



موسسه آموزش عالی غیردولتی غیرانتفاعی انرژی ساوه

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی شیمی گرایش بهداشت، ایمنی و محیط زیست

مدلسازی و ارزیابی پیامدهای ناشی از حوادث احتمالی تفکیک‌گر منطقه‌ی عملیاتی پارس‌سیان با استفاده از نرم‌افزار PHAST

نگارنده

علی محمد یونسی

استاد راهنما

مصطفی عادل‌زاده

استاد مشاور

مرتضی چراغی

شهریور ماه ۱۳۹۸



موسسه آموزش عالی غیردولتی غیرانتفاعی انرژی ساوه

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی شیمی گرایش بهداشت، ایمنی و محیط زیست

مدلسازی و ارزیابی پیامدهای ناشی از حوادث احتمالی تفکیک‌گر منطقه‌ی عملیاتی پارس‌یان با استفاده از نرم‌افزار PHAST

نگارنده

علی محمد یونسی

استاد راهنما

مصطفی عادل‌زاده

استاد مشاور

مرتضی چراغی

شهریور ماه ۱۳۹۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تأییدیه نهائی پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست

گرایش مدیریت HSE

نام و نام خانوادگی دانشجو: علی محمد یونسی

عنوان کامل پایان نامه به زبان فارسی: مدلسازی و ارزیابی پیامدهای ناشی از رخداد نشتی در تفکیک‌گر

منطقه‌ی عملیاتی پارسین با استفاده از نرم‌افزار PHAST

تاریخ دفاعیه:

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	امضا
۱	استاد راهنما	دکتر مصطفی عادل زاده		
۲	استاد مشاور			
۳	استاد داور			
۴	استاد داور			

باسمه تعالی

تعهد اصالت و صحت مندرجات در پایان نامه

اینجانب علی محمد یونسی به شماره دانشجویی ۱۸۲۳ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی گرایش HSE با آگاهی کامل از قوانین حقوق معنوی و مادی تولیدکنندگان و مالکین آثار علمی اصالت آنچه را که در این پایان نامه تحت عنوان نوآوری تحقیق بدان ها اشاره کرده ام را تأیید کرده و متعهد می شوم که مسئولیت کلیه نتایج حاصله در این پایان نامه بر عهده ام بوده و مندرجات آن ماحصل کار اینجانب است و حدالمقدور تمامی تلاش خود را مصروف بر ذکر کامل مشخصات منابع مورد استفاده کرده ام. در صورت اثبات خلاف مندرجات اشاره شده، به تشخیص واحد حقوقی دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان و قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی، ضوابط و مقررات آموزشی، پژوهشی و انضباطی با اینجانب رفتار شود و حق هرگونه اعتراض را از خویش سلب می نمایم و به استناد این تعهد نامه مسئولیت پاسخگویی به اشخاص حقیقی و حقوقی و تمامی مراجع ذیصلاح و همچنین بهره برداران از رساله بر اساس فرم مندرج در صفحه ج این پایان نامه به عهدهی اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچگونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت.

نام و نام خانوادگی: علی محمد یونسی

تاریخ:

امضا:

مجوز بهره‌برداری از داده‌ها و نتایج پایان نامه

بهره‌برداری از پایان نامه حاضر در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

□ بهره‌برداری از این پایان نامه برای همگان با رعایت اصول حرفه‌ای ارجاعات علمی بلامانع است.

□ بهره‌برداری از این پایان نامه برای هر کاربر حقوقی و یا حقیقی تنها با اخذ مجوز کتبی از استاد راهنما ، بلامانع است.

□ بهره‌برداری از این پایان نامه برای هر کاربر حقوقی و یا حقیقی تنها با اخذ مجوز کتبی از استاد راهنما و بلامانع است.

□ بهره‌برداری از این پایان نامه تا تاریخ ممنوع است.

نام و نام خانوادگی استاد راهنما:

تاریخ:

امضا:

تقديم به:

خانواده مهربانم

سپاسگزاری

بسی شایسته است از اساتید فرهیخته و فرزانه جناب آقایان دکتر مصطفی عادل‌ی زاده و مهندس چراغی

که با کرامتی چون خورشید سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و پژوهش را با راهنمایی

های کار ساز و سازنده بارور ساختند، تقدیر و تشکر نمایم.

چکیده

شناسایی دقیق خطرات در صنایع نفت و گاز و ارزیابی و مدیریت ریسک با هدف کاهش شدت و تکرار حوادث پیش از وقوع آن‌ها و به حداقل رساندن صدمه به انسان و اموال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. به‌منظور کاهش شدت حوادث لازم است که بتوان پیامدهای ناشی از وقوع حوادث را پیش‌بینی نمود. این پیش‌بینی‌ها در گذشته براساس حوادث پیشین انجام می‌گرفت اما امروزه به‌دلیل روی کار آمدن نرم‌افزارهای مهندسی ویژه، می‌توان پیامدهای ناشی از هر حادثه را تخمین زد و تمهیدات لازم جهت کاهش شدت عواقب حادثه اندیشید. در این مطالعه که در سال ۱۳۹۷ انجام گرفته است جهت مدلسازی پیامدهای ناشی از حوادث احتمالی از تفکیک‌گر منطقه‌ی عملیاتی پارسین، از نرم‌افزار PHAST استفاده شد. اطلاعات آب و هوایی منطقه براساس داده‌های ثبت شده توسط سازمان هواشناسی جمع‌آوری شد. علاوه بر آن، به‌منظور بالابردن دقت شبیه‌سازی‌های انجام شده، ترکیب درصد گاز مورد استفاده و دیگر شرایط عملیاتی نیز دقیقاً داده‌های واقعی منطقه عملیاتی پارسین می‌باشد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها نشان داد که مشخصات سناریوها مانند اندازه‌ی منفذ ایجاد شده بر روی تفکیک‌گر، نوع سناریو و همچنین جهت پخش و انتشار مواد، فاکتورهای تعیین‌کننده در شدت پیامد حوادثی چون آتش ناگهانی، جت آتش، انفجار و همچنین پخش مواد سمی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پیامدهای حادثه، شناسایی خطرات، مدلسازی پیامد، نرم‌افزار PHAST، تفکیک‌گر.

فهرست مطالب

۱	فصل اول: کلیات تحقیق	۱
۱-۱	مقدمه	۲
۲-۱	بیان مساله	۴
۳-۱	اهداف و ضرورت انجام تحقیق	۷
۱-۳-۱	هدف اصلی تحقیق	۸
۲-۳-۱	اهداف فرعی تحقیق	۸
۳-۳-۱	سوالات تحقیق	۹
۴-۱	روند ارائه پایان نامه	۹
۲	فصل دوم: پیشینه تحقیق و ادبیات موضوع	۱۰
۱-۲	مقدمه	۱۱
۲-۲	پیشینه تحقیق	۱۱
۱-۲-۲	پیشینه تحقیق در داخل کشور	۱۱
۲-۲-۲	پیشینه تحقیق در خارج از کشور	۱۶
۳-۲-۲	نتیجه گیری از پیشینه تحقیق	۱۸
۳-۲	تعاریف، مفاهیم و مبانی نظری تحقیق	۱۸
۱-۳-۲	انواع انتقال حرارت در آتش سوزی	۱۹
۲-۳-۲	طبقه بندی انواع آتش	۲۰
۱-۲-۳-۲	آتش استخری	۲۰
۲-۲-۳-۲	جت آتش	۲۲
۳-۲-۳-۲	آتش توپی	۲۳
۴-۲-۳-۲	آتش ناگهانی	۲۶
۵-۲-۳-۲	تأثیرات سطوح مختلف تابش حرارتی	۲۶
۳-۳-۲	انفجار	۲۷
۱-۳-۳-۲	پیامدهای ناشی از انفجار	۲۹
۴-۳-۲	شرایط آب و هوایی و جغرافیایی	۲۹
۵-۳-۲	تحلیل پیامد	۳۱
۱-۵-۳-۲	مراحل انجام تحلیل پیامد	۳۲
۴-۲	علت انتخاب روش	۳۸
۳	فصل سوم: روش تحقیق	۴۳
۱-۳	خلاصه فصل	۴۴
۲-۳	مقدمه	۴۴
۳-۳	معرفی شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی	۴۷
۱-۳-۳	آشنایی با منطقه ی پارسین	۴۸
۱-۱-۳-۳	موقعیت جغرافیایی منطقه پارسین	۴۸
۲-۱-۳-۳	تاریخچه و مشخصات میادین گازی پارسین	۴۸
۴-۳	تشریح گام به گام روش تحقیق	۵۲

۵۲	۱-۴-۳- تعیین اهداف آنالیز پیامد
۵۳	۲-۴-۳- جمع‌آوری اطلاعات
۵۳	۱-۲-۴-۳- اطلاعات فرایندی
۵۳	۲-۲-۴-۳- داده‌های آب و هوایی
۵۸	۳-۲-۴-۳- شناسایی منابع خطر
۶۲	۴-۲-۴-۳- تعیین سناریو
۶۶	۵-۲-۴-۳- مدلسازی پیامد حوادث
۸۴	۳ فصل چهارم: یافته‌های تحقیق
۸۵	۱-۴- مقدمه
۸۵	۲-۴- تعریف سناریو
۸۷	۳-۴- نتایج حاصل از رخداد نشتی در تفکیک‌گر
۸۸	۱-۳-۴- نتایج حاصل از شبیه‌سازی آتش ناگهانی
۸۸	۱-۱-۳-۴- منفذ ۵ میلی‌متر
۹۰	۲-۱-۳-۴- منفذ ۳۰ میلی‌متر
۹۲	۳-۱-۳-۴- منفذ با قطر ۱۰۰ میلی‌متر
۹۵	۲-۳-۴- نتایج حاصل از شبیه‌سازی آتش فورانی
۹۵	۱-۲-۳-۴- منفذ با قطر ۵ میلی‌متر
۱۰۰	۲-۲-۳-۴- منفذ با قطر ۳۰ میلی‌متر
۱۰۵	۳-۲-۳-۴- منفذ با قطر ۱۰۰ میلی‌متر
۱۰۹	۳-۳-۴- نتایج حاصل از شبیه‌سازی انفجار
۱۰۹	۱-۳-۳-۴- منفذ با قطر ۵ میلی‌متر
۱۱۰	۲-۳-۳-۴- منفذ با قطر ۳۰ میلی‌متر
۱۱۲	۳-۳-۳-۴- منفذ با قطر ۱۰۰ میلی‌متر
۱۱۴	۴-۳-۴- نتایج حاصل از شبیه‌سازی پخش گازهای سمی
۱۱۴	۱-۴-۳-۴- خروجی از منفذی به قطر ۵ میلی‌متر
۱۱۵	۲-۴-۳-۴- خروجی از منفذی به قطر ۳۰ میلی‌متر
۱۱۷	۳-۴-۳-۴- خروجی از منفذ به قطر ۱۰۰ میلی‌متر
۱۲۰	۴-۴- نتایج حاصل از رخداد ترکیدگی فاجعه بار تفکیک‌گر
۱۲۳	۵-۴- نتایج حاصل از رخداد ترکیدگی خط لوله
۱۲۳	۱-۵-۴- ترکیدگی خط لوله قبل از پمپ انتقال مایعات
۱۲۶	۲-۵-۴- ترکیدگی خط لوله بعد از پمپ انتقال مایعات
۱۳۰	۵- فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۳۱	۱-۵- مقدمه
۱۳۱	۲-۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۳۲	۳-۵- پاسخ به سئوالات تحقیق
۱۳۳	۴-۵- پیشنهادات برای مطالعات آتی
۱۳۵	منابع

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۲: تأثیرات سطوح مختلف تابش حرارتی [۲]	۲۷
جدول ۲-۲: تأثیرات موج فشار بر تجهیزات و ساختمان‌ها [۳۷]	۲۹
جدول ۳-۲: معیار پایداری پاسکوییل [۳۸]	۳۰
جدول ۱-۳: شرایط آب و هوایی مختلف استفاده شده در نرم افزار	۵۵
جدول ۲-۳: اختصارات شرایط آب و هوایی مختلف استفاده شده در نرم افزار	۵۵
جدول ۳-۳: مقدار زیری نسبی برای مناطق مختلف	۵۷
جدول ۴-۳: نمونه ای از کار برگ ارزیابی ریسک انجام شده در منطقه مورد مطالعه	۵۹
جدول ۵-۳: شرایط ترمودینامیکی بخش مدل شده	۶۳
جدول ۶-۳: ترکیب مایعات گازی درون تفکیکگر	۶۴
جدول ۷-۳: مدت زمان قطع منبع و مقدار ماده‌ی ناشی در این زمان	۶۵
جدول ۸-۳: قطر ناشی‌های مختلف برای تعریف سناریوهای احتمالی [۴۱]	۶۵
جدول ۹-۳: انواع مسیرهای ترمودینامیکی در زمان تخلیه مواد در سیستم‌های باز	۶۹
جدول ۱۰-۳: پیامدهای مربوط به سطوح مختلف تشعشع [۴۵]	۷۹
جدول ۱۱-۳: پیامدهای مربوط به سطوح مختلف موج فشار [۴۵]	۸۱
جدول ۱۲-۳: معیار ERPG برای ارزیابی مواجهه با مواد شیمیایی [۳۷]	۸۲
جدول ۱۳-۳: اثرهای غلظت‌های گوناگون H_2S بر انسان [۴۵]	۸۲
جدول ۱۴-۳: معیارهای سمیت گاز H_2S [۳۷]	۸۳
جدول ۱-۴: مشخصات سناریوهای تعریف شده مربوط به تفکیک گر منطقه عملیاتی پارسین	۸۷

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۲: نمایی از آتش استخری [۳۳]..... ۲۱
- شکل ۲-۲: هندسه‌ی آتش استخری و جهت‌گیری آن [۴]..... ۲۲
- شکل ۳-۲: نمایی از جت آتش و نحوه‌ی سوختن آن [۳۴]..... ۲۳
- شکل ۴-۲: نحوه‌ی سوختن و جهت‌گیری آتش توپی [۳۵]..... ۲۴
- شکل ۵-۲: چگونگی تغییرات رشد توپ آتش با زمان [۴]..... ۲۵
- شکل ۶-۲: منطقه هدف جهت ارزیابی شار حرارتی دریافتی [۴]..... ۲۵
- شکل ۷-۲: مراحل تحلیل پیامد حادثه [۲]..... ۳۲
- شکل ۱-۳: مراحل ارزیابی ریسک هر فرایند و جایگاه آنالیز پیامد حادثه [۳۷]..... ۴۶
- شکل ۲-۳: نمایی از تفکیکگر مستقر در منطقه‌ی پاریسیان..... ۵۱
- شکل ۳-۳: نمای کلی از سایت منطقه عملیاتی پاریسیان..... ۵۱
- شکل ۴-۳: موقعیت مکانی مرکز تفکیک منطقه‌ی پاریسیان..... ۵۲
- شکل ۵-۳: شماتیک چگونگی جو پایدار و ناپایدار..... ۵۵
- شکل ۶-۳: پروفایل غلظت ماده در رهایش ناگهانی مواد..... ۷۳
- شکل ۷-۳: پروفایل غلظت ماده در رهایش پیوسته مواد..... ۷۳
- شکل ۸-۳: مدلسازی انتشار مواد [۶]..... ۷۴
- شکل ۹-۳: مدل‌های پخش گاز..... ۷۵
- شکل ۱۰-۳: پروفایل غلظت در زمان انتشار از منابع مرتفع (مدل انتشار گاوسی (GAUSSIAN)) [۴۳]..... ۷۶
- شکل ۱۱-۳: تعیین ضرایب انتشار برای رهایش پیوسته در پایدارهای جوی مختلف..... ۷۷
- شکل ۱۲-۳: تعیین ضرایب انتشار برای رهایش ناگهانی در پایدارهای جوی مختلف برای محیط‌های روستایی..... ۷۸
- شکل ۱۳-۳: نمودار محاسبه‌ی خواص انفجار در فواصل مختلف از مرکز انفجار..... ۸۱
- شکل ۱-۴: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۵ MM و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم..... ۸۸
- شکل ۲-۴: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۵ MM و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم..... ۸۹
- شکل ۳-۴: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۵ MM و خروج مایعات گازی بصورت عمودی و برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم..... ۸۹
- شکل ۴-۴: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۳۰ MM و خروج گاز به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم..... ۹۰
- شکل ۵-۴: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۳۰ MM و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم..... ۹۰
- شکل ۶-۴: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۳۰ MM و خروج مایعات گازی به صورت عمودی و برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم..... ۹۱
- شکل ۷-۴: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۱۰۰ MM و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم..... ۹۱
- شکل ۸-۴: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۱۰۰ MM و خروج بخارات گازی به صورت عمودی رو به بالا در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم..... ۹۲

شکل ۴-۹: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و $1/2$ LEL برای منفذی به قطر ۱۰۰ MM و خروج بخارات گازی با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۹۲

شکل ۴-۱۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و $1/2$ LEL برای منفذی به قطر ۱۰۰ MM و خروج مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۹۳

شکل ۴-۱۱: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و $1/2$ LEL برای منفذی به قطر ۱۰۰ MM و خروج مایعات گازی بصورت عمودی و برخورد با زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۹۳

شکل ۴-۱۲: نمودار غلظت نسبت به زمان در ارتفاع صفر از سطح زمین و در نقطه‌ای در فاصله ۱۵۰ متری از محل نشتی ۹۴

شکل ۴-۱۳: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ KW/M}^2$ برای منفذی به قطر ۵ MM و خروج بخارات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر ۹۶

شکل ۴-۱۴: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ KW/M}^2$ برای منفذی به قطر ۵ MM و خروج مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی ۹۷

شکل ۴-۱۵: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ KW/M}^2$ برای منفذی به قطر ۵ MM و خروج مایعات گازی به صورت عمود و برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی ۹۸

شکل ۴-۱۶: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ KW/M}^2$ برای منفذی به قطر ۳۰ MM و خروج بخارات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی ۱۰۰

شکل ۴-۱۷: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ KW/M}^2$ برای منفذی به قطر ۳۰ MM و خروج مایعات گازی به صورت عمودی و برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی ۱۰۱

شکل ۴-۱۸: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ KW/M}^2$ برای منفذی به قطر ۳۰ MM و خروج مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی ۱۰۲

شکل ۴-۱۹: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ KW/M}^2$ برای منفذی به قطر ۱۰۰ MM و خروج بخارات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی ۱۰۳

شکل ۴-۲۰: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ KW/M}^2$ برای منفذی به قطر ۱۰۰ MM و خروج مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی ۱۰۵

شکل ۴-۲۱: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ KW/M}^2$ برای منفذی به قطر ۱۰۰ MM و خروج مایعات گازی به صورت عمودی و برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر ۱۰۵

شکل ۴-۲۲: محدوده انفجار ابر گاز با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 BAR برای نشتی از منفذی به قطر ۵ MM و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۰۷

شکل ۴-۲۳: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 BAR برای نشتی از منفذی به قطر ۵ و خروج مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۰۷

شکل ۴-۲۴: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 BAR برای نشتی از منفذی به قطر MM ۵ و خروج مایعات گازی با برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۰۸

شکل ۴-۲۵: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 BAR برای نشتی از منفذی به قطر MM ۳۰ و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۰۸

شکل ۴-۲۶: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 BAR برای نشتی از منفذی به قطر MM ۳۰ و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۰۹

شکل ۴-۲۷: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 BAR برای نشتی از منفذی به قطر MM ۳۰ و خروج مایعات گازی با برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۰۹

شکل ۴-۲۸: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 BAR برای نشتی از منفذی به قطر MM ۱۰۰ و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۱۰

شکل ۴-۲۹: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 BAR برای نشتی از منفذی به قطر MM ۱۰۰ و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۱۰

شکل ۴-۳۰: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 BAR برای نشتی از منفذی به قطر MM ۱۰۰ و خروج مایعات گازی با برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۱۱

شکل ۴-۳۱: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ PPM برای منفذی به قطر MM ۵ و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم ۱۱۲

شکل ۴-۳۲: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ PPM برای منفذی به قطر MM ۵ و خروج مایعات گازی به صورت عمودی و برخورد با زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم ۱۱۲

شکل ۴-۳۳: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ PPM برای منفذی به قطر MM ۳۰ و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم ۱۱۳

شکل ۴-۳۴: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ PPM برای منفذی به قطر MM ۳۰ و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم ۱۱۳

شکل ۴-۳۵: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ PPM برای منفذی به قطر MM ۳۰ و خروج مایعات گازی به صورت عمودی با برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم ۱۱۴

شکل ۴-۳۶: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ PPM برای منفذی به قطر MM ۳۰ و به صورت خروج بخارات گازی و مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم ۱۱۴

شکل ۴-۳۷: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ PPM برای منفذی به قطر MM ۱۰۰ و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم ۱۱۵

شکل ۴-۳۸: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ PPM برای منفذی به قطر MM ۱۰۰ و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم ۱۱۵

شکل ۴-۳۹: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ و ۳۰ برای منفذی به قطر MM ۱۰۰ و به صورت خروج مایعات گازی با برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم ۱۱۶

شکل ۴-۴۰: نمودار غلظت نسبت به زمان در ارتفاع ۱ متر از سطح زمین و در نقطه‌ای در فاصله ۸۰ متری از محل نشتی ۱۱۷

شکل ۴-۴۱: محدوده افزایش فشار انفجار اولیه با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 BAR برای شرایط ترکیب‌گر و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۱۸

شکل ۴-۴۲: محدوده انفجار ابر بخارات مایعات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 BAR برای شرایط ترکیب‌گر تفکیک‌گر و در حالت انفجار ثانویه در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۱۸

شکل ۴-۴۳: الف: محدوده شدت تشعشع آتش توپی با معیار $4 \& 12.5 \& 37.5 \text{ KW/M}^2$ برای شرایط ترکیب ترکیبگر و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل آتش توپی ۱۱۹

شکل ۴-۴۴: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و $1/2 \text{ LEL}$ برای شرایط ترکیب ترکیبگر و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۲۰

شکل ۴-۴۵: محدوده افزایش فشار انفجار اولیه با معیار 0.02068 BAR , 0.1379 & 0.2068 برای شرایط پارگی خط لوله قبل پمپ و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۲۱

شکل ۴-۴۶: محدوده انفجار ابر بخارات مایعات گازی با معیار 0.02068 BAR , 0.1379 & 0.2068 برای شرایط پارگی خط لوله قبل پمپ در حالت انفجار ثانویه در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۲۱

شکل ۴-۴۷: الف: محدوده شدت تشعشع آتش توپی با معیار $4 \& 12.5 \& 37.5 \text{ KW/M}^2$ برای شرایط پارگی خط لوله قبل پمپ و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر ۱۲۲

شکل ۴-۴۸: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و $1/2 \text{ LEL}$ برای شرایط پارگی خط لوله قبل پمپ و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۲۲

شکل ۴-۴۹: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4 \& 12.5 \& 37.5 \text{ KW/M}^2$ برای شرایط پارگی خط لوله قبل پمپ در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر ۱۲۳

شکل ۴-۵۰: محدوده افزایش فشار انفجار اولیه با معیار 0.02068 BAR , 0.1379 & 0.2068 برای شرایط پارگی خط لوله بعد از پمپ و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۲۴

شکل ۴-۵۱: محدوده انفجار ابر بخارات مایعات گازی با معیار 0.02068 BAR , 0.1379 & 0.2068 برای شرایط پارگی خط لوله بعد از پمپ در حالت انفجار ثانویه در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۲۴

شکل ۴-۵۲: الف: محدوده شدت تشعشع آتش توپی با معیار $4 \& 12.5 \& 37.5 \text{ KW/M}^2$ برای شرایط پارگی خط لوله بعد از پمپ و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر ۱۲۵

شکل ۴-۵۳: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و $1/2 \text{ LEL}$ برای شرایط پارگی خط لوله بعد از پمپ و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ۱۲۵

شکل ۴-۵۴: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4 \& 12.5 \& 37.5 \text{ KW/M}^2$ برای شرایط پارگی خط لوله قبل پمپ در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر ۱۲۶

فصل اول:

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

داشتن زندگی عاری از خطر آرزو و هدف همه مردم در همه اعصار بوده است زیرا میل به ایمنی و امنیت، بخش تفکیک ناپذیری از ماهیت همه انسان‌ها می‌باشد. از طرف دیگر بشر همواره در تلاش برای بهبود زندگی و راحتی بیشتر بوده و در این راه سعی کرده است با ایجاد تغییر در طبیعت، متغیرهای آن را به خدمت خود درآورد که در این راه همراه با دستیابی به مواد، تجهیزات، دستگاه‌ها و به عبارتی ساده‌تر به خدمت گرفتن فن‌آوری نوین و غیره با خطرات بیشتر و هم‌چنین جدیدتری نیز مواجه گردیده است [۱].

باید توجه داشت که فعالیت‌های صنعتی، بخشی از تلاش انسان برای رسیدن به رفاه و آسایش بیشتر است، اما در این فعالیت‌ها مخاطرات مربوط به آن‌ها نیز در حال گسترش می‌باشد. شناسایی دقیق خطرات در صنایع نفت و گاز و ارزیابی و مدیریت ریسک با هدف کاهش شدت و تکرار حوادث پیش از وقوع آن‌ها و به حداقل رساندن صدمه به انسان و اموال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد [۲]. بنابراین برای داشتن محیطی ایمن، امروزه داشتن صنایعی عاری از خطر به عنوان دغدغه‌ای بزرگ برای عامه‌ی مردم و علی‌الخصوص متخصصین و صنعت‌گران مطرح است. از طرفی مقیاس امروزی تولید و میزان سرمایه‌گذاری، که افزایش چشمگیری نسبت به سابق داشته است، وجود واحدهای ایمن‌تری را ایجاب می‌کند. چرا که در صورت وقوع حادثه میزان خسارات وارده بسیار بالاست و این برای صنعت امروز که رقابتی بی‌رحمانه در آن حکمفرماست، غیر قابل تحمل است [۳].

