فصلنامه سلامت کار ایران دوره ۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰

بررسی انتشار گاز کلر از مخازن ذخیره به منظور تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری در یک صنعت پتروشیمی

سید باقر مرتضوی[۱]، مجید پارسا راد[۲]، حسن اصیلیان مهابادی[۳]، علی خوانین[۴]

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۸/۰۹ تاریخ ویرایش: ۸۹/۱۱/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۲/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: گاز کلر یکی از مواد خطرناک است که در صنایع شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. علیرغم تلاش‌های انجام شده جهت کنترل رهایش گاز کلر، رهایش ناگهانی آن در تأسیسات مربوطه رخ می‌دهد. عدم انجام اقدامات مناسب پس از انتشار این گاز می‌تواند منجر به صدمه جدی بر روی سلامت کارکنان و جمعیت ساکن اطراف ناحیه صنعتی شود. مطالعه حاضر سناریوهای انتشار گاز کلر را بررسی نموده، سطوح اضطرار را مشخص کرده و الگویی بهینه از واکنش مؤثرتر و سریع‌تر با حداقل اقدامات لازم جهت کنترل شرایط اضطراری فراهم می‌کند.

روش بررسی: در این مقاله با استفاده از مطالعه خطر و فرآیند(Hazard and Operability Study=HAZOP) و ماتریس ریسک سناریوهای ممکن انتشار گاز کلر در واحد مخازن ذخیره یک مجتمع پتروشیمی بررسی شد. سپس فواصل خطر این سناریوها با توجه به ۳-۲-۱ Emergency Response Planning Guidelineتعیین گردید. با توجه به شدت گسترش آلودگی و جمعیت در معرض خطر سناریوهای بدست آمده در چهار سطح اضطرار تعریف شده مرکز ایمنی فرآیندهای شیمیایی (Center for Chemical Process Safety=CCPS) دسته بندی شد. در نهایت برای هر دسته از سناریوها با توجه به سطح اضطرار مربوطه الگویی بهینه از برنامه واکنش در شرایط اضطراری ارائه گردید.

یافته‌ها: بر اساس نتایج این مطالعه، سناریوهای انتشار گاز کلر به دلیل انفجار فاجعه بار مخزن و نقص اسکرابر در فصل تابستان در سطح اضطرار ۴ و در فصل زمستان در سطح اضطرار ۳، انتشار گاز کلر به واسطه پارگی خطوط کلر در فصول تابستان و زمستان در سطح اضطرار ۳ و انتشار گاز کلر در نتیجه نشتی از فلنج‌ها و گسکت‌ها در سطح اضطرار ۲ از استاندارد سطوح اضطرار موسسه CCPS طبقه بندی گردید.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که آنالیز خطرات فرآیندی به صورت سیستماتیک با استفاده از روش‌های شناسایی خطرات مانند HAZOP و آنالیز پیامد می‌تواند در شناسایی حوادث احتمالی بزرگ نقش موثری داشته باشد. همچنین با دسته بندی سناریوهای رهایش در یکی از سطوح اضطرار CCPS می‌توان الگویی بهینه جهت مدیریت شرایط اضطراری انتخاب نمود.

کلیدواژه: برنامه واکنش در شرایط اضطراری، پتروشیمی، گاز کلر، سطوح اضطرار

مقدمه

علیرغم تلاش‌های فراوان کارخانجات و صنایع در جهت مدیریت ایمن مواد شیمیایی، احتمال بروز حوادث ویرانگر و کشنده همواره وجود دارد [۱]. در همین راستا سطوح و لایه های مختلفی جهت پیشگیری و تخفیف در بروز یا نتایج حاصل از یک حادثه صنعتی وجود دارد که لایه‌های حفاظتی (Lines of Protection) نامیده می‌شوند [۲]. آخرین سطح حفاظتی یک واحد فرآیندی برنامه شرایط اضطراری است. هدف از برنامه شرایط اضطراری ایجاد سازماندهی قابلیت بالای آمادگی در شرایط اضطراری جهت پیشگیری و کاهش میزان خسارت احتمالی است (شکل ۱) [۳]. در کشور ما با توسعه صنایع و نیز پتروشیمی پتانسیل بروز حوادث صنعتی بالاتر می‌رود. با در نظر گرفتن اینکه تعداد زیادی از کارکنان در محیطهایی با پتانسیل خطر انفجار و انتشار مواد سمی مشغول بکارند و همچنین مجاورت

۱- دانشیار گروه بهداشت حرفه‌ای و محیط، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای ، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. motevaghe@yahoo.com

۳- استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای و محیط، دانشگاه تربیت مدرس ، تهران، ایران.

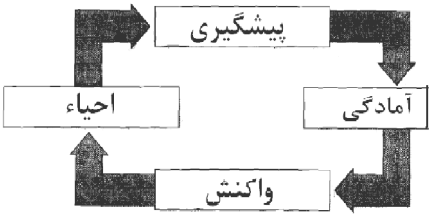
۴- استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای و محیط، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

www.SID.ir

کارخانجات پتروشیمی با یکدیگر و نیز نزدیکی با اماکن و شهرهای مسکونی به اهمیت داشتن برنامه شرایط اضطراری و آگاهی کارکنان از این برنامه در این صنعت پی می‌بریم.

