



شبیه سازی حادثه فرآیندی نشت نفتا با استفاده از نرم افزار PHAST

بردیا میرهادی¹، علی کرمانی²، ملیحه راجی^{3*}، هدیه عسکریان تبریزی⁴

¹Department of Chemical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University,
Tehran, Iran bardiamirhadi@gmail.com

²Department of Chemical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University,
Tehran, Iran alikermani42@gmail.com

^{3,*}Department of Chemical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University,
Tehran, Iran maliheh.raji@gmail.com

⁴Department of Chemical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University,
Tehran, Iran hed.askarian@gmail.com

خلاصه

این پژوهش به تحلیل خطرات نشت نفتا در پالایشگاه‌ها با استفاده از نرم‌افزار PHAST می‌پردازد. در این مطالعه، ابعاد ابر گازی ناشی از نشت، میزان تابش حرارتی، و احتمال آتش‌سوزی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در فاصله ۲۰ تا ۶۰ متری از محل نشت، ابر گازی با عرض ۲۱۸ متر تشکیل می‌شود. همچنین، شدت تابش حرارتی در فاصله ۵۰ متری از محل نشت به ۲۵۰ کیلووات بر متر مربع می‌رسد که می‌تواند باعث سوختگی‌های شدید شود. در بدترین سناریو، انفجار می‌تواند در شعاع ۶۰۰ متری تأثیرگذار باشد. علاوه بر این، احتمال تشکیل آتش ناگهانی (Flash Fire) با غلظت ۵۲۰۳/۵۲ ppm بسیار بالا است. در فاصله ۱۰۰ متری از نشت، شدت تابش حرارتی به ۱۰ کیلووات بر متر مربع کاهش می‌یابد، اما همچنان خطرناک است. یافته‌های این پژوهش اهمیت نظارت مستمر، طراحی بهینه سیستم‌های ایمنی، و اجرای مانورهای اضطراری برای کاهش خطرات ناشی از نشت نفتا را تأکید می‌کند.

کلمات کلیدی: نرم افزار PHAST، نفتا، انفجار، ارزیابی ریسک، ایمنی صنعتی

1. مقدمه

ریسک به پارامترهایی گفته می‌شود که می‌توانند تهدیدی برای ایمنی فرایند، سیستم یا پروژه باشند. اولین مرحله از مراحل ارزیابی ریسک شناسایی خطرات و حوادث موجود در فرآیند است. علی‌رغم 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 [1]. در جهت کاهش حوادث در یک صنعت انجام ارزیابی ریسک، بررسی حوادث و تعیین پیامدهای حوادث و احتمال آن‌ها می‌تواند اثرگذار باشد، همچنین مدل‌سازی و تعیین میزان آسیب‌پذیری و مشخص کردن محدوده‌های ایمن در اثر هریک از پیامدهای حوادث می‌تواند در جهت کاهش خسارات ناشی از حوادث اثرگذار [2].

مخازن یکی از مهمترین قسمت ها در صنایع فرآیندی بوده که در آن نفت، محصولات پتروشیمی و طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی ذخیره می‌شوند. ایجاد کوچکترین حادثه‌ای در این مخازن ممکن است باعث تحمیل هزینه های گزاف و همچنین وقفه های طولانی مدت در تولید صنایع مرتبط گردد[2].