اهمیت ایمنی در صنعت از دو دیدگاه حفاظت از جان پرسنل و کارکنان و نیز جنبه‌های اقتصادی مطرح است از سویی دیگر نصب سیستم‌های ایمنی و یا به عبارت بهتر ساخت واحدهای فرایندی ایمن همراه با تحمیل هزینه‌های اقتصادی است، اما هزینه‌های اقتصادی ناشی از حوادث در کارخانه‌ها نشان می‌دهد که این‌گونه هزینه‌ها نه تنها اضافی نبوده، بلکه لازم و ضروری

است و سرمایه داران را بر آن داشته تا تعاملی را بین هزینه‌های اقتصادی و نصب سیستم‌های ایمنی برقرار نمایند تا از هزینه‌های ناشی از وقوع حوادث در امان بمانند [۴]. اما حوادث واحدهای صنعتی با وجود وضع قوانین الزام آور به ایمنی و ابداع روش‌هایی برای شناسایی و ارزیابی مخاطرات هنوز هم رخ می‌دهند. کشور ما نیز در مسیر صنعتی شدن تاکنون حوادث صنعتی قابل توجهی را تجربه کرده است. حتی بهترین واحدهای صنعتی برخوردار از آخرین یافته‌های طراحی و کارآزموده‌ترین پرسنل بهره‌بردار نیز مصون از حوادث نیستند. بنابراین برای کاهش دادن دامنه یا احتمال رخداد این حوادث نیاز به پیاده سازی روش‌هایی موسوم به مدیریت ریسک است [۳].

شناسایی دقیق خطرات در صنایع نفت و گاز و ارزیابی و مدیریت ریسک با هدف کاهش شدت و تکرار حوادث پیش از وقوع آن‌ها و به حداقل رساندن صدمه به انسان و اموال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد [۲]. از مهم‌ترین و رایج‌ترین حوادث ناگوار در واحدهای صنعتی، ساختمان‌های عمومی و اماکن پر تردد که باعث به خطر انداختن جان انسان‌ها و آسیب به تجهیزات و ادوات می‌گردند، پدیده آتش و انفجار است. انفجار از جمله تهدیدهایی است که صنایع فرآیندی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. انفجار می‌تواند بر اثر عوامل فیزیکی مانند ترکیدن یک مخزن حاوی گاز به دلیل افزایش بیش از حد فشار در آن و یا بر اثر عوامل شیمیایی مانند احتراق گازها رخ دهد [۵].

برای جلوگیری از ریسک‌های صنعتی لازم است که تاسیسات صنعتی را به لحاظ پیامدهای سناریوهای حادثه‌ای مختلف بر اساس ارزیابی ریسک احتمالی مورد بررسی قرار داد. آنالیز پیامد حوادث، ابزاری است که مهندسين فرایند با هدف ارزیابی ریسک ناشی از فعالیت‌های صنعتی و به منظور تعیین میزان خطرات و تلفات احتمالی ناشی از حوادث آن‌را به کار می‌گیرند. امروزه ارزیابی پیامدها نقش مهمی در برآورد سطح ایمنی در فرایندهای شیمیایی ایفا می‌کند.

ارزیابی پیامد را می‌توان برای اهدافی چون تعیین پارامترهای لازم در طراحی تجهیزات به کار برد [۶]. هدف از ارزیابی پیامد تعیین میزان خطرات و تلفات احتمالی ناشی از حوادث آتش، انفجار و پخش مواد سمی می‌باشد [۳]. برای آنالیز پیامد حوادث روش‌های متنوعی وجود دارد که ساختار تقریباً مشابهی دارند اما در جزئیات و تقسیم‌بندی مراحل، تفاوت‌هایی در آن‌ها وجود دارد [۶].

استفاده از مدل‌های ریاضی جهت پیش‌بینی محاسبات یا مقدار عددی اثرات و عواقب حوادث نامطلوب در یک واحد فرایندی، مدل‌سازی پیامد نامیده می‌شود. مدل‌های ریاضی شامل مجموعه‌ای از معادلات هستند که حوادث را توصیف می‌کنند و می‌توانند حوادثی چون تشعشع گرمایی ناشی از آتش، حداکثر فشار ناشی از انفجار، مسیر و فاصله‌ی طی شده توسط تکه‌های پرتاب شده از تجهیزات و یا تغییر تدریجی غلظت در انتشار اتمسفریک پس از رهاش را پیش‌بینی کنند [۶].

پس از مدل‌سازی حوادث احتمالی که در یک فرآیند امکان رخ دادن آن‌ها موجود است، نوبت به ارزیابی آثار و پیامدهای آن حوادث می‌رسد. این پیامدها را می‌توان به سه دسته پیامدهای ناشی از سمیت مواد رها شده در محیط و پیامدهای ناشی از آتش‌سوزی و انفجار مواد رها شده در محیط تقسیم‌بندی نمود. یکی از اطلاعات لازم در ارزیابی پیامد حوادث فرایندی، معیارهای آسیب‌پذیری است که با استفاده از آن پس از مرحله‌ی مدل‌سازی سناریو، برای تحلیل میزان آسیب‌های محتمل، باید هریک از پیامدها را با استانداردهایی که بیانگر میزان آسیب هستند مقایسه کرد [۳].

۱-۲- بیان مساله

در واحدهای صنعتی امروزی به دلیل شرایط عملیاتی حاد، پتانسیل حوادث قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. حوادث صنعتی مهمی که تنها در چند دهه اخیر رخ داده‌اند، نظیر انفجار در

کارخانه تولید مواد اولیه‌ی نایلون شرکت Nypro در فلیکس بارو اسکاتلند در سال ۱۹۷۴ [۷]، فاجعه پخش ماده بشدت سمی MIC از کارخانه تولید سموم دفع آفات نباتی شرکت Union Carbide در بوپال هند در سال ۱۹۸۵ [۸]، فاجعه بزرگ نیروگاه اتمی چرنوبیل در اوکراین در سال ۱۹۸۶ [۹]، حادثه پر تلفات سکوی نفتی Piper Alpha در سال ۱۹۸۸ [۱۰] و انفجار در مجتمع پتروشیمی تولوز فرانسه در سال ۲۰۰۱ [۱۱]، با عواقبی تکان‌دهنده و گاه در ابعاد قاره‌ای یا جهانی و خسارت‌های سنگین جانی، مالی و زیست محیطی نمونه‌هایی از این حوادث هستند.

مروری بر این حوادث اولاً نشان می‌دهد که هر چند احتمال بروز حادثه و خسارت‌های ناشی از آن طبعا در همه جا یکسان نیست، اما به کشور خاص، صنعت خاص و زمان خاص نیز محدود نمی‌شود و شکل یکسانی نیز ندارد، چنانکه در مثال‌های فوق طیفی از کشورها، صنایع و مقاطع زمانی متفاوت دیده می‌شود و تنوع حوادث نیز زیاد است. از طرف دیگر حتی وجود تکنولوژی پیشرفته، جلوگیری از حادثه را تضمین نمی‌کند و همواره پتانسیل خطر وجود دارد. شاهد این مدعا، حوادثی با ابعاد بسیار بزرگ در کشورهای صنعتی پیشرو جهان در سال‌های گذشته است که نمونه‌هایی از آن‌ها آورده شد. افزون بر این، بررسی دقیق حوادث معروف ثابت می‌کند که قسمت اعظم آن‌ها نه فقط قابل پیشگیری بلکه قابل پیش‌بینی بوده‌اند، مشروط بر آنکه دست کم تحلیل‌های مهندسی ایمنی نظیر شناسایی خطر، مدلسازی پیامد و ارزیابی ریسک در تأسیسات مورد بحث به‌موقع انجام و بر مبنای آن لایه‌های محافظ ایمنی در طرح در نظر گرفته می‌شد.

برای مشخص شدن ریسک حوادث محتمل علاوه بر محاسبه احتمال رخداد آن‌ها، نیاز به بررسی شدت تأثیر و عواقب احتمالی آن‌ها نیز هست. به بیان دیگر میزان خسارات و پیامدهای ناشی از حوادث به‌عنوان معیاری از حاد بودن آن‌ها شناخته شده و در مدیریت ریسک مبنای

قضاوت قرار می‌گیرند.

همان‌طور که بیان شد صنایع فرایندی اغلب با حجم بالایی از مواد شیمیایی خطرناک و واحدهای عملیاتی تحت شرایط حاد (فشار و دمای بالا) سرو کار دارند. بنابراین احتمال وقوع حوادثی از قبیل نشت مواد سمی، انفجار و آتش سوزی در آن‌ها وجود دارد. ابعاد حوادث محتمل در یک واحد صنعتی تابع میزان و شدت تاثیر آن بر انسان و محیط زیست است که امروزه در ایمن سازی صنعتی، تصمیم‌گیری و مدیریت بحران بر مبنای ارزیابی پیامد انجام می‌شود.

عوامل مختلفی نظیر مقدار ماده، فاز ماده، اندازه نشتی و شکل انتشار در مدلسازی تخلیه این مواد موثر است [۱۲]. آنالیز پیامد حادثه ابزاری است برای مهندسان ایمنی و سیستم‌ها که بتوانند ریسک‌های مربوط به فعالیت‌های صنعتی را ارزیابی نموده و شدت پیامد ناشی از وقایع را محاسبه نمایند. به دلیل زمان‌بر و پیچیده بودن مدل‌های ریاضی به‌منظور ارزیابی ریسک صنایع، استفاده از نرم‌افزارها نقش مهمی را در این زمینه به‌عهده دارند. در طول دوره‌ی پیشرفت صنایع فرایندی و به‌خصوص صنایع نفت و گاز، ریسک‌ها و خطرات این صنایع نیز رشد یافت و امروزه ارزیابی ریسک در این صنایع افزایش چشم‌گیری یافته است [۱۳]. با توجه به نقش استراتژیک صنایع نفت و گاز از لحاظ اقتصادی و ملی هر گونه هدر رفت این منابع (نشت) و یا وقوع حادثه (آتش سوزی و انفجار) در این صنایع می‌تواند تاثیر به‌سزایی در امنیت تجهیزات و پرسنل و پیشبرد اقتصادی کشور داشته باشد.

در طول فرایند بهره‌برداری و تولید نفت خام، احتمال نشت و انتشار گازهای هیدروکربنی از خط لوله، شیرها و تفکیک‌گرها در تاسیسات تولیدی وجود دارد. نشتی‌های اصلی و بزرگ در این تاسیسات ناشی از نشت از مخازن ذخیره و تفکیک‌گرها می‌باشد. این شرایط معمولاً در نتیجه نقص مکانیکی یا شکست سیستم‌های اضطراری یا هر دو می‌باشد. از آنجا که نفت همواره همراه با گازهای هیدروکربنی می‌باشد بنابراین نشت نفت از سیستم می‌تواند باعث

به وجود آمدن ابر بخارات هیدروکربنی شده و آسیب‌های جبران ناپذیری به بار آورد.

در منطقه عملیاتی پارسیان ارزیابی پیامد خطراتی همچون رها شدن مواد شیمیایی پر خطر در محیط یکی از ضروری‌ترین و عمده‌ترین مراحل برای افزایش سطح ایمنی در واحدهای در حال بهره‌برداری است. بسیاری از حوادث محتمل در این منطقه می‌تواند به دلیل خروج یک ماده قابل اشتعال بر اثر ایجاد پارگی در مخازن، تفکیک‌گر و خطوط لوله یا اتصالات ایجاد شود. در این پژوهش به مدلسازی و ارزیابی پیامدهای ناشی از نشت مواد شیمیایی و قابل اشتعال از تفکیک‌گر منطقه‌ی عملیاتی پارسیان با استفاده از نرم‌افزار PHAST پرداخته می‌شود.

۱-۳- اهداف و ضرورت انجام تحقیق

هر ساله حوادث زیادی در صنایع نفت و گاز به وقوع می‌پیوندد که دلیل اصلی این رخدادها فقدان توجه به سیستم مدیریت ایمنی فرایند می‌باشد. امروزه رشد صنایع شیمیایی، افزایش تولید و سرمایه‌گذاری‌ها سبب توجه بیشتر به مقوله‌ی ایمنی و جلوگیری از رخداد حوادث شده است. نشت مواد قابل اشتعال یکی از مهم‌ترین خطرات موجود در صنایع نفت و گاز می‌باشد. بنابراین توجه ویژه به رفتار مواد قابل اشتعال و انفجار و آنالیز پیامد ناشی از آن‌ها تاثیر زیادی بر مدیریت ایمنی فرایند دارد.

نفت، گاز و پتروشیمی از صنایع پیشرو در حوزه HSE در کشور هستند، به عبارت دیگر حوادث و رویدادها در این صنایع در حالی رخ می‌دهد که مهندسان و محققان همواره به دنبال یافتن راه حلی جهت کاهش مشکلات ایمنی در این صنایع می‌باشند.

منطقه‌ی عملیاتی پارسیان یکی از پنج منطقه عملیاتی در حال بهره‌برداری شرکت نفت و گاز زاگرس جنوبی است که دارای مخازن تحت فشار متعدد و شبکه وسیعی از خطوط لوله تحت فشار است و نقش مهمی در تولید گاز کشور ایفا می‌کند. این منطقه با تولید روزانه بالغ بر ۸۰ میلیون متر مکعب گاز و نزدیک به ۳۶۰۰۰ بشکه معیانات گازی یکی از بزرگ‌ترین منابع

انرژی در کشور است.

نیاز به حفظ منابع ملی، محیط زیست، تجهیزات و نیروی انسانی بر اهمیت و ضرورت بررسی‌ها و تحقیقات در زمینه مسائل ایمنی این صنعت می‌افزاید. تلاش برای بهبود و ایجاد سیستم‌های ایمنی با برنامه ریزی‌های صحیح جهت کاهش ریسک‌های موجود از جمله الزامات کاهش پتانسیل‌های آسیب رسان و وقوع حوادث ناخواسته در این منطقه می‌باشد. بدون شک این مهم جز با تعیین خطرات تهدید کننده و سپس تخمین پیامدهای ناشی از آن‌ها امکان پذیر نیست.

بدیهی است وجود نشتی در تاسیسات این منطقه از لحاظ زیست محیطی دارای حساسیت‌های بالایی است و نیز خطرات فراوانی را برای تجهیزات، پرسنل و منابع ایجاد می‌کند. از سویی هدر رفت بخشی از منابع ارزشمند از لحاظ اقتصادی غیر قابل قبول است. موارد ذکر شده به خوبی بیانگر اهمیت موضوع و نیاز به بکارگیری روش‌های پیشگیرانه در این صنایع می‌باشد.

۱-۳-۱- هدف اصلی تحقیق

مدلسازی و ارزیابی پیامدهای ناشی از حوادث احتمالی تفکیک‌گر منطقه‌ی عملیاتی پارسین با استفاده از نرم‌افزار PHAST

۱-۳-۲- اهداف فرعی تحقیق

اهداف فرعی این تحقیق عبارتند از:

۱. بدست آوردن سناریوهای معتبر برای حوادث احتمالی از تفکیک‌گر منطقه عملیاتی

پارسین

۲. تعیین فاصله ی انتشار مواد سمی یا آتش زا از محل حادثه

۳. تعیین شدت و پتانسیل آسیب های ناشی از سمیت و انفجار به تجهیزات، محیط زیست

و پرسنل

۱-۳-۳- سوالات تحقیق

۱. حوادث احتمالی از تفکیک گر منطقه ی عملیاتی پارسیان چه پیامدها و آسیب های

جانی، مالی و محیط زیستی به همراه دارد؟

۲. چه سناریوهای محتمل و معتبر در رخداد حادثه در این منطقه وجود دارد؟

۳. بهترین و بدترین شرایط آب و هوایی در جهت کاهش پیامدهای ناشی از رخداد حادثه

کدام می باشند؟

۴. پیامدهای مربوط به سمیت چه پیامدهایی می باشند؟

۵. پیامدهای ناشی از آتش سوزی و انفجار چه پیامدهایی می باشد؟

۱-۴- روند ارائه پایان نامه

در فصل دوم به تشریح مفاهیم مرتبط با مدلسازی پیامد می پردازیم. همچنین در این فصل به

پیشینه تحقیق در ایران و سایر کشورها اشاره شده است.

در فصل سوم روش پژوهش و همچنین ارائه مشخصاتی کلی از منطقه مورد مطالعه (منطقه

عملیاتی پارسیان) شرح داده می شود.

در فصل چهارم یافته های حاصل از مدلسازی پیامد ناشی از رخداد حوادث احتمالی در

تفکیک گر منطقه ی عملیاتی پارسیان ارائه شده است.

در فصل پنجم جمع بندی، نتیجه گیری و پیشنهادها ارائه شده است.

فصل دوم:

پیشینه تحقیق و ادبیات موضوع

۲-۱- مقدمه

با توجه به گستردگی صنایع و خطرات و حوادث متنوع در هر صنعت لازم است که به منظور پیشگیری از رخداد حادثه و کاهش عواقب و پیامدهای ناشی از هر رویداد در هر بخش، حوادث احتمالی در هر بخش از صنعت با استفاده از نرم افزارهای طراحی شده، شبیه سازی شده تا بتوان پیش از به وقوع پیوستن حوادث از رخداد آنها و مهم تر از آن پیشگیری از گسترش دامنه ی حادثه جلوگیری نمود. بنابراین در این فصل به مروری بر مطالعات انجام شده در صنایع مختلف با استفاده از نرم افزار PHAST پرداخته شده است. نتایج حاصل از پژوهش های گذشته نشان می دهد که نرم افزار PHAST به عنوان یک نرم افزار موفق و کارآمد در صنعت به کار برده می شود و توانایی کافی برای پیش بینی پیامدهای حوادث را دارا می باشد.

۲-۲- پیشینه تحقیق

۲-۲-۱- پیشینه تحقیق در داخل کشور

اقتصادی در سال ۱۳۹۰ [۱۴] به مطالعه ی عواقب و پیامدهای ناشی از نشت متان و سولفید هیدروژن از مخازن نگهداری و خطوط لوله متصل به آن در واحد تصفیه ی آب و فاضلاب کرمانشاه با استفاده از نرم افزار PHAST پرداخت و نتایج مربوط به آسیب های محتمل بر تجهیزات و سلامت انسان را ارزیابی نمود.

ریشه ری و همکاران همچنین در سال ۱۳۹۰ [۱۵] ریسک های زیست محیطی پالایشگاه میعانات گازی ستاره ی خلیج فارس را به کمک نرم افزار HAZOP شناسایی نموده و در مرحله ی بعد میزان نشر آلاینده ها را با استفاده از نرم افزار PHAST بررسی نمودند. نتایج نشان داد که انتشار مواد آلاینده سبب کاهش کیفیت هوا، تغییر کیفیت آب سواحل خلیج فارس

تأثیر بر ارگانیزم‌های سواحل خلیج فارس، تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی، کاهش کیفیت خاک، تأثیر بر کارکنان پالایشگاه و صنایع مجاور و مردم بندرعباس شده است.

شاکری و همکاران نیز در سال ۱۳۹۱ [۶] به آنالیز پیامد و مدلسازی حوادث فرایندی در پالایشگاه شیراز با استفاده از نرم افزار PHAST پرداختند. نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داد که در حوزه آتش و انفجار، مخزن LPG از بقیه مواد خطرناک تر بوده و احتیاج به مراقبت بیشتری دارد.

Irannejad و همکاران در سال ۲۰۱۵ [۱۶] به بررسی سناریوهای آتش استخری و فلش فایر در تانک‌های ذخیره‌ی میعانات گازی (واحدهای ۱۴۷-U، 148-U) پالایشگاه پارس جنوبی با استفاده از نرم‌افزار PHAST در دو نیمه سرد و گرم سال پرداختند. نتایج نشان داد که تشعشعات ناشی از آتش استخری فراتر از میزان مجاز مربوط به تاسیسات مجاور می‌باشد. به‌دلیل خصوصیات آب و هوایی خاص منطقه‌ی عسلویه تغییرات خاصی در شرایط در فصول مختلف سال مشاهده نشد.

خطرات مربوط به تفکیک‌گر نفت و گاز سکوی نفتی نوروز جدید توسط بهوندپور و گلبابایی در سال ۱۳۹۴ [۱۷] شناسایی و ارزیابی گردید و پیامدهای ناشی از خطرات و تلفات احتمالی با استفاده از نرم‌افزار PHAST تجزیه و تحلیل گردید. شبیه‌سازی نشتی ۲۵ میلی‌متری مخزن تفکیک‌گر نشان داد که گاز همراه نفت تا فاصله‌ی ۱۷۲ متری امکان آسیب به تجهیزات و مرگ آنی پرسنل حاضر، به‌دلیل حرارت ناشی از آتش فورانی و استخری به ترتیب تا فواصل ۸۵ و ۱۴ متری را دارا می‌باشد.

کمائی و همکاران نیز در سال ۱۳۹۵ [۲] به ارزیابی ریسک پدیده توسعه بخارات مایع در حال جوش در مخازن LPG با روش Bowtie و نیز بررسی پیامد ناشی از موج انفجار پدیده BLEVE، مقدار موج انفجار حاصل از این پدیده و تأثیرات آن بر روی تجهیزات و ادوات کناری

پرداختند. برای این منظور آن‌ها از نرم افزار PHAST نسخه ۶/۵۴ جهت مدل سازی پدیده BLEVE استفاده نمودند. طبق تجزیه و تحلیل به عمل آمده مشخص شد که موج انفجار ناشی از مخزن کروی LPG، می‌تواند مخازن کناری LPG را دچار انفجار کرده که این امر سبب زنجیره‌ای شدن انفجارات خواهد شد. بنابراین با استفاده از نتایج حاصل از مدل سازی و ارزیابی ریسک می‌توان به درستی علل ایجاد و آسیب پدیده BLEVE برای انسان و تجهیزات مجاور را مشخص و بر اساس آنها اقدامات کنترلی پیشگیرانه را اجرا و با طراحی و جانمایی مناسب، حریم ایمنی محل اسکان کارکنان، تجهیزات و ادوات مجاور را تعیین نمود.

در سال ۱۳۸۸ سمواتی جامع و همکاران [۳] به ارزیابی پیامد حوادث فرآیندی در شرکت پتروشیمی شهید تندگویان با استفاده از نرم افزار PHAST تحت دو شرایطی جوی متفاوت و در ۲۰ سناریوی مختلف پرداختند.

نهبانی و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۱۸] آنالیز پیامد نشتی متانول از مخزن در یک مجتمع پتروشیمی را با استفاده از نرم افزار PHAST انجام دادند. هدف از این مدل سازی، بررسی تاثیرات سمی رهائش متانول، فشار حرارتی ناشی از آتش سوزی و موج تخریبی حاصل از انفجار آن بوده است. بررسی این نشتی در شرایط آب و هوایی متفاوت صورت گرفته و برای مدل سازی آن از نرم افزار قدرت مند PHAST استفاده شده است. نتیجه مدل سازی بیانگر آن است که بیشترین فشار حرارتی حاصل از آتش سوزی و بیشترین تاثیرات سمی برای کارکنان و محیط زیست در فصل تابستان بوده و فصل زمستان بیشترین موج تخریبی حاصل از انفجار را به خود اختصاص داده است.

در سال ۱۳۹۲ میثمی و همکاران [۱۹] به مطالعه‌ی موردی بر روی واحد نم‌زدایی گنبدلی پالایشگاه گاز خانگیران تعیین محل نصب دکتورهای گازی پرداختند. در این حالت، دیرتر رسیدن گاز به دکتور و دیرتر شناسایی شدن وقوع نشتی به‌عنوان بدترین حالت انتخاب شدند.

در این راستا، هریک از موارد شرایط آب و هوایی، ارتفاع وقوع نشستی و محل وقوع نشستی به عنوان یک متغیر در نظر گرفته شد و شبیه سازی برای حالات مختلف هریک از این متغیرها انجام پذیرفت.

گرچی پور و انوری در سال ۱۳۹۲ [۲۰] جهت تجزیه و تحلیل پراکندگی و انتشار مواد سمی و قابل اشتعال ناشی از پارگی یک مخزن گاز مایع در پالایشگاه گاز مایع ۱۲۰۰ در گچساران، از نرم افزار PHAST استفاده نمودند و به تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آتش سوزی در این مخزن پرداختند.

شناسایی سناریوهای خطر در واحد PVC پتروشیمی بندر امام خمینی و مدل سازی پیامدهای ناشی از این خطرات با استفاده از نرم افزار PHAST توسط ترکی و همکاران در سال ۱۳۹۲ [۲۱] انجام شد. نتایج حاصل از مطالعات نشان داد که سطح ریسک در این واحد بالا و غیر قابل قبول می باشد.

خسروی و همکاران در سال ۱۳۹۲ [۲۲] به بررسی و تحلیل ریسک های مربوط به هیدروکربورها در صنایع نفت پرداخته و به تحلیل این ریسک ها با استفاده از نرم افزار PHAST اقدام نموده است.