در مطالعه‌ای که توسط رامابراهمن و سوامیناتان (۲۰۰۰) بر روی یک واحد ذخیره سازی کلر انجام شد، پس از مطالعه ریسک‌های فرآیندی، یک الگوی کلی برای برنامه واکنش در شرایط اضطراری ارائه گردید. الگوی ارائه شده مفید بود اما کلی بوده و سطوح اضطرار برای سناریوهای مختلف رهایش در آن مشخص نشد [۴]. همچنین ماهونی و همکاران (۲۰۰۸) الگویی را جهت مشخص نمودن مناطق انجام واکنش در شرایط اضطراری تحت عنوان مناطق داغ(Hot zone)، گرم(Warm zone) و سرد (Cold zone) با استفاده از نرم افزار Arial Location Of Hazardous Atmospheres= ALOHA) در اطراف محدوده انتشار گازهای سمی ارائه نمودند که بر پایه راهنماهای سطوح مواجهه حاد Acute Exposure Guideline) Levels= AEGLs) بود اما در مطالعه خود به وظایف گروه های مختلف در هنگام انتشار گازهای سمی اشاره‌ای نکرده بود [۵]. تسنگ و همکاران (۲۰۰۸) طی مطالعه‌ای مراحل مختلف برنامه واکنش در شرایط اضطراری در مواجهه با گاز کلر در کارخانجات فرآیندی در کشور تایوان را بررسی کردند، اما از هیچ روش ارزیابی ریسک فرآیندی استفاده نکرده و سناریوهای رهایش را مشخص نکرده بود. همچنین شعاع آسیب رسانی کلر در هنگام رهایش در محیط تعیین نشده بود [۶].

تعیین شعاع آسیب رسانی در حین بروز یک حادثه مربوط به انتشار گازهای سمی از اهمیت به سزایی برخوردار است. برای این منظور امروزه از روش‌های مدل‌سازی با استفاده از نرم افزار استفاده می‌شود. این کار جهت مشخص شدن حریم ایمن و خطر است تا بتوان در صورت وقوع چنین رویدادی افراد را از محدوده خطر دور کرده و میزان تلفات را کاهش داد. نرم افزار تحلیل خطرات فرآیندی PHAST یکی از قوی‌ترین و



شکل ۱- سیکل برنامه شرایط اضطراری

مشهورترین نرم‌افزارهای موجود در این زمینه است. 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 رهایش ناگهانی (پاف) در این نرم‌افزار قابل مدل‌سازی هستند. همچنین شرایط جوی نیز به عنوان یکی از داده‌های ورودی به این نرم‌افزار در نظر گرفته می‌شود [۷ و ۸].

در کشور ما با وجود اهمیت خطرات مواجهه با مواد شیمیایی، به طور کلی برنامه ای مدون جهت واکنش در شرایط اضطراری با توجه به ماهیت مواد مختلف و خطرات مربوطه، سطح ریسک و دامنه انتشار آن‌ها به صورتی که در حداقل زمان ممکن بیشترین اثربخشی را داشته باشد، وجود ندارد.

یکی از مواد با قابلیت بالای آسیب زایی که امروزه به صورت گسترده ای در صنعت پتروشیمی استفاده می‌شود گاز کلر می‌باشد. تعداد زیادی از حوادث بزرگ صنعتی در قرن گذشته مربوطه به انتشار این گاز سمی در محیط بوده است [۹و۱۰]. همچنین با در نظر گرفتن سطوح ERPG و (Immediately Dangerous to Life or Health=IDLH) این ماده به خطرناک بودن آن در مقایسه با مواد دیگر مورد استفاده در صنعت پتروشیمی پی می‌بریم (جدول ۱) [۶]. افراد در معرض خطر تماس می‌توانند شامل کارکنان نزدیک محل نشتی و نیز افراد عمومی جامعه باشند که در محل‌های مجاور ناحیه صنعتی سکونت دارند.

وجود واحد مخازن حاوی گاز کلر تحت فشار در پتروشیمی ماهشهر و عدم مطالعه خطرات فرآیندی این

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- مقادیر ERPG و IDLH گاز کلر

شاخص	ERPG1(ppm)	ERPG2(ppm)	ERPG3(ppm)	IDLH(ppm)
مقدار	۱	۳	۲۰	۳۰

واحد سبب شده است تا خطرات مربوط به انتشار گاز کلر و نیز طراحی برنامه واکنش در شرایط اضطراری در این واحد نادیده گرفته شود.

هدف این مطالعه بررسی سناریوهای ممکن رهایش گاز کلر در واحد ذخیره سازی یک مجتمع پتروشیمی و ارائه الگوی بهینه برنامه واکنش در شرایط اضطراری برای هر دسته از این رهایش‌ها با توجه به سطوح اضطرار تعریف شده توسط موسسه CCPS می‌باشد.

اما اقدامات لازم واکنش در هنگام بروز شرایط اضطراری با توجه به شدت حادثه، وسعت دامنه انتشار آلودگی و جمعیت در معرض خطر مشخص می‌شود. بر این اساس مرکز ایمنی فرآیندهای شیمیایی(CCPS) سطوح اضطرار را به چهار دسته یا سطح اضطرار به صورت زیر تقسیم بندی می‌کند [۱۱].

سطح اضطرار ۱: زمانی که مواد خطرناک وجود داشته یا احتمالاً وجود دارد اما نشتی، ریزش، حریق یا انفجار رخ نداده و انتظار رخداد آن نیز وجود ندارد.

سطح اضطرار ۲: زمانی که اثرات سوء شدید سلامتی وجود ندارد اما رهایش و یا حریق ممکن است توسط افراد شاغل به علت بو یا ابر ایجاد شده تشخیص داده شود و جمعیت اطراف ممکن است به آن توجه کرده و سؤالاتی را مطرح کنند.

سطح اضطرار ۳: زمانی که رهایش یا پتانسیل رهایش به عنوان عامل تهدید کننده سلامت جامعه شاغلین اطراف مطرح بوده و احتمال آن نیز به واسطه اقدامات کنترلی اعمال شده وجود داشته باشد. در این سطح، افراد واکنشگر در شرایط اضطراری شهری از موضوع آگاه خواهند شد تا در صورت لزوم اقدامات لازم در این زمینه را انجام دهند. اگر کنترل از دست رود، رهایش می‌تواند به صورت شرایط اضطراری در جامعه درآمده یا اگر کنترل موفقیت آمیز بود به سطح اضطرار ۲ کاهش یابد.

