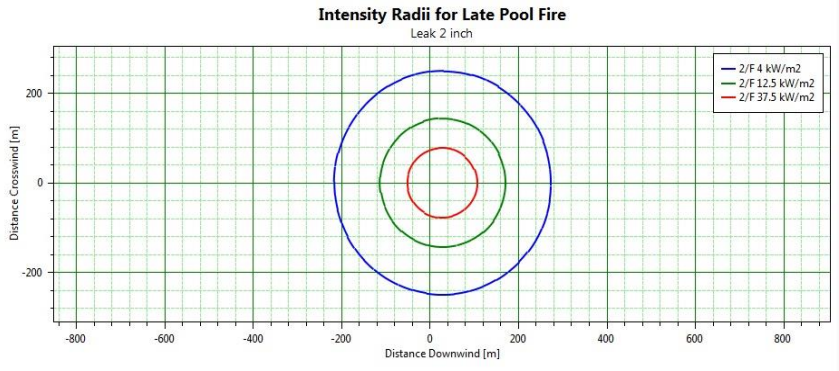
[DOI: 10.52547/johe.6.2.1]

بخارات به یک منبع جرقه باعث ایجاد استخری از آتش می‌شود [۱۸]. طبق سناریوی در نظر گرفته‌شده برای این مخزن و نتایج مدل‌سازی، پس از گذشت ۱۰ دقیقه از آغاز نشتی حدود ۲۲۰۰ کیلوگرم از میعانات نشت‌شده تبخیر گشته و در فضا پخش می‌شود. میزان تبخیر پس از ۳۰ دقیقه معادل ۱۱۶۰۰ کیلوگرم بوده و پس از یک ساعت به ۲۷۰۰ کیلوگرم می‌رسد. ذکر این نکته ضرورت دارد که پیامدهای ناشی از آتش استخری براساس میزان تشعشع ایجادشده از آن ارزیابی می‌گردد. براساس نتایج حاصل از مدل‌سازی آتش استخری در شکل ۲، تشعشع ۳۷/۵ کیلووات بر متر مربع که موجب مرگ فرد در معرض می‌گردد، تا فاصله ۱۰۵ متری از مخزن وجود خواهد داشت. همچنین تشعشع ۱۲/۵ کیلووات بر متر مربع که آستانه آسیب به تجهیزات فرایندی می‌باشد، تا فاصله ۱۷۰ متری و تشعشع ۴ کیلووات بر متر مربع که موجب درد می شود، تا فاصله ۲۷۵ متری وجود خواهند داشت.

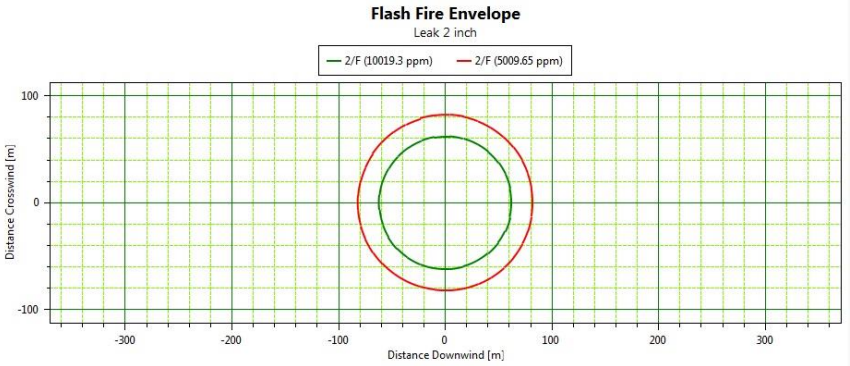
اگر قسمتی از ابر بخار تشکیل‌شده از ماده قابل‌اشتعال در هوای آزاد با هوا مخلوط شود، در محیط با تراکم کم با رسیدن ابر بخار به منبع جرقه، اگر محیط متراکم نباشد و گاز به‌صورت یکنواخت پخش شده باشد، آتش سطح گسترده‌ای را دربرمی‌گیرد. پیامدهای اصلی آتش ناگهانی مربوط به تشعشات حرارتی و تماس مستقیم با شعله است. فاصله مد نظر در آتش ناگهانی، حد پایین اشتعال‌پذیری (LFL: Lower Flammability Limit) می‌باشد که در حقیقت، حداکثر فاصله‌ای است که غلظتی از گاز که مخلوط آن با هوا از توانایی ایجاد آتش برخوردار می‌باشد، هنوز وجود دارد [۱۸]. میزان LFL در مدل‌سازی انجام‌شده مطابق با شکل ۳ برای مخزن ۶۵۰، معادل ۶۰ متر است که دایره سبز رنگ