در مطالعه ای که توسط محمد کاظم رضانی خوشنانه و همکاران در سال 2021 انجام شده است با هدف بررسی ارزیابی ریسک رهايش مواد قابل اشتعال مخزن گاز نفتی مایع شونده (LPG) با استفاده از روش Bowtie تعیین پهنه آسیب پذیری با استفاده از نرم افزار PHAST نشان داده شد که نشتی از مخزن و اتصالات، سرریز شدن و نشتی از PRV از جمله نقص های پر اهمیت در مخازن LPG می باشد. بدلیل احتمال بالای پیامدها و همچنین جلوگیری از افزایش شدت و ابعاد حوادث، نیاز به تعبیه سیستم هایی مانند سیستم خنک سازی، سیستم Fire Stop می باشد[2]. در مطالعه ای که توسط بهرام هراتی و همکاران در سال 2018 انجام شده است با هدف مدل سازی و ارزیابی پیامدهای ایمنی حاصل از نشت پروپیلن اکساید در یک صنعت پتروشیمی نشان داده شده است که بسیاری از حوادث ناشی از نشتی و انفجار مخازن به دلیل خوردگی و پوسیدگی اتصال ها و تجهیزات می باشد که می توان با انجام بازرسی های فنی و بازدیدهای مستمر از روی دادن بسیاری از حوادث جلوگیری نمود[1]. در مطالعه ای که توسط Li و همکارانش در سال 2010 با هدف بررسی ارزیابی ریسک کمی در یک ایستگاه سوخت گیری گاز هیدروژن در شانگهای انجام گرفت، نشان داده شد که تنظیم محفظه کمپرسور نقش قابل توجهی در تغییر فاصله ایمن دارد[3]. در مطالعه ای که توسط Gerboni و همکارانش با هدف بررسی تجزیه و تحلیل سیستم های حمل و نقل هیدروژن انجام شد، مشخص گردید که شعاع های آتش ناگهانی ناشی از نشتی لوله های هیدروژن 13 متر است[4]. در مطالعه ای که توسط سیدروح اله شریفی و همکاران در سال 2018 انجام شده است با هدف شناسایی خطرات و شبیه سازی پیامد حوادث احتمالی ناحیه مخازن و فلر پالایشگاه گاز ایلام به روش ETBA و نرم افزار PHAST نشان داده شد که سیستم های اطفای حریق نیاز به بازنگری دارند، پایش مداوم صاعقه گیر ها و برگزاری مانورهای آتش نشانی باید در دستور کار قرار بگیرند[5]. پرویز آقارضا درمنی و همکاران در سال 2016 در مطالعه ای بررسی حوادث رایج صنعتی بر روی مخازن تری اتیلن گلاکول سکوی سلمان با استفاده از نرم افزار PHAST انجام داده اند که در این مطالعه مشاهده شد در صورت وقوع نشتی در این مخازن، پیامدهای بسیار شدید و غیر قابل تحملی برای سکو ایجاد می شود[6]. محمد قجری و همکاران در سال 2016 در پالایشگاه گوواز بید بلند با استفاده از نرم افزار PHAST 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[7]. حمید رضا شاکری و همکاران در سال 2012 بر اساس نتایج مدل سازی PHAST به این نتیجه رسیدند که هر چه ارتفاع نقطه رهايش از سطح زمین بیشتر باشد، خسارات و تلفات کمتری به انسان هوا و تجهیزات وارد می شود[8].

نرم افزار PHAST به عنوان یکی از ابزارهای تصمیم گیری شرکت ها و دولت ها در امر مخاطرات صنعتی و ایمنی عمومی شناخته شده است. نرم افزار PHAST به صورت گسترده‌ای مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است[5].

مینی پالایشگاه شهرستان بیرجند در زمینه ی تولید هیدروکربن های سبک (نفتا) و سنگین فعالیت دارد و در شهرستان بیرجند مرکز استان خراسان جنوبی به بهره برداری رسیده است. خوراک ورودی مجموعه، میعانات گازی است که از منطقه پارس جنوبی (عسلویه) تامین می شود. برج های تقطیر این مینی پالایشگاه قادر به تولید دو برش از میعانات گازی خوراک ورودی می باشند؛ این محصولات شامل نفتای سبک (برش اول) و گازوئیل (برش دو) می باشد. پس از عملیات تخلیه ی تانکرهای حامل خوراک ورودی، این مواد در مخازن ذخیره ی موجود در پالایشگاه انبار می شود. پس از اجرای فرایند تولید، محصولات تولید شده در مخازن مربوطه ذخیره و سپس در تریلی های تانکر دار، بارگیری و حمل می شوند. محصولات تولیدی مینی پالایشگاه مذکور عمدتاً برای مصرف، به کشورهای افغانستان و پاکستان صادر می شوند. در این پژوهش از این نرم افزار جهت مدلسازی فرایند نشت گاز نفتا در بخش ذخیره سازی واحد تولید میعانات گازی استفاده شده و اثر غلظت های مختلف،



انواع آتش‌ها شدت تابش و سطح تابش، ارتفاع و عرض ابر تشکیل شده و تخمین شعاع انفجار با سناریو نشتی با حفره‌ای به اندازه 100 میلی‌متر بررسی می‌گردد.

2. روش کار

در مطالعه حاضر جهت بررسی و مدل‌سازی نحوه انتشار نفتا سبک آبادان از مخزن در مینی پالایشگاه بیرجند، ابتدا به معرفی اطلاعات واحد فرآیندی واحد پرداخته سپس به مدل‌سازی حادثه و ارزیابی نشت نفتا سبک آبادان با استفاده از نرم افزار PHAST ورژن 8.22 می‌پردازیم.

