مدلسازی پیامد انتشار گاز متان در یکی از جایگاه‌های سوخت CNG استان اصفهان

مهدیه راستی‌مهر[۱]، مهشید بهرامی[۲]، علی کریمی[۳]، رضا پوربابکی[۴*]

چکیده

مقدمه: از ضروریترین مراحل برای بهبود سطح ایمنی در واحدهای موجود یا در حال طراحی ارزیابی پیامد خطرات حریق و انفجار می‌باشد. هدف از این مقاله بررسی مدل انتشار گاز طبیعی فشرده و محدوده گسترش آسیب افراد و تجهیزات در اطراف این جایگاه است. در این مطالعه، به بررسی اینکه آیا فواصل ایمن این جایگاه نسبت به محیط اطرافش رعایت شده است یا خیر پرداخته شده است.

روش بررسی: در این مقاله، مدلسازی پیامدهای آتش و انفجار در جایگاه سوخت CNG واقع در استان اصفهان با استفاده از نرم افزار ALOHA انجام شد. در این مطالعه به ۶ سناریو پرداخته شد و تنها سناریوهایی شبیه‌سازی شدند که دارای شاخص ریسک نامطلوب و غیر قابل قبول بودند. در این مدل سناریوهای مختلف ناشی از ایجاد سوراخ با قطر۰/۰۳ متر و شکاف با طول ۰/۲ و عرض ۰/۰۱ متر روی مخزن تحت فشار مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها: مشاهده گردید محدوده ابر بخار سمی تا فاصله ۵۵ متری در غلظت ۶۵۰۰۰ ppm قرار دارد و در صورت ایجاد شکاف، این محدوده در این غلظت تا فاصله۶۶ متری افزایش پیدا میکند. محدوده ابر بخار قابل اشتعال برای سوراخ تا فاصله ۸۹ متری می باشد ولی برای شکاف تا فاصله ۱۰۷ متری است. همچنین میزان تشعشع حرارتی ناشی از آتش فورانی تا فاصله ۲۵ متری برای سوراخ ایجاد شده ۱۰ kw/sqm می‌باشد اما برای شکاف تا فاصله۳۵ متری میزان تشعشع حرارتی ۱۰ kw/sqm می‌باشد.

نتیجه گیری: خطرناک‌ترین سناریو با توجه به نمودارهای خروجی، تابش حرارتیJet fire فورانی می‌باشد که علاوه بر جایگاه CNG، منطقه پارکینگ شهرداری را درگیر می‌کند؛ ضمنا تابش حرارتی ناشی از شکاف نسبت به سوراخ محدوده بیشتری را درگیر می‌کند. از جمله راهکارهای موثر جهت جلوگیری از تلفات جانی و مالی، اقدامات کنترلی پیشگیری کننده و همچنین انتخاب کردن طراحی مناسب حین تاسیس جایگاه و ادغام ایمنی برای پرسنل، تجهیزات و متعلقات است که به کمک آن می‌توان انواع ریسک فاکتورهای مربوطه را شناسایی و پیشگیری کرد.

کلید واژه‌ها: جایگاه سوخت CNG، متان، مدلسازی پیامد، نرم افزار ALOHA

مقاله پژوهشی

CC BY

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۵/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۱۲

ارجاع:

راستی‌مهر مهدیه، بهرامی مهشید، کریمی علی، پوربابکی رضا. مدلسازی پیامد انتشار گاز متان در یکی از جایگاه‌های سوخت CNG استان اصفهان. بهداشت‌کار و ارتقاء سلامت ۱۳۹۹; ۴(۴): ۳۵۰-۳۳۷.

[۱] گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۲] گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۳] گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۴*] گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
*(نویسنده مسئول: yasin.babaki@gmail.com)

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]

مقدمه

رشد روز افزون صنایع فرایندی و شیمیایی همواره باعث افزایش حوادث در آن‌ها شده است از جمله این وقایع می‌توان به ترکیدن یا شکستن خطوط لوله، ایجاد شکاف در مخزن و یا وقوع واکنش‌های غیر قابل کنترل اشاره کرد. هم‌چنین رهایش مواد سمی و خطرناک می‌تواند به عنوان یکی از عوامل تهدید کننده و مخرب برای سلامتی ساکنین و شاغلین در این صنایع و حتی مناطق اطراف آن باشد (۱).

از جمله مواد شیمیایی خطرناک در صنایع فرایندی می‌توان به متان اشاره کرد. علت این امر آن است که همواره نگهداری این گاز در مخازن تحت فشار همراه با دمای بالای نقطه جوش است. به همین سبب، این گاز حتی در اثر نشتی‌های کوچک تبخیر شده و تا قبل از رسیدن به منابع جرقه صدها متر در محیط اطراف پخش می‌شود (۲). متان پایدارترین هیدروکربن با ساختاری متقارن دارای چهار پیوند کووالانسی با انرژی پیوندی ۴۳۵ Kj/mol است که به عنوان ترکیب اصلی منابع سوخت‌های فسیلی گازی نظیر گاز طبیعی، گاز حاصل از بسترهای زغال سنگی و برخی از سوخت های فیلی جامد از جمله هیدرات تشکیل شده در زمین شناخته شده است (۳).

یکی از ضروری‌ترین امور جهت افزایش سطح ایمنی در صنایع فرایندی ارزیابی پیامد خطرات رهایش مواد شیمیایی خطرناک در محیط است (۴). این ارزیابی می‌تواند به کمک رویکرد مدلسازی حوادث صورت گیرد. از جمله نرم‌افزارهای مدلسازی حوادث صنعتی می‌توان به ALOHA، SLAB و DEGADIS-PHAST اشاره کرد. در این میان نرم‌افزار ALOHA به عنوان یکی از بهترین نرم‌افزارهای مدل سازی پیامدهای ناشی از حوادث نشت مواد در محیط به کار می‌رود. این نرم افزار به منظور پیش بینی وقوع حوادث و به حداقل رساندن پیامدهای ناشی از آن‌ها توسط شرکتDNV طراحی شده است. همچنین از قابلیت های این نرم‌افزار مدلسازی حوادث ناشی از نشت مواد سمی و منفجره،آتش‌سوزی و انفجار است (۵).

بر اساس مطالعه‌ی شیرالی و نعمت‌پور که به منظور بررسی مدل پیامد انتشار گاز متان در یکی از جایگاه سوخت CNG شهر اهواز انجام شد با افزایش قطر شکاف، محدوده تشعشع حرارتی نیز در فواصل بیشتری پیشروی خواهد کرد (۶).