شکل ۱: نتایج سناریوی آتش فورانی



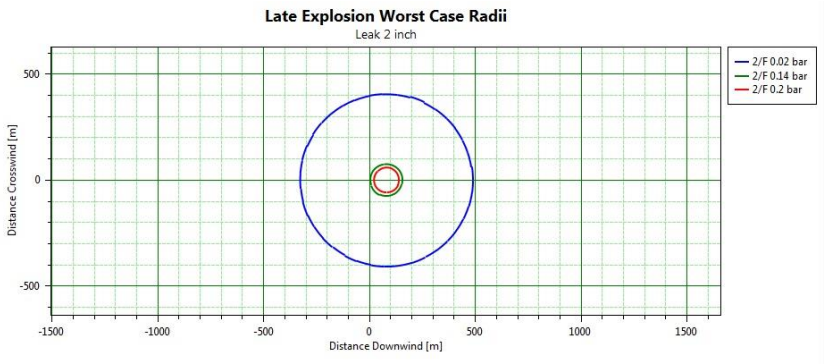
شکل ۲: نتایج سناریوی آتش استخری



شکل ۳: نتایج سناریوی آتش ناگهانی

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.1]



شکل ۴: نتایج سناریوی انفجار ابر بخار

آن را نشان می‌دهد. دایره قرمز رنگ نیز نشان‌دهنده غلظتی معادل نصف LFL می‌باشد. دلیل اهمیت این غلظت آن است که در صورت وقوع آتش ناگهانی، انتظار می‌رود که در این فاصله نیز افراد تحت تأثیر آتش قرار بگیرند.

هنگامی که مقدار کافی از ابر بخارات قابل‌اشتعال با منبع احتراقی با انرژی کافی مواجه شود، آتش گرفته و در صورت بسته‌بودن یا متراکم‌بودن فضا، آتش‌گیری همراه با تولید افزایش فشار خواهد بود که به آن انفجار ابر بخار گفته می‌شود [۱۸]. در سناریوی تعیین‌شده و طبق نتایج مدل‌سازی که در شکل ۴ ارائه شده است، افزایش فشار ۰/۲ بار که توانایی تخریب اسکلت ساختمان‌ها را دارد تا فاصله ۱۴۰ متری، افزایش فشار ۰/۱۴ بار که می‌تواند قسمت‌هایی از یک ساختمان را تخریب کند تا فاصله ۱۷۰ متری و افزایش فشار ۰/۰۲ بار که موجب شکسته‌شدن شیشه‌ها می‌شود تا فاصله ۴۹۰ متری حس خواهد گردید.