3. اطلاعات فرآیندی

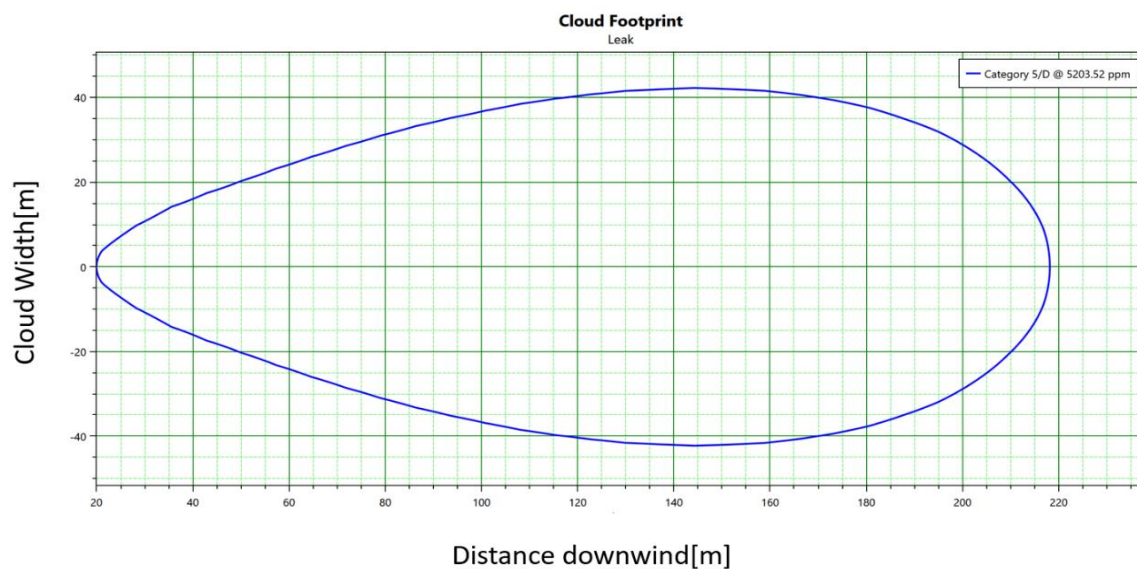
نفتا سبک آبادان در مخزنی به ظرفیت 115000 متر مکعب که در هنگام نشت 110000 متر مکعب نفتا داخل مخزن بوده است در این مینی پالایشگاه ذخیره شده بوده است. ارتفاع مخزن 9 متر بوده و ارتفاع از سطح زمین 1 متر می‌باشد. قطر داخلی مخزن 4 متر بوده است و فشار مخزن $1/6$ بار می‌باشد.

4. انتخاب سناریو

سناریو مورد بررسی در این پژوهش، سناریوی نشتی (Leak) می‌باشد و در آن فرض شده است که نشتی از بدنه مخزن می‌باشد. تجهیز مورد نظر Pressure Vessel و قطر نشتی در این شبیه‌سازی 100 میلیمتر است. پس از انتخاب سناریو به شرایط محیطی را وارد شبیه‌سازی می‌کنیم. شبیه‌سازی ما برای شهر بیرجند در آذر ماه بوده است که دمای هوا 18 درجه سانتی‌گراد بوده است و سرعت باد $1/4$ متر بر ثانیه است.

