علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هشت، آبان ماه ۹۹

شناسایی خطرات و شبیه سازی پیامد حوادث احتمالی ناحیه مخازن و فلر پالایشگاه گاز ایلام به روش ETBA و نرم افزار PHAST

سیدروح اله شریفی [۱]

فاطمه رضویان [۲*]

Razavian.env@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۳ **تاریخ پذیرش: ۹۸/۱/۲۸**

چکیده

زمینه و هدف: هدف اصلی این پژوهش شناسایی خطرات بالقوه و شبیه سازی پیامدهای حوادث احتمالی ناحیه مخازن و فلر پالایشگاه گاز ایلام به روش ETBA و PHAST می باشد.

روش بررسی: در این تحقیق که در سال ۱۳۹۷ انجام پذیرفته، با روش ETBA [۳] خطرات ناحیه مخازن و فلر پالایشگاه بررسی و ۷۰ ریسک شناسایی شده که ۸ ریسک در محدوده غیر قابل قبول واقع شده است. پیامد ریسک های شناسایی شده برای سناریو های منتخب شامل تشعشع ناشی از آتش، فشار ناشی از انفجار و ریزش مواد سمی بررسی و با نرم افزار PHAST [۴] حوادث احتمالی برای ۴ سناریوی رهایش ناگهانی گاز مخازن کروی، نشت میعانات گازی از مخازن استوانه ای، نشت LPG [۵] از بازوی بارگیری و خاموش شدن فلر مدل سازی گردید.

یافته ها: نتایج نشان داد که در سناریوی اول خطرات ناشی از آتش سوزی و انفجار مخازن کروی سطح وسیعی از پالایشگاه را تحت تاثیر قرار می دهد. در سناریوی دوم در زمان نشت میعانات گازی دیوار پیرامونی مخازن استوانه ای از اهمیت خاصی برخوردار است. در سناریوی سوم جانمایی محل بارگیری مناسب نیست. در سناریوی چهارم، ارتفاع مشعل ها مناسب بوده و در رهایش گاز های سمی و قابل اشتعال پیامد شدیدی برای تاسیسات و افراد پیرامونی نخواهد داشت.

بحث و نتیجه گیری: بازنگری سیستم های اطفای حریق، پایش مداوم صاعقه گیر ها و برگزاری مانورهای آتش نشانی از پیشنهادهای این مطالعه می باشد.

واژه های کلیدی: ETBA ، PHAST ، شبیه سازی پیامد، ارزیابی ریسک، پالایشگاه گاز ایلام.

۱- دانش آموخته کارشناس ارشد مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

3- Energy Trace and Barrier Analysis

4- process hazard analysis software tool

5- Liquefied petroleum gas

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.8, October, 2020

Hazard Identification and Consequences Analysis of Possible Accidents in the Tank Farm & Flare of the ILAM Gas Refinery by ETBA and PHAST Soft wear

S. Rohollah Sharifi[1]
Fatemeh Razavian[2*]
Razavian.env@gmail.com

Admission Date:April 17, 2019 Date Received: October 25, 2018

Abstract

Background and Objective: The ILAM Gas Refinery, which produces natural gas, ethane, C3+, C5+, and Sulphur, is situated in the west of Iran and in the Central Zagros Range, and thus, examining the consequences of possible industrial accidents considering the probable effects on personnel, equipment, installations, and the environment is of great importance.

Method: In this study, the risks related to the storage tanks and flare were identified and prioritized. Then, the consequences of the identified risks for the selected scenarios comprising radiation due to fire, the pressure due to an explosion, and leakage of toxic material were modeled using the Process Hazard Analysis Software Tool (PHAST) for possible accidents.

In this study, the ETBA method identified 70 risks, among which seven of them were in the unacceptable range, in which four risks were associated to the spherical storage tanks, loading (two risks), and the cylindrical storage tank and the flare were each assigned one risk. The risk associated with the heat energy of the spherical and cylindrical storage tanks and the flare were significant. Subsequently, the consequences of four scenarios including the sudden release of gas from the spherical storage tank, leakage of gas condensate from the cylindrical tanks, leakage of Liquid Petroleum Gas (LPG) from the loading arm, and flare-off were selected for simulation.

Discussion and Conclusion: In the first scenario, the radiation resulting from fire and the shockwave of the spherical storage tank explosions affected a wide area of the refinery. In the second scenario, leakage of condensate gas from the adjacent wall to the cylindrical storage tanks is of certain significance. In the third scenario, the location of the loading platform is unsuitable. In the fourth scenario, the height of the flares is suitable and the release of toxic and flammable gases does not pose a significant consequence for the installations and people in connection. Reviewing the fire extinguisher systems, constant assessment of the lightning arrestors, and conducting firefighting drills are among the recommendations of this study.

Key Words: ETBA, PHAST, Outcome Simulation, Risk Assessment, ILAM Gas Refinery.

1- M.Sc., Health, Safety and Environment Management, Islamic Azad University, West Tehran Branch, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Environment, Islamic Azad University, West Tehran Branch, Tehran, Iran
*(Corresponding Authors)

مقدمه

ریسک به همه پارامترهای بالقوه ای گفته می شود که می توانند تهدیدی برای ایمنی فرایند، سیستم یا پروژه باشند. اولین مرحله از مراحل ارزیابی ریسک شناسایی خطرات و حوادث محتمل موجود در فرآیند است. علی رغم کلیه تمهیدات به کار گرفته شده جهت پیشگیری از بروز حادثه در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی، ریسک حوادث گوناگون نظیر حریق، انفجار و نشت گاز همیشه وجود خواهد داشت. نتایج شناسایی خطر، سناریوهای به دست آمده از آن، نتایج مدل سازی و ارزیابی ریسک و بررسی تاثیر متغیرهای آب و هوایی نقش مهمی در مدیریت ریسک خواهد داشت. مدیریت ریسک امروزه نه‌تنها در صنایع شیمیایی و نفت بلکه در بسیاری از فرآیندهای سازمان‌یافته بشری چون فعالیت‌های اقتصادی یا پروژه‌ای عظیم عمرانی هم کاربرد دارد (۱). مروری گذرا بر حوادث رخ‌داده در سالیان اخیر زنگ خطر را بیش از هر زمان برای صنعتگران و محققان این زمینه به صدا درآورده است (۲). بنابراین صنعت ایران نیازمند بهره‌مند شدن از سیستم‌هایی برای پیشگیری از رخداد بحران و آمادگی در برابر بحران‌های محتمل است (۳). امروزه استفاده از روش‌های ارزیابی ریسک در صنایع مختلف رو به گسترش است که این روش‌ها معمولاً برای شناسایی، کنترل و کاهش پیامدهای خطرات به کار می‌رود (۴).

