هفتمین کنفرانس بین‌المللی
مهندسی قابلیت اطمینان و ایمنی

بررسی مخاطره های انتشار گاز کلر در ایستگاه کلر زنی آبفا ایستگاه آبادان با استفاده از نرم افزار Aloha و Marplot

داریوش نوری بخش و غلامرضا راشد

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی ایمنی و بارزسی ، دانشگاه صنعت نفت، آبادان، ایران، dariushnouribakhsh@gmail.com
۲- دانشیار، دانشگاه صنعت نفت، آبادان، ایران ، g.rashed@put.ac.ir

چکیده

کلر گازی سمی و اکسید کننده است که در ایران برای تصفیه آب آشامیدنی از آن استفاده می شود، بررسی نکردن تأثیر نشت گاز یا انفجار مخزن ممکن است آسیب های جبران ناپذیری به کارکنان و ساکنان اطراف ایستگاه وارد آورد. تا کنون پژوهشی درباره این مسئله در شهر آبادان صورت نگرفته است. در این تحقیق، انتشار گاز کلر از مخزن هزار لیتری در مقدار ۱ تن و ۱,۵ تن ایستگاه کلرزنی آبادان بررسی شده است. برای این کار بـا استفاده از نرم افزار Aloha به بررسی نحوه میزان سرعت انتشار و محدوده‌های مختلف خطر و جمعیت در معرض مخاطره پرداخته شده است. بررسی ها نشان می دهد که انتشار گاز در صورت آسیب دیدن شیر یک اینچی خروجی ،مخزن ممکن است تا شعاع ۲ کیلومتری کشنده و تا شعاع ۶,۲ کیلومتری مؤثر باشد و تا ۱۰ کیلومتری حس شود. با توجه به امکان وقوع حادثه و محل قرارگیری ایستگاه در جهت باد، آسیب رسیدن به تعداد زیادی از شهروندان ساکن در شعاع ۵ کیلومتری ایستگاه محتمل است. از این رو کارهای مؤثری همچون آگاهی رساندن به ساکنان، افزایش آگاهی کارکنان و نیروهای امدادی، نصب اسکرابر مناسب و افزایش سطح ایمنی ایستگاه ضرورت دارد.

واژه‌های کلیدی: گاز کلر، ایستگاه، آبادان، محدوده خطر، سرعت انتشار

مقدمه

نشت مواد شیمیایی تهدیدی جدی برای کیفیت هوا و ایمنی ساکنان نزدیک محل نشت، با وجود تلاش فراوان کارخانه ها و صنایع برای مدیریت ایمن مواد شیمیایی، بروز حوادث ویرانگر و کشنده همواره محتمل است. بروز حوادث در بسیاری از موارد، پیش بینی پذیر نیست و نمی توان از آنها اجتناب ورزید. آمادگی برای پاسخ به این بحران‌ها در زمان و مکان بروز، مستلزم شناخت و ارزیابی مکان‌های پرخطر است بروز حادثه در نقاط پرتراکم، دامنه تأثیرات مخرب گسترده‌تری را در جامعه به همراه دارد. نخستین تأثیر حادثه، در محل بروز و محیط اطراف آن مشاهده خواهد شد. خسارت‌های ناشی از این حوادث به حد گسترش آنها بستگی دارد و پاسخ مناسب به این شرایط نیازمند هماهنگی مناسب افراد و مؤسسات محلی است. این کار زمانی ممکن خواهد بود که آگاهی جامعه از احتمال خطر و نیاز به آمادگی متقابل برای مقابله با آن افزایش یابد.

در ایران با توجه به اهمیت خطرهای مواجهه با مواد شیمیایی و تأثیرات ویرانگر آن، برنامه ای مدون برای واکنش در شرایط اضطراری و سطح ریسک و دامنه انتشار آنها به صورتی که در کمترین زمان ممکن بیشترین اثر بخشی را داشته باشد، در دسترس نیست. یکی از مواد بسیار آسیب‌زا که امروزه کاربرد گسترده ای در صنعت دارد گاز کلر است. تعداد زیادی از حوادث بزرگ صنعتی در قرن گذشته مربوط به انتشار این گاز سمی در محیط بوده است. کلر در ساخت مواد پلاستیکی یا مواد دیگر و نیز در تصفیه آب و فاضلاب، ساخت مواد سردکننده و براق کننده، حشره کش‌ها، داروها، ضدعفونی کننده ها، سفیدکننده ها و دیگر