سطح اضطرار ۴: زمانی که رهایش رخ داده بتواند سبب بروز اثرات نامطلوب بر روی جامعه ساکن در اطراف ناحیه صنعتی به صورت گسترده شود. در این سطح، کلیه مسئولین مرتبط با واکنش طرح اضطراری در شهر از حادثه آگاه شده و اقدامات مناسبی را به کار می‌گیرند. در این سطح اقدامات واکنشی مناسب به جامعه اطراف تسری می‌یابد. از آنجا که در بیشتر برنامه‌های واکنش در شرایط اضطراری ارائه شده، سطوح اضطرار در نظر گرفته نشده است و برنامه واکنش به صورت کلی بیان گردیده است، معیار زمان واکنش و هزینه های مورد نیاز جهت کنترل شرایط اضطراری نادیده گرفته شده است. در این مطالعه سعی شده است تا سناریوهای رهایش گاز کلر در نظر گرفته شده، سطوح اضطرار مشخص شده و الگویی بهینه جهت واکنش سریع‌تر و مؤثرتر با حداقل الزامات لازم جهت کنترل شرایط اضطراری ارائه گردد.

روش بررسی

در یکی از مجتمع‌های پتروشیمی واقع در منطقه ماهشهر که در فرآیند تولید خود از گاز کلر استفاده می‌کند، تعداد ۴ عدد مخزن حاوی گاز کلر وجود دارد که هر کدام ظرفیت نگهداری ۵۶ تن کلر مایع فشرده را دارند. هیچ‌گونه برنامه ای جهت واکنش در شرایط انتشار گاز کلر از این مخازن وجود نداشته و اصولاً مطالعه خطری در این واحد فرآیندی انجام نگرفته است. جهت توسعه یک برنامه واکنش در شرایط اضطراری باید خطرات موجود در سایت و واحد مورد مطالعه و نیز بررسی بدترین سناریوهای ممکن مورد مطالعه قرار گیرند [۱۱]. ابتدا ارزیابی خطرات فرآیندی با روش HAZOP انجام گرفت. بدین منظور تیمی متشکل از نماینده واحدهای مهندسی فرآیند، بهره برداری، تعمیرات مکانیک، ابزار دقیق و ایمنی تشکیل شد. سپس

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- راهنمای تعیین ابعاد نشتی در سناریوهای مختلف رهایش (۱۳)

تجهیزات	ابعاد نشتی‌های مورد بررسی
لوله های با قطر کمتر از 5/1 in	5 mm و پارگی کامل
لوله های با قطر بین 2 in تا 6 in	5 mm، 25 mm و پارگی کامل
لوله های با قطر بین 8 in تا 12 in	5 Mm، 25 mm، 100 mm و پارگی کامل
مخازن	پارگی کامل خطوط ورودی و خروجی و تخلیه ناگهانی
پمپ‌ها	بسته به قطر لوله های ورودی و خروجی، نشتی از درزگیر به قطرهای 5 mm، 25 mm و 100 mm

تجهیزات فرآیندی واحد ذخیره سازی کلر بر روی نقشه‌های ترسیم خطوط و تجهیزات ابزار دقیق (Piping &Instrumentation Diagram) توسط این تیم مورد مطالعه قرار گرفته و به گره های مختلف تقسیم بندی شد. خطرات فرآیندی با توجه به کلمات راهنمای انتخاب شده در مطالعه HAZOP مشخص شد و برای پیشگیری از بروز آن‌ها پیشنهادات کنترلی ارائه گردید. به کمک این نتایج، سناریوهای انتشار گاز کلر مشخص و با استفاده از ماتریس شاخص ریسک RRI (Risk Ranking Index) برای هر کدام از سناریوها تعیین شد [۱۲]. سناریوهایی که شاخص ریسک آن‌ها غیر قابل قبول یا نامطلوب بود (RRI 1 و RRI 2) جهت شبیه سازی انتشار بکار برده شدند. داده‌هایی از قبیل ابعاد نشتی برای سناریوهای مشخص شده تعیین گردید(جدول۲) و شاخص‌های فرآیندی از قبیل دما، فشار و حجم ذخیره کلر از طریق مطالعه کتابچه فرآیند واحد مشخص شد.

مدت زمان تخلیه نیز به منظور محاسبه کامل ماده آزاد شده در محیط مورد نیاز می‌باشد. در اکثر موارد برای تعیین زمان تخلیه از مقدار ماده موجود در منبع و نرخ تخلیه آن استفاده می‌شود ولی در سایر موارد بعضی از محققان مدت زمان ۱۰ دقیقه را برای شبیه سازی انتشار پیشنهاد کرده‌اند [۱۳]. در بعضی از مطالعات، در مواردی که سیستم به ردیاب‌های نشتی و شیرهای جداکننده که از اتاق کنترل قابل بستن است مجهز باشد، مدت زمان ۳ دقیقه پیشنهاد شده است. در این مطالعه با توجه به عدم وجود سیستم‌های ردیاب در واحد فرآیندی مدت زمان تخلیه ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شد.

شدت تخلیه کلر نیز از (رابطه ۱) محاسبه شد [۱۳].