از آنجا که دلیل و علت اصلی اکثر حوادث و خسارات وارد شده به سیستم ها، آزاد شدن ناخواسته انرژی می باشد و شناسایی علل حوادث برای جلوگیری از تکرار آنها بسیار ضروری است و از طرف دیگر چون بعضی از روشها ی تجزیه وتحلیل خطر درکشور ما خیلی محدود استفاده شده است، در روش ETBA ضمن شناسایی نقاط خطر، نحوه تبدیل آن ها به حوادث نیز مشخص می گردد. به همین جهت می توان ادعا نمود ETBA در واقع بررسی حوادث آینده می باشد. این روش معمولا در رابطه با تجزیه تحلیل ایمنی سیستم مورد استفاده قرار می-گیرد. نتایج حاصل از ETBA در برآورد مقادیر ریسک و شناسایی و ارزیابی گزینه های خاص به منظور حذف یا کنترل خطرات بسیار موثر است. علی حجت نژاد و همکاران در سال ۱۳۸۷ پیشنهاد می کنند از روش ETBA برای بررسی ایمنی سیستم از دیدگاه کلان و جامع استفاده شود و توصیه می کنند قبل از بررسی ایمنی سیستم های پیچیده و عملکردی از این روش به عنوان بررسی اولیه و یا در کنار سایر روش های پیچیده جزء نگر استفاده گردد (۵).

در مطالعه ای با عنوان ارزیابی ایمنی تولید به روش ردیابی انرژی و آنالیز حفاظ ها در یک شرکت گلوکز سازی، بیان می شود که با توجه به وضعیت صنعت مورد مطالعه توجه و استفاده از روش های مدیریتی کاهش ریسک، به ویژه برقراری سیستم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، تشکیل تیم بررسی حادثه و ثبت گزارش و آنالیز علمی حوادث و شبه حوادث توسط آن نقش مهمی در کاهش ریسک کلی سیستم خواهد داشت و هم چنین به کار گیری روش های بررسی نقش فاکتورهای انسانی در این صنعت ضروری و مفید خواهد بود (۶). همچنین پژوهشی که تحت عنوان چگونگی اجرای تکنیک ETBA در صنایع، مطالعه موردی اجرای این روش در واحد آیزوماکس پالایشگاه تهران به انجام رسید، پیشنهاد می کند که استفاده از این روش می تواند به خصوص در صنایع شیمیایی در شناسایی خطرات و کاهش حوادث بسیار مفید و مؤثر باشد (۷).

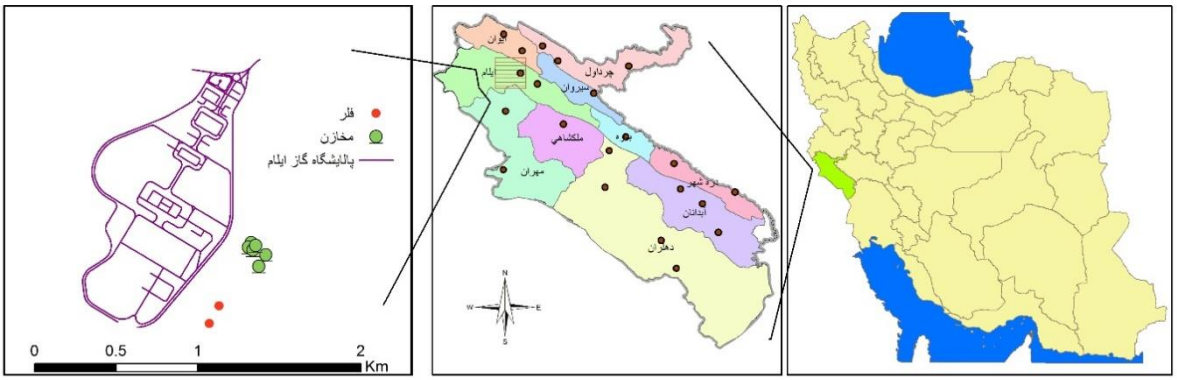
نرم افزار PHAST به عنوان یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری شرکتها و دولتها در امر مخاطرات صنعتی و ایمنی عمومی شناخته شده است. نرم‌افزار PHAST به صورت گسترده‌ای مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. علاوه بر آن، نتایج حاصل از مطالعه جداگانه مدل جامع پیامد UDM[1] که توسط DNV ارایه شده است، بیانگر آن است که هم تئوری و هم توانایی این مدل در پیش‌بینی حوادث بسیار کارا است. شبیه سازی حادثه در این نرم افزار، مدل سازی از اولین لحظه رهایش (مدل نشتی) تا مدل سازی حوادث آتش سوزی و انفجار ناشی از این پخش شدگی را شامل می شود (۸).

1- Unified Dispersion Model

پژوهش دیگری مدل سازی و ارزیابی پیامد رهایش گاز آمونیاک در پتروشیمی شیراز را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسید که به دلیل احتمال مرگ و میر ناشی از نشت بخار آمونیاک در فواصل حدود ۷۰ کیلومتری از پتروشیمی شیراز، بهتر است که تا حد امکان ساخت و ساز شهرک های مسکونی انجام نگیرد(۹). در ابتدا با استفاده از تکنیک شناسایی خطر HAZID[1] اقدام به شناسایی اولیه مخاطرات شده، سپس به منظور ارزیابی ریسک انتشار و انفجار با استفاده از نرم افزار PHAST، مدل سازی تاثیرات سمی و رهایش سولفید هیدروژن و همچنین فشار حرارتی ناشی از آتش سوزی و موج تخریبی حاصل از انفجار انجام پذیرفته است. در نهایت طرح واکنش در شرایط اضطراری با توجه به سطوح مختلف حوادث در محدوده مطالعاتی تدوین شده و به ارایه پیشنهادهایی به جهت کاهش خسارت ناشی از حوادث محتمل پرداخته شده(۱۰). پرویز آقارضی درمنی و همکاران در سال ۱۳۹۵ در مطالعه ای بررسی حوادث رایج صنعتی برروی مخازن تری اتیلن گلایکول سکوی سلمان با استفاده از نرم افزار PHAST انجام داده‌اند که در این مطالعه مشاهده شد درصورت وقوع نشتی در این مخازن، پیامدهای بسیار شدید و غیر قابل تحملی برای سکو ایجاد می‌شود(۱۱). محمد قجری و همکاران در سال ۱۳۹۵ در پالایشگاه گاز بید بلند با استفاده از نرم افزارPHAST جانمایی مخزن کلر نسبت به ساختمان مرکزی را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که جانمایی حال حاضر این مخزن نسبت به ساختمان مرکزی مناسب نمی باشد و باید تمهیداتی برای کاهش ریسک نگه داری این مخزن در مکان فعلی در نظر گرفته شود(۱۲). حمید رضا شاکری و همکاران در سال ۹۱ بر اساس نتایج مدل سازی PHAST به این نتیجه رسیدند که هر چه ارتفاع نقطه رهایش از سطح زمین بیشتر باشد، خسارات و تلفات کمتری به انسان ها و تجهیزات وارد می شود(۱۳).