محصولات مصرفی به کار گرفته می شود. یکی از موارد انتشار گاز کلر در ایران در شهر دزفول و در مرداد ۱۳۹۶ بود که نشت گاز از سیلندرهای شرکت آبیاری قدیم به حادثه انجامید. این حادثه ۵۰۹ مصدوم بر جای گذاشت. بنابراین در صورت امکان باید به جای کلرزنی، از شیوه تصفیه با ازن که روشی مدرن بی‌خطر و مؤثرتر است استفاده شود. ازن به دلیل داشتن خواص ویژه، نزدیک به یک قرن است که در کشورهای اروپایی به عنوان گندزدا در آب آشامیدنی استفاده می.شود ازن اولین بار در سال ۱۸۹۳ در کشور هلند و برای تصفیه خانه ای که از آب رودخانه راین تغذیه می کرد به کار گرفته شد. امروزه بیش از هزار تصفیه خانه آب از ازن به عنوان بخشی از تصفیه شیمیایی استفاده می کنند که اغلب آنها در کشورهای غربی به ویژه فرانسه، سوئیس و کانادا قرار دارند. بزرگترین تأسیسات گندزدایی با ازن در پاریس و مونترال به کار گرفته شده است.

انتشار کلر در محیط می‌تواند به دلیل دو عامل غیر عمدی نقص فنی در فرایند، سوراخ شدن مخازن تحت فشار یا اختلاط مواد شیمیایی دیگر با کلر به دلیل اطلاع نداشتن از خواص آن یا عملیات عمدی تروریستی و خرابکارانه صورت گیرد از این رو برای کاهش این مخاطرات باید راه چاره ای جست. یکی از راهکارها مدل سازی به وسیله نرم افزار است که روشی سریع و دقیق برای پیش بینی حد گسترش دامنهٔ رهایش مواد و شبیه‌سازی پیامدهای آن است. از آنجا که مدل‌های ریاضی موجود برای مدل سازی، پیامد دارای محاسباتی پیچیده و بسیار زمان بر هستند به کارگیری نرم افزارهای شبیه سازی در این مرحله اهمیت خاصی پیدا می‌کند و به دلیل اینکه ارزیابی پیامد خطرهایی همچون رها شدن مواد شیمیایی پرخطر در محیط از ضروری‌ترین و اصلی ترین مراحل افزایش ایمنی در واحدهای موجود یا در حال طراحی است، اهمیت استفاده از نرم افزاری با قابلیت‌های بیشتر دوچندان می شود هدف از ارزیابی پیامد، تعیین شدت خطرها و تلفات احتمالی ناشی از حوادث آتش سوزی، انفجار و پخش مواد سمی است.

پس از مدل سازی حوادث احتمالی در یک فرایند، نوبت به ارزیابی آثار و پیامدهای آن حوادث می‌رسد این حوادث را می توان به دو دسته پیامدهای ناشی از سمی بودن مواد رها شده در محیط و پیامدهای ناشی از انفجار این مواد تقسیم کرد. یکی از اطلاعات لازم در ارزیابی پیامد حوادث فرایندی معیارهای آسیب پذیری است که با استفاده از آنها، پس از مرحله مدل سازی سناریو برای تحلیل شدت آسیب‌های محتمل باید هر یک از پیامدها را با استانداردهای بیانگر شدت آسیب مقایسه کرد.

منطقه

با توجه به قرارگیری مخزن گاز کلر در نزدیکی شهر آبادان و موقعیت آن که در جهت باد بیشتری از شهرها است بررسی امکان نشت این گاز به شدت سمی و خطرناک ضرورت دارد به همین منظور هدف از این، تحقیق بررسی سناریوهای ممکن رهایش گاز کلر در ایستگاه کلرزنی آبفا است یکی از حوادث بسیار محتمل، امکان شکستن و نشت گاز از لوله های با قطر یک اینچ خروجی مخزن است. در این، تحقیق به بررسی وقوع این اتفاق در فصل زمستان پرداخته شده است.

پیشینه تحقیق

در طی سالهای اخیر بررسی‌هایی در زمینه انتشار کار صورت گرفته است. به عنوان مثال راما براهمن و سوامیناتان (۲۰۰۰) بر روی یک واحد ذخیره سازی کار تحقیقی انجام دادند. از مطالعه ریسک‌های فرایندی الگویی کلی برای برنامه واکنش در شرایط اضطراری ارائه شد. الگوی ارائه شده مفید، اما کلی بود و سطوح اضطرار برای سناریوهای مختلف رهایش در آن مشخص نشد[۱].