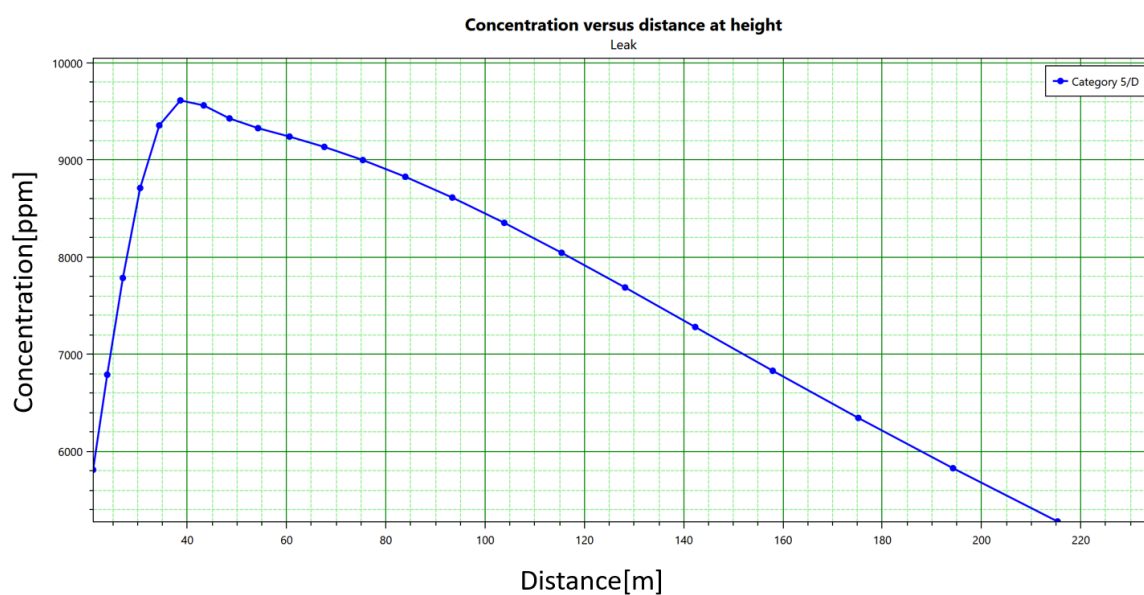
5. بحث و نتیجه‌گیری

داده‌ها نشان می‌دهد که نشت مواد شیمیایی می‌تواند به وقوع به آتش‌سوزی‌های شدید منجر شود و تعیین شعاع‌های تابش بر اساس سطوح مختلف به ایجاد نقشه‌ای از نواحی خطرناک کمک می‌کند دایره‌های شدت تابش، مناطق آسیب‌پذیر را مشخص کرده و ضرورت برنامه‌ریزی و اقدامات حیاتی را افزایش می‌دهد. استفاده از نرم‌افزارهایی مانند PHAST با شبیه‌سازی سناریوهای مختلف به کاهش خطرات و بهبود تصمیم‌گیری استراتژیک منجر می‌شود. داده‌های به دست آمده از این شبیه‌سازی‌ها می‌تواند به تجزیه و تحلیل دقیق‌تری درباره چگونگی واکنش اجزا مختلف به نشت و آتش‌سوزی کمک کند. شکل 1 تغییرات میزان پخش ماده (لکه ابر) برحسب فاصله ناشی از انفجار در شرایط آب و هوایی ثابت را نشان می‌دهد که نتایج حاصل از آن بیان می‌کند ابر ایجاد شده ناشی از انفجار نفتا در فاصله‌های نزدیک به منبع نشت (بین 20 تا 60 متر) عرض ابر افزایش یافته و تا فاصله حدودی 218 متری محل حادثه تحت تاثیر قرار می‌دهد.



شکل 1- نمودار لکه ابر - فاصله

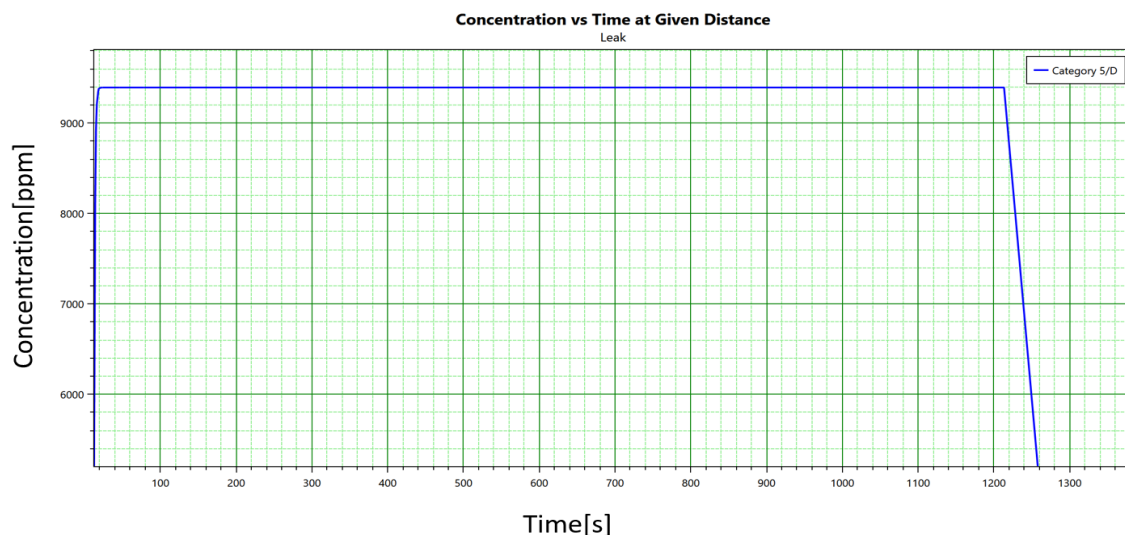
شکل 2 منحنی تغییرات غلظت - مکان ناشی از انفجار نشان می‌دهد و نتایج حاصل از شکل 2 بیان میکند، غلظت مواد در فاصله حدودا چهل متری از محل نشت به بیشترین میزان خود یعنی 9600ppm و در فاصله 215 متری به کمترین میزان می‌رسد.