نتایج مطالعه ی شاهدی علی آبادی و همکاران که با هدف ارزیابی پیامد حریق مخازن گاز متان در یک پالایشگاه گاز صورت گرفت حاکی از آن است که حریق مخزن گاز متان V-100 به عنوان بدترین سناریو در پالایشگاه انتخاب شد (۷).

در مطالعه Hui shao, guonin Duan که به منظور محاسبه کمی خطر و شبیه سازی ALOHA در مورد حادثه نشتی نیروگاه‌های گاز طبیعی انجام شد تشعشع حرارتی jet fire به عنوان بارزترین سناریو شناخته شد (۸).

با توجه به ضرورت اهمیت به ایمنی کارکنان و همچنین ساکنین اطراف جایگاه های سوخت از جهت مواجهه حاد با مواد شیمیایی در هنگام رهایش ناگهانی مواد سمی از تأسیسات فرایندی و از آن جایی که کوچکترین سهل انگاری در جایگاه‌های سوخت باعث انفجار گاز متان می‌شود و همچنین کم بودن مطالعات در زمینه مدل سازی و رهایش ناگهانی از گاز سمی متان لذا بر آن شدیم مطالعه‌ای با هدف پیش‌بینی انتشار و پیامدهای احتمالی گاز متان با استفاده از نرم‌افزار ALOHA به منظورانجام اقدامات ایمنی مناسب و کاهش پیامدها انجام شود.

روش بررسی

مطالعه حاضر که یک مطالعه موردی و از نوع توصیفی تحلیلی است که به بررسی و مدلسازی نحوه انتشار گاز متان از مخازن ذخیره ۴/۷۱متر مکعبی در یکی از جایگاه‌های سوخت اصفهان با استفاده از نرم‌افزار ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmosphere) پرداخته شده است. هدف از این مطالعه با توجه به عدم بررسی مطالعات قبلی در زمینه مدلسازی حریق و انفجار در جایگاه سوخت CNG در استان اصفهان، بررسی نتیجه مدلسازی با استفاده ازین نرم‌افزار

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]

می‌باشد. در این مطالعه سعی شده است که از محتمل‌ترین سناریو استفاده شود. و یا نتایج حاصل با هم مقایسه شود. همچنین به عوامل موثر در کاهش محدوده‌ی متاثر از انتشار گاز متان پرداخته شد. از آنجایی که هیچ برنامه‌ای به منظور واکنش در شرایط اضطراری وجود ندارد برای تدوین چنین برنامه‌ای ابتدا باید خطرات موجود در سایت و واحد شناسایی شده و مورد مطالعه قرار گیرد. جهت انجام این پژوهش ابتدا اطلاعات مربوطه از طریق مصاحبه با واحدهای تعمیرات، بهره‌برداری و مسئولان ایمنی تهیه گردید و سپس سناریوی انتشار گاز متان مشخص شد. در مطالعه حاضر، به ۶ سناریو پرداخته شد. لازم به ذکر است که در این مطالعه تنها سناریوهایی شبیه سازی شدند که شاخص ریسک نامطلوب و غیر قابل قبول را دارا بودند. معیارهای اقدامات حفاظتی برای مواد شیمیایی یا سطوح سمی نگران کننده (PAC:Protective Action Criteria for Chemicals) دستورالعمل های مواجهه اضطراری هستند که قبل یا در طی انتشار غیر قابل پیش بینی مواد شیمیایی خطرناک استفاده می‌شود. مجموعه داده‌های PAC یک فهرست تلفیقی از سه نوع دستورالعمل های مواجهه اضطراری هست:

۱- سطوح مواجهه حاد(AEGL:Acute exposure Guideline Level)

۲- دستورالعمل‌های برنامه‌ریزی پاسخ اضطراری EPRG:(Emergency Response planning Guideline)

۳- محدوده مواجهه اضطراری موقت (TEELS:Temprary Emergency Exposure Limits)

سطوح PAC در سه دسته زیر جای می‌گیرد:

PAC1 (سطح آستانه‌ای برای اثرات سلامتی و بهداشتی خفیف و زودگذر): بر اساس مقادیر $EPRG_1$، $AEGL_1$، $TEEL_1$ به دست می آید.

PAC2 (سطح آستانه با اثرات برگشت ناپذیر عوارض جدی سلامت به طوری که توانایی بدن را در برابر اقدامات حفاظتی کاهش می‌دهد.)بر اساس مقادیر $EPRG_2$، $AEGL_2$، $TEEL_2$ به دست می‌آید.

PAC3 (سطح آستانه برای اثرات بهداشتی تهدید کننده زندگی است.) بر اساس مقادیر $EPRG_3$، $AEGL_3$، $TEEL_3$ به دست می‌آید. لازم به ذکر است که جهت مدلسازی از نرم‌افزار ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmosphere) استفاده شد. ALOHA دارای توانایی شبیه سازی مدل پراکندگی برای بیش از ۱۰۰۰ نوع ماده شیمیایی است. همچنین این نرم‌افزار عمدتا در مدلسازی انتشار غیر منتظره مواد خطرناک و بخش بخارات شیمیایی دارای قابلیت کاربردی است (۹).

سناریو

در این مطالعه سناریوی مورد بررسی در ساعت ۱۲:۰۵ دقیقه روز ۲۱ دی ماه سال ۱۳۹۷ مدلسازی شده است. همچنین، پارامترهای ورودی به نرم‌افزار ALOHA، اطلاعات مربوط به مشخصات ماده شیمیایی گاز متان، اطلاعات شرایط جوی محیط و مشخصات منبع کمپرسور به ترتیب در جداول ۱ تا ۳ وارد شده است.