هورنگ و همکاران (۲۰۰۵) در مقاله ای از تحلیل پیامد در زمینه برخی خطرهای عملیات کلر و اثرهای احتمالی آن‌ها بر محله ها در مرکز تایوان استفاده کردند. یافته ها نشان داد که سیستم‌های کاهش چندلایه و محدودیت‌های عملیاتی باید به منظور اعمال اقدامات و حفاظت دقیق‌تر اجرا شوند. با این حال هیچ تنظیم خاصی برای کارخانه‌های کلرین در مکان های مختلف مانند پارک‌های صنعتی یا مناطق مسکونی وجود نداشت [۲].

آدوندریو و همکاران (۲۰۰۶) انتشار کلر را در مقیاس کوچک و به طور تجربی آزمایش کردند و سپس به مدلسازی نتایج به دست آمده با سه نوع مدل انتشار اعم از دو مدل باکس و یک مدل گوسی پرداختند[۳].

ماهونی و همکاران (۲۰۰۸) الگویی را برای مشخص کردن مناطق انجام گرفتن واکنش در شرایط اضطراری با عنوان مناطق داغ ، گرم و سرد با نرم افزار Hazardous (Arial Location Of ALOH) در اطراف محدوده انتشار گازهای سمی ارائه کردند که برپایه راهنماهای سطوح مواجهه حاد بود [۴].

تسنگ و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی مراحل مختلف برنامه واکنش در شرایط اضطراری و مواجهه با گاز کلر در کارخانه‌های فرایندی در تایوان را بررسی کردند، اما از هیچ روش ارزیابی ریسک فرایندی استفاده نکردند سناریوهای رهایش را مشخص نکردند و شعاع آسیب رسانی کلر در هنگام رهایش در محیط تعیین نشده بود [۵].

جواد عدل و همکاران (۱۳۸۶) به ارزیابی خطر نشت گاز کلر در ایستگاه‌های کلرزنی آب آشامیدنی شهر تهران با روش تجزیه و تحلیل درخت خطا پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که با اصلاح ایرادهای اساسی ایستگاه‌ها یا طراحی این ایستگاه ها بر مبنای استاندارد، احتمال وقوع حادثه کاهش چشمگیری می‌یابد [۶].

صالحی آرتیمانی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله ای به مدل سازی و ارزیابی ریسک انتشار گاز کلر در تصفیه خانه های آب پرداختند نتایج این تحقیق نشان داد که بهترین راهکار کاهش خطر انتشار مکان‌یابی مناسب و تغییر شیوه تصفیه آب از روش کلرزنی به روش تصفیه با ازن است[۷].

بررسی تحقیقات پیشین مشخص کرد که پژوهشی در خصوص مخاطرات انتشار گاز کلر در شهر آبادان انجام نگرفته است؛ از این رو در این پژوهش تلاش شد با استفاده از نرم افزار Aloha و Marplot گردآوری داده‌های مربوط، مخاطرات انتشار گاز کلر از ایستگاه کلرزنی آب شهر آبادان بررسی شود.

محدوده تحقیق

این پژوهش در شهر آبادان موقعیت جغرافیایی این شهر در طول ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه و با بلندای ۳ متر از سطح دریا و با پهناوری ۲۷۹۶ کیلومتر مربع است. حدود آبادان از شمال به شادگان، از خاور و جنوب به خلیج پارس از جنوب غرب و غرب به کشور عراق که حد فاصل مرز طبیعی را رودخانه اروند تشکیل می‌دهد و از شمال غربی به خرمشهر محدود می‌شود[۸] (شکل ۱).

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهر آبادان

آبادان در دشت واقع شده‌است و به‌علت همسایگی با صحراهای بزرگ و سوزان نظیر صحرای بزرگ عربستان و عراق، در مجموع هوای گرم و بیابانی دارد. حداقل درجه حرارت آن در سال ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد است. ایام یخبندان آن حداکثر در طول سال نه روز است. بادهای سرد شمال که بیشتر در فصل زمستان به این منطقه می‌وزند، گاهی میزان دما را به صفر نزدیک می‌کنند و گاهی بادهای شمال غربی هم همراه با رطوبت مدیترانه، باعث ریزش نزولات جوی نسبتاً زیادی می‌شود. حداکثر گرما در آبادان بیش از ۵۰ درجه و شدت آن از تیر تا پایان شهریور ماه است. اختلاف گرمای شب و روز ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد و آب‌و هوای متغیر و غیرقابل پیش‌بینی دارد.