پالایشگاه گاز ایلام به منظور تأمین گاز مصرفی استان ایلام و استان‌های غربی کشور و هم چنین تأمین خوراک پتروشیمی ایلام و تقویت فشار گاز غرب کشور در ۲۵ کیلومتری شهر ایلام احداث گردیده است. کار احداث و عملیات از خرداد ۱۳۸۰ آغاز و در پاییز سال ۱۳۸۶ مراحل راه اندازی اولیه آن صورت پذیرفت. واحد مخازن در پالایشگاه عهده دار ذخیره سازی تولیدات پالایشگاه می باشد. واحد یاد شده شامل دو مخزن استوانه ای جهت نگهداری C+5 درفشار اتمسفریک هر کدام با ظرفیت ۳۰۰۰۰ متر مکعب وچهار مخزن کروی جهت نگهداری C+3 هرکدام با ظرفیت ۱۰۰۰ متر مکعب می باشد. واحد مشعل سوزان شا مل دو سیستم فشار بالا و پایین می با شد. خوراک هر کدام از این دو سیستم توسط یک مسیر جریان اصلی (Header) از واحد های عملیاتی جمع آوری شده و وارد ظرف جدا سازی هیدرو کربنهای غیرگازی از گاز می‌شوند. این ظروف هیدروکربن های مایع شکل را از گاز جدا می کنند و گاز به سمت مشعل سوزان هدایت می شود. مشعل سوزان نیز از طریق سوزاندن این گازها در قسمت فوقانی خود از تخلیه مستقیم انها به اتمسفر جلوگیری می‌کند.

1- hazard identification



شکل ۱- موقعیت پالایشگاه گاز ایلام در کشور و استان

Figure 1. Location of Ilam gas refinery in the country and province

در این تحقیق علمی از تکنیک شناسایی خطر بسیار کارآمد ETBA برای شناسایی خطرات ناحیه مخازن و فلر پالایشگاه گاز ایلام استفاده شده است و خطرات ناحیه مخـازن و فلـر شناسایی شده و بعد از ارزیابی ریسک ها و شناسایی مخاطره آمیزترین و محتمل ترین آن ها، با انجام شبیه‌سازی نرم‌افزاری و به دست آوردن ارزیابی‌های پیامدهای موجود، می‌توان تدابیر بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE[1]) را به نحو کامل‌تری پیاده سازی نمود. بدین ترتیب می‌توان از بروز شرایط بحرانـی جلوگیری نمود و مدیریت بحران را به بهترین شکل انجام داد. شبیه‌سازی نرم‌افزاری ارزیابی کمی ریسک و مدل‌سازی پیامد مخاطرات سمیت، احتراق و انفجار در هر یک از محـل هـای سناریو یکی از مهم‌ترین اقدامات مـدیریت HSE بـه‌حسـاب می‌آید. هدف از تحقیق حاضر، شناسایی خطرات بالقوه و شبیه سازی پیامدهای حوادث احتمالی ناحیه مخازن و فلر پالایشگاه گاز ایلام به روش ETBA و PHAST و ارائه تصـویری از نحوه انتشار، انفجار و آتش سوزی سطح تحت پوشش قبل از بروز حادثه احتمالی از طریق مدل سازی با استفاده از نرم افزار PHASTمی باشد. عواملی همچـون شـرایط آب و هـوایی، پایداری اتمسفری، ارتفاع انتشار مواد، ناهمواری های زمین و اندازه حرکت مواد رها و نحوه پخش آن در نتایج تحقیق موثر است. در این راستا نسبت به بررسی انواع مدل های انتشـار ناگهانی، انفجار و سپس انتخاب مدل مناسب با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، بکارگیری پارامتر های ورودی مدل، اجرای مدل و تعیین نحوه انتشار و تجزیه و تحلیل نتایج مدل اقدام می شود.

روش بررسی

این تحقیق در سال ۱۳۹۷ در پالایشگاه گاز ایـلام بـه انجـام رسیده است. در این پژوهش، پـس از شناسـایی نقـص هـا و تجهیزات و ردیابی انرژی های مهم با روش ETBA، ارزیابی ریسک مربوطه به خطرات و نقص های شناسایی شده با روش کمی و با استفاده از طبقه بندی کیفی انجام گرفته است. در ارزیابی ریسک نقص موانع شناسایی شـده بـا روش ETBA اطلاعات و داده های مورد نیاز در زمینه احتمال وقوع نقص ها، شدت پیامد های ناشی از بروز نقص ها و احتمال ردیابی آن ها از طریق بررسی پرونده هـای تعمیراتـی تجهیـزات و سـوابق تعمیراتی در واحد تعمیرات موجود، انبـار و بهـره بـرداری و مصاحبه حضوری با مهندسین و اپراتورهای با تجربه واحد های مختلف مخازن پالایشگاه استخراج می شود. ریسک تابعی از دو متغیر مستقل احتمال وقوع و شدت پیامد می باشد. در جدول (۱) کمیت اختصاص یافته برای احتمال وقوع و شدت پیامد تعیین شده است و حدود قابل قبول کمتر از ۵ ، قابل تحمل بین ۶ تا ۱۲و غیر قابل قبول مساوی و بیشـتر از ۱۵ جهـت ارزیابی و اولویت بندی ریسک ها مشخص شده است.