شکل 2- نمودار غلظت - مکان

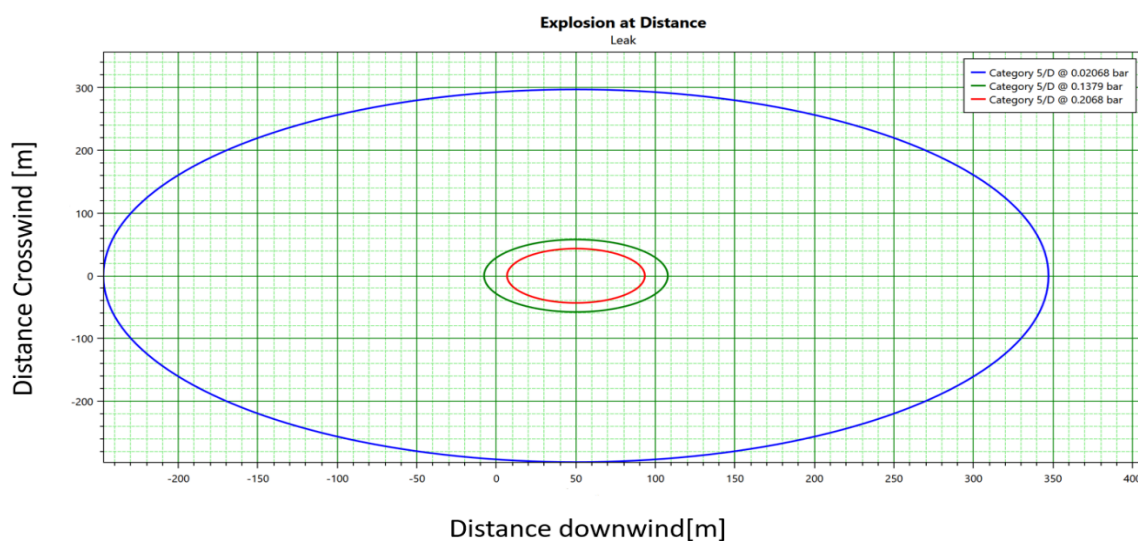


شکل شماره 3 غلظت ماده در واحد ppm در برابر زمان برای یک فاصله مشخص نشان می‌دهد، نتیجه حاصل از شکل 3 بدین شرح می‌باشد که غلظت در ابتدا حدود 9600 ppm بوده و پس از 1200 ثانیه به طور ناگهانی کاهش یافته که نشان دهنده پایان نشت می‌باشد.



شکل 3- نمودار غلظت - در یک مکان مشخص در ثانیه

شکل 4 نمودار فرم و ابعاد ناشی از انفجار را نشان می‌دهد که بیان میکند انفجار در هر محدوده چه میزان فشار اضافه تر تولید می‌کنند که این میزان در فاصله ای به شعاع 45 متر در جهت باد فشاری برابر با 0/2068 بار ایجاد کرده که این میزان در 55 متری برابر با 0/1379 بار و در شعاع 300 متری برابر 0/2068 بار می‌باشد که ناحیه ای که در نزدیکی مرکز بیضی ها قرار دارد احتمال خطر و آسیب زا بودن را افزایش می‌دهد.