جنوبی‌ترین نقطه خوزستان هفت درجه از مدار رأس‌السرطان بالاتر است از این رو اقلیمی مشابه با مناطق استوایی دارد. خوزستان از زمان‌های قدیم به داشتن هوای گرم معروف بوده‌است و آبادان نیز که شهری از شهرهای جنوبی خوزستان است، از این ویژگی مانند سایر شهرهای جنوبی استان برخوردار بوده‌است. در برخی از کتاب‌ها از آن به‌عنوان شهری که فاقد زمستان است نام برده‌اند، حتی برخی منابع، آبادان را تنها دارای دو فصل تابستان و پاییز می‌دانند. محمد بن احمد شمس‌الدین المقدسی در احسن التقاسیم آن را «اقلیم حاره» خوانده‌است. اما واقعیت این است که آبادان به‌علت قرارگرفتن در کنار اروندرود، رود بهمن‌شیر و رود کارون و به‌طورکلی در جوار خلیج فارس دارای تابستانی بسیار گرم و زمستانی معتدل است.

پراکندگی فشار هوا در آبادان در طی سال، به دو صورت مشخص فصلی در می‌آید. بدین‌ترتیب در آخر فصل پاییز و آغاز زمستان (آذر، دی، بهمن) که درجه گرما پایین است، میزان فشار جو به حداکثر خود می‌رسد و در تابستان (خرداد، تیر، مرداد) که درجه گرما بالا است، فشار هوا به حداقل کاهش می‌یابد.

براساس سرشماری سال ۱۳۹۰ جمعیت فعلی شهر آبادان ۲۲۰،۰۰۰ نفر و جمعیت شهرستان ۳۰۰،۰۰۰ نفر می باشد.

مواد و روش به منظور بررسی خطرهای انتشار گاز کلر و محاسبات نحوه انتشار، میزان پراکندگی و شعاع آسیب رسانی، به جمع آوری داده‌هایی شامل خواص فیزیکی و شیمیایی گاز کلر، وضعیت آب و هوایی منطقه، اطلاعات محل ذخیره سازی و استفاده از گاز نوع مخزن ذخیره سازی شکل، اندازه و ظرفیت مخزن نیاز است. ابتدا اطلاعات آب و هوایی منطقه از طریق سالنامه آماری سازمان هواشناسی استخراج سپس با مراجعه به محل، ایستگاه اطلاعات مربوط به محل مخزن و نوع آن جمع آوری شد. از آنجا که مدل‌های ریاضی موجود برای مدل سازی پیامد دارای محاسباتی پیچیده و بسیار زمانبر هستند به کارگیری نرم افزارهای شبیه سازی در این مرحله اهمیت خاصی پیدا می کند. ALOHA یکی از نرم افزارهای در زمینه بررسی انتشار آلاینده ها در محیط است. ایـــن نرم افزار را سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برای مدل

سازی حوادث ناشی از رهایش مـــواد سمی و منفجره یا آتش سوزی و انفجار و پیامد آنها عرضه کرده است. نرم افزار دارای بانک اطلاعاتی بسیار غنی اطلاعات بیش از هزار ماده شیمیایی و محیطی ساده برای جلوگیری از اشتباهات کاربر است از قابلیت‌های دیگر آن می توان به امکان ارتباط با دیگر نرم افزارها همچون Google Earth GIS و دسترسی سریع به اطلاعات شیمیایی مواد و ارائه دستورالعمل‌های استاندارد نحوه مواجهه با شرایط بحرانی ناشی از انتشار مواد مختلف اشاره کرد. در ادامه به منظور مدل سازی نحوه انتشار سرعت انتشار میزان پراکندگی و شعاع اثرگذاری، از این نرم افزار مفید و کاربردی بهره برداری شد که یک روش سریع و دقیق برای پیش بینی میزان گسترش دامنه رهایش مواد و شبیه سازی پیامدهای آن است.