جدول۱: مشخصات ماده شیمیایی متان

ردیف	مشخصات	مقدار
۱	جرم مولکولی (g/mol)	۱۶/۰۴
۲	حد پایین انفجار (ppm)	۵۰۰۰
۳	حد بالای انفجار (ppm)	۱۵۰۰۰
۴	نقطه انجماد	-۱۸۲/۵
۵	نقطه جوش (c^0)	-۱۶۲/۲
۶	فشار بخار در دمای محیط (atm)	بزرگتر از ۱
۷	غلظت اشباع محیطی (ppm)	۱۰۰۰۰۰۰

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]

جدول۲: اطلاعات جوی محیط

ردیف	مشخصات	مقدار
۱	سرعت وزش باد (m/s)	
۲	پوشش ابری منطقه	کاملا ابری
۳	دمای هوا (c^0)	۸
۴	دسته بندی پایداری	D
۵	رطوبت هوا	٪۷۵
۶	وضعیت اینورژن	بدون اینوژن
۷	زبری سطح زمین	فضای شهری یا جنگلی

جدول ۳: مشخصات منبع

ردیف	مشخصه	مقدار/توصیف
۱	قطر مخزن (m)	۲
۲	طول مخزن (m)	۱/۵
۳	حجم مخزن (m3)	۴/۷۱
۴	محتویات مخزن	فقط گاز
۵	جرم کل ماده شیمیایی در مخزن (tone)	۱/۰۶
۶	دمای داخل مخزن (c^0)	۸
۷	فشار داخل مخزن (atm)	۲۵۰
۸	قطر حفره (m)	۰/۰۱
۹	مدت زمان سوختن (min)	۱
۱۰	دبی رها شده (kg/s)	۸/۱۴
۱۱	کل ماده رها شده (kg)	۴۸۸

جدول ۴که بر گرفته از text summary نرم‌افزار ALOHA می‌باشد تفاوت مدت زمان سوختن و دبی رها شده در دو قطر متفاوت را نشان می‌دهد. باتوجه به جدول متوجه می‌شویم که با افزایش قطرمخزن مدت زمان سوختن کاهش و دبی ماده رها شده افزایش می‌یابد.

در این مطالعه از محتمل‌ترین سناریو استفاده شده است. لذا مطالعه روی مخزن کمپرسور صورت گرفته است. از کمپرسور برای متراکم کردن سیالات تراکم پذیر به جهت افزایش فشار آن ها استفاده می‌شود و درنتیجه کاهش حجم گاز تراکم شده دما نیز افزایش می‌یابد علت استفاده از کمپرسور به وجود آوردن شرایطی است که بتوان حجم زیادی از گاز طبیعی را در فضای کوچکی مانند مخزن گاز خودرو با سرعت متناسب در زمان کم ذخیره نمود استفاده می‌شود.

جدول ۴: تفاوت مدت زمان سوختن و دبی رها شده در دو قطر متفاوت

نوع آسیب	مدت زمان سوختن (min)	دبی رها شده (kg/min)
سوراخ ۰/۰۳متر	۸	۶۳۸
شکاف با طول۰/۲ متر و عرض ۰/۰۱ متر	۳	۹۱۴

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]

یافته‌ها

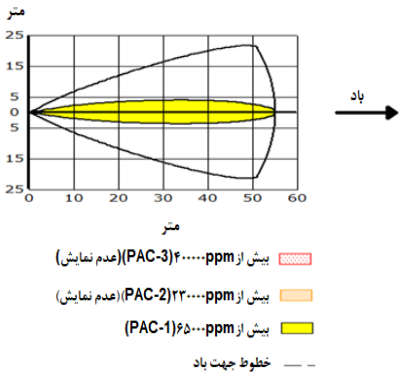
پس از وارد کردن پارامترهای ذکر شده در نرم‌افزار و با در نظر گرفتن محتمل‌ترین سناریو ها شامل ۶ سناریو، مدلسازی حوادث صورت گرفت.

سناریوی ۱

سناریوی اول (ایجاد سوراخ ۳سانتی‌متر در مخزن، بدون سوختن و فقط تشکیل ابر بخار سمی)

در سناریوی اول که در شکل ۱ آمده است فرض کردیم سوراخی با قطر ۳ سانتی‌متر در مخزن ایجاد شده است و به بررسی محدوده ابر بخار سمی ایجاد شده نیز پرداختیم. نرم افزار ALOHA نتیجه را به صورت شکل ۱ به ما ارایه داد.





شکل۱: در این سناریو محدوده زرد رنگ (PAC-1)، در حدود ۵۵ متری اطراف مخزن که غلظت ابر بخار سمی در این ناحیه ۶۵۰۰۰ppm توسط نرم افزار برآورد شد.

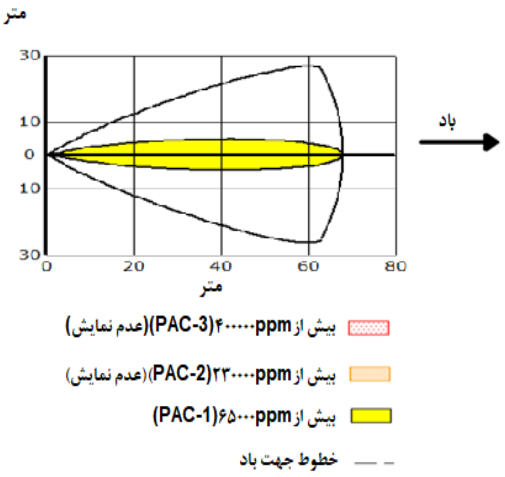
سناریوی۲

سناریوی دوم (ایجاد شکافی به طول ۲۰ و عرض ۱سانتی‌متر) در مخزن، بدون سوختن و تشکیل ابر بخار سمی)

در سناریوی دوم که در شکل ۲ آمده است فرض کردیم شکاف با قطر ۲۰سانتیمتر در مخزن ایجاد شده است و به بررسی محدوده ابر بخار سمی ایجاد شده نیز پرداختیم.

در این سناریو محدوده زرد رنگ (PAC-1)، در حدود ۶۶ متری اطراف مخزن که غلظت ابر بخار سمی در این ناحیه ۶۵۰۰۰ppm توسط نرم‌افزار برآورد شد.





شکل ۲: محدوده ابر بخار سمی ناشی از شکاف ۲۰ سانتیمتر

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]

مقایسه سناریوی ۱ و ۲

جدول۵: مقایسه محدوده ابر بخار سمی در ۲ نقص(سوراخ ۳ سانتی متر و شکاف باطول ۲۰ سانتی متر)

ردیف	آسیب مخزن	محدوده ابر بخار سمی
۱	سوراخ ۰/۰۳ متری	۵۵
۲	شکاف ۰/۲ متری	۶۶

همانطور که در جدول مشاهده می‌کنیم شکاف ۰/۲ متری در مقایسه با سوراخ ۰/۰۳ متری فرضی ایجاد شده در مخزن محدوده ابر بخار سمی بیشتری دارد.