رابطه ۱. تعیین میزان دبی خروجی (شدت تخلیه) از محل نشتی

$$m^{\cdot} = C_D . A . \sqrt{\frac{2g_{c.}}{R_g} . \frac{M}{T_1} . \frac{K}{K-1} . ((\frac{P_2}{P_1})^{\frac{2}{K}} - (\frac{P_2}{P_1})^{\frac{K-1}{K}})}$$

m: دبی مواد خروجی(Kg/S)

P_1,P_2: فشار مواد قبل و بعد از خروج(KPa)

T_1,T_2: دمای مواد قبل و بعد از خروج

A: مساحت شکاف ایجاد شده (m^2)

Rg: ثابت گازها ($Pa.m^3/mole.K$)

g_c: ثابت گرانشی زمین ($N.S^2/Kg.m$)

M: جرم مولکولی گاز (Kg/mole)

k: نسبت ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت به حجم ثابت (بدون بعد) بوده که مقدار آن برای گاز کلر برابر با ۱/۳۳ می‌باشد.

در این رابطه C_D ضریب تخلیه روزنه‌ای است که مواد از آن خارج می‌شوند و A مساحت روزنه نشتی مواد است. به کمک نقشه های P& ID و با توجه به ارتفاع نصب تجهیزاتی که از آن‌ها گاز کلر به بیرون منتشر می‌شود، ارتفاع نشتی‌ها مشخص شد. حالت پایداری جوی در منطقه ماهشهر بر طبق مدل پاسکویل یعنی کلاس D در دو فصل شاخص یعنی فصول تابستان و زمستان در نظر گرفته شده و سایر پارامترهای جوی از قبیل متوسط دما، سرعت جریان باد و میزان رطوبت از طریق ایستگاه هواشناسی منطقه مشخص گردید [۱۴]. ناهمواری زمین برای ناحیه صنعتی نیز ۱ در نظر گرفته

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳- نتایج حاصل از مطالعات HAZOP در واحد ذخیره سازی کلر

ردیف	کلمه راهنما	انحراف	علل بروز	پیامد	عملکرد مورد نیاز
۱	وجود ندارد	جریان	۱. ولوهای دستی بسته شده‌اند ۲. ولوهای EDS بسته شده‌اند ۳. لوله عبور جریان بسته شده است	الف تا ج. تاخیر در شروع فرایند	دستورالعمل بهره‌برداری جهت کلیه موارد عدم جریان اصلاح شود
۲	زیاد	جریان	نشتی از فلنج	خطر سمیت	۱. اتصالات فلنجی به حداقل برسد ۲. متناسب بودن گسکت چک شود ۳. محل فعال‌سازی ESD در دو نقطه راحت و ایمن باشد.
			نشتی از ولو	خطر سمیت	۱. اتصالات فلنجی به حداقل برسد ۲. متناسب بودن گسکت چک شود
			پاره شدن خطوط کلر به واسطه ضربه	خطر سمیت	فعالیت‌های فیزیکی در نزدیکی خطوط کلر به حداقل برسد
۳	زیاد	سطح	نشانگر سطح کلر را به خطا نشان می‌دهد و گاز کلر از طریق شیر تخلیه فشار به اسکرابر می‌رود	شیر ایمنی تخلیه گاز عمل کرده و به اسکرابر تخلیه می‌شود	مقیاس‌ها را تنظیم کرده و تجهیزاتنشانگر ابزار دقیقی نصب شوند
۴	زیاد	درجه حرارت	حریق از طریق تجهیزات و تاسیسات مجاور به قسمت مخازن کلر گسترش می یابد	۱. شیرهای ایمنی مقادیر زیادی گاز کلر به اسکرابر تخلیه می‌کنند. ۲. پوسته مخازن پاره شدن و در اثر بالارفتن فشار انفجار رخ می‌دهد.	۱. آنالیز خطر انجام شود ۲. سیستم ضد حریق مخازن کلر باید بتواند حداقل ۶۰ قیقه مقابل حریق ایستادگی کند
۵	کم	سطح	معیوب بودن نشانگر دما سبب می‌شود تا تشخیص سطح کاستیک در درون اسکرابر به درستی انجام نشود و امکان دارد مقدار کاستیک موجود به ۱٪ برسد	مقادیر زیادی گاز کلر از طریق سیستم تخلیه اضطراری به محیط منتشر می‌شود-خطر مسمومیت	نصب چندین نشانگر دما بصورت موازی و تست متناوب این تجهیزات انجام شود
۶	زیاد	فشار	فشار نیتروژن بیش از اندازه شود	شیرهای ایمنی تخلیه فشار عمل کرده و گاز کلر به اسکرابر تخلیه می‌شود	سیستم کنترل فشار نیتروژن و PCV برای تخلیه مناسب انتخاب شود.
			دما بالا می‌رود.	پارگی فلنج-خطر سمیت	چندین گیج فشارسنج بر روی خطوط طویل نصب شود

شد [۱۳]. سپس داده های بدست آمده در مراحل فوق به نرم افزار PHAST داده شد. به کمک نرم افزار شعاع خطر در فواصل ERPG1-2-3 بدست آمد و فواصل بدست آمده با در نظر گرفتن مقیاس بر روی نقشه های ماهواره ای منطقه مشخص شد. با در نظر گرفتن تعاریف CCPS از سطوح اضطرار، سطوح اضطراری هر سناریوی رهایش با شاخص ریسک غیرقابل قبول و نامطلوب تعیین شد. در نهایت، الگوهای بهینه ای از برنامه شرایط اضطراری سطوح اضطرار مشخص شده تعیین گردید.

یافته‌ها

نتایج حاصل از مطالعه نقشه های P&ID و مطالعات HAZOP واحد کلر مشخص شده است. (جدول ۳).

سناریوهای رهایش با شاخص ریسک RRI1 یا RRI2 عبارت از پارگی فاجعه بار مخزن ذخیره کلر، ایجاد نقص در سیستم اسکرابر و انتشار گاز کلر به محیط، پارگی خطوط حامل گاز کلر و نشتی از ولوها و فلنج های موجود در واحد بودند (جدول ۴).