اطلاعات محل ایستگاه ذخیره سازی و استفاده از گاز

ایستگاه در اتاقی کوچک و در محیطی قرار دارد که اطراف آن هیچ ساختمان یا درختی نیست. قطر کپسول ۰٫۸ متر و طول آن ۱٫۸ متر است که به شکل یک استوانه خوابیده است. این کپسول حاوی مقدار ۱ تن و ۱٫۵ تن کلر است که در حالت مایع قرار دارد و در دمای محیط نگهداری می شود. نشتی در قطر لوله خروجی مخزن یک اینچ است که در ارتفاع چهل سانتی متری از کف مخزن قرار دارد.

معیارهای سنجش شدت خطر تماس با مواد خطرناک

تماس با گاز کلر در غلظت PPM ۱۴-۱۲ به مدت نیم ساعت تا یک ساعت برای انسان خطرناک است و غلظت PPM ۱۰۰ را بیش از یک دقیقه نمی توان تحمل کرد. در وضعیت عادی اگـــر ۱۰ تن کلر در هوا منتشر شود در محدوده ۲ کیلومتری منبع غلظت PPM ۱۴۰ و محدوده ۲ کیلومتری منبع غلظت PPM ۱۵ ایجاد خواهد شد که با توجه به استفاده از کلر در مناطق شهری و غلظت کیلومتری منبع: و تراکم جمعیت در شهرهای بزرگ عمق فاجعه به وضوح روشن است. به منظور تعیین معیاری دقیق برای مواجهه با خطر ناشی از مواد مختلف معیارهای مختلفی از جمله AEGL وERPG تعریف شده که در این پژوهش شدت خطر با معیار AEGL سنجیده شده است. معیار AEGL این معیار دستورالعملی برای مواجهه با سطوح بحرانی است که توسط برنامه ریزان و پاسخ دهندگان در سراسر جهان به عنوان راهنمای برخورد با مواد شیمیایی با قابلیت انتشار استفاده که ممکن است تأثیرات بهداشتی بر افراد داشته باشد و بـه سـه سطح مختلف تقسیم می‌شود. این معیار را سازمان EPA در سه سطح و با توجه به زمان مواجهه تعریف کرده است .

سطح اول AEGL: غلظت هوابرد از هر ماده شیمیایی که پیش بینی می شود افراد عادی و حساس جامعه در مواجهه با بیشتر از آن، غلظت، ناراحتی تحریک و اثرهای غیرحســی بـدون علائم خاص را تجربه کنند این اثرها ناتوان کننده نیستند و گذرا هستند و با قطع مواجهه برطرف میشوند این معیار برای گاز کلر ۵ PPM در ۶۰ دقیقه است.

سطح دوم AEGL: غلظت هوابرد از هر ماده که پیش بینی میشود افراد عادی و حساس جامعه در مواجهه با بیشتر از آن غلظت دچار عوارض جدی و دراز مدت شوند و توانایی فرار نداشته باشند. این معیار برای گاز کلر ۲ PPM در ۶۰ دقیقه است .

سطح سوم AEGL: غلظت هوابرد از هر ماده که پیش بینی میشود افراد عادی و حساس جامعه در مواجهه با بیشتر از آن غلظت دچار عوارض بسیار جدی و آسیب رسان شوند. این معیار برای گاز کلر ۲۰ PPM در ۶۰ دقیقه است.