سناریوی ۳

سناریوی سوم (ایجاد سوراخ ۳سانتی متری در مخزن و تشکیل ابر بخار اشتعال‌زا)

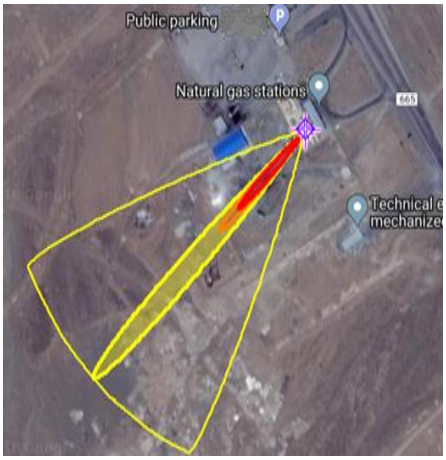
در سناریوی سوم که در شکل۳ آمده است فرض کردیم سوراخی با قطر ۳سانتی متر در مخزن ایجاد شده است، به بررسی محدوده ابر بخار قابل اشتعال ایجاد شده پرداختیم.

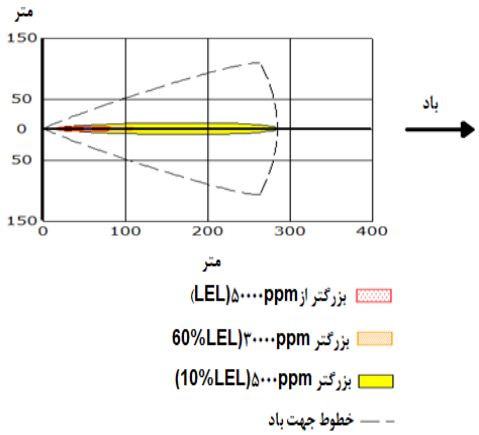
در این سناریو محدوده قابل اشتعال مشخص شد شکل ۳ نتایج مدلسازی گرافیکی تشکیل بخار متان در محدوده مخزن بر اساس غلظت قابل اشتعال نشان می‌دهد.در صورت نشت متان از سوراخی با قطر۳ سانتی متر تا فاصله ۸۹ متری مخزن (منطقه قرمز رنگ) غلظت متان ۵۰۰۰۰ ppm می‌باشد، تا محدوده ۱۱۶ متری مخزن (منطقه نارنجی رنگ) غلظت متان ppm می‌باشد ۳۰۰۰۰ که این مقدار۶۰٪ حداقل غلظت قابل اشتعال LEL است و تا محدوده ۲۶۶ متر غلظت متان ppm می‌باشد ۵۰۰۰ که این مقدار ۱۰٪ حداقل غلظت قابل اشتعال LEL است.

سناریوی۴

سناریوی چهارم (ایجادشکاف ۲۰سانتی‌متری در مخزن و تشکیل ابر بخار اشتعال‌زا)

در سناریوی چهارم که در شکل ۴ آمده است فرض کردیم سوراخی با قطر ۲۰سانتی‌متر در مخزن ایجاد شده است و به بررسی محدوده ابر بخار قابل اشتعال ایجاد شده پرداختیم.

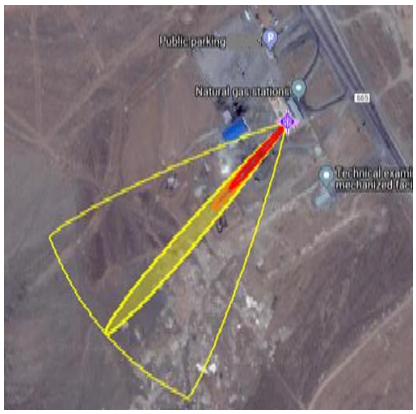


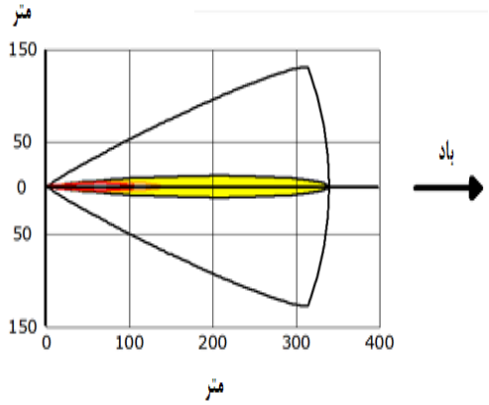


شکل ۳: محدوده بخار قابل اشتعال ناشی از سوراخ با قطر ۳سانتی متر

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]





شکل ۴: محدوده قابل اشتعال ابر بخار متان(شکاف با طول ۲۰سانتی متر)

در این سناریو در مخزن محدوده قابل اشتعال مشخص شد شکل ۴ نتایج مدلسازی گرافیکی تشکیل بخار متان در محدوده مخزن بر اساس غلظت قابل اشتعال نشان می‌دهد. در صورت نشت متان از شکافی با طول ۲۰ سانتی متر تا فاصله ۱۰۷ متری مخزن (منطقه قرمز رنگ) غلظت متان ppm ۵۰۰۰۰ می‌باشد ، تا محدوده ۱۳۸ متری مخزن (منطقه نارنجی رنگ) غلظت متان ppm ۳۰۰۰۰ می‌باشد که این مقدار۶۰٪ حداقل غلظت قابل اشتعال LEL است و تا محدوده ۳۴۰ متر غلظت متان ppm ۵۰۰۰ می‌باشد که این مقدار۱۰٪ حداقل غلظت قابل اشتعال LEL است.

مقایسه سناریوی سوم و چهارم

جدول۶. مقایسه سناریوی سوم و چهارم

غلظت	LEL	نوع آسیب مخزن		محدوده قابل اشتعال ابر بخار متان(m)
		سوراخ ۰/۰۳متری	شکاف با طول۰/۲و عرض۰/۰۱ متر	
۵۰۰۰۰	٪۱۰۰	۸۹	۱۰۷	
۳۰۰۰۰	٪۶۰	۱۱۶	۱۳۸	
۵۰۰۰	٪۱۰	۲۶۶	۳۴۰	

طبق جدول ایجاد شکاف با طول ۰/۲ و عرض ۰/۰۱ متری در مقایسه با سوراخ ۰/۰۳ متری دارای محدوده قابل اشتعال بیشتری می‌باشد.