در سال ۱۳۹۲ زارعی و همکاران [۲۳] با به کارگیری روش HAZID تمامی خطرات و سناریوهای بالقوه تولید هیدروژن را شناسایی نموده و پس از جمع آوری اطلاعات مورد نیاز، مدل سازی پیامد با استفاده از نرم افزار حرفه ای PHAST محاسبه نمودند و در نهایت احتمال مرگ میر افراد را با استفاده از معادلات معتبر Probit انجام دادند. نتایج محاسبات آن ها نشان داد که بیشترین مرگ و میر مربوط به آتش فورانی راکتور سولفورزدایی (۲۸ نفر) است. فاصله تاثیر و شدت تشعشع این حادثه به ترتیب برابر ۲۵۰ متر و 370 KW/m^2 است. خطرناک ترین آتش ناگهانی ناشی از پارگی کامل رفورمر است، به طوریکه افراد تا فاصله ۱۳۰ متر از محل نشستی

و مساحت ۱۵۰۵ متر مربع تحت تاثیر غلظت ۶۱۱۲۰ ppm قرار می گیرند و همه ی افراد کشته خواهند شد. بدترین انفجار ابر بخار ناشی از جاذب های تصفیه هیدروژن است به طوریکه تا فاصله ی ۶۰ متری از محل جاذب ها همه افراد کشته خواهند شد و تمامی تجهیزات فرآیندی و ساختمان ها بطور کامل تخریب خواهند شد.

جعفری و همکاران در سال ۲۰۱۴ [۲۴] در یک مطالعه به بررسی و آنالیز کمی خطرات جدی بر افراد، تجهیزات و ساختمان ها در یک تاسیسات تولید هیدروژن پرداختند. آن ها ابتدا خطرات موجود در تاسیسات را شناسایی نمودند سپس با استفاده از نرم افزار PHAST 6.54 پیامدهای ناشی از خطرات را شبیه سازی نمودند و در نهایت ارزیابی پیامدهای ناشی شده را انجام دادند. نتایج نشان داد که پر خطرترین آتش جت و فلش به ترتیب در واحدهای سولفورزدایی و ریفرمر رخ خواهد داد و خطرناک ترین انفجار ابر بخار در نتیجه ی پارگی راکتور سولفورزدایی می باشد. این رویداد با یک افزایش فشار^۱ برابر با ۰/۸۳ بار و در فاصله ۴۵ متری قادر است که باعث مرگ تمام افراد شود و تمامی ساختمان ها و تجهیزات در فاصله ی ذکر شده را نابود نماید. محاسبات با استفاده از مدل TNO Multi-Energy نشان داد که فاصله ی ایمن بر اساس بدترین وضعیت ۲۶۰ متر است. انفجار ابر بخار طولانی ترین فاصله آسیب زا را هم بر انسان و هم بر تجهیزات نسبت به آتش جت و آتش فلش دارا می باشد و شرایط جوی تاثیر به سزایی بر فاصله ی آسیب رسان دارد به خصوص در مورد انفجار ابر بخار. بنابراین تولید هیدروژن با استفاده از ریفرمینگ گاز طبیعی یک فرایند پر خطر است و همواره باید قوانین ایمنی کامل در مورد آن رعایت شود و وسایل حفاظت فردی و تجهیزات و ساختمان ها ضد آتش باشند.

در سال ۱۳۸۸ کاشی و همکاران [۲۵] به کمک نرم افزار تخصصی PHAST پیامد حوادث

^۱ Overpressure

فرایندی احتمالی در یکی از پالایشگاه های نفت کشور، منطقه ی پخش و منطقه لوله و مخابرات نفت مربوطه را مورد بررسی و تحلیل قرار دادند. آن ها به منظور بالا بردن دقت مدلسازی از روش multi-component به جای روش pseudo-component استفاده نمودند. نتایج بدست آمده نشان داد که در حوزه سمیت، کپسولهای نگهداری کلر از بقیه ی موارد خطرناکتر بوده و احتیاج به مراقبت بیشتری دارند. همچنین مخازن نگهداری LPG به واسطه ی شعاع خطر ناشی از تشعشع و موج انفجار خطرناک ترین بخش پالایشگاه می باشند.

۲-۲-۲- پیشینه تحقیق در خارج از کشور

Pandya و همکاران در سال ۲۰۱۲ [۲۶] به آنالیز حساسیت پارامترهای پخش مواد سمی در جو با استفاده از نرم افزار PHAST پرداختند. در این مطالعه تاثیر پارامترهای مستقل ورودی مانند شرایط نگهداری، متغیرهای جوی و پارامترهای رهائش بر خروجی نرم افزار مانند غلظت در نزدیکی و فرایند و در فواصل دور از آن، پروفایل ابر ماده و محل حداکثر غلظت ماده منتشر شده بررسی گردید. روش آنالیز حساسیت استفاده شده در این تحقیق (FAST Fourier Amplitude Sensitivity Test) بوده است. نتایج بدست آمده از این مطالعه تعیین کننده ی موثرترین پارامتر در میزان غلظت ماده ی منتشر شده و مسافتی که ابر ماده می تواند تحت تاثیر قرار دهد، می باشد.

ریسک آتش سوزی و انفجار واحد LNG-FPSO کوالالامپور توسط Dan و همکاران در سال ۲۰۱۴ [۲۷] با استفاده از روش کمی آنالیز ریسک ارزیابی شد و در مرحله بعد آنالیز پیامد حادثه با استفاده از نرم افزار PHAST صورت گرفت. به منظور ارزیابی ریسک سیستم، پنج سناریوی رهائش ناشی از نشت LNG از شیرها تعریف شد و فرض شد که این نشتی ها سبب آتش سوزی و انفجار می شود. نتایج نشان داد که هیچ ریسک بحرانی در این سیستم وجود ندارد، با این وجود جهت دستیابی به نتایج دقیق تر اطلاعات دقیق شکست ها و هم چنین

مدل سازی های پیشرفته تری نیاز می باشد.

در سال ۲۰۱۵، Selvan و همکاران [۲۸] به ارزیابی خطرات و پیامدهای مربوط به ذخیره و حمل هیدروژن با استفاده از نرم افزار PHAST پرداختند و پیامدهایی همچون جت فایر، BLEVE و ... مربوط به هیدروژن، را مدلسازی نمودند. نتایج نشان داد که به هنگام حمل و نقل هیدروژن تا مسافت ۹۷ متری تجهیزات باید خالی از پرسنل باشد و تا فاصله ی ۱۱۰ متری آسیب های وارده بر تجهیزات ناچیز می باشد.

Melo-Gonzalez و همکاران در سال ۱۹۹۸ [۲۹] به مطالعه نشتی گاز ترش از خطوط لوله یا تجهیزات حامل این گاز در تاسیسات فرا ساحلی و پیامدهای ناشی از آن شامل آتش سوزی، مسمومیت و انفجار پرداختند. مدل سازی در این تحقیق با استفاده از نرم افزار PHAST نسخه ۵،۱ انجام شد. نتایج حاصل از مدل سازی نشان داد که بدترین پیامد در شرایطی به وقوع می پیوندد که قطر نشتی بیش تر از ۳/۴ اینچ باشد. در چنین شرایطی ریسک خطر برای پرسنل، تجهیزات و محیط زیست وجود دارد.

در تحقیق Shardlow و همکاران در سال ۲۰۰۹ [۳۰] رهایش غیرقابل کنترل گاز (CSG) بر سر چاه، پارگی^۱ خط لوله بین چاه و تفکیک گر، پارگی سیستم جمع آوری گاز و پارگی خروجی گاز از کمپرسور با استفاده از نرم افزار PHAST6.5 نشان داد که احتمال رخداد رهایش بر سر چاه تقریباً صفر می باشد. ریسک مرگ و میر در فاصله ی ۳۹ و ۴۲ متری در نتیجه ی پارگی خط لوله سرچاه به ترتیب ۰/۶۳۱ و ۰/۰۸۷۶ در میلیون در یک سال است که این احتمالات بسیار ناچیز هستند. ریسک مرگ و میر در خط لوله ۳/۲ در میلیون در سال و در فاصله ۱۱۸ متری آن است که این مقدار در محدوده قابل تحمل استاندارد مورد استفاده است. محاسبات نشان داد که ریسک مرگ و میر در نتیجه ی پارگی خروجی کمپرسور در بدترین

^۱ Rupture

حالت و در حالت رهایش افقی به ترتیب ۰/۸۲ و ۵/۹ در میلیون در سال در فواصل ۱۱۸ (۱۲/۶ kW/m²) و ۱۱۴ (۲۳ kW/m²) متری می‌باشد.

Cheraghi و همکاران در مقاله خود در سال ۲۰۱۹ [۳۱]، جهت مدلسازی پیامد و مقایسه حریم خطر به دست آمده از آن با شاخص مواجهه شیمیایی در یک پالایشگاه گازی از مدل PHAST استفاده کردند.

Rushaid و Malviya در سال ۲۰۱۸ [۳۲]، در تحقیق خود به مدلسازی پیامد یک مخزن کره ای LPG توسط نرم افزار PHAST پرداختند.

۲-۳-۲ - نتیجه گیری از پیشینه تحقیق

مروری بر مطالعات انجام شده برای آنالیز پیامدهای ناشی از حوادث در صنایع مختلف با استفاده از نرم‌افزار PHAST نشان داد که این نرم‌افزار قابلیت‌های کافی به‌منظور تجزیه و تحلیل حوادث در صنایع فرایندی همچون نفت و گاز را دارا می‌باشد. با تاکید بر این مسئله که منطقه‌ی عملیاتی پارسیان از جمله مناطق استراتژیک نفت و گازی در کشور می‌باشد و وقوع هر حادثه ای در این منطقه می‌تواند خسارات جانی و مالی جبران ناپذیری را تحمیل کند، و با توجه به این که مطالعات آنالیز پیامد حوادث در این منطقه صورت نگرفته است لذا با الهام از تحقیقات پیشین می‌توان این مطالعه را در این سایت انجام داد.

۲-۳-۳ - تعاریف، مفاهیم و مبانی نظری تحقیق

یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین حوادث ناگواری که در صنایع فرایندی باعث به خطر انداختن جان انسان‌ها می‌گردد، پدیده آتش‌سوزی (حریق) است. آتش‌سوزی علاوه بر خطرات جانی ناشی از سوختگی شدید (بیش از ۳/۴ بدن) یا خفگی بعلت دود، باعث ضایعات مادی فراوانی مانند از بین

رفتن محصولات، مواد اولیه و تجهیزات می‌شود. آتش‌سوزی به‌عنوان حادثه‌ای شناخته می‌شود که دارای عواقب و پیامدهای به‌مراتب کمتر و خفیف‌تری نسبت به حوادثی مانند انفجار و یا انتشار مواد سمی می‌باشد، در صورتی که بروز چنین حوادثی می‌تواند به‌عنوان عامل اصلی وقوع حوادث جدی‌تر نظیر انفجار و یا انتشار گازهای سمی مطرح شود [۴].

آتش‌سوزی در میان صنایع فرایندی نظیر صنایع نفت و گاز به علت حجم زیاد مواد قابل اشتعال و انفجاری که به‌طور معمول موجود بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرند، از اهمیت خاصی نسبت به سایر صنایع برخوردار بوده و توجه به موارد ایمنی در این صنعت امری ضروری تلقی می‌شود.

تعریف چند اصطلاح مهم مربوط به حریق [۳۳]:

سوختن: ترکیب عناصر یک جسم با اکسیژن هوا را سوختن می‌گویند. این فرایند در حقیقت یک واکنش اکسیداسیون بین ماده سوختنی و اکسیژن هوا می‌باشد.

احتراق: هر فعل و انفعال شیمیایی که موجب به‌وجود آمدن حرارت و گرما شود را احتراق می‌گویند. احتراق مستلزم ترکیب سریع اکسیژن با اجسام قابل سوختن است.

شدت احتراق: نرخ سوختن ماده قابل اشتعال را شدت احتراق می‌گویند. شدت احتراق به عواملی مانند مقدار و نوع ماده قابل اشتعال، سرعت و جهت باد، حرارت احتراق ماده قابل اشتعال و رسانندگی جوی وابسته است.

حداقل انرژی احتراق: حداقل انرژی لازم جهت اشتعال یک ماده و تشکیل شعله پایدار را حداقل انرژی احتراق می‌گویند. هر چه این مقدار کمتر باشد، مخاطرات مربوط به آن ماده بیشتر خواهد بود.

۲-۳-۱- انواع انتقال حرارت در آتش‌سوزی

یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی که در هنگام بروز آتش‌سوزی رخ می‌دهد، تولید حرارت ناشی از

آزاد شدن انرژی موجود در ماده سوختنی است. انرژی آزاد شده از طریق مکانیزم‌های مختلف انتقال حرارت به محیط اطراف گسترش می‌یابد. با توجه به نوع مکانیزم انتقال حرارت، شدت انتقال حرارت به صورت جداگانه‌ای محاسبه می‌شود. در حریق‌های گسترده شار تابشی ثابتی به محیط اطراف انتقال می‌یابد. برای بیشتر هیدروکربن‌ها و مواد شیمیایی قابل احتراق، شار تابش در حدود 3000 Btu/h.ft است. روش‌های عمده‌ی انتقال حرارت در آتش‌سوزی‌ها عبارتند از:

انتقال حرارت هدایتی (روش مستقیم): این نوع از انتقال حرارت عموماً از طریق تبادلات حرارتی بین مولکول‌های محیط در اطراف آتش سوزی صورت می‌گیرد، به نحوی که رسانش مولکولی سبب انتقال حرارت هدایتی می‌گردد.

انتقال حرارت جابجایی (روش غیر مستقیم): این نوع از انتقال حرارت عموماً از طریق یک واسطه صورت می‌گیرد. هر چه گرادیان دمایی به وجود آمده در نقاط مختلف سیال اطراف شعله بیشتر باشد، میزان جابجایی لایه‌های سیال و میزان گسترش حرارت بیشتر می‌گردد.

انتقال حرارت تابشی: حرارت در عین داشتن شعله دارای موج و تشعشع است و مانند نور در هوا منتشر می‌شود و امواج حرارتی به سایر نقاط منتقل می‌شوند. این نوع از انتقال حرارت بیشتر در دماهای بالا به وجود می‌آید. در صورتی که در دماهای پایین انتقال حرارت هدایتی و جابجایی نقش بارزتری دارند. در اغلب آتش‌سوزی‌ها انتقال حرارت تابشی پدیده غالب می‌باشد.

۲-۳-۲ طبقه بندی انواع آتش

۲-۳-۲-۱ آتش استخری^۱

در اثر نشتی و یا شکستگی در خطوط لوله و مخازن ذخیره حاوی مایعات قابل اشتعال، محتویات درون این دستگاه‌ها به بیرون تخلیه می‌شوند و در اثر تجمع، حوضچه‌ای از سیال را

^۱ Pool Fire

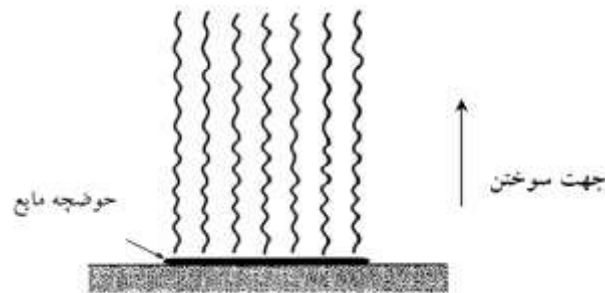
تشکیل می‌دهند. در صورتی که سیال یافته قابل اشتعال باشد، از طریق جذب گرما به تدریج شروع به تبخیر می‌کند و ابر گازی در اطراف محل نشستی ایجاد می‌گردد. در صورتی که بخارات ناشی از تبخیر در مسیر انتشار به منبع جرقه برسند، مشتعل شده و شعله‌های حاصل از این آتش سوزی به صورت حوضچه‌ای یا استخری تشکیل می‌گردد. ابر گازی ممکن است در نزدیکی حوضچه به منبع جرقه برسند یا اینکه پس از طی مسافتی به منبع جرقه رسیده و با مشتعل شدن و برگشت شعله به محل نشستی، باعث ایجاد آتش استخری گردد. همچنین این حریق در سطح مایعات قابل اشتعال تخلیه شده در سطح دریاچه ها و آب های سطحی هم بوجود می‌آید [۳۳]. در شکل ۱-۲ آتش استخری نشان داده شده است.



شکل ۱-۲: نمایی از آتش استخری [۳۴].

پیامدهای ناشی از آتش استخری براساس میزان تشعشع ایجاد شده از آن ارزیابی می‌گردد. بدین منظور یکی از مهم‌ترین مراحل مدلسازی آتش استخری تعیین هندسه شعله می‌باشد. ارتفاع و قطر شعله دو پارامتر مهم در تعیین هندسه شعله می‌باشند. شعله‌ی آتش استخری در زمان سوختن، به صورت استوانه‌ای و یا کروی شکل می‌گیرد. در اغلب وقایع، شعله آتش استخری بصورت استوانه عمودی ارزیابی می‌شود که جهت سوختن آن به سمت بالا می‌باشد.

شکل ۲-۲ نشان دهنده‌ی هندسه‌ی آتش استخری و جهت‌گیری آن است.



شکل ۲-۲: هندسه‌ی آتش استخری و جهت‌گیری آن [۴].

بطور کلی مراحل مدلسازی آتش استخری به شرح زیر می باشد:

- محاسبه گرمای لازم برای تبخیر به ازای یک کیلوگرم از ماده قابل اشتعال. (گرمای نهان تبخیر+ گرمای لازم برای رساندن دمای مایع به نقطه جوش)
- محاسبه نرخ کاهش ضخامت مایع در اثر اشتعال
- محاسبه ابعاد حوضچه
- محاسبه ارتفاع شعله
- میزان انحراف شعله در اثر وزش باد
- محاسبه میزان تشعشع ناشی از آتش استخری در فاصله مورد نظر

۲-۲-۳-۲- جت آتش^۱

تخلیه‌ی سیال تحت فشار از منفذی کوچک روی تجهیزات محتوی مواد قابل اشتعال، تشکیل جتی از سیال را می‌دهد که در صورت رسیدن به منبع جرقه، باریکه‌ی ممتدی از آتش را به وجود می‌آورد. به این باریکه سوزان، اصطلاحاً جت آتش می‌گویند (شکل ۲-۳) [۳۳].

هدف از مدلسازی جت آتش دستیابی به قطر جت، طول جت و نرخ تابش حرارتی از جت

^۱ Jet Fire

سوزان در هر نقطه دلخواه می‌باشد. پیامدهای ناشی از جت آتش براساس میزان تشعشع ایجاد شده ارزیابی می‌گردد.



شکل ۳-۲: نمایی از جت آتش و نحوه‌ی سوختن آن [۳۵].

۳-۲-۳-۲- آتش توپی^۱

شکل‌گیری توپ آتش زمانی میسر است که حجم عظیمی از مواد قابل اشتعال به یکباره در حضور عامل جرقه به محیط بیرون گسترش یابند. ترکیدن ناگهانی مخزن ذخیره مایعات قابل اشتعال و انتشار حجم عظیمی از مواد به محیط در حضور عامل جرقه باعث شکل‌گیری این آتش می‌شود. با شکل‌گیری چنین آتشی فشار گازها و محصولات حاصل از احتراق تا نزدیکی فشار اتمسفری کاهش می‌یابد. دانسیته گازها به سرعت کاهش می‌یابد و باعث رشد نیروهای بویانسی شده و شعله رشد و گسترش می‌یابد. بتدریج مواد اولیه وارد توپ آتش شده و شروع به سوختن می‌نمایند. شکل نیم کره به وجود آمده بتدریج با افزایش نیروی بویانسی کامل شده و به شکل کره کامل در می‌آید. بعد از اینکه توپ آتش شکل واقعی به خود گرفت، گلوله‌ی آتش

^۱ Fire Ball

از سطح زمین بلند می‌شود و ترکیب کلی آن به شکل یک قارچ می‌شود. با مدلسازی اینگونه از آتش‌ها محدوده و مسافتی که در اثر بروز چنین حادثه‌ای تحت پوشش قرار می‌گیرد و نیز میزان حرارت پخش شده به محیط اطراف آشکار می‌گردد [۳۳]. هدف از مدلسازی توپ آتش محاسبه‌ی شار تابشی توپ آتش در منطقه مورد نظر می‌باشد. شکل ۲-۴ نمایی از آتش توپی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴: نحوه‌ی سوختن و جهت‌گیری آتش توپی [۳۶].

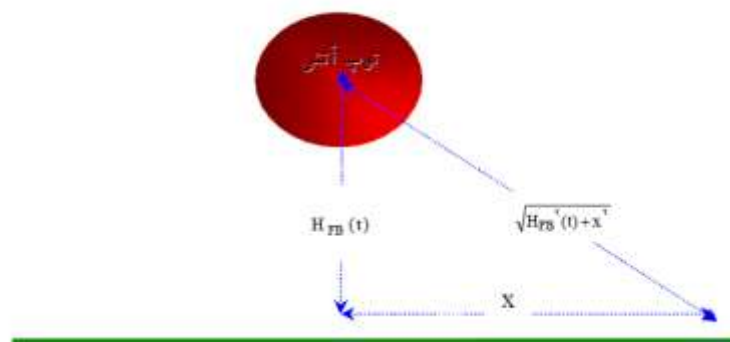
منطقه‌ای که شار کل تابشی توپ آتش در آن منطقه ارزیابی می‌شود منطقه هدف نامیده می‌شود. شعاع این منطقه تابعی از زمان می‌باشد و از مرکز توپ آتش شروع می‌شود و تا نقطه‌ی فرضی X ادامه می‌یابد. طول عمر توپ آتش مدت زمانی که طول میکشد توپ آتش شکل گرفته بطور کامل از بین رود. در شکل ۲-۶ این منطقه و ابعاد و مشخصات نشان داده شده است. طول عمر توپ آتش به دو زیر بازه زمانی تقسیم می‌شود [۴]:

- بازه زمانی رشد توپ آتش: مدت زمانی است که توپ آتش به تکامل کامل می‌رسد و شکل کروی بخود می‌گیرد این مدت در اکثر مراجع $1/3$ (یک سوم) طول عمر توپ آتش در نظر گرفته می‌شود. در این بازه زمانی شار تابشی از سطح خارجی توپ آتش حداکثر است.

- بازه زمانی تحلیل توپ آتش: در این بازه رشد توپ آتش متوقف شده و رو به تحلیل می رود تا زمانی که بطور کامل از بین برود. این بازه زمانی $\frac{2}{3}$ (دو سوم) طول عمر توپ در نظر گرفته می شود. در این منطقه شار تابشی از سطح خارجی توپ آتش بتدریج بطور خطی کاهش می یابد تا از مقدار حداکثر به صفر برسد. در شکل ۵-۲ تغییرات قطر توپ آتش با زمان نشان داده شده است.



شکل ۵-۲: چگونگی تغییرات رشد توپ آتش با زمان [۴].



شکل ۶-۲: منطقه هدف جهت ارزیابی شار حرارتی دریافتی [۴].

شار تابشی که افراد و تجهیزات در منطقه‌ی هدف در زمان t دریافت می کنند، تابعی از فاکتور دید، رسانندگی جوی بین توپ آتش و نقطه هدف و نیز شار تابش سطحی می باشد. در

بازه‌ی زمانی تحلیل توپ، شار تابشی از توپ آتش بتدریج کاهش می‌یابد.

۲-۳-۴- آتش ناگهانی^۱

احتراق کوتاه مدت گازهای قابل اشتعالی که در محدوده اشتعال پذیری قرار دارند، را آتش ناگهانی می‌گویند. این آتش بدون تشکیل موج انفجار ایجاد می‌گردد. این آتش سوزی بیشتر از چند دهم ثانیه بطول نمی‌انجامد. پیامد اصلی این نوع آتش سوزی سطوح مختلف تابش حرارتی است که در موارد حاد می‌تواند منجر به مرگ افراد گردد. منطقه تحت تأثیر از منبع اشتعال آغاز شده و تا مسافتی که غلظت ماده قابل اشتعال در ابر گازی به نیمی از حد پایین اشتعال پذیری میرسد، ادامه می‌یابد.

۲-۳-۵- تأثیرات سطوح مختلف تابش حرارتی

به منظور آگاهی از تأثیرات تابش حرارتی بوسیله ابر گازی سوزان لازم است تا دما، اندازه و دینامیک شعله در زمان پخش شعله مشخص گردد [۳۳]. در جدول ۱-۲ تأثیرات سطوح مختلف تابش حرارتی ارائه شده است.

^۱ Flash Fire

جدول ۱-۲: تأثیرات سطوح مختلف تابش حرارتی [۲].

پیامد	شدت تابش حرارتی (kW/m ²)
خسارت به واحدها و تجهیزات فرایندی، ایجاد مرگ آنی برای افراد در معرض آن	۳۷/۵
آسیب جدی به افراد در معرض، در صورت نرسیدن تیم نجات موجب مرگ می شود	۲۰
حداقل انرژی لازم برای ایجاد جرقه در پایلوت های چوبی و ذوب شدن مواد پلاستیکی	۱۲/۵
ایجاد درد در افرادی که حداقل ۲۰ ثانیه در معرض آن می باشند، سوختگی درجه اول	۴/۵
در اثر تماس طولانی ایجاد عوارض نسبتاً خفیفی می کند	۱/۶
تابش خورشیدی	۰/۷

۲-۳-۳- انفجار

انفجار یکی از مهم ترین خطراتی است که در واحدهای فرآیندی مطرح می باشد. در مراجع مختلف تعاریف گوناگونی برای انفجار آمده است:

انفجار عبارتست از آزاد شدن انرژی به گونه ای که در هوای اطراف تغییرات گذرا در چگالی، فشار و سرعت ایجاد کند.