1- Health, Safety, Environment

جدول ۱- احتمال وقوع و شدت حوادث ایمنی، بهداشت و زیست محیطی(نگارنده)

Table 1. The probability of occurrence and severity of safety, health and environmental (writer)

کمیت	شدت اثرحادثه(S)	احتمال وقوع، میزان مواجهه با عوامل زیان آور محیط کار(L)
۱	عوامل زیان آور یا مخاطره آمیز شدت اثری بر سلامتی کارکنان ندارد، آسیبی به افراد نمی رسد ، خسارت بسیارکم است، توقف تولید کمتر از ۳ ساعت می باشد، آلودگی بر محیط زیست ندارد.	به ندرت ممکن است اتفاق افتد. (بالای ۲۵ سال)، میزان مواجهه قابل چشم پوشی است. (بسیار نادر)
۲	عوامل زیان آور و یا مخاطره منجر به منفک شدن پرسنل از کار به مدت کمتراز ۴۸ ساعت گردد، منجر به جراحت سطحی می شود، خسارت کم است، توقف تولید مساوی و بزرگتر از 3 ساعت و کمتر از ۱۲ ساعت می باشد، آلودگی ناچیز بر محیط زیست دارد.	احتمال وقوع بسیار کم است (حداقل یک بار در ۲۵ سال)، میزان مواجهه با عامل زیان آور تکرار ناپذیر است (یکبار در ماه تا سالی یکبار)
۳	عوامل زیان آور و یا مخاطره منجر به جراحات شدید کارکنان یا منفک شدن کارکنان از کار بیش از ۴۸ ساعت (تا سه ما ه) منجر به جراحت جدی قابل برگشت می شود، خسارت متوسط است، توقف تولید مساوی و بزرگتر از ۱۲ ساعت و کمتر از ۲۴ ساعت می باشد، آلودگی جزئی بر محیط زیست دارد.	وقوع آن محتمل است. (حداقل یک بار در۱۰ سال)، میزان مواجهه با عامل زیان آورگهگاهی (هفته ای یکبار تا ماهی یکبار) رخ میدهد.
۴	عوامل زیان آور و یا مخاطره منجر به جراحات بسیار شدید و یا نقص عضوکارکنان، منفک شدن کارکنان از کار بیش از سه ماه، منجر به جراحت جدی غیر قابل برگشت می شود. خسارت زیاد است، توقف تولید مساوی و بزرگتر از ۲۴ ساعت و کمتر از ۳ روز می باشد. آلودگی شدید بر محیط زیست دارد.	احتمال وقوع آن بسیار زیاد است. (حداقل یک بار در سال)، میزان مواجهه باعامل زیان آور بصورت مکرر (تقریباً روزی یکبار) اتفاق می افتد.
۵	عوامل زیان آور و یا مخاطره منجر به فوق یا از کارافتادگی دائم کارکنان گردد، منجر به مرگ می شود، خسارت خیلی زیاداست، توقف تولید مساوی و بزرگتر از ۳ روز می باشد . آلودگی های بسیار شدید بر محیط زیست دارد.	در اغلب موارد اتفاق می افتد. (حد اقل یک بار در ماه) / میزان مواجهه با عامل زیان آور بطور مستمر و یا در روز های متمادی میباشد.

پیش‌بینی اثرات و عواقب حوادث نامطلوب در یک واحد فرآیندی به‌وسیله مدل‌های ریاضی، مدل‌سازی پیامد نامیده می‌شود. با استفاده از روش‌های مدل‌سازی ریاضی، اثرات حوادث به‌صورت آسیب به سرمایه، تجهیزات، اثرات سوء بر سلامت انسان‌ها و محیط‌زیست ارزیابی می‌گردد. نتایج حاصل از مدل‌سازی پیامد به همراه نتایج حاصل از ارزیابی کمی مخاطرات در ارزیابی ریسک واحدهای فرآیندی مورداستفاده قرار می‌گیرند. نرم افزار پیامد انفجار و تشعشع آتش را بر اساس جداول ۲ و۳ نشان می‌دهد.

جدول ۲- تاثیرات موج فشار بر تجهیزات و ساختمان ها

Table 2. Impact of wave pressure on equipment and buildings

پیامد مخرب	موج فشاری ایجاد شده	
	Barg	Psig
خسارت شدید به سازه‌های اصلی و سنگین	۰/۳۴۴۷	۵
تجهیزات اصلی آسیب غیرقابل جبران می‌بینند	۰/۲۰۶۸	۳
پارگی پرده گوش و خسارت به سازه‌های سبک	۰/۱۷۲۴	۲/۵
ایجاد خسارات قابل جبران، فرو ریختن سازه‌های سبک	۰/۱۳۷۹	۲
احتمال شکستن پنجره‌ها و آسیب در اثر برخورد پرتابه‌ها	۰/۰۶۸۹	۱
ده درصد شیشه‌ها شکسته می‌شوند	۰/۰۴۸۲	۰/۷
آسیب جزئی به ساختمان‌ها	۰/۰۲۰۶	۰/۳

جدول ۳- تأثیرات سطوح مختلف تابش حرارتی

Table 3. Effects of Different Levels of Thermal Radiation

پیامد	شدت تابش حرارتی (kW/m2)
خسارت به واحدها و تجهیزات فرآیندی، ایجاد مرگ آنی برای افراد در معرض آن	۳۷/۵
آسیب جدی به افراد در معرض، در صورت نرسیدن تیم نجات موجب مرگ می‌شود	۲۰
حداقل انرژی لازم برای ایجاد جرقه در پایلوت‌های چوبی و ذوب شدن مواد پلاستیکی	۱۲/۵
ایجاد درد در افرادی که حداقل ۲۰ ثانیه در معرض آن می‌باشند، سوختگی درجه اول	۴

یافته ها

شناسایی خطر و ارزیابی ریسک به روش ETBA یک مطالعه فنی و دقیق است که از دیدگاه استقرایی (جزء به کل) بهره می برد. این روش طیف وسیعی از مخاطرات را در بر گرفته و در صنایع یکی از پایه ای ترین و کاربردی ترین روش های شناسایی مخاطرات در فاز بهره برداری می باشد. پس از اجرای این مطالعه مجموعاً تعداد ۷۰ مورد ریسک توسط تکنیک ETBA شناسایی گردید که از این تعداد ۸ مورد ریسک های غیر قابل قبول می باشند که در (جدول ۴) آمده است.