با توجه به اینکه در نواحی پرخطر ساختمان‌ها وجود دارند، در صورت شرایط اضطراری، نقاط امن از نقطه ایمن ۱ تا ۸ در نقاط مختلف پالایشگاه می‌باشد که عبارت هستند از: نقطه M1 (Helipad)، نقطه M2 (Clinc)، نقطه M3 (Admin)، نقطه M4 (SS6)، نقطه M5 (Unit 400)، نقطه M6 (HSE: Health and Safety Executive)، نقطه M7 (Slug 1-2) و نقطه M8 (Unit 129). مطابق با گلباد (Wind Rose) منطقه عملیاتی پالایشگاه، باد غالب، باد شمال غربی (WNW: West North West) است و در روزهایی که وزش باد داریم، سرعت باد به ۱۱ متر بر ثانیه نیز می‌رسد. در شرایط اضطراری که نشتی مواد و احتمال آتش وجود دارد، می‌بایست مسیری عمود بر جهت باد را انتخاب نمود و به سمت نقطه امن رفت. براساس گلباد، مسیرهای دسترسی به نقطه امن نباید در سمت جنوب غربی مخازن واقع شده باشند؛ زیرا مسیرهای دسترسی نباید در جایی قرار گرفته باشند که مسیر عبور مواد پخش‌شده و آتش‌ها به آن سمت است. علاوه بر نیاز به تغییر برخی از مسیرها، فاصله نقاط امن M1 و M3 تا مخازن نیز می‌بایست اصلاح گردند؛ زیرا در صورت بروز حوادث با گستره متوسط، دامنه تشعشعات آتش تا فاصله ۲۷۵ متری و برای انفجار ابر بخار تا فاصله ۴۹۰ متری تحت تأثیر افزایش فشار قرار خواهد گرفت.

بحث

۱۵ تا ۳۰ درصد از هزینه‌های صنایع نفت و گاز به بخش ایمنی و پیشگیری از آلودگی هوا مربوط می‌شود [۱۹]. مدل‌سازی‌ها با استفاده از نرم‌افزارها و استفاده از شرایط آزمایشگاه، کمک شایانی به آگاهی از حوادث و خسارات احتمالی ناشی از انفجار یا نشتی مواد می‌کنند [۱].

در این مطالعه به‌منظور مدل‌سازی پیامد از نرم‌افزار PHAST استفاده شد. این نرم‌افزار یکی از پرکاربردترین و قابل‌اعتمادترین نرم‌افزارها در جهت مدل‌سازی نشت مواد است [۲۰]. میثمی و همکاران [۲۰]، Ruiz-Sanchez و همکاران [۲۱] و Witlox و همکاران [۲۲] این نرم‌افزار را به‌عنوان ابزاری مفید و قابل‌اعتماد در جهت مدل‌سازی و مطالعه پیامدهای انتشار مواد قابل‌اشتعال و سمی معرفی کرده‌اند.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان دادند که بیشترین پیامد مربوط به انفجار ابر بخار و پس از آن آتش استخری بوده است که این مهم با یافته‌های پژوهش گرجی‌پور و همکاران [۲۳] و موحد و همکاران [۱۸] همخوانی دارد. با درنظرگرفتن گلباد منطقه و جهت غالب باد که شمال غربی است، گراف‌های حاصل از مدل‌سازی پیامد این چهار حادثه روی نقشه واحدی پیاده شدند تا بتوان از آن‌ها برای کمک به تدوین واکنش در شرایط اضطراری استفاده کرد. با تعیین ابعاد آتش و انفجار و همچنین افراد و تجهیزات در معرض خطر، مهم‌ترین تغییرات مورد نیاز مطابق با مدل‌سازی مربوط به مسیرهای دسترسی و نقاط ایمنی هستند که بر مبنای آن برخی از مسیرها از جمله مسیر جنوب غربی مخزن باید تغییر کند. از سوی دیگر، در این پژوهش حداقل فاصله ایمن براساس سناریوی انفجار ابر بخار معادل ۴۹۰ متر به‌دست آمد که بر مبنای آن، فاصله دو نقطه ایمن M1 و M2 که کمتر از ۴۹۰ متر از مخازن ذخیره است می‌بایست اصلاح گردد. علاوه بر نقاط ایمن، مرکز کنترل پالایشگاه نیز در محدوده این فواصل قرار دارد که به دلیل نداشتن صرفه اقتصادی، تغییر محل این مرکز پیشنهادی منطقی به نظر نمی رسد؛ از این رو توصیه ما مقاوم‌سازی دیواره‌های مرکز کنترل می‌باشد؛ به‌صورتی

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-11]
[DOI: 10.52547/johe.6.2.1]

که دیواره‌ها به‌طور مناسب در مقابل شعله آتش و امواج انفجار مقاوم گردند. هزینه دیگر توصیه‌های ما به شرکت که شامل تغییر مسیرهای دسترسی و دو نقطه ایمن می‌باشد، نسبت به منفعت و کمکی که در بروز شرایط اضطراری می‌توانند داشته باشند، بسیار اندک است.