انفجار به مفهوم اشتعال یکباره و حالتی است که انرژی های آزاد شده خیلی سریع و ناگهانی و در حداقل زمان ممکن آزاد شوند.

انفجار عبارتست از آزاد شدن ناگهانی و فاجعه انگیز انرژی که سبب ایجاد موج فشار می شود.

موج فشار ایجاد شده از انفجار را اصطلاحاً موج انفجار^۱ می‌گویند.

انفجار بر اثر یکی از عوامل فیزیکی، شیمیایی و یا هسته‌ای بوقوع می‌پیوندد. در تعریف انفجار لازم است بین انفجار و اشتعال تمایزی قایل شد. در انفجار واکنش شیمیایی با سرعت مافوق صوت انجام می‌شود و مکانیزم حرارتی اعمال شوک است. در اشتعال، فرآیند احتراق همانند سوختن عادی مخلوط قابل اشتعال و با سرعت کمتر از صوت انجام می‌شود و موج فشار کمتری تولید می‌کند.

انفجارها بر اساس تراکم موانع در محیط به دو دسته تقسیم میشوند. به انفجاری که در محیط‌ها و اماکن سر بسته رخ می‌دهد، انفجار محدود شده^۲ می‌گویند. در تعریفی مشابه به انفجاری که در محیط باز و بدون مانع مانند دشت و یا بیابان رخ می‌دهد، انفجار نامحدود^۳ می‌گویند. هر چه تراکم موانع در محیط‌های سر بسته بیشتر باشد، قدرت انفجار بیشتر خواهد بود. بوجود آمدن انفجار یا اشتعال در مخلوط‌های قابل اشتعال به عواملی مانند غلظت مخلوط، قابلیت انفجار ماده و یا دمای منبع احتراق بستگی دارد. شرایط اولیه ماده برای تولید انفجار عبارتست از:

- ماده باید اشتعال پذیر باشد.
- قبل از ایجاد جرقه ابعاد ابر گازی ناشی از پخش شدن مواد باید به اندازه کافی بزرگ باشد.
- در ابر گازی غلظت ماده در محدوده اشتعال پذیری قرار داشته باشد.
- محیطی که ماده در آن پخش می‌شود، محدودیت به اندازه ای باشد که ابر گازی ایجاد شده در آن متراکم شود.

¹ Blast Wave

² Confined Explosion

³ Unconfined Explosion

۲-۳-۱- پیامدهای ناشی از انفجار

مهم‌ترین و اصلی‌ترین پیامدی که در اثر وقوع انفجار بوجود می‌آید، موج فشاری تولید شده در اثر رهاشدن ناگهانی انرژی نهفته در ماده انفجاری می‌باشد. در اثر تولید موج انفجار و رهاشدن و گسترش آن در محیط عوارض مختلفی مانند پارگی پرده گوش، آسیب به قسمت‌های مختلف بدن و یا مرگ در اثر آسیب به شش‌ها بوجود می‌آید. سطوح مختلف موج انفجار به همراه پیامدهای آن در جدول ۲-۲ نشان داده شده است.

جدول ۲-۲: تاثیرات موج فشار بر تجهیزات و ساختمان‌ها [۳۷].

پیامد مخرب	موج فشاری ایجاد شده (psig)
خسارت شدید به سازه‌های اصلی و سنگین	۵
تجهیزات اصلی آسیب غیر قابل جبران می‌بینند	۳
پاره‌گی پرده گوش و خسارت به سازه‌های سبک	۲/۵
ایجاد خسارات قابل جبران، فرو ریختن سازه‌های سبک	۲
احتمال شکستن پنجره‌ها و آسیب در اثر برخورد پرتابه‌ها	۱
ده درصد شیشه‌ها شکسته می‌شوند	۰/۷
آسیب جزئی به ساختمان‌ها	۰/۳

۲-۳-۴- شرایط آب و هوایی و جغرافیایی

پایداری جوی در هنگام رها شدن مواد در محیط، عامل مهمی در مدلسازی پخش آن‌ها و تخمین میزان شدت آن‌ها می‌باشد. رفتار توده‌ای ابر تشکیل شده از پخش مواد به میزان پایداری جو بستگی دارد. پایداری جو نشان دهنده‌ی میزان اختلاط و اغتشاش لایه‌های جوی و معیاری از اختلاط مواد پخش شده در محیط در جهت عمود بر سطح زمین است. هر چه جو پایدارتر باشد این اختلاط کمتر و در صورت ناپایدار بودن جو، اختلاط لایه‌های جوی بیشتر می‌باشد و پخش مواد در جهت عمود بر سطح زمین را به حداکثر می‌رساند. به طور کلی پایداری جو را می‌

توان به سه دسته تقسیم کرد:

جو ناپایدار^۱

جو خنثی^۲

جو پایدار^۳

در مورد پخش گاز می توان گفت که هر چه پایداری جو کمتر باشد گاز در سه جهت اصلی بیشتر پخش خواهد شد و غلظتی که به یک فاصله خاص خواهد رسید کمتر خواهد بود. به همین دلیل در ارزیابی ریسک مخاطرات ناشی از انتشار گاز از پایدارترین کلاس جوی به عنوان بدترین حالت برای پخش گاز استفاده می گردد. یکی از معیارهای مشهور پایداری جو، تقسیم بندی پاسکوییل می باشد. در این روش، پایداری به شش تقسیم می گردد. در این تقسیم بندی، پایداری جو تابع سرعت باد، میزان ابری بودن آسمان و F تا A کلاس از میزان تابش خورشید بر سطح زمین می باشد. این دسته بندی آن در جدول ۲-۳ ارائه شده است [۳۸].

جدول ۲-۳: معیار پایداری پاسکوییل [۳۸].

سرعت باد (m/s)	روز: میزان تابش خورشید			شب: درجه ابری بودن آسمان		هوای کاملاً ابری در هر زمان از شبانه روز
	کم	متوسط	زیاد	کمتر از ۰/۴	بین ۰/۴ و ۰/۸	
کمتر از ۲	B	A_B	A	-	-	D
۲-۳	C	B	A-B	E	F	D
۳-۵	C	B-C	B	D	E	D
۵-۶	D	C-D	C	D	D	D
بیشتر از ۶	D	D	C	D	D	D

¹Unstable

² Neutral

³³ Stable

۲-۳-۵- تحلیل پیامد

با پیشرفت تکنولوژی و عظیم‌تر شدن صنایع، مخاطرات مربوط به واحدهای صنعتی نیز رشد نموده است. از طرفی مقیاس امروزی تولید، حجم سرمایه‌گذاری و نزدیک شدن واحدهای صنعتی به مراکز جمعیت، وجود واحدهای ایمن‌تری را ایجاب می‌کند. بنابراین استفاده از روش‌های گوناگون مدیریت ریسک رشدی فزاینده در سال‌های اخیر داشته است. امروزه هنگام طراحی واحدهای شیمیایی و حتی برای واحدهای در حال کار، مطالعات ریسک‌پذیری و ارزیابی مخاطرات به صورت جامع انجام می‌شود. بنابراین تجزیه و تحلیل واحدهای فرایندی با استفاده از روش‌های سیستماتیک برای اطمینان از ایمن بودن واحدها در کنار تجربیات مهندسی و تمهیدات ایمنی امری ضروری تلقی می‌شود. اکثر واحدهای شیمیایی، امروزه در بطن مجتمع‌های صنعتی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. لذا دیگر نمی‌توان مطالعه و ارزیابی ریسک را تنها برای یک واحد به طور مستقل انجام داد، چرا که تأثیر متوالی هر حادثه بر روی واحدها و محیط مجاور در این شرایط غیرقابل انکار است و اثرات مخرب آن نظیر پخش مواد سمی یا اشتعال مواد می‌تواند به واحدهای مجاور یا مناطق مسکونی اطراف گسترش یابد. برای ارزیابی ریسک‌های موجود در صنایع، پس از شناسایی و ارزیابی مخاطرات، نیاز به برآورد شدت تأثیرات و عواقب مخاطرات آشکار شده می‌باشد، زیرا شدت تأثیرات مخرب به همراه احتمال رخداد حوادث است که میزان ریسک محتمل را تعیین می‌کند. یکی از مراحل مدیریت ریسک واحدهای شیمیایی تحلیل پیامدهای حوادث می‌باشد. پیش‌بینی اثرات و عواقب حوادث نامطلوب در یک واحد فرایندی به وسیله مدل‌های ریاضی، تحلیل پیامد نامیده می‌شود. از این‌رو دیگر نمی‌توان مطالعات ریسک‌پذیری یک واحد شیمیایی را بدون مرحله آنالیز پیامد کامل دانست. بنابراین مدیریت ریسک یک واحد فرایندی بدون انجام تحلیل پیامد ممکن نیست [۴]. ابعاد حوادث محتمل در یک واحد صنعتی تابع میزان و شدت تأثیر آن بر انسان و محیط زیست

است که امروزه در ایمن سازی صنعتی تصمیم‌گیری و مدیریت بحران بر مبنای ارزیابی پیامد انجام می‌شود. ارزیابی پیامد خطراتی همچون رها شدن مواد شیمیایی پر خطر در محیط، یکی از ضروری‌ترین و عمده‌ترین مراحل برای افزایش سطح ایمنی در واحدهای بهره‌برداری یا در حال طراحی است. اکثر حوادثی که در صنعت رخ می‌دهد به دلیل خروج یک ماده سمی یا قابل اشتعال بر اثر پارگی در مخازن، خطوط لوله و یا اتصالات ایجاد می‌شود. عوامل مختلفی جهت مدل‌سازی تخلیه این مواد در اثر حوادث مذکور مانند مقدار و فاز ماده تخلیه شده، اندازه‌ی نشتی، شکل انتشار و مسیر ترمودینامیکی موثر است. برای آنالیز پیامد حوادث روش‌های متنوعی وجود دارد که ساختار تقریباً مشابهی دارند اما در جزئیات و تقسیم‌بندی مراحل، تفاوت‌هایی در آن‌ها وجود دارد [۶].

مهم‌ترین کاربردهای تحلیل پیامد عبارتند از [۴]:

- شناسایی بهتر مخاطرات فرایندی و پیامدهای آن‌ها
- انتخاب سیستم‌های محافظتی خاص
- کمک در جهت مشخص کردن سیستم‌های پاسخ فوری
- انتخاب تعداد، اندازه، ابعاد و مکان تجهیزات در واحد
- مدیریت و راهبری بهتر فرایند

۲-۳-۵-۱- مراحل انجام تحلیل پیامد

تحلیل پیامد گام سوم از مراحل چهارگانه ارزیابی ریسک است. نتایج این تحلیل به همراه نتایج حاصل از ارزیابی کمی مخاطرات در مدیریت ریسک واحدهای فرایندی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای انجام تحلیل پیامد روش‌های متنوعی وجود دارد که غالباً در ساختار و نوع خروجی‌ها شباهت دارند، اما در جزئیات تفاوت‌هایی در آن‌ها وجود دارد [۴]. مراحل تحلیل پیامد در یک واحد فرایندی در شکل ۲-۷ نشان داده شده است.



شکل ۲-۷: مراحل تحلیل پیامد حادثه [۲].

تعیین اهداف ارزیابی پیامد:

ارزیابی پیامد ناشی از تخلیه و نشر مواد سمی یا قابل احتراق و انفجار

بررسی واحد فرآیند مورد نظر:

برای بررسی واحد فرآیندی دسترسی به اسناد و مدارک از جمله نقشه‌های فرآیندی، جانمایی و شرح فرآیند و مواد شیمیایی موجود بررسی شوند.

شناسایی خطرات:

برای شناسایی مخاطرات روش‌های بسیار متنوعی وجود دارد که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به FTA، ETA، LOPA، HAZID و HAZOP اشاره کرد. از این میان HAZOP شناخته شده‌ترین و معتبرترین روش برای ارزیابی کیفی ریسک در صنایع فرآیندی است [۲].

تعیین و تحلیل سناریوها

مهم‌ترین گام در تحلیل پیامد یک حادثه انتخاب یک واقعه به عنوان سناریو می‌باشد. سناریو عبارتست از واقعه یا مجموعه‌ای از وقایع که بروز آن منجر به تولید یک یا چند حادثه فرآیندی مثل انفجار، آتش سوزی یا رهایش مواد سمی می‌شود در زمان انتخاب سناریوها دو پارامتر مهم میزان احتمال وقوع سناریو و شدت پیامدهای آن از عوامل بسیار مهم می‌باشند. در بین فاکتورهای بالا، فاکتور دوم یعنی شدت پیامدها از اهمیت بیشتری برخوردار است و در زمان انتخاب سناریوها باید به آن توجه بیشتری داشت [۴]. چرا که برگزیدن سناریوهای قابل اعتنا از

بین تعداد بسیار زیادی گزینه، باعث کاهش زمان و حجم محاسبات می‌گردد. مقصود از سناریوی قابل اعتنا، حادثه یا ترکیبی از حوادث است که اولاً محتمل باشد، یعنی حوادث نادر بررسی نمی‌شوند، دوم اینکه عواقب حادثه مورد نظر باید دارای شدت و تأثیر کافی باشد. تعیین اعتبار سناریوها معمولاً به صورت کیفی و بنا بر تجربه، دانش و سابقه حوادث مشابه در گذشته، صورت می‌گیرد.

قبل از انتخاب سناریو لازم است که اطلاعاتی در رابطه با چگونگی انجام فرایند، نوع و مقدار مواد شیمیایی در حال فرایند/ذخیره شده، حالت فیزیکی مواد، شرایط عملیاتی و ذخیره‌سازی مواد مانند دما و فشار جمع آوری گردد. در حالت کلی سناریوها به دو دسته تقسیم می‌شوند: سناریوی بدترین حالت^۱: سناریوی بدترین حالت، سناریوی است که در صورت به‌وقوع پیوستن آن، شدیدترین و بیش‌ترین مقدار خسارت به افراد و یا تجهیزات وارد می‌شود.

سایر سناریوهای انتشار^۲: احتمال وقوع سایر سناریوهای انتشار نسبت به سناریوی بدترین حالت بیشتر بوده ولی عواقب و پیامدهای ناشی از به‌وقوع پیوستن آن‌ها به مراتب کمتر از سناریوهای دسته اول می‌باشند [۴].

برخی حوادث مانند نشت ماده‌ی شیمیایی از درزگیرها محتمل هستند اما چون حجم ماده رها شده در این حالت کم است، نمی‌توان آن را به‌عنوان یک سناریو قابل اعتنا قلمداد کرد. در موردی که سناریو شامل نشت مواد در محیط است، یکی از عامل‌های مهم در تعیین پیامدهای نشتی، سطح مقطع نشتی ایجاد شده است. از آن‌جا که پیش‌بینی دقیق اندازه‌ی منفذ ایجاد شده روی تجهیزات بر اثر عامل‌هایی مانند افزایش فشار یا فرسودگی تجهیزات امکان ندارد به‌طور معمول اندازه‌های متفاوت نشتی در نظر گرفته می‌شود.

به این ترتیب می‌توان سناریوهای لازم برای بررسی یک واحد فرایندی را تعریف کرد. البته

^۱ Worst Case Scenario

^۲ Alternative Release Scenario

این نکته را هم باید در نظر گرفت که در یک واحد بزرگ با توجه به تعداد تجهیزات، تعداد زیادی سناریو می‌توان در نظر گرفت که بررسی همه‌ی آن‌ها زمان‌بر است. ولی در عمل، از بین آن‌ها می‌توان سناریوهایی را انتخاب کرد که پیامدهای آن‌ها، سایر سناریوها را نیز هم‌پوشانی می‌کند. این کار را می‌توان به‌وسیله‌ی مقایسه‌ی شرایط عملیاتی و همچنین میزان ماده‌ای که در صورت ایجاد حادثه در محیط پخش می‌شود انجام داد و تعداد سناریوها را به حد معقولی رساند.

تحلیل شرایط مؤثر بر گسترش سناریو

در این مرحله تمامی شرایط فیزیکی تأثیرگذار بر حادثه شناسایی می‌شود. بعبارتی برای هر یک از سناریوها عواملی که بر چگونگی شکل‌گیری و پیشرفت آن سناریو مؤثرند، تعیین می‌شوند. برای مثال اگر سناریو مورد مطالعه انتشار ماده شیمیایی از منفذی در جداره یک مخزن نگهداری باشد، قبل از پیش‌بینی چگونگی رهایش و اثرات آن، باید تمامی عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش آن بررسی و مورد شناسایی قرار گیرد. عواملی مانند چگالی ماده‌ی رها شده نسبت به هوا، دمای انتشار، دمای محیط و نیز سرعت رهایش از جمله عوامل مؤثر هستند. شناسایی و در نظر گرفتن این عوامل، کمک به انتخاب مدل مناسب برای مدلسازی حادثه در مرحله بعد می‌کند.

مدلسازی پیامد

پس از انتخاب سناریو مهم‌ترین عامل در انجام صحیح تحلیل پیامد، برای تعیین اثر نهایی یک ماده شیمیایی یعنی شدت حادثه لازم است چگونگی حرکت و تغییرات فیزیکی و شیمیایی آن از هنگام تخلیه به محیط تا محل اثرگذاری آن با دقت مدل‌سازی شود. بعبارتی پس از در نظر گرفتن تمامی عوامل مؤثر در حادثه، اقدام به شبیه‌سازی حادثه می‌شود [۴]. مدلسازی پیامد عبارتست از پیش‌بینی اثرات و عواقب ناشی از رهایش و پخش یک ماده در محیط به‌وسیله

مدل‌های ریاضی. با استفاده از روش‌های مدلسازی ریاضی، می‌توان اثرات حوادث را به‌صورت آسیب به سرمایه، تجهیزات و اثرات سوء بر سلامت انسان‌ها و محیط زیست ارزیابی کرد. پیامدهای اصلی رهایش مواد قابل اشتعال و سمی در محیط، آتش سوزی، انفجار و نشر مواد سمی می‌باشد. مهم‌ترین تأثیرات ناشی از پیامدهای فوق عبارتند از: "تشعشع" ناشی از آتش سوزی، "افزایش فشار" در اثر انفجار و "مسمومیت یا خفگی" در اثر مواجهه با گازهای منتشر شده.

مدل‌سازی سناریوهایی که به‌منظور ارزیابی ریسک تعریف شده‌اند شامل دو مرحله است. مرحله‌ی نخست که دارای اهمیت بیشتری است، مدل‌سازی رهایش مواد در محیط و مرحله‌ی دوم مدل‌سازی پیامدهای ناشی از رهایش مواد است. مدل‌سازی رهایش مواد را بسته به گاز یا مایع بودن مواد تخلیه شده می‌توان به دو یا سه مرحله تقسیم‌بندی نمود. در صورتی‌که مواد رها شده در محیط گازی شکل باشند، مراحل اصلی مدل‌سازی عبارتند از مدل‌سازی تخلیه‌ی مواد و مدل‌سازی پخش مواد. مدل‌های تخلیه‌ی مواد به‌منظور تخمین سرعت تخلیه، مقدار کل ماده‌ی رها شده در محیط و درصد ماده‌ای که در هنگام خروج به‌صورت بخار می‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مرحله شرایط محیطی همچون دمای محیط و سرعت باد، در مدل‌سازی نقش کم‌رنگی دارند و محاسبه‌ها در عمل به شرایط ابتدایی ماده بستگی دارد. مدل‌های پخش نیز به‌منظور شبیه‌سازی طرز پراکنده شدن مواد تخلیه شده در محیط بکار می‌روند. در این مرحله برعکس مرحله‌ی قبل، نقش اصلی مدل‌سازی را شرایط محیطی ایفا می‌کند.

در موردهایی که مواد رها شده در محیط به‌صورت مایع باشند، در اطراف منبع رهایش مواد، حوضچه‌ای از ماده‌ی مربوط تشکیل می‌شود که به‌تدریج شروع به تبخیر می‌کند. در این حالت، بین دو مرحله‌ی مدل‌سازی تخلیه‌ی مواد و پخش مواد، مرحله‌ی دیگری نیز اضافه می‌شود که

تحت عنوان مدل‌سازی شدت تبخیر از حوضچه مایع شناخته می‌شود.

مهم‌ترین کاربرد مدل‌سازی پیامد در واحدهای صنعتی، تعیین محدوده‌ی اثر گذاری حوادث بر تجهیزات فرآیندی و افراد (پرسنل شاغل در واحد صنعتی مورد نظر و افراد مستقر در خارج از واحد) می‌باشد. برای انجام ارزیابی پیامد روش‌های متنوعی وجود دارد، که ساختار و خروجی‌های تقریباً مشابهی دارند.

تعیین چگونگی پخش و انتشار مواد یکی از مراحل دشوار در تحلیل پیامدهاست. در اغلب موارد رفتار مواد شیمیایی در هنگام پخش در فضای اطراف دستگاه‌ها و تجهیزات به اقتضای خصوصیات فیزیکی آن‌ها مانند چگالی و ظرفیت گرمایی متفاوت است. همچنین خواص مواد، موقعیت جغرافیایی انتشار و شرایط جوی در تعیین غلظت مواد پخش شده در چهارچوب‌های مکانی و زمانی مؤثر می‌باشند.

نتایج مدل‌های پراکنش نقش مهمی در تعیین مکان و زمان تأثیرگذاری نهایی مواد دارند. در جریان پخش، مواد در حال تأثیرگذاری می‌باشند. میزان اثرگذاری مواد به متغیرهای شرایط اقلیمی، خصوصیات هندسی تجهیزات و محیط، آسیب‌پذیری افراد در معرض و زمان در معرض بودن بستگی دارد. همچنین شدت تأثیر به ترکیبی از این متغیرها وابسته است.

امروزه برای مدل‌سازی پخش مواد، مدل‌های متفاوتی ارائه شده است. پرکاربردترین این مدل‌ها، مدل‌های گاوسی هستند که پایه‌ی تمامی آن‌ها مدل توده‌ای گاوس است. این مدل‌ها به این دلیل گاوسی نامیده می‌شوند که در آن‌ها فرض می‌شود پروفایل غلظت ماده‌ی پخش شده در جهت عمود بر جهت باد به شکل تابع نرمال گاوسی است. این مدل‌ها به دلیل سادگی و دقت قابل قبولی که در پیش‌بینی پروفایل غلظت‌های پخش مواد دارند، در تحلیل پیامدهای حوادث بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدل‌های متفاوتی نیز برای مدل‌سازی پیامدهای پخش مواد اعم از آتش و انفجار ارائه شده است که بررسی آن‌ها در این تحقیق نمی‌گنجد.

کنترل و کاهش پیامد

بر اساس نتایج خروجی از مدل و سنجیدن آن‌ها با معیارهای موجود، شدت آسیب رسانی حادثه مورد بررسی مشخص می‌شود. برای مثال فشار ایجاد شده در اثر انفجار یا میزان تشعشع حرارتی رسیده در اثر آتش، برای نقاط با فواصل مختلف از مبدا حادثه، که از مدلسازی نتیجه شد، با مقادیر مجاز یا قابل تحمل که در مراجع وجود دارد، مقایسه می‌شود. همچنین در صورتی که سناریو مورد بررسی انتشار یک ماده سمی در محیط باشد، توزیع غلظت ماده منتشر شده در فواصل مختلف، با آستانه سمیت آن ماده مقایسه شده و محدوده خطر مشخص می‌شود [۴]. پس از تعیین شدت پیامدهای ایجاد شده و اولویت بندی آن‌ها، می‌توان اقدامات لازم را جهت کنترل و کاهش اثرات آن‌ها از قبیل تحمل اثرات، انتقال اثرات به شرکت‌های بیمه گذار و کاهش پیامد حوادث انجام داد [۲].

۴-۲- علت انتخاب روش

در اثر پخش و انتشار مواد احتمال بروز حوادث عمده‌ای مانند مواجهه با مواد شیمیایی سمی و مسمومیت، آتش‌سوزی با سناریوهای مختلف مانند جت آتش، توپ آتش و آتش ناگهانی و یا انفجار با انواع رژیم‌ها وجود دارد. برای تعیین هر یک از حوادث، بکارگیری مدل‌های ریاضی مناسب و معتبر ضروری است. برای اعتبار بخشیدن به مدل‌سازی باید مدل‌ها از دو ویژگی دقت خوب و جهت‌گرایش محتاطانه برخوردار باشند. برگزیدن مدلی صحیح است که بتواند تا حد امکان حادثه را نزدیک به حالت واقعیت آن شبیه‌سازی کند. اکثر مدل‌های موجود پیچیده و شامل محاسباتی بسیار زمانبر هستند، لذا در این مرحله تمایل زیادی نسبت به استفاده از نرم‌افزارهای موجود برای مدل‌سازی وجود دارد.

مدلسازی بوسیله نرم افزار یک روش سریع و دقیق برای پیش‌بینی میزان گسترش دامنه‌ی رهایش مواد است. استفاده از این تکنیک در واقع یک هنر و علم است و احتیاج به سخت افزار و

نرم افزارهای مناسب و همچنین یک کاربر ماهر و آگاه به نرم افزارهای مربوط به انتشار دارد. در مدلسازی کامپیوتری تعدادی پیش نیاز سخت افزاری و نرم افزاری وجود دارد. خصوصیات سخت افزار به وسیله نرم افزاری که برای مدل سازی انتخاب شده است و همچنین نوع مدل انتشار مشخص می شود. بعضی از نرم افزارها فقط جهت مدلسازی یک نوع حادثه خاص و برخی دیگر برای مدل سازی گروهی از حوادث بکار می روند. نرم افزارهای تک کاره تنها جهت بررسی و مدلسازی یک حادثه منفرد و بخصوص مانند آتش سوزی، انتشار مواد سمی و یا انفجار بکار می رود. نرم افزارهای چندکاره جهت بررسی و مدلسازی جمعی از حوادث متفاوت و غیرمشابه بکار می روند. در حالیکه نرم افزارهای پیشرفته همه کاره و قابل دسترسی هستند.