جدول ۴- مخاطرات شناسایی شده در روش ارزیابی ETBA برای مخازن کروی

Table 4. Risks Identified in the ETBA Evaluation Method for Spherical Tanks

ردیف	نام تجهیز	توصیف انرژی	سطح ریسک
۱	مخازن کروی	حریق خارجی /انفجار بخار مایع در حال جوش (BLEVE)	۱۵
۲	مخازن کروی	افزایش فشار ذخیره شده درون تجهیز/انفجار مخزن	۱۵
۳	مخازن کروی	مواد قابل انفجار /اشتعال	۱۵
۴	مخازن کروی	جانمایی نامناسب تجهیزات (فاصله خیلی کم با محل بارگیری) / در صورت بروز اشتعال و انفجار در تجهیزات جانبی	۱۵
۵	مخازن استوانه ای	External Fire	۱۵

۶	بارگیری	کار در ارتفاع (بالای سکوی بارگیری) / سقوط نفرات	۱۶
۷	بارگیری	External Fire	۱۵
۸	فلر	مواد قابل انفجار / اشتعال	۱۵

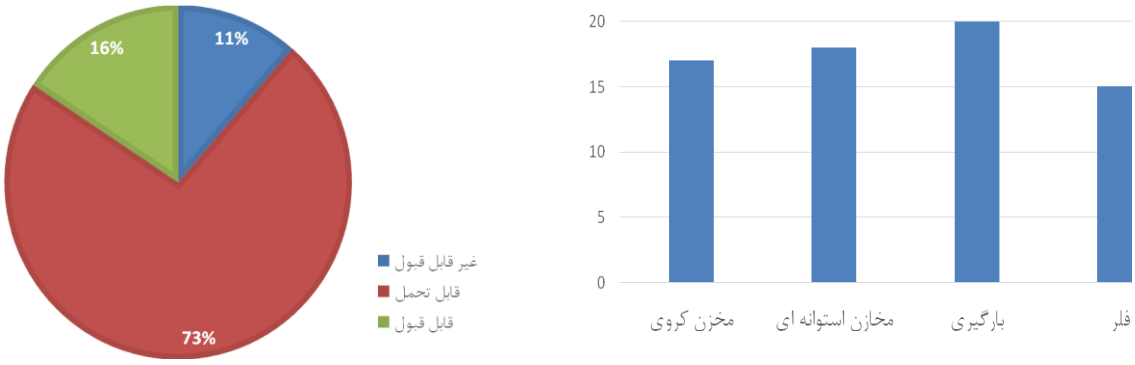
ریسک مربوط به انرژی ۵-۲ (انرژی گرمایی) در مخزن کروی می تواند جزو اصلی ترین خطرات این سیستم باشد. منشأ این ریسک حریق خارجی می باشد که به دلایل گوناگون از جمله تعمیرات، خرابکاری، آتش سوزی در مخازن پیرامون، آتش سوزی در محوطه بارگیری و... می‌تواند حادث شود. این ریسک می تواند منجر به BLEVE در این مخازن گردد که پیامدهای جبران ناپذیری در پی خواهد داشت. با توجه به اهمیت این موضوع می بایست به منظور جلوگیری از ایجاد هر نوع حریقی در مجاورت این مخازن تمهیدات اساسی اعمال گردد. و ریسک مربوط به انرژی ۱۳-۱ (جانمایی نامناسب تجهیزات) در محوطه اطراف مخازن کروی، با توجه به اهمیت بالای مخازن کروی و همچنین پتانسیل خطر بسیار بالای این مخازن، ایجاد هر نوع حادثه در این مخازن می تواند صدمات جبران ناپذیری بر تجهیزات مجاور و همچنین افرادی که در ساختمان های مجاور حضور دارند وارد سازد. از دیگر سو ایجاد حادثه درتجهیزات مجاور نیز می تواند منجر به حوادث احتمالی در این مخازن گردد. بنابراین بازنگری در جانمایی تجهیزات می تواند در کاهش پیامدهای حوادث احتمالی بسیار مؤثر باشد.

ریسک مربوط به انرژی ۷-۱ (انفجار یا پارگی بر اثر فشار بیش از حد) در مخزن کروی، ایجاد فشار به دلایل مختلفی از جمله بالا رفتن دمای سیال داخل مخزن می تواند ایجاد گردد. این افزایش فشار با توجه به ماهیت LPG و انبساط حجمی زیاد آن می تواند موجب باز شدن اتصالات و نشت مواد، یا حتی انفجار مخزن گردد که پیامدهای ناگواری را به دنبال خواهد داشت. ریسک مربوط به انرژی ۸-۴ (مواد قابل انفجار / اشتعال) در مخزن کروی، LPG به خودی خود یک ماده با ریسک بالا محسوب می گردد که قابلیت انفجار و اشتعال بالایی داشته و در صورت مهیا بودن شرایط می تواند پیامدهای جبران ناپذیری به همراه داشته باشد.

ریسک مربوط به انرژی ۵-۲ (انرژی گرمایی) در مخزن سقف شناور، ایجاد حریق در این مخازن با توجه به استراتژیک بودن آنها می تواند جزو اصلی ترین خطرات واحد مخازن باشد. لذا با توجه به اهمیت بسیار بالای این مخازن می بایست تمهیدات ویژه ای در جهت بالا بردن فاکتورهای ایمنی آنها صورت پذیرد

ریسک مربوط به انرژی ۵-۲ (انرژی گرمایی) در محل بارگیری جزو اصلی ترین خطرات شناسایی شده می باشد. و ریسک مربوط به انرژی ۲-۱ کار در ارتفاع هم در هنگام بارگیری و با توجه به سوابق حوادث رخ داده در این صنعت می تواند در محل بارگیری حادثه ساز باشد.

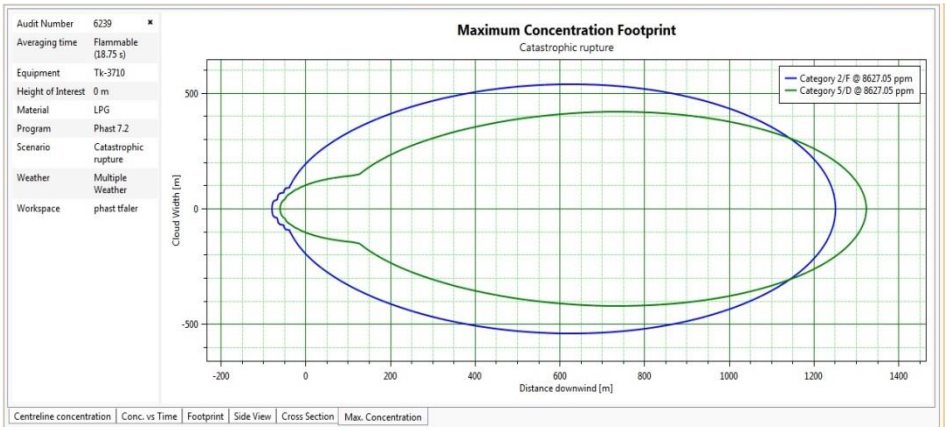
ریسک مربوط به انرژی ۸-۴ (مواد قابل انفجار / اشتعال) در فلر، در زمان خاموش شدن طولانی آن در شرایط خاص جوی می تواند حادثه ساز باشد (کدها مربوط به نرم افزار می باشد).