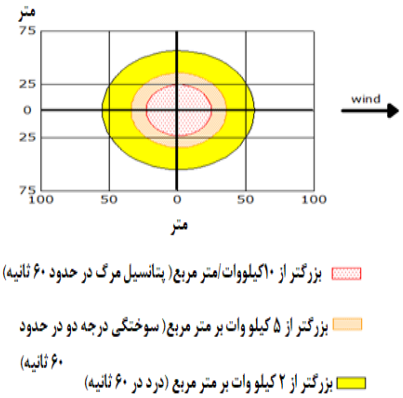
سناریوی۵

سناریوی پنجم (ایجاد سوراخ ۳ سانتی‌متری در مخزن، ماده شیمیایی در حال سوختن، ایجاد آتش فورانی و تشکیل محدوده گرما)

در تصویر ۵ منطقه مورد تهدید تشعشع حریق ناشی از حفره ۳ سانتی‌متر ایجاد شده در مخزن متان به تصویرکشیده شده است طبق نمودار ۵ نواحی با مخاطرات مرگ‌آور به رنگ قرمز، نواحی با مخاطرات مصدومیت‌های غیرقابل جبران با رنگ نارنجی و نواحی با احتمال بروز خسارات و مصدومیت های قابل جبران و یا کم هزینه با رنگ زرد مشخص شده‌اند .طبق این نمودار تا فاصله ۲۵ مترمربع ناحیه قرمز، تا فاصله ۳۶ مترمربع ناحیه نارنجی و تا فاصله ۵۷ مترمربعی ناحیه زرد رنگ است.

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]





شکل ۵: منطقه تهدید تابش حرارتی (ناشی از سوراخ۳ سانتیمتر)

در نمودار ۵ پیامد ناشی از آتش ممکن الوقوع از نوع جت-آتش نشان داده شده است .نواحی بدین ترتیب تقسیم‌بندی شده‌اند:

۱) ناحیه قرمز (۱۰kw/sqm) (پتانسیل کشندگی در ۱ دقیقه)به وسعت ۲۵ مترمربع

۲) ناحیه نارنجی (۵kw/sqm) (سوختگی درجه ۲ در ۱ دقیقه) به وسعت ۳۶مترمربع

۳) ناحیه زرد (۲kw/sqm) (احساس درد و سوختگی‌های جزئی) به وسعت ۵۷ مترمربع

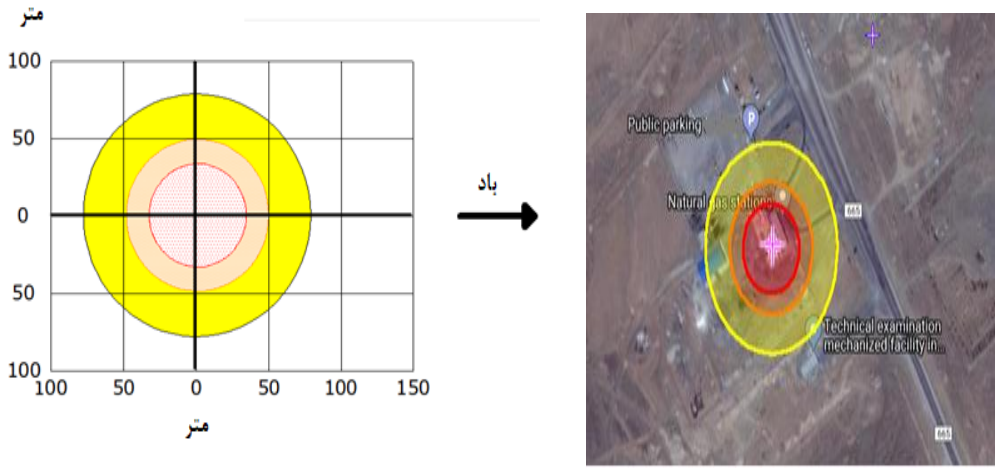
در این سناریو حداکثر طول شعله ۱۵ متر می‌باشد و حداکثر نرخ سوختن ۱/۲۲۰kg/min می‌باشد.

سناریوی۶

سناریوی ششم (ایجاد شکاف ۲۰ سانتیمتری در مخزن، ماده شیمیایی در حال سوختن، ایجاد آتش فورانی و تشکیل محدوده گرما)

در تصویر ۶ منطقه مورد تهدید تشعشع حریق ناشی از شکاف ۲۰ سانتیمتر ایجاد شده در مخزن متان به تصویرکشیده شده است. طبق نمودار ۶ نواحی با مخاطرات مرگ‌آور به رنگ قرمز، نواحی با مخاطرات مصدومیت‌های غیرقابل جبران با رنگ نارنجی و نواحی با احتمال بروز خسارات و مصدومیت‌های قابل جبران و یا کم هزینه با رنگ زرد مشخص شده اند .طبق این نمودار تا فاصله ۳۵ مترمربع ناحیه قرمز، تا فاصله ۵۱ مترمربع ناحیه نارنجی و تا فاصله ۸۰ متر مربعی ناحیه زرد رنگ است.

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]



شکل ۶ : منطقه تهدید تابش حرارتی (ناشی از شکاف با طول ۲۰ و عرض ۱ سانتیمتر)

در نمودار ۶ پیامد ناشی از آتش ممکن الوقوع از نوع جت-آتش نشان داده شده است .نواحی بدین ترتیب تقسیم‌بندی شده‌اند:

۱) ناحیه قرمز (۱۰kw/sqm) (پتانسیل کشندگی در ۱ دقیقه) به وسعت ۳۵ مترمربع

۲) ناحیه نارنجی (۵kw/sqm) (سوختگی درجه ۲ در ۱ دقیقه) به وسعت ۵۱ مترمربع

۳) ناحیه زرد (۲kw/sqm) احساس درد و سوختگی‌های جزئی) به وسعت ۸۰ مترمربع

در این سناریو حداکثر طول شعله ۲۲ متر می‌باشد و حداکثر نرخ سوختن ۳۴۶۰kg/min می‌باشد.

مقایسه سناریوی ۵ و ۶

جدول ۷: مقایسه سناریوی ۵ و ۶

میزان تشعشع	۱۰kw/sqm	۵kw/sqm	۲kw/sqm
سناریو۵ سوراخ با قطر ۳ سانتیمتر	۲۵	۳۶	۵۷
سناریو۶ شکاف ۲۰ سانتیمتر قطر (m)	۳۵	۵۱	۸۰

طبق این جدول شعاع تشعشع حرارتی آتش فورانی شکاف نسبت به سوراخ بیشتر می‌باشد.