باید خاطرنشان ساخت که این مطالعه می‌تواند در پالایشگاه مورد بررسی ادامه پیدا کند. بدین‌صورت که نتایج به‌دست‌آمده، پایه‌ای برای نوشتن یک برنامه جامع در مورد واکنش در شرایط اضطراری (شامل: مدیریت واکنش در شرایط اضطراری، اطلاعات کریدور و جغرافیای محل، شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک، طرح‌ها و برنامه‌های پیشگیرانه، عملیات واکنش، عملیات پساواکنش، پاک‌سازی، برنامه‌های رسیدگی به آسیب‌دیدگان و رفع نقص) باشد. از سوی دیگر، به‌عنوان یک پژوهش می‌توان شرایطی را که آتش یک مخزن به‌صورت حادثه‌ای دومینو به سایر مخازن می‌رسد را مطالعه نمود و عواقب آن را از طریق مدل‌سازی پیامد بررسی کرد.

نتیجه‌گیری

پس از مدل‌سازی نشتی متوسط از مخازن میعانات گازی در یک پالایشگاه در سه شرایط آب و هوایی مورد نظر مشخص شد که حوادث فرایندی آتش استخری، آتش ناگهانی، آتش فورانی و انفجار ابر بخار بر اثر نشتی ایجادشده به واسطه خوردگی و سستی اتصال‌ها و تجهیزات، احتمال وقوع دارند. گراف‌های حاصل از مدل‌سازی پیامد که براساس گلباد منطقه روی نقشه واحد پیاده شدند، نشان دادند که تغییرات مهمی در مسیرهای دسترسی و فاصله دو نقطه ایمن باید ایجاد شود تا در زمان وقوع حادثه بتوان جان کارکنان را حفظ کرد. مرکز کنترل نیز به دلیل قرارگرفتن در شعاع حوادث احتمالی می‌بایست در برابر آتش و انفجار، مقاوم‌سازی شود. در تدوین واکنش در شرایط اضطراری، ما نیاز داشتیم ابعاد آتش برای عملیات اطفا، احتمال تحت تأثیر قرارگرفتن افراد و تجهیزات توسط آتش و انفجار، مسیر ایمن عبور خودروهای آتش‌نشانی و امدادی و فاصله مناسب نقاط ایمن را بدانیم. در این راستا، مدل‌سازی پیامد با تعیین نوع حادثه، شدت وقوع و مناطق تحت تأثیر احتمالی، پایه‌ای برای تدوین موارد یادشده براساس یافته‌های معتبر علمی و تجربی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان از تمامی کارکنان پالایشگاه گاز شرکت‌کننده در پژوهش تقدیر و تشکر می‌نمایند.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی در میان نویسندگان مقاله گزارش نشده است.