شبیه سازی های CFD با استفاده از معادلات ناویراستوکس و موازنه های انرژی برای جریان های مختلف و مطالعه ی رفتار هیدرودینامیکی جریان سیالات به کار می روند. نتایج حاصل از این شبیه سازی ها خصوصیات جریان سیال، نحوه ی انتقال حرارت، جرم و ممنتوم را نشان می دهد [۳۷].

نرم افزار canary با استفاده از یک سری اطلاعات ورودی قادر به مدل سازی سناریوهایی مانند تخلیه ی سیالات آتش گیر یا سمی از خطوط لوله، مخازن ذخیره و تجهیزات فرایندی است. بانک اطلاعاتی این نرم افزار شامل بیش از ۲۵۰ ماده شیمیایی است. نرم افزار قادر به محاسبه ی جریان تخلیه و آزاد شدن سیال از خطوط لوله و مخازن، شدت جریان سیال دو فازی، سرعت تشکیل بخار و نرخ ریزش و تبخیر از حوضچه مایع و تاثیرات دمایی می باشد [۴]. نرم افزار دیگری به نام ALOHA نیز به منظور شبیه سازی رهائش مواد شیمیایی به کار می رود. این نرم افزار که محصول مشترک EPA و NOAA است در بانک اطلاعاتی خود خواص بیش از ۱۰۰۰ ماده ی خالص شیمیایی را دارد. این نرم افزار توانایی مدل سازی انتشار مواد رادیو اکتیو را ندارد و تنها برای مدل سازی پخش و گسترش مواد شیمیایی به کار می رود. از این

نرم افزار برای محاسبه غلظت مواد سمی پخش شده در فواصل مختلف از منبع انتشار استفاده می شود. پیش بینی غلظت قطعی در هر لحظه و در نقاط مختلف امری ناممکن است. این نرم افزار با استفاده از قوانین احتمال میانگین، غلظت های محتمل در هر لحظه را گزارش می کند و غلظت گازهای آلاینده در هوا را به صورت تابعی از مکان به دست آورده و نتایج را به صورت دیاگرام های موسوم به رد پای ابر نشان می دهد [۱۳].

یکی از مهم ترین نرم افزارهایی که جهت مدلسازی مخاطرات فرایندی به کار می رود، نرم افزار PHAST می باشد. این نرم افزار در دو مدل PHAST Micro و PHAST PRO (PHAST) توسط شرکت DNV نروژ ابداع و به بازار عرضه شده است. از این نرم افزار در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، صنایع تولید مواد شیمیایی، شرکتهای طراحی مهندسی، دانشگاهها و یا شرکتهای ارائه دهنده خدمات بیمه ای استفاده می شود.

مهم ترین کاربردهای نرم افزار PHAST عبارتند از:

- طراحی اولیه پروسه های فرایندی
- کنترل میزان آلودگی محیطی
- طرح واکنش سریع برای مقابله با خطرات احتمالی
- ارزیابی فرایندهای غیراستاندارد
- تعیین میزان ذخیره سازی مواد و محصولات
- کاهش هزینه های ساخت و نصب تجهیزات
- گسترش دانش مهندسی ایمنی برای شناخت بهتر مخاطرات موجود در واحد
- افزایش درجه ایمنی برای پرسنل واحد و در مواردی مناطق مسکونی مجاور آن
- کمک به چینش بهتر واحدها و انبارش مواد شیمیایی در یک مجموعه فرایندی
- تعیین نوع و جنس مواد مصرفی در ساختار تجهیزات

- تعیین و انتخاب مسیرهای ارتباطی جهت تردد
- کاهش هزینه‌های مربوط به هدر رفت مواد، محصولات که در اثر بروز یک حادثه تلف می‌شوند

Micro PHAST تنها توانایی مدلسازی انتشار مواد را داراست و در ارتباط با سایر زمینه‌های مدلسازی محدودیت دارد. PHAST PRO که در برخی مراجع به آن PHAST هم گفته می‌شود، یک نرم‌افزار چندکاره است و جهت مدل‌سازی و بررسی عواقب مخاطرات متداول در واحدهای فرایندی استفاده می‌شود. این نرم‌افزار علاوه بر مدلسازی تخلیه و انتشار مواد از انواع اتصالات و لوله‌ها، شکستگی در تجهیزات، ریزش سقف مخازن، دیسک‌های پاره شدنی، شیرهای اطمینان و یا تخلیه از محیط‌های گازی، قابلیت مدلسازی انواع آتش (آتش استخری، حوضچه‌ای، توپ آتش و یا آتش ناگهانی (و انفجار مواد) انفجار مایع جوشان-ابر بخار توسعه یافته و یا انفجار ابر گازی) را داراست. این نرم‌افزار از یک بانک اطلاعاتی قوی مواد شیمیایی بهره‌مند است و به کاربر این اجازه را می‌دهد که علاوه بر انتخاب مواد خالص که در زمان مدلسازی یک سناریوی خاص بکار می‌روند، مخلوط‌ها و یا دوغاب‌هایی که ترکیبی از چند ماده خالص شیمیایی است را تعریف نموده و در صورت لزوم از آن استفاده نماید. در این بانک اطلاعاتی خواص مربوط به ۵۹ ماده شیمیایی بطور مفصل و ۱۰۰۰ ماده با اطلاعات کمتر ارائه شده است. دامنه اطلاعات ورودی به این نرم‌افزار بسیار وسیع می‌باشد که این امر نشان‌دهنده انعطاف پذیری بالای آن در مقایسه با سایر نرم‌افزارهایی است که در ارتباط با مدلسازی بکار می‌روند. اطلاعات ورودی به چند دسته تقسیم می‌شود. دسته‌ی اول شامل اطلاعات فرایندی مانند دما، فشار و مقدار ماده در حال فرایند و یا میزان ماده ذخیره شده می‌باشد. در دسته دوم اطلاعات هواشناسی و خصوصیات جغرافیایی محل حادثه قرار دارند. اطلاعاتی مانند سرعت باد، کلاس پایداری جوی، دما و فشار محیط، زبری نسبی و رطوبت هوا در این دسته قرار می‌گیرند. تعیین ماده و یا موادی که در اثر

حادثه به محیط پخش می‌شوند در دسته بعد قرار می‌گیرند. هر چه اطلاعات ورودی دقیق‌تر باشد، مدل‌سازی قابل اعتمادتر می‌باشد [۱۳].

با ارایه‌ی این اطلاعات، PHAST شروع به مدل‌سازی نموده و سریعاً پروفایل پخش مواد را پیش‌بینی می‌کند. پس از اتمام مدل‌سازی، نتایج حاصل از مدل‌سازی سناریوی حوادث بصورت گرافیکی و یا لیست گزارشی قابل مشاهده است. بعبارتی به منظور تشخیص اینکه مواد تا چه فواصلی و با چه غلظتی پخش خواهند شد، میتوان پروفایل غلظت پخش را روی نقشه خواستگاه و منطقه و در جهت باد که توسط کاربر به آن داده میشود، مشاهده نمود. با توجه به نوع مواد تخلیه شونده، نتایج گرافیکی در آیتم‌های مختلفی قابل دسترسی است. به عنوان مثال نتایج گرافیکی برای مواد سمی در انواع نمودارهای پروفایل غلظت، نمودار ردپای ابر، نمای جانبی، غلظت بر حسب زمان، احتمال مرگ و میزان تلفات قابل ارائه می‌باشند.

در نرم‌افزار PHAST سه مرحله برای مدل‌سازی پیامدها وجود دارد. در اولین مرحله، مدل‌سازی تخلیه مواد صورت می‌گیرد. در این مرحله شدت جریان تخلیه مواد، حالت فیزیکی تخلیه و مقدار مواد تخلیه شده در زمان خروج از منبع انتشار تعیین می‌شود. در این مرحله تخلیه مواد در حالت پایا و یا ناپایا قابل مدل‌سازی می‌باشد. در مرحله‌ی بعدی مدل‌سازی انتشار و پخش مواد صورت می‌گیرد. از نتایج مدل‌سازی تخلیه مواد که در مرحله قبل بدست آمده است، استفاده می‌شود. در این مرحله انتشار مواد در حالت‌های فیزیکی مختلف مانند مایع، گاز و یا ترکیب دوفازی، ماده خالص و یا مخلوط مواد قابل مدل‌سازی است. در این بخش قابلیت و توانایی مدل‌سازی برای حوضچه مایع، تبخیر از سطح حوضچه، مدل‌سازی رفتار ابرهای سنگین، سبک و خنثی گازی وجود دارد. نتایج گرافیکی مدل‌سازی مربوط به خصوصیات اشتعال‌پذیری و یا انفجاری مواد به صورت سطوح مختلف تابش حرارتی، سطوح مختلف موج فشار و منطقه تحت تاثیر از آتش ناگهانی قابل ارائه می‌باشد.

فصل سوم:

روش تحقیق

۳-۱- خلاصه فصل

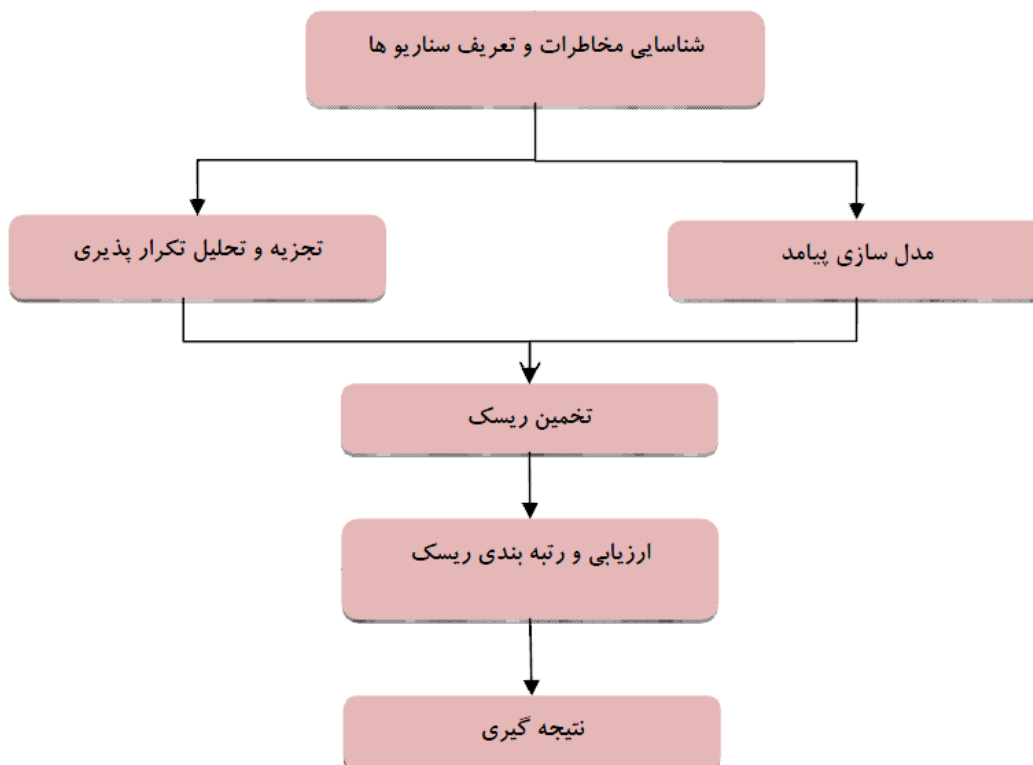
همواره مخاطرات بالقوه‌ای در صنایع و تأسیسات فرآیندی وجود دارد که ممکن است موجب بروز جراحات، صدمات جانی، خسارت‌های مالی و زیست محیطی شود. در این فصل به بیان روش جمع‌آوری اطلاعات و روش استفاده شده به منظور انجام فرایند ارزیابی پیامد حوادث ناشی از نشتی پرداخته می‌شود. علاوه بر آن خصوصیات منطقه عملیاتی مورد بررسی، بیان می‌شود. پس از آن هرکدام از مراحل تحلیل پیامد حوادث به‌طور مجزا توضیح داده می‌شوند. در آخر روش‌های به کار گرفته شده در این مطالعه به طور کامل تشریح می‌شود.

۳-۲- مقدمه

مناطق نفتی به دلیل شرایط عملیاتی حاد، تراکم تجهیزات و پرسنل و همچنین حجم قابل توجه مواد هیدروکربنی و شیمیایی گوناگون پتانسیل بالقوه‌ای جهت بروز حوادث بزرگ و بحرانی دارند. از سوی دیگر، فن‌آوری پیشرفته نیز ضامن پیشگیری از حادثه نیست و پتانسیل خطر همواره وجود دارد. حوادث ممکن است به دلیل اشکال در طراحی فرآیند، نقص فنی تجهیزات یا خطاهای انسانی رخ دهند [۳۸]. به گواهی آمار و ارقام، خسارت‌های ناشی از این حوادث در جهان فراوان است و جهت پیشگیری از آن‌ها باید تدابیر خاصی اندیشیده شده و مفهوم سیستم مدیریت HSE مورد توجه ویژه قرار گیرد. قلب سیستم مدیریت HSE، فرآیند مدیریت خطرات و اثرات آن‌ها است. یکی از مسائل مطرح در سیستم مدیریت HSE صنایع، مدیریت بحران یا واکنش در شرایط اضطراری است [۱۷]. پیامدهای وضعیت اضطراری از جمله توقف فعالیت‌های تجاری سازمان، قطع تولید، بروز خسارات مالی، جانی یا زیست محیطی، تهدید دارایی‌های جامعه، خدشه‌دار شدن اعتبار سازمان، پرداخت جرائم قانونی، از دست دادن مشتریان و غیره می‌توانند صدمات جبران‌ناپذیری به سازمان وارد کنند [۱۷]. فرآیند مدیریت مخاطرات و اثرات

آنها شامل چهار مرحله‌ی شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک، کنترل و جبران است.

پس از شناسایی و ارزیابی مخاطرات، فرآیند مدیریت ریسک واحدها نیازمند ارزیابی شدت تأثیر و عواقب مخاطرات موجود جهت استفاده در مرحله‌ی ارزیابی ریسک و تدوین دستورالعمل مدیریت بحران است. ارزیابی این آثار و عواقب از طریق روش ارزیابی پیامد صورت می‌گیرد [۳۷]. در شکل ۳-۱ مراحل ارزیابی ریسک هر فرایند و جایگاه آنالیز پیامد حادثه در آن نشان داده شده است [۳۸]. در این مرحله پس از درنظر گرفتن تمامی عوامل مؤثر بر پیامدهای ناشی از سناریوها، مدلسازی پیامدها انجام می‌شود؛ یعنی توسط مدل‌های ریاضی، توالی رخدادها پس از وقوع یک سناریو پیش‌بینی خواهد شد. این رخدادها عموماً شامل سه مرحله‌ی تخلیه، انتشار و پیامد هستند. اغلب سناریوها به‌صورت خروج ماده‌ای خطرناک از یک منبع در اثر ایجاد نشتی یا پارگی درنظر گرفته می‌شوند. بنابراین ابتدا با توجه به شرایط حاکم، مدلسازی چگونگی تخلیه‌ی ماده‌ی خطرناک از منبع انجام می‌شود که نتایج آن شامل نرخ، سرعت و فاز جریان خروجی است. پس از تخلیه‌ی منبع، انتشار انجام می‌شود که نتایج حاصل از مدلسازی این بخش به‌صورت توزیع غلظت مواد رها شده نسبت به زمان و مسافت از منبع انتشار ارائه می‌گردد. پس از انتشار ماده‌ی خطرناک و با توجه به نوع تخلیه‌ی مواد (دائمی یا ناگهانی) و شرایط فیزیکی محل انتشار (مقدار تراکم تجهیزات و وجود یا عدم وجود منبع جرقه) ممکن است پیامدهای آتش‌سوزی یا انفجار بروز کند. نتایج حاصل از مدلسازی این پیامدها نیز به‌صورت شدت تابش ناشی از آتش یا موج انفجار ناشی از انفجار در موقعیت‌های مختلف نسبت به محل وقوع سناریو ارائه می‌شود. با توجه به اهمیت مخاطرات مربوط به نشتی لوله‌ها و تفکیک‌گرها در صنعت نفت و گاز، این پروژه با هدف شناسایی خطرات و آنالیز پیامد حوادث فرآیندی با رویکرد پیشگیری، کنترل و آمادگی در برابر حوادث فرآیندی تعریف و به مرحله‌ی اجرا درآمده است.



شکل ۳-۱: مراحل ارزیابی ریسک هر فرایند و جایگاه آنالیز پیامد حادثه [۳۸].

در این مطالعه با استفاده از چک لیست‌ها و یا مشاهدات میدانی و ارزیابی ریسک‌های کیفی خطرات موجود در منطقه و تفکیک‌گر شناسایی می‌شود. سپس سناریوی خطرات احتمالی مطرح شده و با استفاده از نرم‌افزار مهندسی PHAST پیامدهای ناشی از وقوع حوادث ارزیابی می‌شود.

نرم افزار PHAST از جمله نرم افزارهایی است که می‌تواند تخلیه و انتشار مواد را مدل‌سازی کرده و در ادامه آثار ناشی از پیامدهای آتش، انفجار و نشر مواد را بررسی نماید. این نرم افزار چگونگی حرکت و تغییرات فیزیکی و شیمیایی توده مواد از هنگام تخلیه به محیط تا مکان تاثیر گذاری را به دقت مدل‌سازی کرده و پیامدهای محتمل را پیش‌بینی می‌نماید.

از چالش برانگیزترین بخش‌های این مطالعه انتخاب اندازه‌ی مناسب نشی است که تاثیر قابل توجهی در نتایج حاصل دارد. انتخاب نشی‌های بزرگ سبب تخلیه تمامی حجم مواد

پرمخاطره‌ی موجود با نرخ زیاد و بروز حادثه‌ای با شدت بسیار زیاد در زمانی کوتاه می‌شود و انتخاب نشتی‌های کوچک سبب تخلیه مواد پر مخاطره با نرخ کم و بروز حادثه‌ای با شدت کم در مدت زمان طولانی می‌شود.

۳-۳- معرفی شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی

با تاسیس شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی بهره برداری از میادین نفت و گاز پنج استان جنوبی ایران به عهده این شرکت با مرکزیت شیراز گذاشته شد. با توجه به تعدد و گستردگی میادین در استان‌های فارس، بوشهر، هرمزگان، کهکیلویه و بویر احمد و چهار محال و بختیاری این شرکت موظف به تامین خوراک پالایشگاه‌های گازی فراشبند، فجر، سرخون و پارسیان است. همچنین تامین و ارسال بخشی از گاز تزریقی مورد نیاز میدان نفتی مارون، تامین خوراک پالایشگاه بیدبلند در ماه‌های سرد سال و ارسال میعانات گازی از پالایشگاه فراشبند به پالایشگاه نفت شیراز و یا پالایشگاه گاز فجر از دیگر وظایف شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی است. این شرکت از شرکت‌های زیرمجموعه شرکت نفت مناطق مرکزی ایران است، بخش قابل توجه گاز این شرکت از چهار منطقه عملیاتی نار-کنگان، آغار-دالان، پارسیان، قشم و سرخون شامل ۱۰ میدان گازی آغار، دالان، نار، کنگان، تابناک، گورزین، سرخون، هما، وراوی و شانول تولید می‌شود. در حال حاضر میزان متوسط تولید روزانه گاز این شرکت ۲۲۰ میلیون متر مکعب و تولید میعانات گازی حدود ۶۷ هزار بشکه در روز می‌باشد. حداکثر تولید گاز و مایعات گازی این شرکت در سال ۸۸ به ترتیب حدود ۲۵۴ میلیون متر مکعب در روز و ۷۷ هزار و ۲۷۴ بشکه در روز بوده است. شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی به‌عنوان بزرگ‌ترین تامین کننده گاز کشور، روزانه ۴۵ هزار بشکه نفت نیز تولید می‌کند.

۳-۳-۱- آشنایی با منطقه‌ی پارسیان

۳-۳-۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه پارسیان

این منطقه دارای چهار میدان فعال عملیاتی به نام های تابناک، هما، شانول و وراوی بوده که در مجاورت شهرهای لامرد، خنج و مهر قرار گرفته اند.

هر سه شهر در محدوده ۲۶ تا ۲۸ درجه عرض شمالی و ۵۲ تا ۵۴ درجه طول شرقی قرار دارند. فاصله جاده‌ای خنج تا شهرهای مهر و لامرد به ترتیب ۱۶۷ و ۱۴۰ کیلومتر می باشد، همچنین فاصله مهر تا لامرد ۱۳۳ کیلومتر می باشد. حداکثر و حداقل دما در این منطقه ۰ تا ۵۰ درجه سانتیگراد و میزان بارش سالانه در حدود ۲۵۰ میلیمتر می باشد. ارتفاع خنج از سطح دریا ۶۷۰ متر و ارتفاع شهرهای مهر و لامرد ۵۰۰ متر می باشد. همچنین در بین این سه شهر خنج بیشترین فاصله را تا خلیج فارس دارد که در حدود ۱۱۰ کیلومتر می باشد.

۳-۳-۱-۲- تاریخچه و مشخصات میادین گازی پارسیان

این میدان بزرگ ترین میدان گاز شیرین کشف شده در خشکی ایران است که به سبب شیرین بودن گاز تحصیل شده از آن و امکان تزریق سریع آن به خطوط لوله سراسری گاز، از اهمیت بسیاری برخوردار است.

میدان گازی تابناک

این میدان که بخش اولیه آن در سال ۱۹۶۳ کشف شده، در جنوب ایران در بخش شرقی طاق‌دیس عسلویه قرار دارد. لایه‌های دشتک و کنگان و دالان بالایی در این میدان حاوی هیدروکربن هستند. میدان تابناک در جنوب غرب شهرستان لامرد واقع شده و بخش اعظم آن در سال ۱۳۷۸ کشف گردیده است. تاکنون ۴۴ حلقه چاه در این میدان حفاری شده که ۴۳ حلقه آن تولیدی می باشد و بهره‌برداری از این میدان از نیمه دوم سال ۱۳۸۲ آغاز گردیده

است. گاز تولیدی چاه‌ها پس از ارسال به مراکز سه‌گانه جمع‌آوری، به‌وسیله دو خط لوله ۳۰ اینچ هر کدام به طول ۳۰ کیلومتر به پالایشگاه گاز پارسیان ارسال و از آنجا به خط لوله سراسری گاز فرستاده می‌شود. هم‌اکنون توان تولید روزانه گاز طبیعی و مایعات گازی این میدان به ترتیب برابر ۳۹/۴ میلیون متر مکعب و ۱۹/۵۸۰ بشکه می‌باشد.

میدان گازی هما

میدان گازی هما واقع در بخش علامرودشت شهرستان لامرد استان فارس است و یکی از میدان‌های تأمین‌کننده گاز پالایشگاه پارسیان است. شروع برداشت گاز از این میدان سال ۱۳۸۵ می‌باشد. این میدان در کوه هوا در منطقه علامرودشت در فاصله ۴۰ کیلومتری شهرستان خنج واقع است. میدان گازی هما دارای ۱۶ حلقه چاه با تسهیلات سرچاهی، خط لوله و مرکز جمع‌آوری می‌باشد. گاز میدان گازی هما و میدان گازی شانول پس از ارسال به مرکز تفکیک که شامل لخته‌گیر، مخازن جداکننده، پمپ ارسال مایعات، سیستم ارسال و دریافت توپک می‌باشد به همراه مایعات گازی توسط دو رشته خط لوله 36 اینچ و 6 اینچ به طول 41 کیلومتر به پالایشگاه پارسیان دو ارسال می‌گردد. توان تولیدی روزانه این دو میدان در مجموع 35/6 میلیون متر مکعب و توان تولید مایعات گاز آنها 12790 بشکه در روز می‌باشد.

میدان گازی شانول

میدان گازی شانول در شمال شرقی بخش علامرودشت، شهرستان لامرد در جنوب استان فارس قرار دارد. این میدان گازی به همراه میدان گازی هما تأمین‌کننده گاز پالایشگاه پارسیان هستند. این میدان گازی در کوه تنگ خور علامرودشت واقع شده است. میدان گازی شانول دارای 12 حلقه چاه با تسهیلات سرچاهی، خط لوله و مرکز جمع‌آوری

می‌باشد. گاز میدان گازی شانول و میدان گازی هما پس از ارسال به مرکز تفکیک که به پالایشگاه پارسیان دو فرستاده می‌شود.

میدان گازی وراوی

میدان گازی وراوی در کوه نر (تاق‌دیس وراوی) در جنوب بخش علامرودشت و در 30 کیلومتری شرق لامرد و شمال شهرستان مهر واقع شده که دارای 8 حلقه چاه و تسهیلات سرچاهی، یک چند راهه و خطوط لوله می‌باشد. گاز این میدان به وسیله یک خط لوله 16 اینچ به طول 16 کیلومتر به پالایشگاه پارسیان دو ارسال می‌شود. توان تولید روزانه گاز این میدان 8/5 میلیون متر مکعب و توان تولید مایعات گازی آن 1440 بشکه است.