شکل ۲- نمودار میله ای فراوانی ریسک های شناسایی شده در روش ETBA برای هر واحد و نمودار درصد ریسک های شناسایی شده در روش ETBA برای کل ناحیه

Figure 2. The frequency chart of the risks identified in the ETBA method for each unit and the percentage of risks identified in the ETBA method for the total area

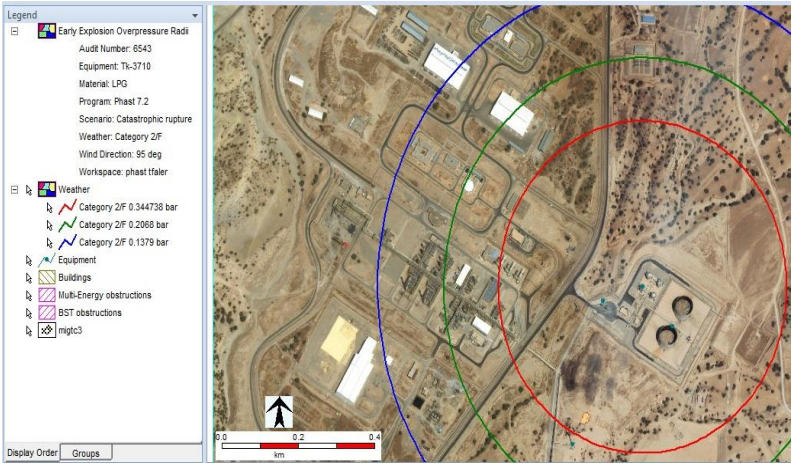
در نمودار درصد ریسک های شناسایی شده در روش ETBA برای کل ناحیه مخازن و فلر ۷۳درصد از ریسک ها در ناحیه قابل تحمل قرار گرفته است که نشان می دهد این ناحیه پتانسیل خطر بالایی داشته و بهره بردار باید توجه ویژه ای در خصوص رعایت اصول ایمنی داشته باشد(شکل ۲). بر اساس ارزیابی ریسک و تجارب کارشناسان پالایشگاه، چهار سناریو: ۱) خروج ناگهانی گاز LPG از مخازن کروی ۲) نشت میعانات گازی از محل لوله ورودی مخازن استوانه ای ۳) نشت گازی از یکی از تانکرهای در حال بارگیری ۴) خاموشی فلر انتخاب گردید. نتایج شبیه سازی پیامد در سناریو اول: مخزن کروی حاوی LPG دچار سانحه می شود، در صورتی که قسمت بالای مخزن کروی در اثر حادثه جدا شود ابر گاز در حالت 5D در ۱۶۰ ثانیه اول به فاصله ۱۳۰۰ متری از مخزن می رسد و پهنه ای با شعاع ۴۰۰ متری را پوشش می دهد؛ این در حالی است که در این زمان انتهای ابر گازی در حالت 2F به فاصله ۱۰۰ متری رسیده و شعاع آن ۵۰۰ متر می باشد. در ۲۱۸ ثانیه بعد از حادثه ابر گازی در حالت 5D کاملاً محو شده ولی در حالت 2F با شعاع بیشتر از ۵۰۰ متر در حال انتقال به فاصله ۱۳۰۰ متری می باشد و در ۴۸۵ ثانیه این ابر گازی محو می شود. با توجه به گسترش و ماندگاری ابر گازی ناشی از حالت 2F ابر گازی بررسی می‌گردد (شکل ۳).



شکل ۳- نحوه خروج گاز از TK-3710 مخزن کروی و تشکیل ابر گازی در دو حالت جوی 2F و 5D

Figure 3. Gas out of the TK-3710 spherical reservoir and the formation of a super gas in two atmospheric conditions of 2F and 5D

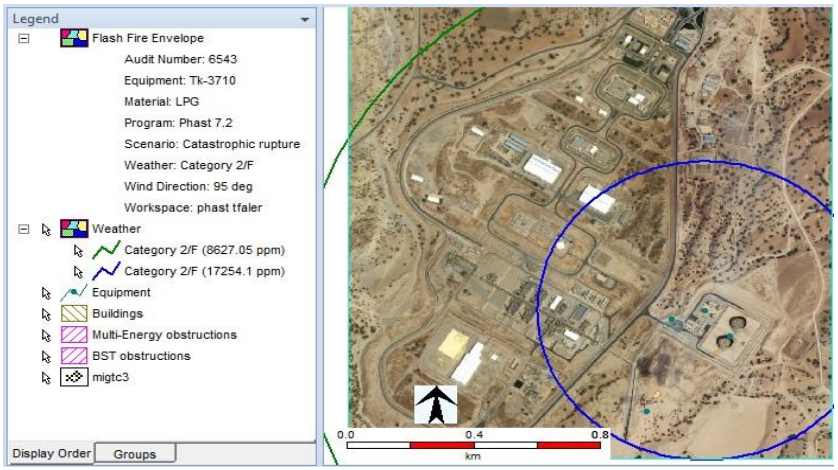
موج ناشی از انفجار ابر گازی 2F در سه سطح فشار بررسی و مشخص گردید که تا فاصله ۳۷۲ متری فشاری معادل 5PSI یا 0.344bar تحت تاثیر انفجار قرار می گیرد و خسارت شدید به تجهیزات و تاسیسات وارد می گردد که مخازن کروی دیگر، مخازن استوانه ای، تجهیزات ناحیه مخازن و بارگیری، ساختمان آتش نشانی، نیروگاه و مخازن K.O.drum های فلر، مخزن آب آتش نشانی در این ناحیه قرار می گیرند. در سطح دوم فشار که معادل 3psi یا ۰,۲۰۶ bar می باشد، تا شعاع ۵۱۳ متری تجهیزات اصلی نیز مانند واحدهای آب و بخار، کمپرسورهای گاز خروجی، قسمتی از کارگاه مرکزی، و قسمتی از پست 63kw برق دچار آسیب می گردند. در سطح سوم فشار مورد بررسی که معادل 2psi یا 0.137bar می باشد تا حدود ۶۸۴ متری به درمانگاه، ساختمانهای آزمایشگاه و مهندسی، ساختماهای چک پوینت و واحدهای شیرین سازی گاز و بازیافت گوگرد و تصفیه خانه صنعتی در این ناحیه قرار می گیرند (شکل ۴).