بحث

مطالعه حاضر با هدف مدلسازی پیامد نشت گاز متان در یکی از جایگاه‌های سوخت CNG شهر اصفهان انجام شد. اولین و مهم‌ترین یافته مطالعه حاضر این بود که یکی از ضرورت‌ها در صنعت مدلسازی پیامدهای ناشی از حوادث مربوط به رهایش مواد خطرناک پیش از وقوع حوادث است. همچنین، در مطالعات سایر محققین با هدف مدلسازی پیش از وقوع حوادث انجام شده است، به وضوح به این مهم اشاره شده است (۱۱و۱۰). بر اساس نتایج این مطالعه مهم ترین خطر تهدیدی برای جایگاه CNG و پارکینگ شهرداری که تنها مکان پرتردد در کنار این ایستگاه سوخت رسانی است. از مطالعات همسو با پژوهش حاضر می‌توان به مطالعه پروینی و کرد رستمی که با هدف مدل سازی پس از انفجار در ایستگاه سوختگیری گاز آزادشهر صورت گرفت، اشاره کرد. در این مطالعه مشابه، از نزدیکی مخازن CNG با سرنشینان و اطرافیان خودروها در جایگاه سوخت به عنوان یکی از خطرناک ترین تهدیدها در جهت افزایش خسارات ناشی از پیامد انفجاری مخازن بیان شده است. (۱۲). علت هم سو بودن این مطالعات با هم، اشتعال‌پذیری و قابلیت انفجار بالا در مخازنCNG می‌باشد.

در این مطالعه، تشعشع حرارتی Jet fire (آتش فورانی) ناشی از شکاف با طول ۲۰و عرض۱ سانتی متر است که تا فاصله ۳۵ متری پیش روی کرده است. در مطالعه حاضر طول و

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]

عرض شکاف مورد بررسی در سناریوی ۶ به ترتیب ۲۰ سانتی‌متر و ۱ سانتی‌متر فرض شد. همچنین میزان تشعشع حرارتی برای این شکاف، در فواصل۳۵، ۵۱ و ۸۰ متر به ترتیب ۱۰، ۵ و ۲ kw/sqm برآورد شد. همچنین، تشعشع حرارتی آتش فورانی، بدترین پیامد در مطالعه حاضر شناخته شد. در همین راستا، در مطالعه‌ای که توسط شیرالی و نعمت پور (۱۳۹۷) با عنوان بررسی مدل انتشار گاز متان در یکی ازجایگاه‌های سوخت CNG اهواز که توسط نرم‌افزار ALOHA انجام داده‌اند به این نتیجه رسیده‌اند که جدی‌ترین خطری که کارکنان و ساختمان های اطراف را تهدید می‌کند، عواقب ناشی از تشعشع حرارتی می‌باشد و با افزایش قطر شکاف میزان تشعشع حرارتی در فواصل بیشتری پیش روی می‌کند (۵). در این مطالعه اندازه شکاف‌ها ۰/۰۱، ۰/۰۲و۰/۰۳ متر بوده‌اند که به ترتیب ۱۹/۲، ۳۴/۷۴ و۴۷/۷۴ کیلووات بر متر مربع شعاع حرارتی داشته‌اند. در مطالعه دیگر که توسط جلالی النجارقی و سید هاشمی با عنوان مدل‌سازی و ارزیابی پیامد بروز سانحه در مخازن استوانه‌ای ذخیره متان:مطالعه موردی پالایشگاه شهید هاشمی‌نژاد که با استفاده از نرم‌افزارALOHA انجام دادند، بدترین سناریو را جت آتش بیان کرده‌اند (۲). علت این امر خطرات بسیار از لحاظ شدت و شعاع گسترش بیشتر و تکرار پذیری Jet fire به عنوان بدترین پیامد ناشی از رهایش گازهای سمی در مطالعات جایگاه های سوخت حاوی CNG است. نتایج حاصل از مطالعه آنها نشان دادند که محدوده تشعشع حرارتی ۱۰kw/sqm، ۵ kw/sqmو۲ kw/sqm به ترتیب تا فواصل۱۰۲، ۱۴۱ و۲۲۰ متر گسترش دارند . در مطالعه دیگر با عنوان محاسبه ریسک کمی و شبیه سازی آلوها روی نشتی تصادفی نیروگاه گاز طبیعی توسط گاونینگ و همکارانش انجام شد، بارزترین سناریو را تشعشع حرارتی Jet fire عنوان کرده‌اند (۱۳). علت این امر آن است که خطرات ناشی از Jet fire نسبت به سایر پیامدهای ناشی از رهایش گاز های سمی با شدت بیشتری گسترش می‌یابد پیامد ناشی از نشتی ۱۰۰، ۲۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌متری روی خطوط لوله گاز طبیعی بررسی شد و به این نتیجه رسیدند که نشتی۱۰۰ میلی‌متری باعث ایجاد منطقه قابل اشتعال از فاصله۲۷ تا۴۴ متری می‌شود و فرار و تخلیه از نیروگاه باید صورت گیرد و هیچ آسیبی به داخل شهر وارد نمی‌شود. نشتی۲۰۰میلی‌متری باعث ایجاد منطقه قابل اشتعال از فاصله۵۵ تا ۹۲متری می‌شود در این صورت باید منطقه قرنطینه سریعا مشخص شود. نشتی۱۲۰۰میلی‌متری باعث ایجاد منطقه قابل اشتعال از فاصله ۳۸۲ تا ۳۶۹متری می‌شود در این نشتی تاثیرات مخرب روی شهر به وضوح دیده می‌شود.

در مطالعه محمد فام و همکاران با عنوان ارزیابی ارزیابی پیامد حریق مخازن گاز متان در یک پالایشگاه گاز که بااستفاده از نرم افزارphast انجام داده اند، تشعشع حرارتی ناشی از Jet fire به عنوان بدترین سناریو گزارش شده است (۷). آن ها با مقایسه تشعشع حرارتی ناشی از سه نشتی۵۰، ۱۰۰و۲۵۰ میلیمتری به این تیجه رسیدند بدترین سناریو با نشتی۲۵۰ میلیمتری با شدت تشعشع ۳۷/۵ kw/sqmمحدوده‌ای در حدود ۳۷۱۰۴ متر مربع رادر بر می‌گیرد.