مرکز تفکیک خیرگو

مرکز تفکیک هما و شانول با مساحت ۱۸ هکتار در دهستان خیرگواز توابع شهر علامرودشت واقع شده که عملیات جداسازی آب و مایعات گازی همراه از گاز تولیدی میادین گازی هما و شانول را انجام می‌دهد. گاز تولیدی چاههای هما و شانول از طریق خطوط لوله مجزا وارد این مرکز شده و پس از جداسازی آب و مایعات گازی، آب به حوضچه تبخیر جهت تبخیر و مایعات گازی با خط لوله ۶" و گاز نیز با خط لوله ۳۶" جهت پالایش به پالایشگاه پارسیان انتقال داده می‌شود. ظرفیت تولیدی مرکز حدود ۳۴ میلیون مترمکعب گاز می‌باشد.

شکل ۲-۳ و ۳-۳ نمایی از مستقر در منطقه‌ی پارسیان نمای کلی از سایت و تفکیک‌گر منطقه عملیاتی پارسیان را نمایش می‌دهند.



شکل ۳-۲: نمایی از تفکیک‌گر مستقر در منطقه‌ی پارسین.



شکل ۳-۳: نمای کلی از سایت منطقه عملیاتی پارسین.

در شکل ۳-۴ موقعیت مکانی مرکز تفکیک منطقه‌ی پاریسیان نشان داده شده است. منحنی قرمز رنگ بیان‌گر محل تفکیک‌گر مورد مطالعه می‌باشد و منحنی آبی محل اتاق کنترل را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴: موقعیت مکانی مرکز تفکیک منطقه‌ی پاریسیان.

۳-۴- تشریح گام به گام روش تحقیق

در این مطالعه ارزیابی پیامد ناشی از نشت مواد از تفکیک‌گر منطقه‌ی پاریسیان به صورت گام‌های زیر انجام شده است.

۳-۴-۱- تعیین اهداف آنالیز پیامد

با توجه به قابلیت‌های نرم‌افزار PHAST، از این نرم‌افزار می‌توان برای اهداف مختلفی استفاده

نمود از جمله: بررسی مخاطرات انفجار بر روی ساختمان‌های حساس^۱، تعیین لزوم استفاده از پوشش‌های مقاوم در مقابل آتش^۲، جانمایی واحدهای فرایندی^۳، موقعیت‌یابی واحدهای فرایندی^۴، تعیین محدوده‌ی آتش^۵، فنس سایت^۶ و محدوده‌ی اثر پذیر^۷، برآورد تاثیرات زیست محیطی^۸، جانمایی تجهیزات آتش‌نشانی و ... در این تحقیق هدف از مدلسازی، تحلیل پیامد حوادث ناشی از نشت گاز در تفکیک‌گر منطقه‌ی عملیاتی پارسین است.

۳-۴-۲- جمع‌آوری اطلاعات

به‌منظور استفاده از نرم‌افزار PHAST لازم است در مرحله‌ی اول اطلاعات اولیه‌ی مورد نیاز نرم‌افزار وارد گردد. این اطلاعات عبارتند از:

۳-۴-۲-۱- اطلاعات فرایندی

این اطلاعات با توجه مدارک فنی موجود مانند توصیف فرایند، PFD و P&ID به‌دست می‌آید. در این تحقیق براساس PFD و P&ID موجود در منطقه عملیاتی پارسین مدلسازی‌ها انجام شده است.

۳-۴-۲-۲- داده‌های آب و هوایی

داده‌های آب و هوایی، اطلاعات بسیار ضروری و حساس در مدلسازی با استفاده از نرم‌افزار PHAST می‌باشد. این اطلاعات عبارتند از: پایداری و سرعت باد، دما و رطوبت هوا [۶]، زبری سطح، دمای زمین و تابش خورشید. در این تحقیق اطلاعات برای فصل سرد و گرم و در طول

¹ Blast Study on the Buildings

² Fire Proofing

³ Layout

⁴ Sitting

⁵ Fire Zone

⁶ Restricted Area

⁷ Impacted Area

⁸ Environment Impact Assessment

روز و شب با توجه به داده های سازمان هواشناسی منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. در جدول ۱-۳ شرایط آب و هوایی به کار برده شده در مدلسازی ارایه شده است. همچنین در جدول ۲-۳ اختصارات شرایط آب و هوایی مختلف استفاده شده در نرم افزار نمایش داده شده است.

جدول ۱-۳: شرایط آب و هوایی مختلف استفاده شده در نرم افزار.

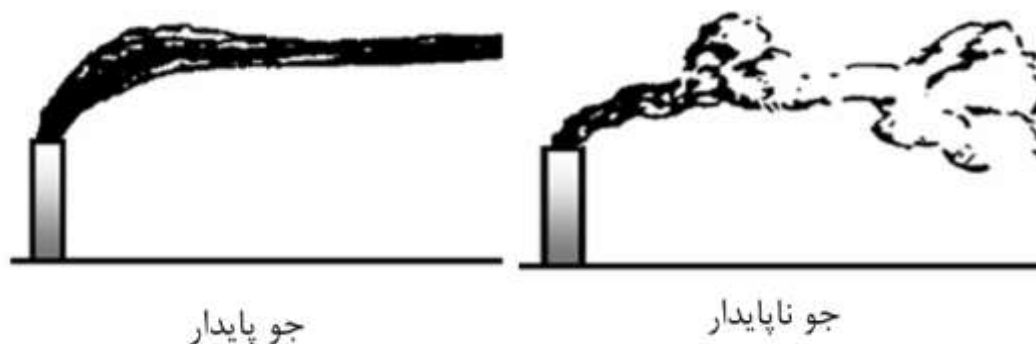
فصول گرم				فصول سرد				پارامتر
روز	روز	شب	روز	شب	شب	شب	روز	
۸/۳۳	۳/۷۳	۳/۷۳	۳/۷۳	۶/۷۵	۲/۲۵	۲/۲۵	۲/۲۵	سرعت باد (متر بر ثانیه)
۳۷/۷۶	۳۷/۷۶	۳۰/۷	۳۰/۷	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۸/۷۸	۱۸/۷۸	دمای محیط (درجه سانتیگراد)
۳۶/۵	۳۶/۵	۳۶/۳۲	۳۶/۵	۵۱/۵۸	۵۱/۵۸	۵۱/۵۸	۶۳/۱	رطوبت نسبی (%)
D	B-C	E	B-C	D	F	F	B	کلاس پایداری جوی

جدول ۲-۳: اختصارات شرایط آب و هوایی مختلف استفاده شده در نرم افزار.

کلمه مخفف جایگزین در نرم افزار	شرایط آب و هوایی منطقه
WD	روز زمستان با دمای میانگین
WN1	شب زمستان با دمای میانگین
WN2	شب زمستان با کمترین دما و بیشترین وزش باد
WN3	شب زمستان با کمترین دما و وزش باد میانگین
SD1	روز تابستان با دمای میانگین
SN	شب تابستان با دمای میانگین
SD2	روز تابستان با بیشترین دما و وزش باد میانگین
SD3	روز تابستان با بیشترین دما و بیشترین وزش باد

• پایداری و سرعت باد

پایداری جو نشان دهنده‌ی میزان اختلاط و اغتشاش لایه‌های جوی و معیاری از اختلاط مواد پخش ده در محیط در جهت عمود بر سطح زمین است. در شکل ۳-۵ چگونگی جو پایدار و ناپایدار نشان داده شده است.



شکل ۳-۵: شماتیک چگونگی جو پایدار و ناپایدار.

باید توجه داشت که هرچه شرایط آب و هوایی پایدارتر باشد گاز مسافت‌های بیشتری به صورت افقی طی می‌نماید. بنابراین شرایط پخش گاز خطرناک‌تر می‌شود. علاوه بر این هرچه سرعت باد کمتر باشد به علت اغتشاش کمتر گاز با هوا، گاز مسافت‌های بیشتری به صورت افقی طی می‌کند و پخش گاز خطرناک‌تر است.

• دما و رطوبت هوا

رطوبت اثر چندانی بر مکانیزم انتشار ندارد، اما بالابودن میزان رطوبت منطقه بر حجم ماده پخش شده در محیط تأثیرگذار خواهد بود. بعضی از مواد شیمیایی قابلیت حل شدن در بخار آب را دارند، بنابراین رطوبت بیشتر هوا باعث می‌شود که میزان حلالیت اینگونه مواد در هوا بیشتر شود و منجر به افزایش غلظت این مواد در زمان پخش گردد.

• زبری سطح

نوع سطحی که گاز روی آن پخش می‌شود در مدل‌سازی انتشار گاز موثر است زیرا ناهمواری‌ها بر میزان اختلاط لایه‌های جوی اثر می‌گذارند. میزان پستی و بلندی سطح زمین، نزدیکی به ساختمان‌ها و یا مناطق مسکونی و نوع منطقه (شهری، روستایی، ساحلی و یا جنگلی) در تعیین میزان ناهمواری سطح زمین دخالت دارند. هر چه انتشار در محیط‌هایی با ناهمواری بیشتر اتفاق افتد، میزان پخش مواد بیشتر شده و پروفایل غلظت مواد گسترده‌تر و رقیق‌تر می‌گردد. در زمان مدل‌سازی متناسب با شرایط محیط انتشار، درجه زبری متوسطی برای آن منطقه در نظر گرفته می‌شود. این پارامتر برای واحدهای فرایندی در خشکی^۱ بین ۰/۵ تا ۱ متر انتخاب می‌شود. در جدول ۳-۳ مقادیر مختلف زبری نسبی در مناطق مختلف نشان داده شده است.

جدول ۳-۳: مقدار زبری نسبی برای مناطق مختلف.

نوع منطقه	زبری نسبی (m)
مناطق شهری پر تراکم	۱۰-۳
مناطق شهری	۳-۱
پالایشگاه‌های بزرگ	۱
پالایشگاه‌های کوچک	۰/۵
دشت‌ها و سرزمین‌های صاف	۰/۱
دریا	۰/۰۰۰۱

• دمای زمین

به‌طور پیش فرض برابر با دمای هوا در نظر گرفته می‌شود.

^۱ Onshore

تابش خورشید

در این تحقیق بر اساس استاندارد 253-TOTAL، 1.01 kW/m^2 در نظر گرفته شد.

۳-۴-۲-۳- شناسایی منابع خطر

به طور کلی هر تجهیز فرایندی که حاوی مقادیر قابل توجهی از ماده اشتعال پذیر، سمی، داغ یا فرو سرد باشد می تواند یک منبع خطر تلقی شود زیرا در اثر نشتی یا پارگی تجهیزات فرایندی، آسیب به انسان، تجهیزات و محیط زیست وجود دارد. به عنوان مثال مخازن^۱، ظروف^۲، پمپ، کمپرسور، برج ها^۳، خطوط لوله^۴، کپسول^۵ و غیره می تواند به عنوان منبع خطر شناسایی شود. در جدول ۳-۴ نمونه ای از کار برگ ارزیابی ریسک انجام شده در این منطقه آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود نشتی از تفکیک گر به عنوان مهم ترین خطر با بالاترین عدد اولویت ریسک شناسایی شده است.

¹ Tank

² Vessel/separator

³ Column

⁴ Pipelines

⁵ LPG Bullet

جدول ۳-۴: نمونه ای از کار برگ ارزیابی ریسک انجام شده در منطقه مورد مطالعه.

ردیف	نام فعالیت / تجهیز / ماده	روتین / غیر روتین	خطر / عامل زیان آور	افراد در معرض خطر	حادثه	آسیب	اقدامات موجود	الزام قانونی	ارزیابی ریسک		
									اهمیت	احتمال وقوع	احتمال کشف
۱	بازدید و کنترل API SEPARATOR	روتین	مایعات گازی	پرسنل	آتش سوزی	مرگ و آسیب به تجهیزات	تابلو هشدار دهنده / ابزار کنترلی	P	۱۰	۲	۴
		روتین	گودال	پرسنل	سقوط	آسب جسمی	تابلو هشدار دهنده	P	۸	۲	۳
۲	فعالیت بر روی لخته گیر	روتین	فشار گاز خطوط	پرسنل	انفجار	مرگ	رینگ آب آتش نشانی و خاموش کننده	P	۱۰	۳	۵
		روتین	خط لوله	پرسنل	برخورد سر	شکستگی سر	PPE	P	۵	۲	۳
۳	فعالیت روزمره	روتین	نوبتکاری	پرسنل	تغییرات فیزیولوژیک بدن	آسیبهای جسمی روانی	طب صنعتی	P	۴	۸	۳
۴	کار اداری	روتین	وضعیت نامناسب بدن	پرسنل	فشار بر عضلات	اختلالات عضلانی- اسکلتی	آموزش ارگونومی	دارد	۶	۵	۳
۵	تخلیه، فشارافزایی و اکسیژن زدائی خطوط	غیر روتین	تشکیل هیدرات	عملیات	شکستن خط، تخلیه گاز تحت فشار	مصدومیت و انفجار	دستورالعمل	P	۹	۳	۵
			گاز تحت فشار	پرسنل	کنده شدن خط از جای خود	آسیب به تاسیسات، مصدومیت	مهار کننده خطوط	P	۹	۳	۵
			مایعات گازی	پرسنل	سرریز شدن مایعات	سوختگی و	تخلیه دوره ای BOOT	P	۸	۲	۲

						آسیب به تجهیزات	لاین تخلیه و آتش سوزی					
	۱۵۰	۵	۳	۱۰	P	کنترل جریان تخلیه اکسیژن	مرگ و خسارت به تجهیزات	انفجار	پرسنل	ترکیب گاز قابل انفجار با اکسیژن		
	۱۵۰	۵	۳	۱۰	P	کنترل مقدار تخلیه	مرگ و مصدومیت	انتشار گاز و انفجار	پرسنل	گاز		
۶	۱۳۵	۵	۳	۹	P	روشن کردن گودال با اسلحه، در نظر گرفتن جهت باد، حضور نیروی ایمنی و حراست	مرگ و مصدومیت	تجمع گاز و انفجار	پرسنل	گاز	غیرروتین	جریان دهی چاه به گودال سوخت
	۶۰	۳	۲	۸		مهارکننده خطوط همراه با بازرسی های روتین از شرایط مهارکننده های خطوط	آسیب به تاسیسات و مصدومیت	کنده شدن خط از جای خود	پرسنل	بلند شدن خط		
۷	۹۶	۴	۴	۶	دارد	آموزش ارگونومی	اختلالات عضلانی-اسکلتی	فشار بر عضلات	پرسنل	وضعیت نامناسب تجهیزات از نظر ارگونومیکی	غیرروتین	بازو بسته کردن شیرها
۸	۸	۲	۲	۲		صداسنجی -PPE	آسیب شنوایی	در معرض صدا	پرسنل	صدا	غیرروتین	راه اندازی دیزل
۹	۸	۲	۲	۲		PPE	آسیب شنوایی	در معرض صدا	پرسنل	صدا	غیرروتین	راه اندازی کمپرسور
۱۰	۱۴۴	۴	۴	۹		PPE	مسمومیت	کنده شدن پشم شیشه از سقف	پرسنل	پشم شیشه	روتین	شیلترهای مراکز
۱۱	۱۰۰	۵	۲	۱۰		گشت حراست	انفجار	بمب گذاری	پرسنل	تروریست	روتین	مرکز تفکیک/خط لوله
۱۲	۷۰	۵	۲	۷		کالیبراسیون PVS	مرگ و خسارت به تجهیزات	آتش سوزی و انفجار	پرسنل	نشت متانول	روتین	مخازن متانول
۱۳	۲۸	۲	۲	۷	P	سیم ارت، بازرسی، MSDS	سوختگی و خسارت به تجهیزات	آتش سوزی	پرسنل	گازوئیل	روتین	مخازن گازوئیل

۱۴	مخزن سه فازی	روتین	گاز و مایعات گازی	پرسنل	انفجار و آتش سوزی	مرگ و آسیب به تجهیزات	رینگ آب آتش نشانی و خاموش کننده PM دوره ای	P	۱۰	۴	۷	۲۸۰
۱۵	پمپ ارسال مایعات	روتین	مایعات گازی	پرسنل	انفجار و آتش سوزی	مصدومیت و آسیب به تجهیزات	شیرهای ایمنی PM دوره ای		۸	۳	۵	۱۲۰
			برق	پرسنل	برق گرفتگی	مرگ	مصدومیت و مرگ		۱۰	۱	۳	۳۰
۱۷	فعالیت‌های روزمره	روتین	زلزله	پرسنل	تخریب ساختمان و شیشه	مرگ و خسارت و صدمه	مانور زلزله	P	۱۰	۲	۱۰	۲۰۰
		غیر روتین	جنگ	پرسنل	آتش سوزی و تخریب	مرگ و خسارت به اموال	تشکیل کمیته بحران-پدافند غیرعامل		۱۰	۳	۲	۶۰
		روتین	طوفان و صاعقه	پرسنل	تخریب و آتش سوزی	مرگ، مصدومیت، خسارت به اموال	تشکیل کمیته بحران-پدافند غیرعامل		۱۰	۲	۲	۴۰
		روتین	حشرات و خزندگان و...	پرسنل	گزیدگی	مصدومیت و مرگ	آموزش کمک های اولیه- پادزهر		۱۰	۵	۵	۲۵۰

در نتیجه با توجه به تجهیزات موجود در منطقه‌ی عملیاتی پاریسیان، تفکیک‌گر این منطقه به‌عنوان منبع خطر در این مطالعه انتخاب شده است.

۳-۴-۲-۴- تعیین سناریو

با توجه به قابلیت‌های گسترده‌ی نرم‌افزار PHAST این نرم‌افزار قادر است سناریوهای مختلفی از جمله نشتی^۱، پارگی فاجعه‌برانگیز^۲، پارگی خطوط^۳، خطوط لوله‌ی طولانی^۴، نقص در شیرهای اطمینان^۵ و تخلیه از بخش بخار ظرف^۶ را شبیه‌سازی کند. در این تحقیق پیامدهای ناشی از نشتی از تفکیک‌گر (به‌عنوان سناریوی انتخابی)، ترکیدگی فاجعه‌بار و پارگی خط لوله مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پس از انتخاب سناریوی مورد نظر باید خصوصیات اولیه‌ی سناریو به‌عنوان داده‌های مورد نیاز نرم‌افزار، تعریف گردد. این مشخصات عبارتند از: محل نشتی، شرایط فرایندی (دما، فشار، فاز و ترکیب)، مقدار ماده^۷، سایز نشتی^۸، جهت نشتی^۹ و ارتفاع نشتی^{۱۰}.

• محل نشتی

در این تحقیق محل نشتی بر روی تفکیک‌گر منطقه‌ی عملیاتی پاریسیان انتخاب شد.

• شرایط فرایندی

منظور دما، فشار، فاز و ترکیب درصد ماده‌ای است که قرار است اثرات نشت آن به محیط، مورد مدل‌سازی قرار بگیرد. این اطلاعات عموماً در نقشه‌های PFD و P&ID و مدارک موازنه‌ی جرم

¹ Leak

² Catastrophic Rupture

³ Line Rupture

⁴ Long pipeline

⁵ Relief Valve and Disc Rupture

⁶ Vent from vapor Space

⁷ Inventory

⁸ Leak Size

⁹ Leak Direction

¹⁰ Leak Elevation

و انرژی واحدهای فرایندی مورد مطالعه موجود می‌باشد. در جدول ۵-۳ شرایط ترمودینامیکی سیستم مدلسازی شده، آورده شده است.

جدول ۵-۳: شرایط ترمودینامیکی بخش مدل شده.

فاز	فشار عملیاتی	دمای عملیاتی
گاز و مایع	۸۸ بار	۵۸ درجه سانتی گراد

به جهت مدلسازی دقیق و به‌دست آوردن داده‌های قابل اطمینان، ضروری است ترکیب درصد ماده مورد مطالعه در ورودی نرم‌افزار وارد شود. جدول ۶-۳ این اطلاعات را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۶: ترکیب مایعات گازی درون تفکیک‌گر.

درصد مولی	ترکیبات
0/0064	نیتروژن
0/0054	دی‌اکسیدکربن
0/0003	H ₂ S
0/2984	متان
0/0339	اتان
0/0237	پروپان
0/0291	بوتان
0/0312	پنتان
0/0619	هگزان
0/1036	هپتان
0/1331	اکتان
0/1225	ننان
0/0958	دکان
0/047	ان‌دکان
0/0014	دودکان
0/0009	تری‌دکان
0/0026	تترادکان
0/0018	پنتادکان +

• مقدار ماده

این مشخصه تاثیر زیادی روی مدت زمان حادثه خواهد داشت و در حالت کلی می‌بایست جرم سیال داخل هر بخش محاسبه شود. در این مطالعه محاسبات مربوطه بر اساس سائز مخازن، تفکیکگر و خطوط لوله‌ی اتصالی به دست آمده است. مقدار ماده قابل نشت در شرایط در سرویس بودن شیرهای توقف اضطراری یا در سرویس نبودن آن‌ها متفاوت می‌باشد، طبق استانداردها اگر دو شیر اتوماتیک اضطراری محل نشتی را ایزوله نمایند مدت زمان پاسخ ۹۰ ثانیه در غیر این صورت ۶۰۰ ثانیه در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه مقدار ماده قابل نشت در هر سه حالت در نظر گرفته شد. در جدول ۳-۷ مقدار ماده‌ی قابل نشت به ازای مدت زمان قطع منبع ارایه شده است.

جدول ۳-۷: مدت زمان قطع منبع و مقدار ماده‌ی نشتی در این زمان.

مدت زمان قطع منبع (s)	۶۰۰	۹۰
مقدار ماده قابل نشت (m^3)	۱۱۸۴۰/۱	۱۸۰۵/۴۲

• اندازه‌ی نشتی

در حالت کلی احتمال وقوع هر سائز نشتی وجود دارد لذا می‌بایست تعدادی سائز نشتی از چند میلی‌متر تا پارگی کامل در نظر گرفت. این سائزها اصولاً با توجه به هدف آنالیز پیامد انتخاب می‌شوند. در جدول ۳-۸ سائزهای استفاده شده در مدلسازی این تحقیق آورده شده است.

جدول ۳-۸: قطر نشتی‌های مختلف برای تعریف سناریوهای احتمالی [۴۱].

ابعاد کیفی نشتی	کوچک	متوسط	بزرگ	گسستگی کامل
قطر نشتی (mm)	۱۰ تا ۳	۵۰ تا ۱۰	۵۰ تا ۱۵۰	-

در این مطالعه سه سائز قطر نشتی ۵، ۳۰ و ۱۰۰ میلی‌متر به عنوان نماینده نشتی‌های به

ترتیب کوچک، متوسط و بزرگ انتخاب گردید. همچنین در این تحقیق لازم دیده شد علاوه بر نشستی‌های مختلف ترکیدگی فاجعه بار تفکیک گر و همچنین پارگی خط لوله نیز در نظر گرفته شود.

• جهت نشستی

جهت نشستی با توجه به شرایط می تواند انتخاب شود، به عنوان مثال برای مدلسازی فلر جهت نشستی به صورت عمودی در نظر گرفته می‌شود. در این تحقیق با توجه به شرایط میدانی، حالت های خروج افقی، خروج افقی با برخورد با مانع، خروج با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق، خروج عمودی و خروج عمودی با برخورد به زمین در نظر گرفته شد.

• ارتفاع نشستی

هرچه ارتفاع نقطه‌ی رهایش مواد بیشتر باشد غلظتی که به یک فاصله‌ی خاص می‌رسد کاهش می‌یابد زیرا ابر تشکیل شده از مواد باید فاصله‌ی بیشتری را طی کند تا به سطح زمین برسد و در این فاصله با هوای محیط مخلوط شده و رقیق‌تر می‌گردد. مقدار این پارامتر در این تحقیق با توجه به ارتفاع محل نشستی بر روی تفکیک گر در نظر گرفته شد.

۳-۴-۲-۵- مدلسازی پیامد حوادث

مدلسازی پیامد حادثه شامل سه مرحله‌ی پیچیده‌ی: مدلسازی تخلیه‌ی مواد، مدلسازی انتشار مواد و مدلسازی آتش‌سوزی و انفجار می‌باشد که هر کدام به‌طور جداگانه توضیح داده می‌شود.

• مدلسازی تخلیه مواد^۱

اولین قدم در بررسی و ارزیابی پیامدهای محتمل در یک واحد فرایندی، مدلسازی تخلیه مواد در محیط می باشد. سیستم‌های تخلیه اضطراری مانند شیرهای ایمنی، خطوط انتقال و مخازن ذخیره در واحدهای فرایندی مهم‌ترین منابع جهت تخلیه مواد می‌باشند. جهت مدلسازی تخلیه

¹ Discharge Model

مواد نیاز به یک مدل تخلیه جرمی مناسب است که همراه با موازنه جرم بتواند جرم باقی مانده در دستگاه و یا مخزن حادثه دیده را تعیین نماید. مدل های تخلیه مواد توانایی پیش بینی شدت و سرعت تخلیه مواد، مقدار کل ماده پخش شده و حالت فیزیکی ماده در هنگام تخلیه را دارند. در این مرحله، شرایط محیطی همچون دمای محیط و سرعت باد در مدل سازی نقش کم رنگی دارند و محاسبات عملاً به شرایط ابتدایی ماده وابسته است. با توجه به نوع واقعه، مدل های مختلفی برای مدل سازی تخلیه مواد وجود دارند [۳۷].