شکل ۴- موج ناشی از انفجار مخزن کروی

Figure 4. wave caused by explosion of spherical reservoir

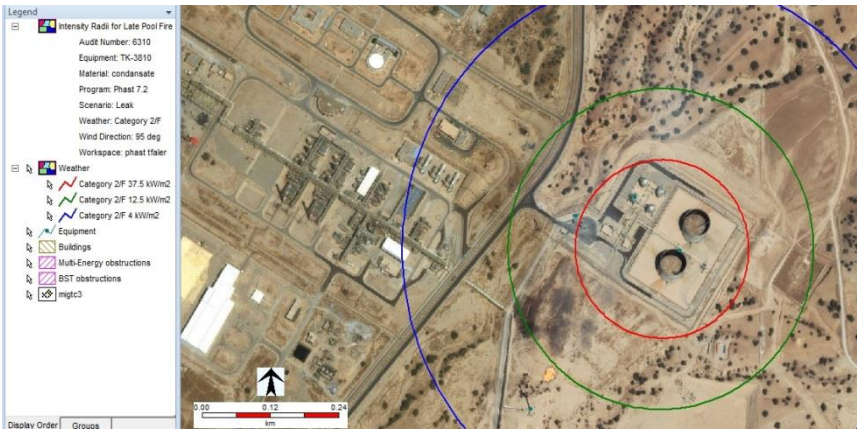
در شکل (۵)، سطح ۱۰۰ درصدی LFL و ۵۰درصد LFL برای آتش ناگهانی توسط نرم افزار ترسیم گردیده است و مشخص گردید تا فاصله ۵۲۱ متری از مخازن کروی که شامل ساختمانهای آتش نشانی، اتاق کنترل مرکزی، نیروگاه و واحد آب و بخار ناحیه فرآیندی و قسمتی از ساختمان کارگاه مرکزی و پست برق 63kw در این ناحیه قرار می گیرند. در صورت وجود جرقه تمام افرادی که در این ناحیه قرار دارند دچار سوختگی و مرگ می شوند.



شکل ۵- سطح تحت تاثیر آتش ناگهانی

Figure 5. surface under the influence of flash fire

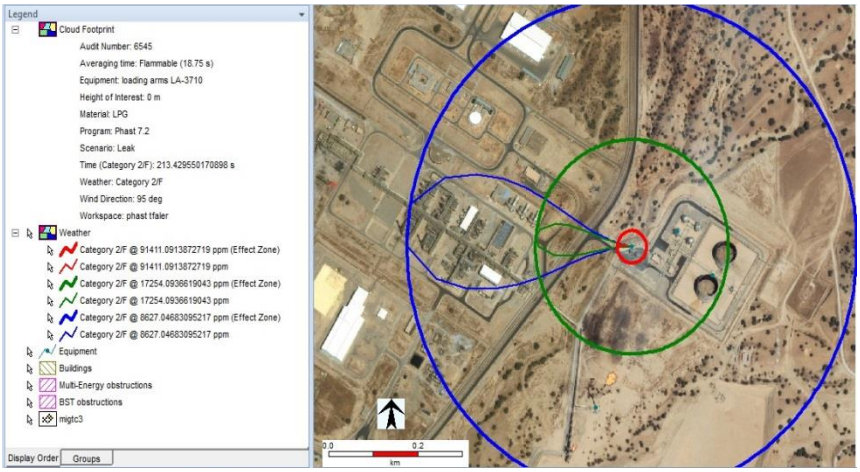
نتایج شبیه سازی پیامد در سناریو دوم: در سناریو شکستن لوله ورودی به مخازن ذخیره میعانات گازی، اگر میعانات گازی در محوطه محصور اطراف مخازن استوانه ای با تاخیر دچار حریق گردد. تشعشع ناشی از آتش استخری در این سناریو نشان می دهد که تا فاصله ۱۸۰ متری تشعشع بالاتر از 37.5 kw/m2 را خواهیم داشت. افرادی که در معرض این حرارت قرار گیرند دچار مرگ می شوند. تجهیزات آسیب جدی خواهند دید و در صورت مهار نشدن آتش احتمال انفجار مخازن کروی وجـود خواهد داشت (شکل ۶).



شکل ۶- تشعشع ناشی از آتش استخری

Figure 6. Radiation from the pool fire

نتایج شبیه سازی پیامد در سناریو سوم: سناریو بعدی نشت گاز از محل بارگیری بود که ابر گاز حداکثر برای حالـت 2F تـا فاصله ۵۰۶ متری در زمان ۷۸ ثانیه از محل بارگیری رشد می-کند و ابر گازی برای حالت 5D تا فاصله ۳۶۵ متری گسترش می یابد و با توجه به وجود گاز در منبع، ماندگاری ابر گازی زیاد بود و تا زمان تخلیه گاز یا قطع جریان گاز از منبع می‌تواند ادامه یابد (شکل ۷).

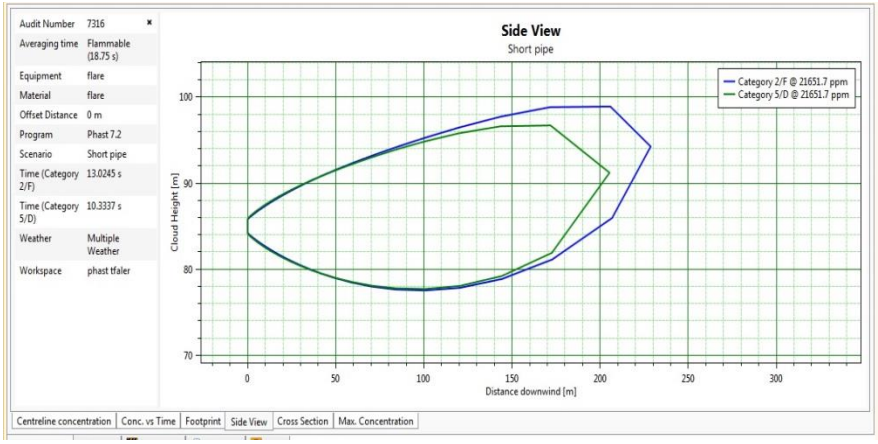


شکل ۷- نقشه محدوده تحت تاثیر ابر گازی در محل بارگیری

Figure 7. Range map affected by gas cloud at the loading area

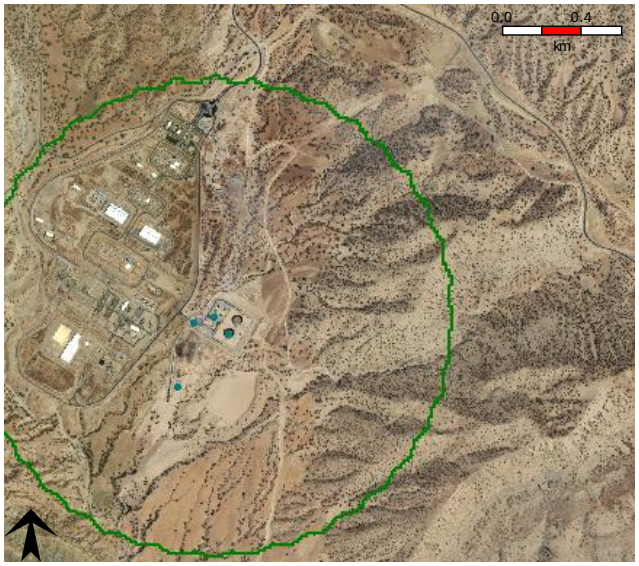
نتایج شبیه سازی پیامد در سناریو چهارم: برای سناریو خاموش شدن فلر با توجه به ارتفاع فلر که در فاصله ۸۵ متری از سطح زمین قرار دارد، گاز خروجی با سرعت از دهانه فلر (تیپ فلر) خارج شده و در ارتفاع موثر بر اثر سرعت باد تغییر جهت می-دهد که نتایج مدل سازی نشان می‌دهد که فاصله ابر گازی از محل دهانه فلر در حالت 2F به میزان ۲۲۸ متر و در حالـت