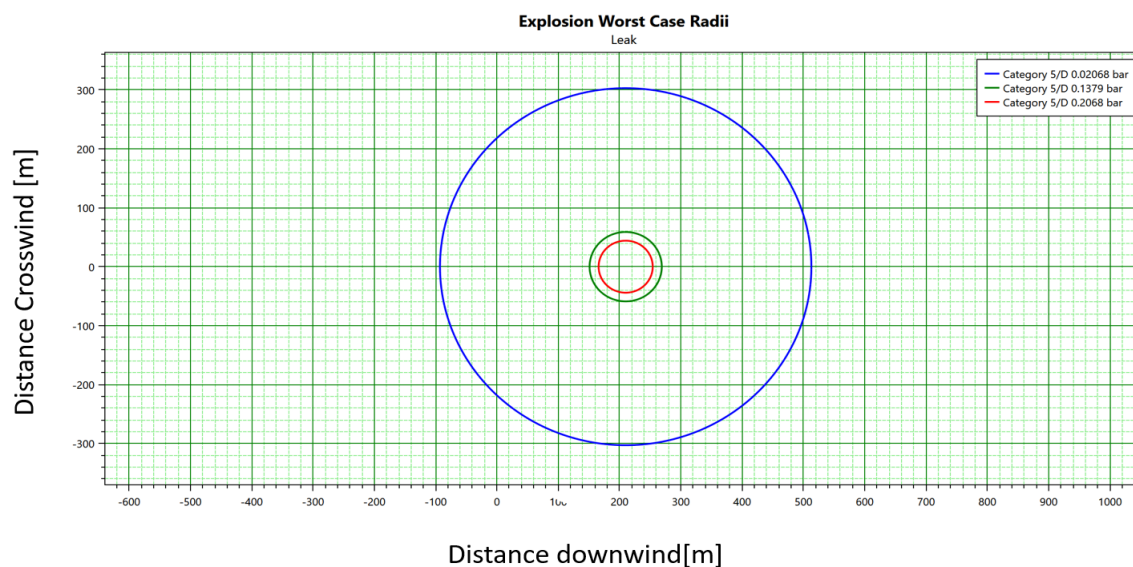
شکل 4- نمودار فرم و ابعاد ناشی از انفجار



هشتمین کنفرانس بین‌المللی توسعه فناوری در مهندسی شیمی

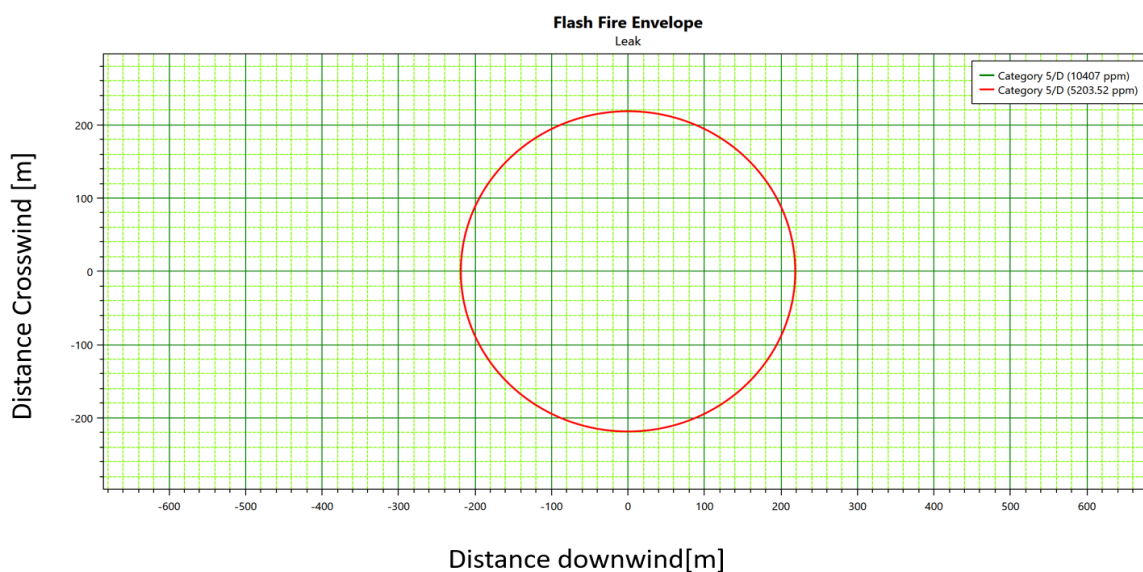
8th International Conference on Technology Development in Chemical Engineering

شکل شماره 5 نمودار بدترین شعاع انفجار می‌باشد که نتایج آن نشان می‌تواند بدترین شعاع انفجار در دایره ای به شعاع 80 متر در فاصله 200 متری جهت باد می‌باشد و پس از آن در شعاع 120 متری و پس از آن در شعاع 600 متری جهت باد خواهد بود.