REFERENCES

1. Kamaei M, Alizadeh SS, Keshvari A, Kheyrkhah Z, Moshashaei P. Risk assessment and consequence modeling of BLEVE explosion wave phenomenon of LPG spherical tank in a refinery. *Health Saf Work*. 2016;**6**(2):10-24. [Persian]
2. Lees F. Lees' loss preventionin the process industries: hazard identification, assessment and control. London: Butterworth-Heinemann; 2012.
3. Shaluf IM, Abdullah SA. Floating roof storage tank boilover. *J Loss Prev Proc Indust*. 2011;**24**(1):1-7. DOI: 10.1016/j.jlp.2010.06.007
4. Craddock H. Safety hand in hand with quality. *Qual World*. 1997;**23**(7):558-600.
5. Beglarzadeh A, Shekarian E, Shokouhi Y. Check theimmediate release of kerosene tank farm maintenanceusing PHAST software. First international conference of oil, gas, petrochemical and power generation, Tehran, Iran; 2012. P. 45-53.
6. Zhiyong L, Xiangmin P, Jianxin M. Quantitative risk assessment on a gaseous hydrogen refueling station in Shanghai. *Int J Hydrogen Energy*. 2010;**35**(13):6822-9. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2010.04.031
7. Gerboni R, Salvador E. Hydrogentransportation systems: elements of risk analysis. *Energy*. 2009;**34**(12):2223-9. DOI: 10.1016/j.energy.2008.12.018
8. Jafari M, Zarei E, Dormohammadi A. Presentation of a method for consequence modeling and quantitative risk assessment of fire and explosion in process industry (Case study :Hydrogen Production Process). *Health Saf Work*. 2013;**3**(1):55-68. [Persian]
9. Hanna S, Britter R, Leung J, Hansen O, Sykes I, Drivas P. Source emissions and transport and dispersion models for toxic industrial chemicals (tics) released in cities. Eighth Symposium on the Urban Environment, Room, Italy; 2009.
10. Evans M. Modeling hydrochloric acid evaporation in ALOHA. Washington DC: Atmospheric Administration; 1993.
11. ALOHA software. United States Environmental Protection Agency. Available at: URL: http://www.epa. gov/ceppo/cameo/pubs/aloha.pdf; 1999.
12. Fullwood R. Probabilistic safety assessment in the chemical and nuclear industries. New York: Elsevier; 1999.
13. Pandya N, Marsden E, Floquet P, Gabas N. Sensitivity analysis of a model for atmospheric dispersion of toxic gases. *Comp Aid Chem Eng*. 2008;**25**:1143-8. DOI: 10.1016/S1570-7946(08)80197-6
14. Kamaei M, Keshvari A, Moshashaei P. Investigating and modeling of the effects of condensate storage tank fire in a refinery. *J Occup Hyg Eng*. 2015;**2**(3):29-37. [Persian]
15. Shrivastava P, Mitroff II, Miller D, Miclani A. Understanding industrial crises. *J Manag Stud*. 1988;**25**(4):285-303. DOI: 10.1111/j.1467-6486.1988.tb00038.x
16. Cumber PS. Efficient calculation of the radiation heat flux surrounding a jet fire. *Fire Saf J*. 2009;**44**(4):580-9. DOI: 10.1016/j.firesaf.2008.12.001
17. Yousefi M, Rashtchian D. Investigation of ammonia storage consequence modeling in kermanshah petrochemical complex. *Iran Chem Eng J*. 2011;**10**(55):48-54.
18. Movahed A, Norouzi B, Ebrahimpur S. Study of dikeeffect as a passive protection layer on reduction of process accident consequences. Seventh National Conference of Safety Engineering and HSE Management, Sharif University, Tehran, Iran; 2017. P. 61-9.
19. Jafari M, Zarei M, Movahhedi M. The credit of fire and explosionindex for risk assessment of iso-max unit in an oil refinery. *Int J Occup Hyg*. 2012;**4**(1):10-6.
20. Meysami H, Ebadi T, Zohdirad H, Minepur M. Worst-case identification of gas dispersion for gas detector mapping using dispersion modeling. *J Loss Prev Proc Indust*. 2013;**26**(6):1407-14. DOI: 10.1016/j.jlp.2013.08.019
21. Ruiz-Sanchez T, Nelson PF, François JL, Cruz-Gomez MJ, Mendoza A. Application of the accident consequence analysis in the emergency system design of an SI cycle hydrogen production plant. *Int J Hydrogen Energy*.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.1]

2012;**37**(8):6965-75. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2012.01.116
22. Witlox HW, Harper M, Oke A. Modelling of discharge and atmospheric dispersion for carbon dioxide releases. *J Loss Prev Proc Indust.* 2009;**22**(6):795-802. DOI: 10.1016/j.jlp.2009.08.007
23. Gorjipour S, Anavaripour B. Consequences assessment of the incident of NGL storage tank in liquid gas refinery using the PHAST software. The Second Conference of Process Engeeniring, Tehran, Iran; 2015. P. 83-90.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.1]