5D به میزان ۲۰۵ متر در ارتفاعی بیشتر از ۷۷ متری از سطح زمین ابر گازی تشکیل می شود (شکل ۸). همچنین شکل(۹) سطح تحت تاثیر آتش ناگهانی برای هر چهار سناریو را نشان می‌دهد.



شکل ۸- نمای جانبی انتشار ابر گازی خروجی فلر

Figure 8. side view cloud flare gas output



شکل ۹- سطح تحت تاثیر آتش ناگهانی برای هر چهار سناریو

Figure 9. shows the influence of sudden fire for all four scenarios

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج ارزیابی، چهار سناریو برای مخازن کروی، استوانه ای، محل بارگیری و فلر انتخاب گردید. برای مخازن کروی بدترین حالت، تخلیه ناگهانی مخزن بوده که نتایج آن برای تشعشع ناشی از آتش کروی و فشار ناشی از انفجار منطقه وسیعی را تحت تاثیر قرار می دهد و مخازن کروی همجوار، دو مخزن استوانه ای و محل بارگیری در ناحیه پر خطر این مخزن قرار داشته و می بایست تمهیدات لازم جهت جلوگیری از حادثه های احتمالی پیش بینی و اجرا گردد. در سناریو دوم که نشت میعانات گازی از لوله های ورودی یا خروجی مخزن استوانه‌ای، مدل سازی گردیده است، مشخص شد که آتش استخری بدترین و محتمل ترین پیامد این حادثه می باشد. سیستم های اطفاء حریق و پایش مداوم وضعیت مخزن می-تواند از بروز چنین حوادثی جلوگیری نماید و سناریو سوم نشت LPG از محل بارگیری مدل سازی شد که نتایج نشان می دهد محل استقرار بازوهای بارگیری نامناسب بوده و به علت توپوگرافی منطقه و نبود مکانی مناسب به صورت موقت این

محل طراحی و با دریافت خوراک پالایشگاه توسط پتروشیمی ایلام از طریق خط لوله این مشکل حل خواهد شد. در سناریو چهارم که خاموشی فلر و نشت گازهای سمی و قابل اشتعال مدل سازی شده است نتایج نشان می دهد کـه ارتفـاع فلـر مناسب بوده و شانس تشکیل ابر گازی که خطرات بهداشتی یا ایمنی (گاز سمی و گاز قابل اشتعال یا انفجار در سطح زمین) داشته باشد، بسیار پایین است. آتش ناگهانی ناشی از تمـامی سناریو ها سطح کل پالایشگاه و اراضی زراعی و جنگلی پیرامون را تحت تاثیر قرار داده و در صورت وجـود شـعله مـی توانـد مخاطره آمیزترین پیامد برای کلیه سناریو ها باشد که در شکل ۱۰ منطقه تحت تاثیر آن مشخص شده است.

Reference

1. Abdulhamid Zadeh, Bahman. Badri, Nasser, 2010, Quantitative and qualitative risk assessment in process industries, Andishehsra publishing house, First edition.(In Persian)
2. Beyrodian, Nader, 2006, Safety principles in unexpected events, Mashhad University Press, First edition.(In Persian)
3. Hosseini, Maziar, 2006, Principles and Principles of Crisis Management with Strategic and Mental Views, Tehran Crisis Management and Prevention Organization Publication, First Edition.(In Persian)
4. Alhiyari, Timor, 2005, Risk Analysis and Risk Assessment in Chemical Processes, Fanvaran Publishing, Andisheh Pahjoh, First Edition.(In Persian)
5. Nejadali Hojjat, Mortazavi, Seyed Bagher, Khayan Ali, 2008, Safety assessment of liquid spherical reservoir using FMEA and ETBA methods, Journal of Kermanshah University of Medical Sciences, Vol. 12.(In Persian)
6. Poya M, Arghami Sh, Asiliyan H, Mortazavi B. 1986. Safety Evaluation of Glucose Production Unit by Energy Detection and Protective Analysis in a Glucose Company, Iranian Journal of Health Intervention, Volume 3.(In Persian)
7. Gholam Abbas Shirali, Javad Adl, 2006, How to implement the ETBA technique in the case studies of the implementation of this method at the isomax unit of the Tehran Refinery, Iranian Journal of Health, Vol. 3, No. 1.(In Persian)
8. Meysemi Hossein, Ebadi Taghi, Mainour Mohammad, Azazipour Ali, Zahdi Rad Hossein, 2013, Accident Event Simulation Using the PHAST Software and Based on the WORSTCASE principle, Process Engineering Conference in Oil, Gas, Petrochemical and Energy Industries.(In Persian)
9. Setarehshenas N, Alavinejad S, Shahraki, F, 2011, Modeling and evaluation of the ammonia gas release in the Shiraz Petrochemical Complex, 4th Specialized Conference on Environmental Engineering.(In Persian)
10. Bazyari M, Givehchi S, Risk Analysis of Oil Production Facilities Using PHAST Software to Develop Emergency Response Program, 2018, Fourth International Conference on Environmental Planning and Management.(In Persian)
11. Aghrazi Dermani P, Amani H, Haji Mohammadi R, Modeling and Evaluation of the Leakage Consequences of the Salman Tree

Ethylene Glycol Reservoir Using the PHAST Software, 1395, Third International Conference on Oil, Gas, Refining and Petrochemicals.(In Persian)

12. Qajari M, Shishehsaz M, Fakhraei, S, Study of chlorine reservoir layout in Bidelband gas refinery to central building using PHAST software, 2017, International Conference on Modern Research in Engineering Sciences.(In Persian)
13. Shakeri, H, Noroddini, A, Shahrakie, F, Effect of Material Loss on Residues on Process Incidents, 2013, 6th Specialized Conference on Environmental Engineering. (In Persian)