شدت تخلیه مواد تابعی از زمان می باشد و در اکثر مواقع با گذشت زمان کاهش می یابد. از طرفی دما و فشار فرایندی نیز با گذشت زمان دائماً در حال تغییر می باشند، لذا برای در نظر گرفتن تأثیرات این پارامترها در زمان تخلیه مواد نیاز به مدل های بسیار پیچیده ای می باشد که دسترسی به آنها دشوار است. یک روش ساده برای مدل سازی تخلیه مواد ثابت فرض نمودن این پارامترها می باشد. به عبارتی فرض می شود در طول تخلیه مواد شدت تخلیه مواد ثابت است و دما و فشار فرایندی با مقادیر اولیه خود برابر می باشند. اما پیامدهای حاصل از این مدل سازی بسیار شدیدتر از پیامدهای است که در واقعیت اتفاق می افتد. لذا در این موارد طراحی تجهیزات و سیستم های ایمنی پرهزینه تر خواهند شد. شدت تخلیه مواد به عواملی مانند مدت زمان تخلیه، اندازه منفذ، مسیر ترمودینامیکی، نقطه پایانی، فشار فرایندی، فشار جوی، مشخصات فیزیکی سیال تخلیه شونده و دمای گاز بستگی دارد. در اکثر موارد حداکثر شدت تخلیه در ابتدای فرایند تخلیه حاصل می شود و با گذشت زمان و با کاهش فشار جریان بالادست این مقدار تقلیل می یابد. در طی فرایند تخلیه و رهائش مواد از منبع انتشار شدت تخلیه مواد، دما و فشار فرایندی با گذشت زمان تغییر می کند به عبارتی بیشترین مقدار شدت تخلیه مواد در ابتدای کار بوقوع می پیوندد و با گذشت زمان از شدت آن کاهش می یابد. از اینرو در نظر گرفتن تأثیر کلیه این تغییرات در مدلسازی تخلیه مواد مستلزم استفاده و بکار بستن معادلات موازنه

جرم و حالت بوده که این عمل کار را بسیار دشوار می‌سازد. عوامل مؤثر بر شدت تخلیه مواد عبارتند از:

فاز تخلیه

یکی از مهم‌ترین پارامترها در زمان مدل سازی تخلیه مواد، رفتار فازی سیال در زمان تخلیه می‌باشد. رفتار فازی مواد در زمان تخلیه تا حدود زیادی به فرایند انتشار ماده بستگی دارد. با استفاده از دیاگرام‌های ترمودینامیکی و یا مدل‌های تعادلی مایع-بخار و نیز نوع مسیر ترمودینامیکی که سیال در زمان انتشار طی میکند، امکان تعیین رفتار فازی مواد در زمان تخلیه وجود دارد.

مسیر ترمودینامیکی و نقطه پایانی

تعیین مسیر ترمودینامیکی که سیال در زمان تخلیه از آن پیروی می‌نماید و همچنین مشخص نمودن نقطه پایانی سیال از فاکتورهای مهم در زمان گسترش مدل تخلیه می‌باشند. انواع مسیرهای ترمودینامیکی که در زمان تخلیه مواد مورد توجه قرار می‌گیرند، در جدول نشان داده شده‌اند. موازنه‌ی انرژی کل برای سیستم‌های باز که جریان سیال به حالت پایا می‌باشد و هیچ تجمع جرم و یا انرژی در سیستم وجود ندارد، از معادله ۱-۳ بدست می‌آید:

$$\Delta H + \Delta K_E + \Delta P_E = Q - W_S \quad (1-3)$$

ΔH : تغییرات آنتالپی

ΔK_E : تغییرات انرژی جنبشی

ΔP_E : تغییرات انرژی پتانسیل

Q : تغییرات انرژی حرارتی کل

W_S : کار محوری

برای انواع مسیرهای ترمودینامیکی موازنه انرژی کل دچار تغییراتی می‌شود که در هر مورد

موازنه انرژی کل فرق می‌کند. این تغییرات در جدول ۹-۳ نشان داده شده است.

جدول ۹-۳: انواع مسیرهای ترمودینامیکی در زمان تخلیه مواد در سیستم‌های باز.

موازنه انرژی کل	مسیر ترمودینامیکی سیال در زمان تخلیه
$\Delta K_E + \Delta P_E = Q - W_S$	هم آنتالپی (گاز ایده‌آل)
$\Delta H + \Delta K_E + \Delta P_E = -W_S$	هم آنتروپی
$\Delta H =$	همدم
$\Delta H + \Delta K_E + \Delta P_E = -W_S$	آدیاباتیک

مهم‌ترین رابطه‌ای که برای مدلسازی تخلیه‌ی مواد تراکم‌پذیر و غیرقابل تراکم‌پذیر بکار می‌رود، موازنه انرژی مکانیکی سیال است. در معادله‌ی ۲-۳ موازنه انرژی مکانیکی سیالات تراکم پذیر نشان داده شده است:

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{\rho} + \frac{g}{g_c} (Z_2 - Z_1) + \frac{1}{2g_c} (V_1^2 - V_2^2) + \sum l_f + \frac{W_s}{\dot{m}} = 0 \quad (2-3)$$

P: فشار (نیرو/سطح)

ρ : دانسیته سیال (وزن/حجم)

g_c : شتاب گرانشی زمین (نیرو/جرم.شتاب)

Z: موقعیت مکانی (طول)

V: سرعت سیال (طول/زمان)

l_f : افت اصطکاکی (طول)

W_s : کار شفت (انرژی مکانیکی/زمان)

\dot{m} : شدت جریان جرمی (جرم/زمان)

$\sum l_f$ ترکیبی از افت اصطکاکی ناشی از حرکت سیال در لوله، عبور سیال از اتصالات و تغییر

سطح مقطع عبور سیال در ورود و یا خروج از لوله می باشد. برای محاسبه مقدار l_f از معادله‌ی ۳-۳ استفاده می‌شود:

$$l_f = K_f \left(\frac{V^2}{2g_c} \right) \quad (3-3)$$

در این رابطه K_f ضریب بدون بعد افت اصطکاکی است و برای تعیین آن از معادله‌ی ۴-۳ استفاده می‌شود:

$$K_f = \frac{4fL}{D} \quad (4-3)$$

تخلیه‌ی گازها

تخلیه گازها از بسیاری از تجهیزات فرایندی، شیرهای ایمنی و یا مجرای تنفس مخازن ذخیره امکان‌پذیر است. یکی از مهم‌ترین فاکتورها در فرایند تخلیه‌ی گازها تعیین شرایط ایجاد اختناق در جریان خروجی می‌باشد. این شرایط زمانی بوجود می‌آید که سرعت گاز در زمان تخلیه معادل با سرعت صوت شود. در این حالت شدت جریان گازی تخلیه شونده به حداکثر مقدار ممکن می‌رسد. روابط تعیین شدت جریان گاز در حالت اختناق با شرایطی که سرعت جریان پایین‌تر از سرعت صوت می‌باشد تفاوت دارد. در زمان تخلیه فشار گاز به میزان قابل ملاحظه‌ای افت می‌نماید و گاز منبسط می‌گردد. بنابراین برای تعیین ترم فشار در موازنه انرژی ضروری است معادله حالت و مسیر ترمودینامیکی که گاز در زمان تخلیه طی می‌نمایند مشخص گردد. روابطی برای تعیین شدت جریان گازها در شرایط سرعت صوت و مادون سرعت صوت در ادامه ارائه شده است.

در حالتی که سرعت گاز در زمان تخلیه کمتر از سرعت صوت می‌باشد، از معادله‌ی ۵-۳ جهت تعیین شدت جریان تخلیه شونده استفاده می‌شود:

$$\dot{m} = C_D A P_1 \sqrt{\frac{2 \cdot M \cdot g_c}{R_g \cdot T_1} \left(\frac{k}{k-1} \right) \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (5-3)$$

k: نسبت بدون بعد ظرفیت حرارتی (C_P/C_V)

R_g : ثابت عمومی گازها (فشار.حجم/مول.درجه سانتی گراد)

T_1 : دمای گاز در جریان بالادست (درجه سانتی گراد)

A: سطح مقطع عبور سیال (مربع طول)

C_D : ضریب بدون بعد تخلیه

P_1 : فشار گاز در جریان بالادست (نیرو/سطح)

M: جرم مولکولی گاز (جرم/مول)

حداکثر شدت جریان گاز در زمان تخلیه زمانی است که سرعت در خروجی با سرعت صوت برابر باشد. در این حالت سرعت سیال مستقل از فشار پایین دست بوده و تنها به فشار بالادست آن بستگی دارد. در این حالت در زمان تخلیه جریان دچار خفگی می شود. برای تعیین شدت جریان در این حالت از معادله ی ۳-۶ استفاده می شود.

$$\dot{m}_{Choked} = C_D A P_1 \sqrt{\frac{k \cdot g_c \cdot M}{R_g T_1} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{(k+1)}{(k-1)}}} \quad (۳-۶)$$

در تخلیه گازهای ایده آل به محیط اتمسفری اگر فشار جریان بالادست بیشتر از باشد، پدیده اختناق رخ می دهد. برای گازهای واقعی در صورتیکه فشار بالادست بیشتر از باشد، این پدیده اتفاق خواهد افتاد. در زمان تخلیه جریان گاز عبوری از لوله ها تعیین شرایط آدیاباتیک و یا ایزوترم امری ضروری است. در شرایط همدم و آدیاباتیک سرعت گاز بواسطه انبساط گاز افزایش می یابد که این امر سبب کاهش فشار آن می شود. در جریان های آدیاباتیک پیش بینی دمای گاز در زمان تخلیه کمی دشوار است. دمای گاز در این حالت به ترم های انرژی جنبشی و اصطکاکی بستگی دارد. در شرایط اختناق فشار آدیاباتیک کمتر از فشار ایزوترم می باشد. در حالت واقعی حرکت گاز در لوله شدت جریان گاز کمتر از مقدار پیش بینی شده شرایط آدیاباتیک و بیشتر از پیش بینی ایزوترم می باشد. معادله ی ۳-۷ برای تعیین شدت جریان گاز تحت هر شرایط

(سرعت صوت و یا پایین تر از آن) ارائه شده است:

$$\dot{m} = YA \sqrt{\frac{2g_c \rho_1 (P_1 - P_2)}{\sum K_f}} \quad (۷-۳)$$

Y: فاکتور بدون بعد انبساط گاز

P_1 : فشار گاز در جریان بالا دست (نیرو/سطح)

P_2 : فشار گاز در جریان پایین دست (نیرو/سطح)

A: سطح مقطع عبور سیال (مربع طول)

ρ_1 : دانسیته ی گاز در جریان بالادست (وزن/حجم)

فاکتور انبساط گاز تنها به نسبت ظرفیت حرارتی آن گاز بستگی دارد و از معادله ی ۸-۳

تعیین می شود:

$$Y = Ma \sqrt{\frac{k \sum K_f}{2} \left(\frac{P_1}{P_1 - P_2} \right)} \quad (۸-۳)$$

Ma: عدد بدون بعد ماخ

مراحل تعیین شدت جریان گاز در زمان تخلیه عبارتند از:

مشخص کردن طول، قطر و جنس لوله، تغییرات فشار و ارتفاع در سیستم لوله کشی، تعداد و نوع

اتصالات در طول لوله، افت فشار کل و دانسیته گاز در جریان بالادست

مشخص کردن افت اصطکاکی در طول مسیر، اتصالات، ورودی و یا خروجی

مشخص کردن نسبت $\frac{P_1 - P_2}{P_1}$ و تطبیق آن با شکل به منظور بررسی امکان بروز اختناق

مشخص کردن فاکتور انبساط از شکل

مشخص کردن شدت جریان جرمی گاز با استفاده از معادله ی ۹-۳

$$\dot{m} = C_D A P_1 \sqrt{\frac{2 \cdot M \cdot g_c}{R_g \cdot T_1} \left(\frac{k}{k-1} \right) \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (۹-۳)$$

تخلیه مایعات

در مورد تخلیه مایع، نیروی محرکه برای تخلیه، معمولاً فشار مایع می‌باشد که در هنگام تخلیه به انرژی جنبشی تبدیل می‌گردد. از آنجا که چگالی مایع در هنگام تخلیه ثابت می‌ماند، رابطه زیر را می‌توان نوشت:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{g}{g_c}(Z_2 - Z_1) + \frac{1}{2g_c}(v_2^2 - v_1^2) + \sum e_f + \frac{W_s}{\dot{m}} = 0 \quad (۱۰-۳)$$

برنولی و توریچلی با ساده کردن این معادله رابطه مشهور زیر را برای محاسبه نرخ تخلیه از یک اوریفیس ارائه داده‌اند:

$$\dot{m} = AC_D \sqrt{2\rho g_c(P_2 - P_1)} \quad (۱۱-۳)$$

کرول و لووار در سال ۱۹۹۰ رابطه زیر را برای محاسبه شدت تخلیه مایع از یک سوراخ ایجاد شده در بدنه یک مخزن ارائه نمودند:

$$\dot{m} = \rho AC_D \sqrt{2\left(\frac{g_c P_g}{\rho} + gh_L\right)} \quad (۱۲-۳)$$

\dot{m} : دبی مواد خروجی (kg/s)

P_g : فشار نسبی در فضای بالای مخزن (P_a)

A : مساحت شکاف ایجاد شده (m^2)

ρ : چگالی مواد (kg/m^3)

g : شتاب گرانشی زمین (m/s^2)

g_c : ثابت گرانشی زمین ($N.s^2/kg.m$)

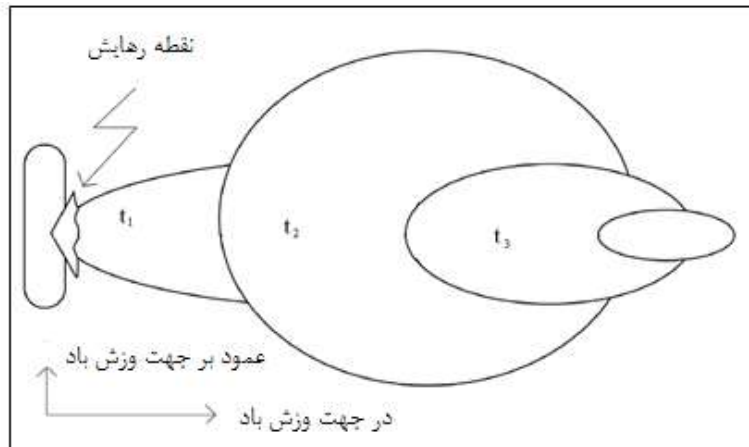
h_L : ارتفاع مایع موجود در بالای شکاف ایجاد شده در مخزن (m)

تخلیه دوفازی

همانگونه که گفته شد هنگامی که یک مایع تحت فشار به گونه‌ای به محیط اتمسفری تخلیه شود که دمای خروجی آن از دمای جوش نرمال آن بیشتر است، مقداری از آن تبخیر شده و جریان دوفازی تشکیل می‌دهد. از آنجا که تبخیر شدن مایع اندکی پس از خروج مایع از روزنه اتفاق می‌افتد، میزان تبخیر بر شدت سیال خروجی تأثیری نداشته و برای محاسبه دبی سیال خروجی در این حالت نیز می‌توان از رابطه‌های مربوط به مایع استفاده کرد.

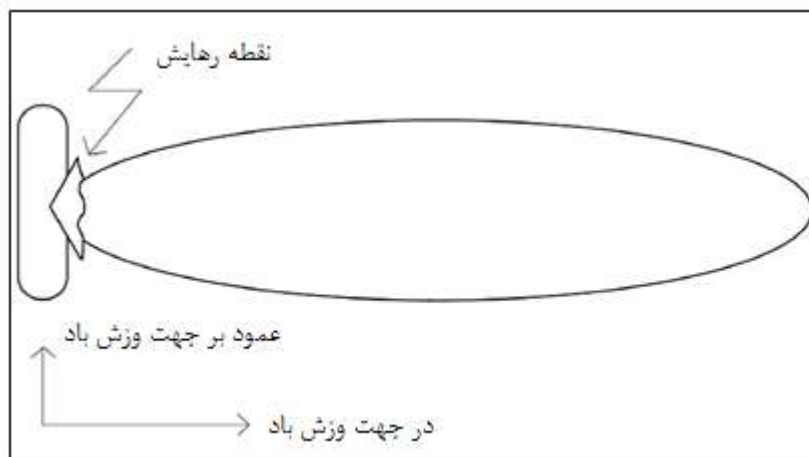
• مدل‌سازی انتشار مواد

منابع انتشار مواد از دیدگاه‌های مختلفی قابل طبقه‌بندی است. به‌عنوان مثال منابع انتشار از لحاظ هندسه منبع انتشار به سه دسته منابع نقطه‌ای، سطحی و یا خطی تقسیم‌بندی می‌شوند. همچنین از لحاظ مدت زمان تخلیه، منابع انتشار به دو دسته انتشارهای آنی و پیوسته تقسیم می‌شوند. تخلیه و پخش ناگهانی و غیرمنتظره مواد از منبع انتشار را انتشار آنی می‌گویند. احتمال وقوع پیوستن آن‌ها نسبت به انتشارهای پیوسته بسیار کمتر می‌باشد. ابر تشکیل شده در این حالت بسیار غلیظ می‌باشد. انتشار حجم عظیمی از مواد در مخازن ذخیره و یا خطوط لوله‌ای که دچار شکستگی و یا ریزش ناگهانی می‌شوند، جزء این نوع از انتشارها می‌باشد. در شکل ۳-۶ رفتار ابر گازی در زمان تخلیه ناگهانی نشان داده شده است.



شکل ۳-۶: پروفایل غلظت ماده در رهائش ناگهانی مواد.

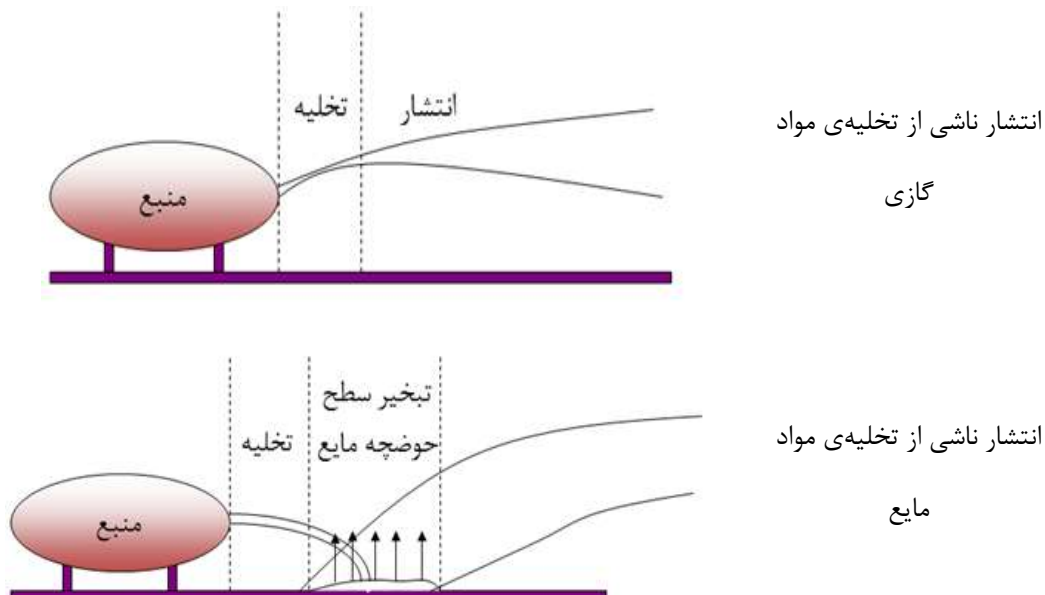
انتشار پیوسته و مداوم مواد در یک بازه زمانی مشخص از مخازن حادثه دیده منجر به شکل گیری انتشار پیوسته می شود. در این حالت ابر تشکیل شده رقیق بوده و به صورت پیوسته در جهت وزش باد گسترش می یابد. در این حالت شدت جریان سیال در زمان تخلیه مستقل از زمان می باشد [۴۲]. در شکل ۳-۷ رفتار ابر گازی در زمان تخلیه مداوم و پیوسته مواد نشان داده شده است.



شکل ۳-۷: پروفایل غلظت ماده در رهائش پیوسته مواد.

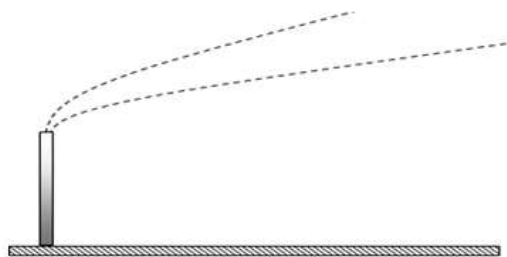
مراحل انتشار گازها و مایعات اندکی با هم تفاوت دارد. رهائش گازها در محیط شامل مراحل تخلیه و خروج گاز از منبع انتشار و پخش و انتشار گاز می باشد. در حالی که رهائش مایعات

شامل سه مرحله تخلیه و خروج مایع از منبع انتشار، تشکیل حوضچه و پخش و انتشار مایع تخلیه شده می‌باشد [۴۳]. در شکل ۳-۸ این مراحل نشان داده شده است.

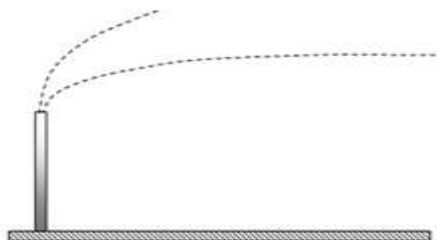


شکل ۳-۸: مدلسازی انتشار مواد [۶].

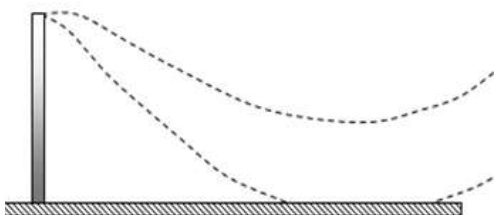
مدلسازی انتشار مواد به فاکتورهای مختلفی از جمله شرایط آب و هوایی، پایداری جوی، ناهمواری‌های سطح و ارتفاع انتشار مواد بستگی دارد. مدل‌های مختلفی برای گازهای مختلف ارائه شده است که از این مدل‌ها با توجه به شرایط گاز می‌توان استفاده نمود. در شکل ۳-۹ نحوه‌ی گسترش گازها و مدل‌های مطابق با آن‌ها نشان داده شده است. با استفاده از مدل‌های پخش گاوسی انتشار ابرهای رقیق و غلیظ گازهای خنثی و سبک مدلسازی می‌شود و غلظت متوسط مواد و پروفایل زمانی مواد سمی و قابل اشتعال در جهت باد تعیین می‌شود. نفوذ اتمسفری پدیده اختلاط تصادفی است که به واسطه اغتشاش لایه‌های جوی بوجود می‌آید. غلظت در هر فاصله از منبع نقطه‌ای به وسیله پروفایل غلظت گاوسی در جهات عمودی و افقی مشخص می‌شود (شکل ۳-۱۰). برای محاسبه‌ی توزیع غلظت انتشار دائمی و ناگهانی از منابع نقطه‌ای بالاتر از سطح زمین به ترتیب معادلات ۳-۱۳ و ۳-۱۴ به کار برده می‌شود [۴].



مدل پخش گازهای با شناوری مثبت مدل گاوسی

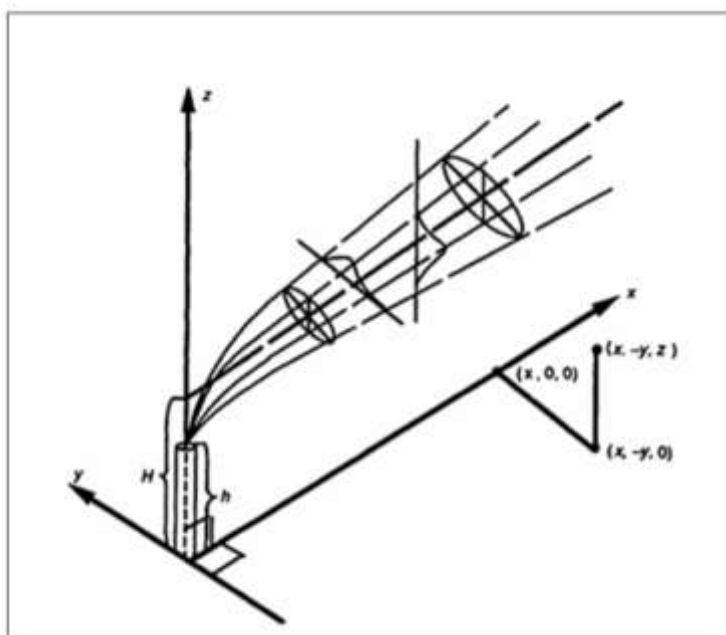


مدل پخش گازهای با شناوری خنثی مدل گاوسی



مدل پخش گاز با شناوری منفی (SLAB, DEGADIS)

شکل ۳-۹: مدل‌های پخش گاز.