اطلاعات شیمیایی گاز کلر

نام شیمیایی کلر

وزن مولکولی :کیلوگرم مول / کیلوگرم ۷۰٫۹۱

کمترین غلظت قابل تشخیص آلاینده TLV-TWA: ۰٫۵ PPM

حداقل غلظت خطرناک برای سلامت IDHL: ۱۰PPM

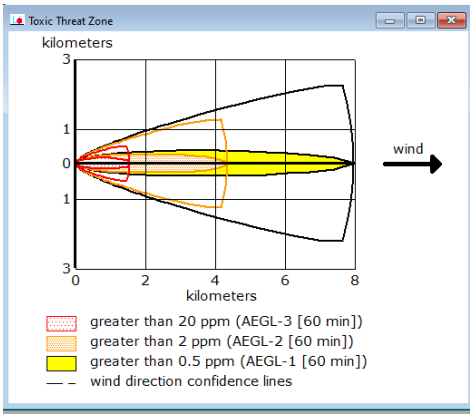
غلظت مضر ۱۰ FLC : PPM

دمای جوش: ۳۴٫۰۳- درجه سانتی گراد

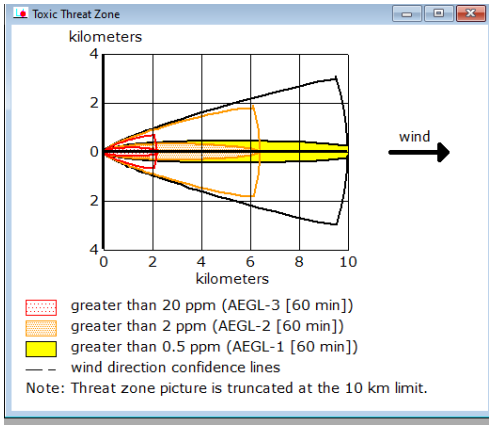
فشار بخار در دمای محیط بیش از یک اتمسفر .

بحث و یافته ها

همان طور که پیشتر اشاره شد مهمترین معیار مؤثر در میزان انتشار و پراکندگی گاز، سرعت باد و دمای هواست؛ بنابراین با توجه به شرایط اقلیمی منطقه به محاسبات در فصل سال سرد پرداخته شد.



شکل ۲: شعاع انتشار و غلظت گاز کلر مقدار ۱ تن

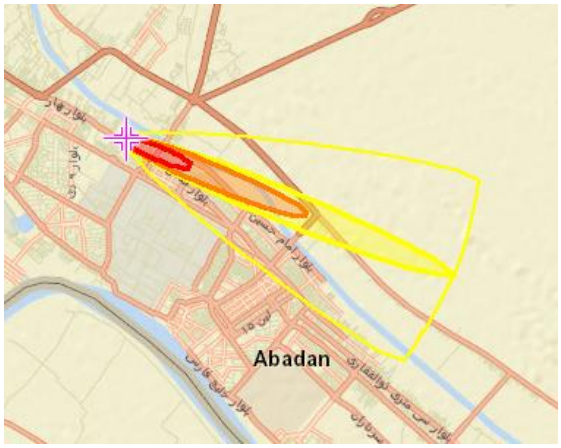


شکل ۳: شعاع انتشار و غلظت گاز کلر مقدار ۱,۵ تن

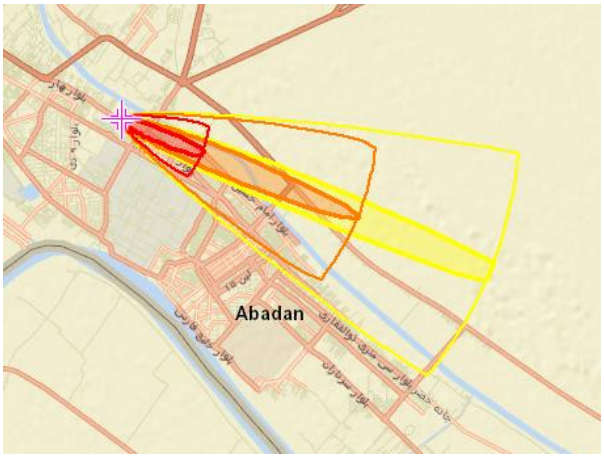
شکل ۲ و ۳ شعاع انتشار و غلظت گاز کلر (منبع:خروجی نرم افزار Aloha) را نشان می دهد.

همچنین خروجی دیگر نرم افزار شعاع انتشار گاز و غلظت آن در زمان ۶۰ دقیقه است و نشان می دهد که غلظت در فصل سرد سال اگـــر ۱ تن کلر در هوا منتشر شود در محدوده ۱ کیلومتری از منبع غلظت بالای ۲۰ PPM و محدوده ۳ کیلومتری از منبع غلظت بالای ۲ PPM ایجاد خواهد شد یا اگـــر ۱,۵۳ تن (مخزن کاملا پر باشد) کلر در هوا منتشر شود در محدوده ۲ کیلومتری از منبع غلظت بالای ۲۰ PPM و محدوده ۶ کیلومتری از منبع غلظت بالای ۲ PPM می‌رسد.

با توجه به اطلاعات به دست آمده می توان داده ها را بر روی نقشه شهر براساس جهت وزش باد غالب و همچنین به صورت کلی و بدون توجه به جهت وزش باد پیاده کرد تا محدوده ای که امکان دارد در اثر این اتفاق تحت تأثیر قرار گیرد مشخص شود.