سپس مدل انتشار گاز کلر در سناریوهای فوق به کمک نرم افزار در سه سطح ERPG1، ERPG2 و ERPG3 شبیه سازی شده و شعاع هر کدام به ترتیب به صورت خطوط رنگی (سفید، خط‌چین و سیاه) با مقیاس دقیق بر روی نقشه های ماهواره ای مشخص گردید. (شکل ۲-الف و ب و جدول ۵)

سپس جمعیت شاغل و ساکنین مناطق اطراف که تحت تأثیر رهایش احتمالی گاز کلر در سناریوهای مختلف قرار خواهند گرفت مشخص شده و در نهایت

www.SID.ir

جدول شماره ۴- جدول تعیین طبقه ریسک سناریوهای محتمل رهایش گاز کلر

ردیف	پیامد	احتمال	شدت	شاخص طبقه بندی ریسک	شاخص تصمیم گیری
۱	تأخیر در شروع فرآیند	محتمل	ناچیز	RRI3	مشمول شرایط اضطراری نیست.
۲	تخلیه از طریق شیر تخلیه ایمنی به اسکرابر	محتمل	ناچیز	RRI3	مشمول شرایط اضطراری نیست.
۳	نشتی از ولو و فلنج	محتمل	بحرانی	RRI1	مشمول شرایط اضطراری است.
٤	پاره شدن خطوط حامل کلر	به ندرت	بحرانی	RRI1	مشمول شرایط اضطراری است.
٥	تخلیه از اضطراری به محیط	بعید	فاجعه بار	RRI1	مشمول شرایط اضطراری است.
٦	انفجار فاجعه بار مخازن کلر	به ندرت	فاجعه بار	RRI2	مشمول شرایط اضطراری است.

۵ – فواصل ERPG1-2-3 در بررسی سناریوهای محتمل با ریسک غیر قابل قبول و نامطلوب

ردیف	سناریو	فصل	شعاع محدوده ERPG از محل مخازن ذخیره کلر (km)			جمعیت در معرض مواجهه (نفر)	سطح اضطرار		
			ERPG1	ERPG2	ERPG3		۲	۳	٤
۱	پارگی فاجعه بار مخزن	تابستان	۱۱	٦/٥	۳	۱۷٥۰۰۰			✓
۲	پارگی فاجعه بار مخزن	زمستان	٤	۲/٥	۱/٥	۱۱٦۰۰		✓	
۳	تخلیه از طریق اسکرابر به محیط	تابستان	۹	٥/۲	۲/۲	۱۷٥۰۰۰			✓
٤	تخلیه از طریق اسکرابر به محیط	زمستان	٥/۱	٤/۷	۱/۸	۱۱٦۰۰		✓	
٥	پارگی خطوط کلر	تابستان	۲/۱	۱	۰/۲٥۰	۱۱٦۰۰		✓	
٦	پارگی خطوط کلر	زمستان	۰/۹۰۰	۰/۷۰۰	۰/۲۰۰	۱۷۸۰		✓	
۷	نشتی از طریق فلنج	تابستان	۰/۲۲٥	۰/۱٥۸	۰/۰٦۳	٤۹۰	✓		
۸	نشتی از طریق فلنج	زمستان	۰/۱۹۲	۰/۱۲۳	۰/۰٤٤	٤۹۰	✓		

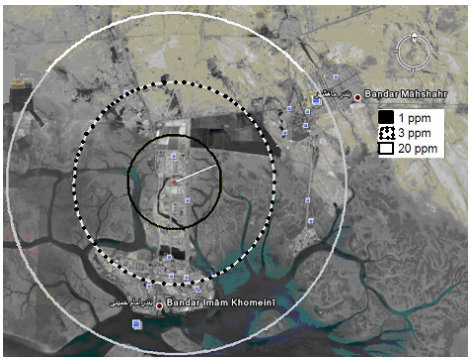
سطوح اضطرار با توجه به تعاریف استاندارد موسسه CCPS مشخص شدند (جدول ۵).

بحث

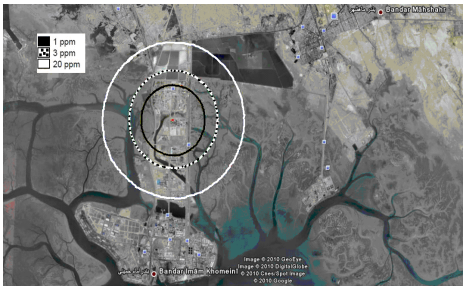
روش ارزیابی خطرات در این مطالعه به صورت ترکیبی از روش‌های کیفی و کمی شامل مطالعه HAZOP، استفاده از ماتریس ریسک و استفاده از روش آنالیز پیامد به کمک نرم افزار سبب گردید تا ضمن شناسایی خطرات فرآیندی واحد، سناریوهای مختلف انتشار بررسی و برای هر کدام برنامه واکنش در شرایط اضطراری طراحی شود.

فواصل خطر با توجه به سطوح ERPG تعیین گردید. فاصله ERPG1، ERPG2 و ERPG3 برای انفجار فاجعه بار مخزن در فصل تابستان ۱۱ کیلومتر، ۶/۵ کیلومتر و ۳ کیلومتر، در فصل زمستان به ترتیب ۴ کیلومتر، ۲/۵ کیلومتر و ۱/۵ کیلومتر، برای سناریوی نقص در سیستم اسکرابر در فصل تابستان به ترتیب برابر با ۹ کیلومتر، ۵/۲ کیلومتر و ۲/۳ کیلومتر و در فصل زمستان برابر با ۵/۱ کیلومتر، ۴/۷ کیلو متر و ۱/۸ کیلومتر است. در مورد پارگی خطوط حاوی کلر این فواصل در فصل تابستان به ترتیب ۲/۱ کیلومتر، ۱ کیلومتر، ۰/۲۵۰ کیلومتر و در فصل زمستان به ترتیب ۰/۹۰۰ کیلومتر، ۰/۷۰۰ کیلومتر، ۰/۲۰۰ کیلومتر تعیین شد. (جدول ۶) علت افزایش فواصل خطر در فصل تابستان نسبت به زمستان این است که در فصل تابستان لایه های سطحی جو که در مجاورت سطح زمین قرار دارند تقریباً دمایی برابر با لایه های فوقانی جو داشته و بنابراین جوی پایدارتر نسبت به زمستان