شکل 5- نمودار شعاع بدترین حالت انفجار

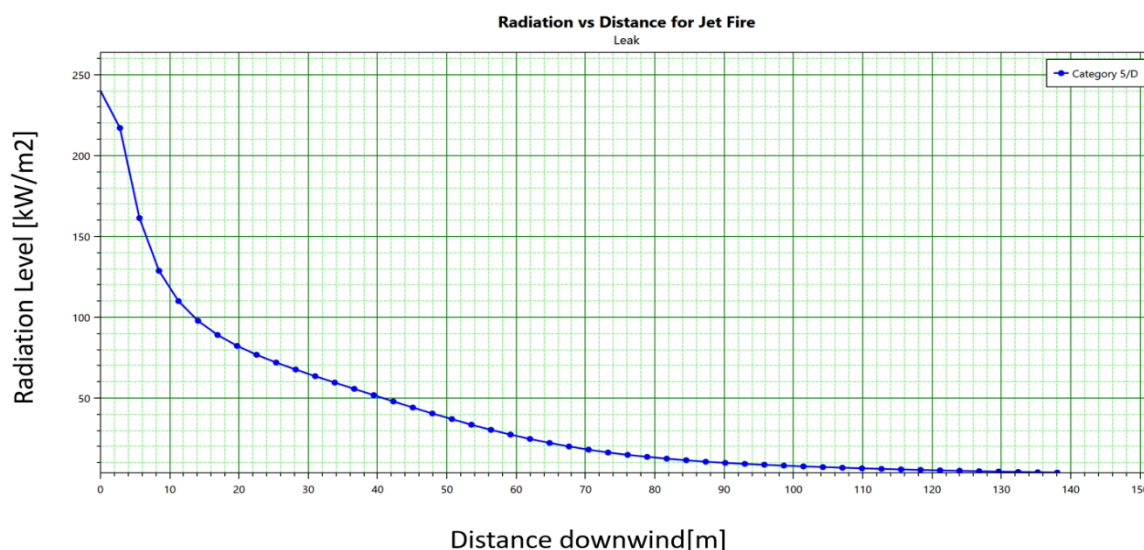
شکل 6 نمودار احتمال تشکیل Flash Fire را نشان می‌دهد که نتایج آن اعلام می‌کند، در شعاع 220 متری از محل حادثه در غلظت 5203/52 ppm احتمال تشکیل Flash Fire بسیار بالا می‌باشد.



شکل 6- نمودار احتمال تشکیل Flash Fire

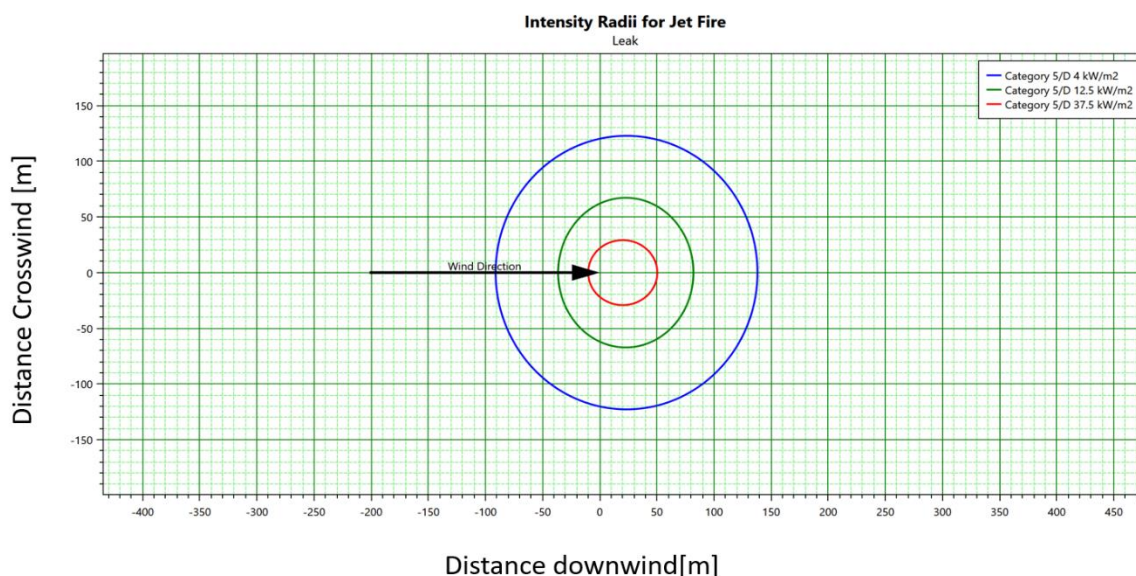


شکل 7 نمودار سطح تابش ناشی از Jet Fire را نشان می‌دهد که نتایج آن بدین شرح می‌باشد که در محل حادثه حدود 250 kW/m^2 و در فاصله 50 متری این مقدار به 50 kW/m^2 می‌رسد و در فاصله‌های بالاتر (بیش از 100 متر) تابش به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد و به حدود 10 kW/m^2 می‌رسد.