شکل ۴: شعاع انتشار و غلظت گاز کلر مقدار ۱,۵ تن



شکل ۵: شعاع انتشار و غلظت گاز کلر مقدار ۱,۵ تن

شکل ۴ و ۵ شعاع انتشار و غلظت گاز کلر (منبع:خروجی نرم افزار MARPLOT) را نشان می دهد.

نتایج و پیشنهادها

از یافته‌های پژوهش می توان نتیجه گرفت که انتشار گاز کلر در صورت آسیب دیدن شیر خروجی با توجه به محل قرارگیری ایستگاه در جهت باد غالب و محدوده انتشار تا میزان ۲ PPM مشخص شد که کل محدوده شهر جدید آبادان در معرض خطر انتشار گاز است و امکان آسیب دیدگی تعداد زیادی از شهروندان ساکن در شعاع ۵ کیلومتری ایستگاه وجود دارد؛ از این رو اقداماتی مؤثر همچون آگاهی رساندن به ساکنان، افزایش آگاهی کارکنان و نیروهای امدادی، نصب اسکرابر مناسب و افزایش ایمنی ایستگاه ضروری است با توجه به محاسبات، نمودارها و نقشه ها مشخص می شود که در شعاع ۲ کیلومتری انتشار وضعیت بسیار خطرناک و کشنده خواهد بود و تا شعاع ۶ کیلومتری امکان بروز عوارض جدی و بلندمدت برای افراد وجود دارد و توانایی فرار را از آنان سلب می کند. با توجه به احتمال بسیار زیاد وقوع چنین، بحرانی باید ابتدا در ایستگاه‌های کلرزنی اسکرابرهای مناسب نصب شود و کارکنان ایستگاه برای مواجهه با این وضعیت، آموزش ببینند. شایان ذکر است که با توجه به سرعت تخلیه موادی مانند گاز کلر امکان رسیدن به موقع دیگر نیروهای امدادی به محل وجود ندارد؛ از این رو باید تجهیزات لازم برای کارکنان و نگهبانان در محل فراهم شود تا در صورت وقوع اعلام هشدار و پاسخ سریع و مناسب توسط آنان ممکن باشد به نظر می رسد لازم است سامانه‌های هشداری برای محدوده های در خطر نصب شود و چگونگی مواجهه افراد با چنین وضعیتی به آنان آموزش داده شود.

اقدامات لازم پس از کنترل نشت کلر

پس از کنترل نشت باید کلر باقی مانده در مخزن به نحوی از حالت مخاطره آمیز خارج شود.
در این زمان باتوجه به محدودیت های تکنیکی باید ایمن‌ترین راه از بین موارد زیر انتخاب شود :

- مصرف کلر موجود در مخزن آسیب دیده.
- انتقال کلر از مخزن آسیب دیده به مخزن سالم.
- خنثی سازی کلر. در این مورد کلر موجود در مخزن با استفاده از مواد قلیایی خنثی می شود. از آن جا که خنثی سازی کلر واکنشی گرمازا است باید افزایش دما و کنترل آن در نظر گرفته شود. برای خنثی سازی باید کلر با استفاده از لوله ای مناسب وارد محلول خنثی ساز شود. مقدار محلول و عمق ظرف خنثی سازی به مقدار کلر موجود، سرعت خروج و تعداد و بزرگی حباب های گاز کلر بستگی دارد. در این روش امکان ایجاد خلأ داخل مخزن وجود دارد که موجب برگشت محلول خنثی ساز به داخل مخزن می گردد.
- برای جلوگیری از این حالت باید جریان هوا وارد مخزن شود تا خلأ حذف گردد .
- هیچگاه نباید مخزن کلر آسیب دیده را داخل محلول خنثی ساز غوطه ور نمود.
- بهترین شرایط خنثی‌سازی استفاده از دستگاه خنثی ساز اسکرابر استاندارد می باشد.