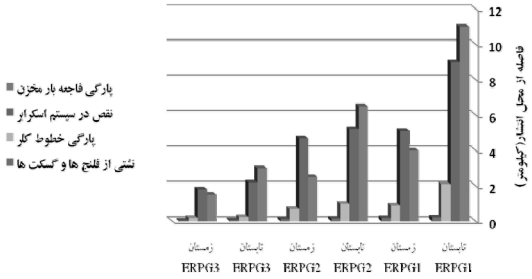
www.SID.ir



شکل ۲ – الف– خطوط ERPG1-2-3 در نتیجه انفجار فاجعه بار مخزن حاوی کلر در فصل تابستان



شکل ۲ – ب– خطوط ERPG1-2-3 در نتیجه انفجار فاجعه بار مخزن حاوی کلر در فصل زمستان



نمودار ۱– نمودار مقایسه حریم خطر در سطوح ERPG1-2-3 در سناریوهای غیرقابل قبول و نامطلوب رهایش در واحد ذخیره سازی کلر

حاکم است اما در فصل زمستان دمای لایه های نزدیک به زمین که حرارت زمین را که با تابش نور خورشید حاصل شده به خود گرفته‌اند با دمای لایه های فوقانی جو تفاوت بیشتری داشته و بنابراین جوی ناپایدارتر نسبت به تابستان حاکم است و همان‌طور که می‌دانیم در جو پایدارتر میزان گسترش گازهای سنگین بسیار بیشتر از جو ناپایدار است، زیرا حرکت جریان هوا در محور عمود بر سطح زمین کم بوده و توده آلودگی در محور افقی گسترش بیشتری پیدا می‌کند [۱۳].

نتایج این مطالعه نشان داد که حریم خطر در سطوح ERPG1-2-3 در انفجار فاجعه بار مخزن در فصل تابستان بیشتر از سناریوی رهایش ناشی از نقص در سیستم اسکرابر بوده و برعکس در فصل زمستان حریم خطر در سطوح ERPG1-2-3 ناشی از نقص در سیستم اسکرابر بیشتر از سناریوی انفجار فاجعه بار مخزن است. (نمودار ۱) بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که رهایش ناگهانی و توده‌ای[۱] (پاف) در تابستان گسترش بیشتری نسبت به رهایش پیوسته[۲] (پلوم) دارد و برعکس در فصل زمستان رهایش به صورت پلوم گسترش بیشتری نسبت به رهایش نوع پاف دارد. ذکر این نکته حائز اهمیت است که گسترش توده پاف در هر دو راستای عمود و افقی از محل رهایش، گسترش نسبتاً یکسانی دارد و در شرایط ناپایداری بیشتر (فصل زمستان) حرکت توده پاف کلر (سناریوی انفجار فاجعه بار مخزن) در راستای عمود بر سطح زمین به دلیل تبادلات جوی عمودی بیشتر در این شرایط، گسترش بیشتری نسبت به پلوم آن (سناریوی نقص سیستم اسکرابر) دارد. این بدان معناست که توده پاف گاز کلر (سناریوی انفجار مخزن) در جو پایدارتر (فصل تابستان) به دلیل عدم وجود تبادلات جوی عمودی گسترش بیشتری در جهت افقی نسبت به پلوم آن (سناریوی نقص سیستم اسکرابر) دارد.

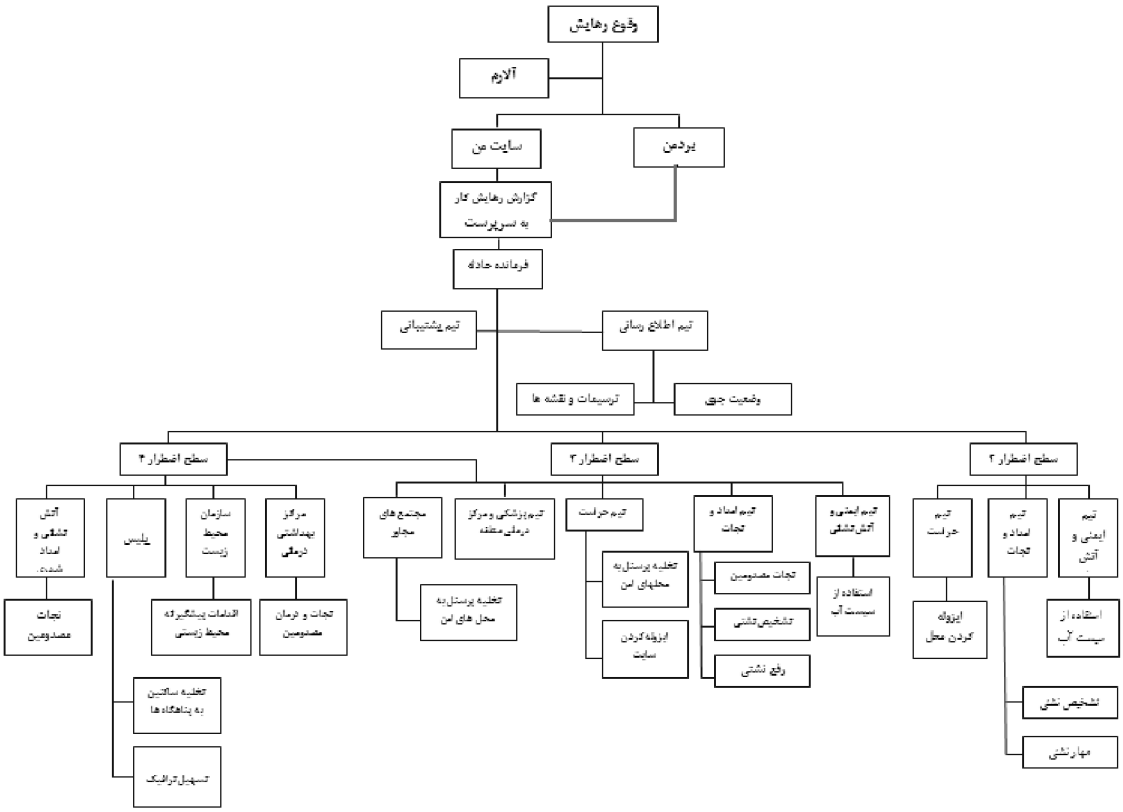
از آنجا که اولین گام در تعیین نیاز تخلیه منطقه تخمین تعداد افراد در معرض خطر می‌باشد تعداد ساکنین در معرض مواجهه با گاز کلر در سناریوهای مختلف رهایش مشخص شد [۱۵].