شکل 7- نمودار سطح تابش - فاصله برای Jet Fire

شکل 8 نمودار شعاع‌های شدت تابش ناشی از Jet Fire را نشان می‌دهد و نتایج آن بیان می‌کند که شدت تابش 4 kW/m^2 تا شعاع 140 متری از محل حادثه را تحت تاثیر خود قرار داده که این میزان برای شدت تابش 12.5 kW/m^2 به شعاع 80 متری و در شدت تابش 37.5 kW/m^2 به 60 متری خواهد رسید.



شکل 8- نمودار شعاع‌های شدت تابش ناشی از Jet Fire



6. نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نشت نفتا می‌تواند پیامدهای خطرناکی به همراه داشته باشد، از جمله شکل‌گیری ابرهای گازی وسیع، وقوع آتش‌سوزی‌های شدید و احتمال وقوع انفجار، براساس نتایج شبیه‌سازی‌ها، در نواحی ۲۰ تا ۶۰ متری از محل حادثه، ابر گازی به عرض ۲۱۸ متر ایجاد می‌شود؛ همچنین شدت تابش حرارتی در فاصله ۵۰ متری از محل نشت به میزان ۲۵۰ کیلووات بر متر مربع می‌رسد که این امر می‌تواند عوارض جدی نظیر سوختگی‌های سنگین را به دنبال داشته باشد. در بدترین شرایط، انفجار می‌تواند در فاصله‌ای بالغ بر ۶۰۰ متر تأثیرات ویرانگری را به بار آورد. همچنین، امکان وقوع آتش ناگهانی (Flash Fire) با غلظت 5203/52 ppm به شدت افزایش می‌یابد. با وجود کاهش شدت تابش حرارتی به ۱۰ کیلووات بر متر مربع در ۱۰۰ متری محل نشت، همچنان این وضعیت تهدیدی جدی به شمار می‌آید. این نتایج به‌وضوح بر ضرورت پیاده‌سازی اقدام‌های ایمنی مؤثر، استفاده از فناوری‌های پیشرفته تشخیص نشتی و طراحی سیستم‌های کنترلی مدرن تأکید دارند تا بتوان خطرات ناشی از نشت نفتا را به حداقل رساند.

7. مراجع

1. بهرام هراتی و همکاران (1395)، "مدل سازی و ارزیابی پیامدهای ایمنی حاصل از نشت پروپیلن اکساید در یک صنعت پتروشیمی"، فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد 8/ شماره 2/ تابستان 1397.
2. محمدکاظم رمضانی خوشنامه و همکاران (1397)، "ارزیابی ریسک رهائش مواد قابل اشتعال مخزن گاز نفتی مایع شونده (LPG) با استفاده از روش Bowtie و تعیین پهنه آسیب‌پذیری با استفاده از نرم افزار PHAST"، بهداشت کار و ارتقاء سلامت سال سوم | شماره اول | بهار 893.
3. Zhiyong L, Xiangmin P, Jianxin M. Quantitative risk assessment on a gaseous hydrogen refueling station in Shanghai. International journal of hydrogen energy. 2010;35(13):6822-9.
4. Gerboni R, Salvador E. Hydrogen transportation systems: elements of risk analysis. 2007.
5. سیدروح اله شریفی و همکاران (1397)، "شناسایی خطرات و شبیه سازی پیامد حوادث احتمالی ناحیه مخازن و فلر پالایشگاه گاز ایلام به روش ETBA و نرم افزار PHAST"، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هشت، آبان ماه 99.
6. پرویز آقارزی درمنی و همکاران (1395)، "مدلسازی و ارزیابی پیامد نشتی از مخزن تری اتیلن گلایکول سکوی سلمان با استفاده از نرم افزار PHAST"، سومین کنفرانس بین‌المللی نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی بارویکرد توسعه ارتباط دولت، دانشگاه و صنعت، 9 مرداد 1395.
7. محمد قجری و همکاران (1395)، "مطالعه و بررسی جانمایی مخزن کلر در پالایشگاه گاز بید بلند نسبت به ساختمان مرکزی با استفاده از نرم افزار PHAST"، کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در علوم مهندسی، 21 شهریور 1395.
8. حمید رضا شاکری و همکاران (1392)، "تأثیر تلفات مواد بر پسماندها بر حوادث فرآیند، ششمین کنفرانس تخصصی مهندسی محیط زیست"، 1392.