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر خطر پتانسیل کشندگی در ۱ دقیقه در بدترین سناریو یعنی تشکیل شکاف با طول۲۰ و عرض۱ سانتی‌متر است که تاحدود ۳۵ مترمربع اطراف مخزن پیش روی داشته است. این در حالی است که در مطالعه کریمی و همکاران در حدود ۶۰۰ متری اطراف مخزن، غلظت گازco_2 حدود ۴۸۰ ppm محاسبه شد که این میزان کشنده بود (۳). همچنین بر اساس یافته‌های پژوهش سناریوی شکاف ۲۰ سانتی‌متر در مخزن و ایجاد آتش فورانی، تشعشع حرارتی در وسعت فواصل ۳۵، ۵۱ و ۸۰ متر به ترتیب ۱۰، ۵ و۲ kw/sqm برآورد شد. این در حالی است که در مطالعه بهشتی و همکاران، میزان تشعشع حرارتی در اثر انتشار هگزان از مخزن تا فاصله ۳۵۳ و ۴۹۱ متری از مخزن به ترتیب ۱۰ و ۵kw/sqm بدست آمد (۱۴). بر اساس مطالعه حاضر در سناریوی ۳ و ایجاد سوراخ ۳ سانتی‌متر در مخزن و تشکیل ابر بخار اشتعال‌زا غلظت کشنده ۵۰۰۰۰ ppmدر فاصله ۸۹ متری از مخزن (منطقه قرمز) بود. این

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]

در حالی است که در مطالعه جهانگیری و پارساراد در بدترین سناریو (سناریوی پارگی ظروف فرایندی کلر) غلظت ppm ۱۰۰۰بود. همچنین فواصل خطر در شرایط اضطراری ۲ و ۳ (EPRG- ۲، EPRG-۳ ,) به ترتیب ۳۳۹۹ و ۱۳۳۹ متر بدست آمد (۱۵). در مطالعه حاضر، فاصله ایمن بین جایگاه سوخت‌رسانی و محدوده اطرافش که شامل پارکینگ می‌باشد، رعایت نشده است و با توجه به نمودارهای خروجی نرم‌افزار ، خطر تشعشع حرارتی، ایجاد درد و سوختگی جزئی برای شاغلین و ساکنین اطراف این جایگاه سوخت‌رسانی است. در همین راستا در مطالعه بدری و همکاران نیز نه تنها فواصل کافی رعایت نشده است بلکه ایستگاه های CNG در مجاورت مناطق پرجمعیت به منظور تسهیل عملیات سوخت‌رسانی قرار دارد (۱۶). علت این امر آن است که فاصله بین منبع و حادثه (شعاع پراکنش) یکی از عوامل مهم در شدت و نوع حادثه است.

در این مطالعه غلظت ۶۰٪ LEL، در فاصله ۱۱۶ متری و غلظت ۱۰٪ LEL در فاصله ۲۶۶ متری پیشروی کرده است. در همین راستا در مطالعه کالیک و همکاران که به منظور ارزیابی خطرات انفجار با گازهای قابل انفجار در مخزن CNG و LPG خودروها انجام شد، با فرض ایجاد منفذی به قطر ۳۳۰ میکرومتر در مخزن سوخت خودرو به کمک مدلسازی با نرم‌افزار ALOHA غلظت ۶۰٪ LEL در فاصله ۲۴ متری و غلظت ۱۰٪ LELتا فاصله ۶۰ متری برآورد شد (۱۷).

حوادثی که در صنایع نفت و گار اتفاق می‌افتند با استفاده از نرم‌افزارهای خاص چون ALOHA قابل پیش‌بینی می‌باشند لذا اهمیت استفاده از این نرم‌افزارها قبل از احداث یک جایگاه به منظور کاهش تلفات جانی و مال بسیار حایز اهمیت است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نمودارهای ارائه شده حاصل از مدلسازی پیامد سناریوی نشت متان از خروجی نرم‌افزار می‌توان نتیجه گرفت که در این سناریو، جدی‌ترین خطری که محوطه جایگاه گاز طبیعی و پارکینگ شهرداری که در کنار این جایگاه قراردارد را تهدید می‌کند مربوط به تابش حرارتی jet fire می‌باشد. طبق سناریوهای طراحی شده و مشاهده نقشه‌های هوایی جایگاه پارکینگ شهرداری در محل نامناسبی واقع شده است. در این بررسی میزان خطر ناشی از شکاف با طول۰/۲ و عرض۰/۰۱ متری در مقایسه با سوراخ ۰/۰۳ متری بیشتر می‌باشد. همچنین این مطالعه نشان داد که با طراحی مناسب می‌توان از بسیاری از حوادث و پیامدهای ناشی از انفجار CNG پیشگیری کرد. از جمله راهکارهای موثر جهت جلوگیری از تلفات جانی و مالی، اقدامات کنترلی پیشگیری کننده و همچنین انتخاب کردن طراحی مناسب حین تاسیس جایگاه و ادغام ایمنی برای پرسنل، تجهیزات و متعلقات است که به کمک آن می‌توان انواع ریسک فاکتورهای مربوطه را شناسایی و پیشگیری کرد. اداره حمل و نقل آمریکا (ABS: American Burea of Shipping) یک مدل مهندسی فاکتورهای انسانی/ارگونومی را پیشنهاد کرد که شامل ۴ عنصر موثر در ایمنی و کفایت در عملکرد است. این چهار عنصر حیاتی عبارتند از: مردم، محیط پیرامون، طراحی و مدیریت و سازماندهی.

از محدودیت‌های این پژوهش آن است که نتوانستیم این مطالعه را در کلیه جایگاه‌های سوخت استان اصفهان انجام دهیم اما از آن جایی که در این مطالعه و سایر مطالعات مشابه، Jet fire به عنوان بدترین و پرتکرارترین و شدیدترین پیامد ناشی از رهایش گازهای سمی و اشتعال پذیر جایگاه‌های سوخت بود لذا می‌توان نتایج این مطالعه را به کلیه جایگاه‌های سوخت استان اصفهان تعمیم داد.از آن جایی که مطالعات رهایش گازهای سمی و اشتعال پذیرCNG بسیار حادثه خیز است این مطالعه به طور تصادفی در یکی از جایگاه‌های سوختCNG استان اصفهان انجام شد که خوشبختانه با توجه به ماهیت نرم‌افزار ALOHA قابل تعمیم به سایر جایگاه های سوخت CNG است.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از تلاش‌های تیم تحقیق و همکاری‌های بخشی از جمعیت اداری یکی از ادارات استان تهران است. نویسندگان از کلیه جمعیت کارمندان اداری و حمایت ادارات

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]

استان تهران که در مراحل مختلف انجام این تحقیق، همکاری نموده‌اند، سپاس و قدردانی می‌نمایند.