---

[۱] . رهایش توده‌ای شامل رهایش گاز یا بخارات از یک منبع به صورت ناگهانی می‌باشد به شکلی که توده ای گرد یا کروی از بخار یا گاز در هوا تشکیل شود که معمولا کل این توده از یک مکان به مکان دیگر حرکت می کند.

[۲] . رهایش پیوسته شامل رهایش گاز یا بخارات از یک منبع به صورت پوسته می باشد به صورتی که آلودگی از محل نشت تا نقاط دورتر امتداد پیدا می کند.

Archive
www.SID.ir



شکل۴. فلودیاگرام واکنش در شرایط اضطراری در سطوح اضطرار سناریوهای رهایش غیرقابل قبول و نامطلوب در واحد کلر

ساکنین در معرض خطر مواجهه با گـاز کلـر در حـد ERPG1 در هنگام انفجار فاجعه بار مخزن و نقص در سیستم اسـکرابر در فصـل تابسـتان ۱۷۵۰۰۰ نفـر و در فصل زمستان ۱۱۶۰۰ نفر بود. همچنین تعـداد افـراد در معرض خطر مواجهه در سـناریوی پـارگی خـط کلـر در تابستان ۱۱۶۰۰ نفر و در فصل زمستان ۱۷۸۰ نفـر بـود. سناریوی نشتی از فلـنج در فصـول تابسـتان و زمسـتان تهدید کننده ۳۹۰ نفر از کارکنـان اطـراف محـل نشـتی می‌باشد. (جدول ۷) بر طبق مطالعات جائو جیا هورنگ و همکاران (۲۰۰۵) ساکنین مناطقی که غلظت گاز کلر در آنجا حداکثر تا ppm ۳ (شـعاع خطـر ERPG2 کلـر در جدول) می‌رسد و فرصت فرار بـه مکـان‌هـای دورتـر را ندارند می‌توانند در پناهگاه‌های تعبیه شـده در محـل بـا فشار هوای مثبت یا در نقاط مرتفع پناه بگیرند [۱۶].

نتایج این مطالعه نشان مـی‌دهـد کـه وجـود برنامـه شرایط اضطراری نه به صورت کلی بلکه به شکلی که با صرف بهینه وقت و هزینه، بـالاترین اثربخشـی لازم را داشته باشد امری الزامی است. سـطح اضـطرار ۲ بـرای سناریوی نشتی از فلنج و گسکت در فصـول تابسـتان و زمستان مشخص شد که در این حالت تنهـا کارکنـان در کارخانه مورد مطالعه بایستی از محل تخلیه شـوند تـا در معرض مواجهه با گاز کلر قرار نگیرند. سطح اضـطرار ۳ برای سناریوهای پارگی فاجعـه بـار مخـزن و نقـص در سیستم اسکرابر در فصل زمستان و نیز پـارگی خطـوط کلر در فصول زمستان و تابستان تعیین شد و این بـدین معناست که در هنگام رهایش با سناریوهای فـوق کلیـه ساکنین کارخانجات مجاور باید از منطقـه خـارج شـوند. همچنین اطلاع رسانی به مجتمع‌های اطراف نیز انجـام می‌گیرد و تیم پزشکی نیز وارد عمـل مـی‌شـود در ایـن مرحله تیم امداد و نجات جهت نجات افراد صدمه دیـده نیـز وارد عمـل مـی‌شـوند. سـطح اضـطرار ۴ بـرای سناریوهای پارگی فاجعه بار مخزن و نقـص در سیسـتم

www.SID.ir

اسکرابر در فصل تابستان مشخص شده است زیرا علاوه بر کارکنان منطقه، جامعه مسکونی اطراف (ساکنین شهرهای ماهشهر و بندر امام خمینی و روستاهای اطراف) را نیز در معرض مواجهه با گاز کلر قرار می‌دهد. در این مرحله علاوه بر گروه های درگیر در سطح اضطرار ۳ باید مراکز بهداشتی درمانی شهری، پلیس، سازمان محیط زیست و خدمات آتش نشانی و امداد شهری نیز جهت واکنش شرایط اضطراری وارد عرصه شوند. در الگوی ارائه شده (شکل ۴) سعی شده است تا حداقل تیم‌ها و گروه‌های درگیر در برنامه واکنش در شرایط اضطراری شرکت کرده که این امر به افزایش سرعت عمل ایشان به منظور کنترل هرچه سریع‌تر و مؤثرتر شرایط اضطراری کمک می‌کند.