نتیجه گیری

در این تحقیق، انتشار گاز کلر از مخزن هزار لیتری در مقدار ۱ تن و ۱,۵ تن ایستگاه کلرزنی آبادان بررسی شد. بررسی ها بـــا استفاده از نرم افزار Aloha برای نحوه میزان سرعت انتشار و محدوده‌های مختلف خطر و جمعیت در معرض مخاطره نشان داد که انتشار گاز در صورت آسیب دیدن شیر یک اینچی خروجی ،مخزن ممکن است تا شعاع ۲ کیلومتری کشنده و تا شعاع ۶,۲ کیلومتری مؤثر باشد و تا ۱۰ کیلومتری حس شود. با توجه به امکان وقوع حادثه و محل قرارگیری ایستگاه در جهت باد، آسیب رسیدن به تعداد زیادی از شهروندان ساکن در شعاع ۵ کیلومتری ایستگاه محتمل است. از این رو کارهای مؤثری همچون آگاهی رساندن به ساکنان، افزایش آگاهی کارکنان و نیروهای امدادی، نصب اسکرابر مناسب و افزایش سطح ایمنی ایستگاه ضرورت دارد، از جمله:
۱) لزوم تشکیل مرکز اطلاعات مواد شیمیایی ملی و حضور متخصصان و کارشناسان کلیه سازمان‌ها و نهادهای درگیر و مسئول.
۲) لزوم تخصص گرایی در زمینه مواد شیمیایی.
۳) لزوم توجه و اهمیت به سلامتی مردم، حیوانات و محیط زیست.
۴) لزوم ایجاد چارت مواد شیمیایی در واحدهای پیشگیری و عملیاتی سازمان های آتش نشانی سراسر کشور و انتصاب افراد متخصص در پست‌های مربوطه.
۵) تعریف تحقیقات و هزینه گذاری مناسب.
۶) انتقال انبارهای مواد شیمیایی به خارج از شهرها و یا ایمن سازی کامل آنها.
۷) تدوین قوانین ملی مناسب.
۸) تعیین سازمان مسئول و فراهم سازی امکانات لازم برای آن سازمان.

فهرست علائم

PPM	بخش در میلیون (سنجش غلظت مواد با غلظت بسیار کم است)
AEGL	دستورالعملی برای مواجهه با سطوح بحرانی (Acute Exposure Guideline Levels)
ERPG	طرح ریزی واکنش در شرایط اضطراری، شناسایی نواحی پایین دست باد که در صورت رهایش مواد شیمیایی نیاز به اقدام کنترلی موثر دارند (Emergency Response Planning Guidelines)
TLV-TWA	کمترین غلظت قابل تشخیص آلاینده (Tim Weighted Average-Threshold Limit Values)
IDHL	حداقل غلظت خطرناک برای سلامت (Immediately dangerous to life or health air concentration)
EPA	سازمان حفاظت محیط زیست (Environmental Protection Agency)

مراجع

[1] Ramabrahmam,B.V.& Swaminathan,G.(2000).“Disaster management plan for chemical process industries. Case study: investigation of release of chlorine to atmosphere”, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 13 (1),pp: 57-62.

[2] Horng, J. J., Lin, Y. S., Shu, C. M., & Tsai, E. (2005). “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, 18(4-6),pp: 474-480.

[3] Dandrieux, A., Dimbour, J. P., & Dusserre, G. (2006). “Are dispersion models suitable for simulating small gaseous chlorine releases?”, Journal of loss prevention in the process industries, 19(6), pp: 683-689.

[4] O’Mahony, M. T., Doolan, D., O'Sullivan, A., & Hession, M. (2008). “Emergency planning and the Control of Major Accident Hazards (COMAH/Seveso II) Directive: An approach to determine the public safety zone for toxic cloud

releases", Journal of hazardous materials, 154 (1-3),pp: 355-365.

[5] Tseng, J. M., Liu, M. Y., Chang, R. H., Su, J. L., & Shu, C. M. (2008). "Emergency response plan of chlorine gas for process plants in Taiwan", Journal of loss prevention in the process industries, 21 (4),pp: 393-399.

[۶] عدل، جواد ،محمدفام ،ایرج و نظام الدینی ،زینب السادات (۱۳۸۶). «ارزیابی نشت گاز کلر در ایستگاه‌های آب آشامیدنی شهر تهران با روش تجزیه و تحلیل درخت خطا»، مجله علمی پزشکی جندی شاپور دوره ۶، ش ۴، ص ۴۶۸-۴۶۱.

[۷] آرتیمانی جواد شامی زاده ،هادی علی نژاد شهابی رامین و ارجمند، مهدی (۱۳۹۰) «مدل سازی و ارزیابی ریسک انتشار گاز کلر در تصفیه خانه های آب»، کاربرد شیمی در محیط زیست دوره ۳، ش ۹، ص ۳۹-۵۰.