مشارکت نویسندگان

طراحی پژوهش: م.ر

جمع‌آوری داده: م.ر، م.ب

تحلیل داده: م.ح.چ، ر.پ

نگارش و اصلاح مقاله: ع.م، م.ر

تضاد منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

1. Shirali GA, Nematpour L. Investigating Consequence Modeling of Methane Release at CNG Fuel Stations in Ahvaz City . Occupational Health and Engineering. 2018;2(2):77-88. [Persian]
2. Jalali A, Najarqi M. Modeling and Evaluation of Crash Consequences in Methane Storage Cylindrical Tanks: A Case Study of Shahid Hasheminejad Refinery (Khanirian-Sarakhs). scientific advancement of new process. 2017;12(58):171-61. [Persian]
3. Pourbabaki R, Karimi A, Yazdanirad S. Modeling the consequences and analyzing the dangers carbon disulfide emissions using ALOHA software in an oil refinery. Health in the field. 2018;6(3):1-9. [Persian]
4. Assessment of conventional and radiological risks for the handling of hazardous substances in a research centre. Process Safety and Environmental Protection. 2002; 80(6): 298-304.
5. Shirali GA, Asl ZM, Jahani F, Ahangar AS, Etemad SA. Modeling the Effect of Ammonia Leakage from Ammonia Reservoirs Using ALOHA Software and Developing an Emergency Response Progra m in One of Process Industries. Occupational Hygiene Engineering. 2018; 5(2):12-9. [Persian]
1.6. Alberta Health. Review of Their Derivation U, Advantages and Limitations, Protective Action Criteria Public. Health and Compliance; 2017.
7. Assari MJ, Kalatpour O, Zarei E, Mohammadfam I. Consequence modeling of fire on Methane storage tanks in a gas refinery. Occupational Hygiene Engineering. 2016;3(1):51-9.
8. Shao H, Duan G. Risk quantitative calculation and ALOHA simulation on the leakage accident of natural gas power plant. Procedia Engineering. 2012;45:352-9
9. Yet-Pole I, Shu CM, Chong CH. Applications of 3D QRA technique to the fire/explosion simulation and hazard mitigation within a naphtha-cracking plant. Loss Prevention in the Process Industries. 2009;22(4):506-15.
10. Law WP, Erain N, Ramli NI, Gimbun J. Assessment of chlorine leak dispersion around Gebeng industrial area and potential evacuation route. Atmospheric Research. 2019;216:117-29.
11. Rashid ZA, Yeong AM, Alias AB, Ahmad MA, Ali SA. Study of vapor cloud explosion impact from pressure changes in the liquefied

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]

petroleum gas sphere tank storage leakage. Materials Science and Engineering 2018;358(1): 012073. [Persian]

12. Parvini M, Kordrostami A. Consequence modeling of explosion at Azad-Shahr CNG refueling station. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2014;30:47-54.
13. Shao H, Duan G. Risk quantitative calculation and ALOHA simulation on the leakage accident of natural gas power plant. Procedia Engineering. 2012 ;45:352-9.
14. Beheshti MH, Hajizadeh RO, Mehri A, Borhani Jebeli M. Modeling the result of hexane leakage from storage tanks and planning a emergency response program in a petrochemical complex. Iran Occupational Health. 2016;13(1):69-79. [Persian]
15. Jahangiri M, Parsarad A. Determination of hazard distance of chemical release in a petrochemical industry by chemical exposure index (CEI). IOH. 2010;7(3):55-62.
16. Badri N, Nourai F, Rashtchian D. Quantitative risk assessment to site CNG refueling stations. Chemical Engineering Transactions. 2010; 19: 255.
17. Kulich M, Cáb S, Nos F, Bernatík A. Explosion risk assessments for facilities with compressed flammable gases. Transactions of the VŠB–Technical University of Ostrava, Safety Engineering Series. 2015;10(2):13-9.

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]

Modeling the Consequences of Methane Gas Expansion in a CNG Fuel Stations of Isfahan Province

Mahdieh RASTIMEHR[1], Mahshid BAHRAMI[2], Ali KARIMI[3], Reza POURBABAKI[4*]

Original Article

Received: 2019/08/14
Accepted: 2019/12/03

Citation:

RASTIMEHR M, BAHRAMI M, KARIMI A, POURBABAKI R. Modeling the Consequences of Methane Gas Expansion in a CNG Fuel Stations of Isfahan Province. Occupational Hygiene and Health Promotion 2021; 4(4): 337-350.

Abstract

Introduction: Assessment of the consequences of hazards such as fire and explosion is one of the most urgent and important steps to improve the level of safety in the current stations and those that are in the design process. The purpose of this study was to review the model of CNG Compressed Natural Gas releases and the range of damages to individuals and equipment. Moreover, we examined the observance of safe distance of this station to its surroundings.

Materials and Methods: In this study, modeling the effects of fire and explosion on the CNG fuel station in Isfahan province was performed using ALOHA software. In this model, six scenarios were designed to create a hole with a diameter of 0.03m and a gap of 0.2m and width of 0.2 m in a pressure vessel.

Results: It was observed that the toxic atmosphere was within the distance of 55 meters at a concentration of 65000 ppm. In the case of a gap, the toxic vapor cloud range could increase to 66 meters. The flammable superpower range was 89meters for the hole but 107 meters for the gap. The thermal radiation from the jet fire to the distance of 25meters was 10 kw/sqm for the hole, but the thermal radiation was 10 kw/sqm for the gap to 35meters.

Conclusion: The most dangerous scenario was the Jet Fire, which involved not only the CNG station, but also the municipal parking area. Furthermore, the thermal radiation produced by the gap was greater than the hole with regard to the involved range.

Key words: CNG fuel, Methane, Outcome modeling, ALOHA software

[1] Department of Occupational Health Engineering, School of health, Tehran University of medical sciences, Tehran, Iran
[2] Department of Occupational Health Engineering, School of health, Tehran University of medical sciences, Tehran, Iran
[3] Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[4] Department of Occupational Health Engineering, School of health, Tehran University of medical sciences, Tehran, Iran
*(Corresponding Author:yasin.babaki@gmail.com)

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443]