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد:

۱. بررسی مدل انتشار گاز کلر و تعیین فواصل خطر بر مبنای ERPG1، ERPG2 و ERPG3 به عنوان شاخصی مناسب در تصمیم گیری جهت قرار گرفتن سناریوهای رهایش گاز سمی کلر در سطوح اضطرار می‌باشد.

۲. در بررسی سناریوهای انتشار گاز کلر از واحد مخازن ذخیره مشخص شد که امکان بروز سطوح اضطرار ۲، ۳ و ۴ وجود دارد.

۳. سطوح اضطرار مبنای خوبی جهت تصمیم گیری در مورد اقدامات و تیم‌های مداخله کننده در برنامه واکنش در شرایط اضطراری است.

منابع

1- Center for Chemical Process Safety.Guidlines for Technical Planning for on-site Emergencies. New York: AIChE.1995; P5.

2- Franks Andrew. Lines of Defence/Layers of Protection Analysis in the COMAH Context. [2]. Available at. www.hse.gov.uk/research/misc/vectra.

3- Guidlines for Technical Planning for on-site Emergencies. Center for Chemical Process Safety. New York: AIChE. 1995; P.4-11.

4- Boppana V Ramabrahmam, G. Swaminathan. Disaster management plan for chemical process industries. Case study: investigation of release of chlorine to atmosphere. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2000; (13): 57-62.

5- O'Mahony Mary T, Doolan Donal, O'Sullivan Alice, Hession Michael. Emergency planning and the Control of Major Accident Hazards (COMAH/Seveso II) Directive. Journal of Hazardous Materials. 2008; (154):355-356.

6- Tsenga J M, Liub M Y, Chang R H, Sud J L, Shu C M. Emergency response plan of chlorine gas for process plants in Taiwan. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2008; (21): 393-399.

7- Fullwood R Ralph. Probabilistic Safety Assessment in the Chemical and Nuclear Industrie. Elsevier Inc,2000; P.358.

8- Pandya Nishant, Marsden Eric, Floquet Pascal, Gabas Nadine. Sensitivity analysis of a model for atmospheric dispersion of toxic gases. Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle.2008;1143-1144.

9- Khan I, Rani J, Abbasi S . Accident simulation as a tool for assessing and controlling environmental risks in chemical process industries: A case study. Korean J Chem Eng .1998;15(2): 124-135.

10- Gangopadhyaya R K, Dasa S K, Mukherjee M. Chlorine leakage from bonnet of a valve in a bullet . Journal of Loss Prevention in the Process Industries 2005 .; 18 : 526-530.

11- Center for Chemical Process Safety, Guidlines for Technical Planning for on-site Emergencies, second edition, New York: AIChE1995;P.192.

12- Center for Chemical Process Safety, Guidlines for Technical Planning for on-site Emergencies, second edition, New York: AIChE, 1995; P. 49.

13- Center for Chemical Process Safety. Guidelines for chemical process Quantitative Risk Analysis, second edition. New York: AIChE. 2000; p. 57-153.

14- Iran meteorological organization, available at www.irimo.ir.

15- Urbanik T. Evacuation time estimates for nuclear power plants.Journal of Hazardous Materials, 2000;75: 165-180.

16- Horng Jao Jia,Lin Yi Shu, Chi MinTsai. Using consequence analysis on some chlorine operation hazards and their possible effects on neighborhoods in central Taiwan. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2005;18:474-480.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of chlorine dispersion from storage unit in a petrochemical complex to providing an emergency response program

S.B. Mortazavi [1], M. Parsarad [2], H. Asilian Mahabadi [3], A. Khavanin[4]

Received: 2010/10/31 Revised: 2011/01/23 Accepted: 2011/05/11

Abstract

Background and aim: Chlorine gas is a dangerous material that is used in chemical industries. In spite of the attempts for chlorine gas release control, sudden releases still occur in the related installations. Not taking proper emergency measures after chlorine gas dispersion may result in serious harm to health of the personnel and the people residing around the industrial area. The present study considers chlorine gas dispersion scenarios, determines emergency levels and presents an optimized pattern for more effective and faster response with the least required measures for emergency conditions control.

Method: In the present paper by using Hazard and Operability Study (HAZOP) and risk matrix the possible scenarios of chlorine gas dispersion in storage tanks unit of a petrochemical complex were considered. Then the intervals of these scenarios were determined with a view to Emergency Response Planning Guideline 1-2-3. With a view to the intensity of pollution extension and the population exposed to risk the scenarios were classified in the four emergency levels defined by Center for Chemical Process Safety (CCPS). Finally for each class of scenarios with a view to the related emergency level an optimum pattern of response plan in emergency conditions was presented.

Results: On the basis of the results of this study, chlorine gas dispersion scenario of the catastrophic explosion of the tank and scrubber system failure in the summer was classified in emergency level 4, in the winter in emergency level 3, chlorine gas dispersion due to chlorine lines rupture in the summer and winter in emergency level 3 and chlorine gas dispersion due to leakage of flanges and gaskets in emergency level 2 according to emergency levels of CCPS.

Conclusion: The results of this study showed that systematic process risks analysis by use of risks recognition methods such as HAZOP and consequence analysis may have an effective role in recognition of the possible major events. Also by classification of release scenarios in CCPS emergency levels, we can select the best pattern for emergency conditions management.

Keywords: Emergency response Planning, Petrochemical, Chlorine, Emergency Levels.

1. Tarbiyat Modarres University, Occupational Health Department, Tehran, Iran.
2. **Corresponding author**, Tarbiyat Modarres University, Occupational Health Department, Tehran, Iran. motevaghe@yahoo.com
3. Tarbiyat Modarres University, Occupational Health Department, Tehran, Iran.
4. Tarbiyat Modarres University, Occupational Health Department, Tehran, Iran.

Archive of SID
www.SID.ir