شکل ۳-۱۰: پروفایل غلظت در زمان انتشار از منابع مرتفع (مدل انتشار گاوسی (Gaussian)) [۴۴].

$$[C](x, y, z) = \frac{Q_m}{2\pi\sigma_y \cdot \sigma_z u} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \times \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (۳-۱۳)$$

$$[C](x, y, z, t) = \frac{Q_m^*}{(2\pi)^{1.5} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z u} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \times \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (۳-۱۴)$$

Q_m : دبی مواد تخلیه شده به محیط (کیلوگرم/ثانیه)

Q_m^* : کل مواد تخلیه شده به محیط (کیلوگرم)

u : سرعت باد: (متر بر ثانیه)

H : ارتفاع محل رهائش (متر)

$(\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z)$: ضرایب انتشار د جهتهای مختلف (متر)

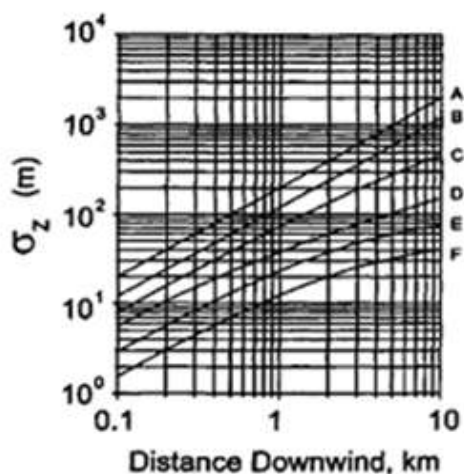
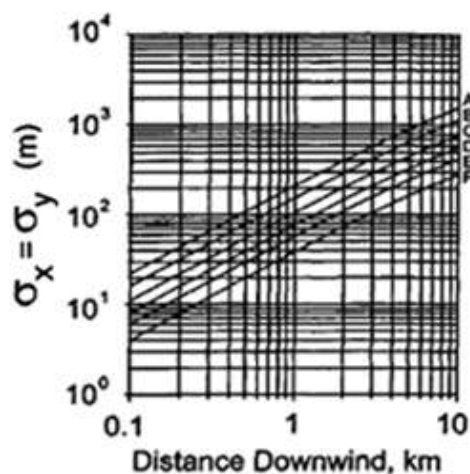
y : فاصله در جهت عمود بر وزش باد (متر)

z : فاصله در جهت عمود بر زمین (متر)

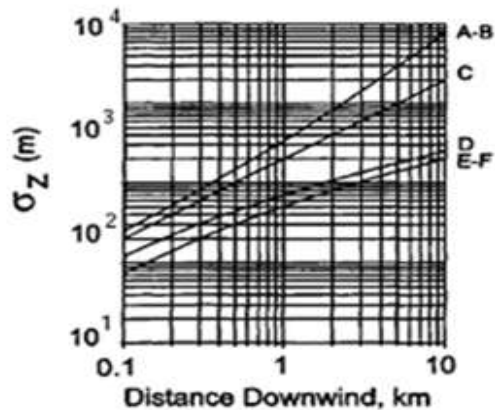
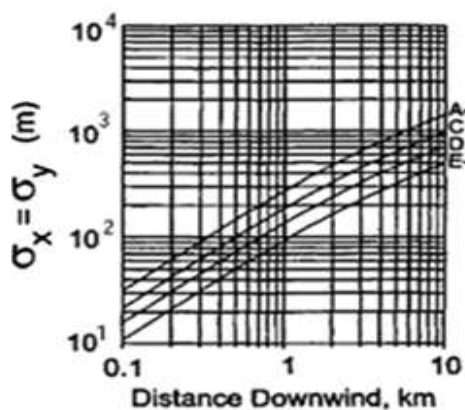
در مدل گاوسی برای محاسبه و تعیین ضرایب انتشار در انتشار پیوسته در جهات مختلف

برای کلاس های پایداری جوی مختلف در مناطق شهری و روستایی از شکل ۳-۱۱ استفاده

می شود.



برای محیط‌های روستایی

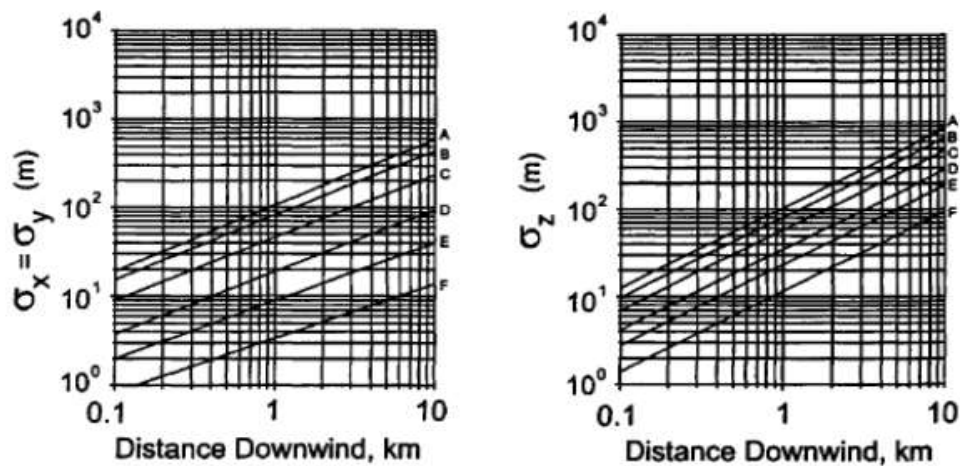


برای محیط‌های شهری

شکل ۳-۱۱: تعیین ضرایب انتشار برای رهائش پیوسته در پایدارهای جوی مختلف.

برای محاسبه و تعیین ضرایب انتشار در انتشار ناگهانی در جهات مختلف برای کلاس‌های

پایداری جوی مختلف در مناطق روستایی از شکل ۳-۱۲ استفاده می‌شود.



شکل ۳-۱۲: تعیین ضرایب انتشار برای رهايش ناگهانی در پایدارهای جوی مختلف برای محیطهای روستایی.

• مدلسازی آتش سوزی و انفجار و سمیت

۱. آتش فورانی

میزان تشعشع ناشی از آتش فورانی در یک فاصله خاص با استفاده از معادله‌ی ۳-۱۵ به دست می‌آید:

$$E_r = \tau_a \cdot \gamma \cdot \dot{m} \cdot \Delta H_c \cdot F_p \quad (3-15)$$

τ_a : ضریب عبور هوا (kw/m^2)

γ : کسری از انرژی احتراق تبدیل شده به انرژی تشعشعی

\dot{m} : دبی خروجی گاز (kg/S)

ΔH_c : انرژی احتراق به ازای یک کیلوگرم از ماده (kJ/kg)

F_p : ضریب دید ($1/\text{m}^2$)

برای محاسبه‌ی ضریب دید از معادله‌ی ۳-۱۶ استفاده می‌شود:

$$F_p = \frac{1}{4\pi x^2} \quad (3-16)$$

x : فاصله‌ی نقطه مبدا (مرکز شعله) تا نقطه‌ی مورد نظر (m)

۲. آتش کروی

میزان تشعشع ناشی از آتش کروی در یک فاصله خاص با استفاده از معادله‌ی ۳-۱۷ بدست می‌آید:

$$E_r = 202 \cdot \tau_a \cdot \gamma \cdot M^{2/3} \cdot \Delta H_c \cdot F_p \quad (۳-۱۷)$$

τ_a : ضریب عبور هوا (kw/m^2)

γ : کسری از انرژی احتراق تبدیل شده به انرژی تشعشعی

M : جرم ماده‌ی سوختنی که در آتش کروی حضور دارد (kg)

ΔH_c : انرژی احتراق به ازای یک کیلوگرم از ماده (kJ/kg)

F_p : ضریب دید ($1/\text{m}^2$)

برای محاسبه‌ی ضریب دید از معادله‌ی ۳-۱۶ استفاده می‌شود.

در تحقیق حاضر جهت بررسی آثار تشعشعی سه سطح مختلف تابش حرارتی در نظر گرفته شده است. در جدول ۳-۱۰ خلاصه‌ای از مقدارهای تشعشع حاصل از یک آتش‌سوزی و پیامدهای آن مشاهده می‌شود. به کمک این جدول می‌توان شدت پیامدهای یک آتش‌سوزی اعم از آتش استخری و جت آتش را ارزیابی کرد.

جدول ۳-۱۰: پیامدهای مربوط به سطوح مختلف تشعشع [۴۵].

پیامدها	میزان تشعشع (kw/m^2)
تشعشع بیشتر از این مقدار برای آسیب رساندن به تجهیزات کافی است و در صورت رسیدن این سطح تشعشع به انسان، موجب مرگ آنی می‌شود.	۳۷/۵
حداقل انرژی لازم برای ایجاد جرقه در پایلوت های چوبی و ذوب شدن مواد پلاستیکی	۱۲/۵
حد آستانه درد به گونه‌ای که شخص توانایی فرار را دارد.	۴

۳. انفجار

مدل های متعددی جهت تخمین محدوده گسترش و انتشار موج فشار تولید شده بر اثر انفجار ابر بخار قابل انفجار بصورت تابعی از فاصله از محل انفجار وجود دارد. در این تحقیق از مدل TNT برای انفجار استفاده شده است. در این مدل جهت بررسی خصوصیات انفجاری یک ماده جرم گاز قابل انفجار در محیط با جرم TNT معادل سازی می شود، سپس با بررسی خصوصیات و مشخصه های انفجاری TNT درباره پیامدهای بعدی انفجار تصمیم گیری می شود. در این مدل TNT به عنوان ماده مرجع انتخاب شده است، زیرا خصوصیات و مشخصه های انفجاری این ماده در اکثر مراجع در دسترس می باشد. معادله ۳-۱۸ نشان دهنده ی معادل سازی جرم TNT برای انفجار است.

$$W_{TNT} = K \frac{W_g \cdot H_g}{H_{TNT}} \quad (3-18)$$

W_{TNT} : جرم TNT معادل (kg)

W_g : جرم ماده ی اشتعال زا و حاضر در انفجار (kg)

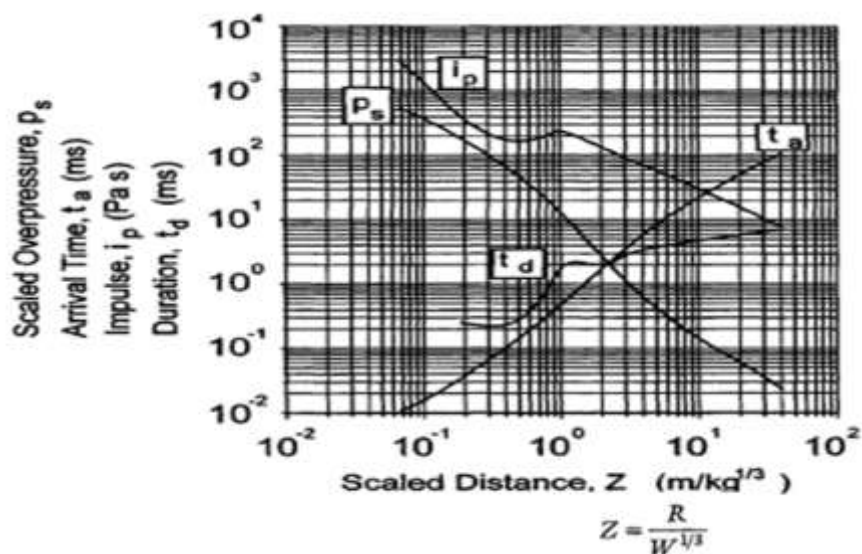
H_g : انرژی احتراق به ازای یک کیلوگرم از گاز (kJ/kg)

H_{TNT} : انرژی احتراق به ازای یک کیلوگرم از TNT (حدود ۴۶۰۰ kJ/kg)

K: بازده انفجار

فاکتور بازده عبارتست از درصدی از انرژی نهفته در ماده که در اثر انفجار به انرژی انفجاری تبدیل می گردد، این عدد معمولاً بین ۰/۱ تا ۰/۱۰ متغیر است. نظریه های مختلفی جهت تعیین این فاکتور در مراجع معتبر وجود دارد. پس از معادل سازی می توان از طریق جرم TNT معادل و خصوصیات انفجاری TNT انفجار ماده منفجره را شبیه سازی کرد. بازده انفجار به میزان بسیار زیادی به نحوه تعیین میزان ماده قابل اشتعالی که در انفجار شرکت می نماید وابسته است. در شکل ۳-۱۳ نمودار محاسبه ی خواص انفجار در فواصل مختلف از مرکز انفجار نشان داده شده

است.



شکل ۳-۱۳: نمودار محاسبه‌ی خواص انفجار در فواصل مختلف از مرکز انفجار.

در این تحقیق در حوادثی که با موج فشار ناشی از انفجار همراه است، جهت بررسی شدت پیامدها سه سطح مختلف موج فشار لحاظ شده است (جدول ۳-۱۱).

جدول ۳-۱۱: پیامدهای مربوط به سطوح مختلف موج فشار [۴۵].

پیامد	میزان افزایش فشار (bar)
خسارات جزئی به ساختمان‌ها	۰/۰۲۰۶۸
حد آستانه برای آسیب‌دیدگی جدی ساختمان	۰/۱۳۷۹
آسیب‌دیدگی مخازن	۰/۲۰۶۸

۴. مدل‌سازی سمیت

یک از خطرهایی که رها شدن مواد در محیط می‌تواند ایجاد کند، حوادث ناشی از سمی بودن مواد است که اغلب پیامدهای آن ناشی از تنفس بیش از اندازه‌ی آن‌ها است. یکی از معیارهای مورد استفاده در ارزیابی اثر مواد سمی، معیار ERPG است. این معیار دارای سه سطح متفاوت است که در جدول ۳-۱۲ شرح داده شده است.

جدول ۳-۱۲: معیار ERPG برای ارزیابی مواجهه با مواد شیمیایی [۳۷].

پیامد	معیار
بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هوا است که همه افراد می‌توانند به مدت یک ساعت در معرض آن قرار گیرند بدون این‌که مزاحمتی برای آن‌ها ایجاد کند یا بوی ناخوشایندی داشته باشد.	ERPG-1
بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هوا است که همه‌ی افراد می‌توانند به مدت یک ساعت در معرض آن قرار گیرند بدون این‌که آسیب جدی یا غیرقابل جبران ببینند یا نتوانند اقدامات ایمنی را انجام دهند.	ERPG-2
بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هوا است که همه‌ی افراد می‌توانند به مدت یک ساعت در معرض آن قرار گیرند بدون این‌که زندگی آن‌ها تهدید شود.	ERPG-3

H₂S در غلظت‌های مختلف اثرهای متفاوتی بر انسان دارد که این اثرها در جدول ۳-۱۳ قابل مشاهده است.

جدول ۳-۱۳: اثرهای غلظت‌های گوناگون H₂S بر انسان [۴۵].

غلظت (ppm)	اثر بر انسان
۰/۱۳	دارای کمترین بوی قابل درک
۴/۶	دارای بوی ملایم و به‌راحتی قابل درک
۱۰	شروع سوزش چشم
۲۷	بوی قوی و نامطلوب
۱۰۰	سرفه و سوزش چشم، از بین رفتن حس بویایی بعد از ۲ تا ۵ دقیقه
۳۰۰-۲۰۰	التهاب چشم و مشکل‌های تنفسی
۷۰۰-۵۰۰	از بین رفتن هوشیاری، احتمال مرگ بعد از سی دقیقه تا یک ساعت
۱۰۰۰-۷۰۰	بیهوشی سریع، قطع تنفس و مرگ
۲۰۰۰-۱۰۰۰	بیهوشی فوری، مرگ در زمان کم، مرگ حتی اگر فرد فوراً به هوای تازه برسد

مقادیر ERPG استفاده شده در این تحقیق برای گاز سمی هیدروژن سولفید در جدول

۱۴-۳ نشان داده شده است.

جدول ۱۴-۳: معیارهای سمیت گاز H_2S [۳۷].

غلظت (ppm)	معیار
۰/۱	ERPG-1
۳۰	ERPG-2
۱۰۰	ERPG-3

فصل چهارم:

یافته های تحقیق

۴-۱- مقدمه

در این فصل به بیان شبیه سازی صورت گرفته و همچنین سناریوهای تعریف شده پرداخته می شود. معیارهای در نظر گرفته شده برای شبیه سازی ها، اطلاعات استفاده شده، اندازه‌ی نشتی‌ها، و دیگر فاکتورهای موثر تعریف می شود. سپس به بررسی و شبیه سازی سناریوها پرداخته می شود. نتایج مدلسازی‌های مربوط به سمیت گاز هیدروژن سولفور، آتش‌فروانی، آتش ناگهانی، و انفجار به تفکیک در نمودارهای مربوطه نشان داده شده است.

۴-۲- تعریف سناریو

همانطور که در فصل قبل گفته شد در تعریف یک سناریو، موردهایی همچون شرایط عملیاتی (فشار و دما)، مقدار ماده‌ی رها شده در محیط، ویژگی‌های شیمیایی ماده همچون سمیت و اشتعال‌پذیری و نیز سوابق واحد بسیار تاثیر می گذارند. در موردهایی که سناریو شامل نشت مواد در محیط است، یکی از عامل‌های مهم در تعیین پیامدهای نشتی، سطح مقطع نشتی ایجاد شده است.

به این ترتیب می توان سناریوهای لازم برای بررسی یک واحد فرایندی را تعریف کرد. البته این نکته را هم باید در نظر گرفت که در یک واحد بزرگ با توجه به تعداد تجهیزات، تعداد زیادی سناریو می توان در نظر گرفت که بررسی همه‌ی آن‌ها زمان‌بر است. ولی در عمل، از بین آن‌ها می توان سناریوهایی را انتخاب کرد که پیامدهای آن‌ها، سایر سناریوها را نیز هم پوشانی می کند. این کار را می توان به وسیله‌ی مقایسه‌ی شرایط عملیاتی و همچنین میزان ماده‌ای که در صورت ایجاد حادثه در محیط پخش می شود انجام داد و تعداد سناریوها را به حد معقولی رساند.

در این فصل با در نظر گرفتن کلیه شرایط موثر بر شکل‌گیری حوادث احتمالی در واحد

تفکیک‌گر منطقه عملیاتی پارسیان سعی شده است حوادث و وقایعی به عنوان سناریو در نظر گرفته شود که حتی‌الامکان احتمال وقوع و میزان خسارت‌های پدید آمده در اثر بروز چنین حوادثی قابل ملاحظه باشد. همانطور که پیشتر به آن اشاره شد مهم‌ترین حادثه محتمل در این منطقه که می‌تواند پیامدهای وخیمی به همراه داشته باشد بروز نشتی از تفکیک‌گر این منطقه است. در جدول ۰۱ سناریوهای مختلفی برای نشتی از این تجهیز ارایه شده است که در ادامه به بررسی هر یک از آن‌ها پرداخته می‌شود.

جدول ۱۰: مشخصات سناریوهای تعریف شده مربوط به تفکیک گر منطقه عملیاتی پارسیان.

شماره سناریو	نوع سیال نشت یافته	اندازه سناریو	حالت نشتی	مدت زمان قطع منبع (s)
۱	بخارات گازی	منفذ کوچک	خروج افقی	۶۰۰
۲	مایعات گازی	منفذ کوچک	خروج افقی	۶۰۰
۳	مایعات گازی	منفذ کوچک	خروج عمودی با برخورد به زمین	۶۰۰
۴	بخارات گازی	منفذ کوچک	خروج افقی	۹۰
۵	مایعات گازی	منفذ کوچک	خروج افقی	۹۰
۶	مایعات گازی	منفذ کوچک	خروج عمودی با برخورد به زمین	۹۰
۷	بخارات گازی	منفذ متوسط	خروج افقی	۶۰۰
۸	مایعات گازی	منفذ متوسط	خروج افقی	۶۰۰
۹	مایعات گازی	منفذ متوسط	خروج عمودی با برخورد به زمین	۶۰۰
۱۰	بخارات گازی	منفذ متوسط	خروج افقی	۹۰
۱۱	مایعات گازی	منفذ متوسط	خروج افقی	۹۰
۱۲	مایعات گازی	منفذ متوسط	خروج عمودی با برخورد به زمین	۹۰
۱۳	بخارات گازی	منفذ بزرگ	خروج عمودی	۶۰۰
۱۴	مایعات گازی	منفذ بزرگ	خروج ۴۵ درجه نسبت به افق	۶۰۰
۱۵	بخارات گازی	منفذ بزرگ	خروج عمودی	۹۰
۱۶	مایعات گازی	منفذ بزرگ	خروج ۴۵ درجه نسبت به افق	۹۰
۱۷	بخارات گازی	منفذ بزرگ	خروج افقی	۶۰۰
۱۸	مایعات گازی	منفذ بزرگ	خروج افقی	۶۰۰
۱۹	مایعات گازی	منفذ بزرگ	خروج عمودی با برخورد به زمین	۶۰۰
۲۰	بخارات گازی	منفذ بزرگ	خروج افقی	۹۰
۲۱	مایعات گازی	منفذ بزرگ	خروج افقی	۹۰
۲۲	مایعات گازی	منفذ بزرگ	خروج عمودی با برخورد به زمین	۹۰
۲۳	مایعات گازی	ترکیدگی فاجعه بار	---	---
۲۴	مایعات گازی	پارگی خط لوله قبل از پمپ	---	---
۲۵	مایعات گازی	پارگی خط لوله بعد از پمپ	---	---

۴-۳- نتایج حاصل از رخداد نشتی در تفکیک گر

در این بخش به بررسی سناریوهای محتمل مربوط به مواد خطرناک در مرکز تفکیک منطقه

گازی پارسیان پرداخته شده است. برای مدل سازی پیامد از نرم افزار PHAST نسخه 7.11

استفاده شده است. پیامد های ناشی از رها شدن یک ماده را می توان به سه دسته تقسیم کرد:

الف) ایجاد آتش سوزی

ب) ایجاد انفجار

ج) آثار مربوط به سمیت مواد رها شده در محیط

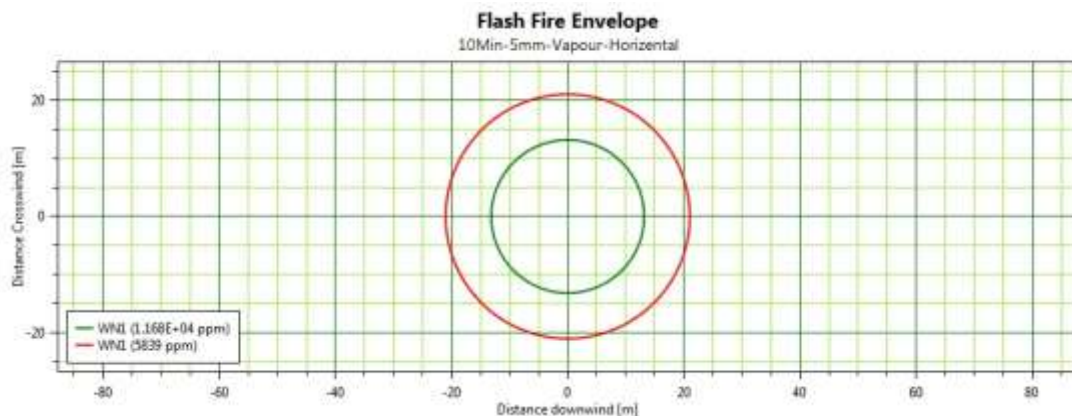
۴-۳-۱- نتایج حاصل از شبیه‌سازی آتش ناگهانی^۱

در نمودارهای مربوط به آتش ناگهانی محور افقی این نمودار، فاصله از منبع رهائش در جهت باد و محور عمودی آن فاصله از منبع رهائش در جهت عمود بر باد می‌باشد. قابلیت ویژه این نوع نمودارها تعیین موقعیت‌های جغرافیایی خاصی می‌باشد که در محدوده‌ی تشعشع ناشی از آتش ناگهانی قرار خواهد گرفت. در سمت چپ این نمودارها (داخل کادر) شرایط جوی مدل شده و حدود غلظت‌های اشتعال‌پذیری مشخص می‌شود. در بررسی آتش ناگهانی دو فاکتور مهم مقدار LEL و $1/2LEL$ می‌باشد و نتیجه‌گیری‌ها براساس این دو فاکتور صورت می‌گیرد.

۴-۳-۱-۱- منفذ ۵ میلی‌متر

با توجه به شکل محدوده‌ای به شعاع 21 متر که با رنگ قرمز مشخص شده است دارای غلظت بیش از نصف حد پایین اشتعال‌پذیری می‌باشد و محدوده‌ای به شعاع 13 متر که با رنگ سبز مشخص شده است دارای غلظت بیش از حد اشتعال‌پذیری می‌باشد. این محدوده نشان دهنده‌ی فاصله‌ای است که در آن آتش ناگهانی می‌تواند رخ دهد. در این سناریو به دلیل اینکه شرایط آب و هوایی زمستان بدترین حالت بوده است تنها این نمودار ارائه شده است (شکل ۴-۱).

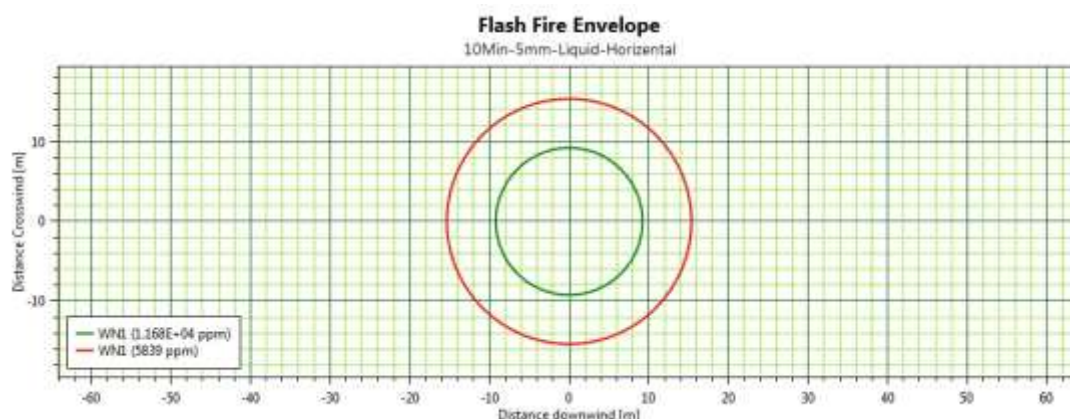
^۱ Flash Fire



شکل ۱۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۵ mm و خروج بخارات گازی

به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

در شکل ۴-۲ نمودار مربوط به نشت مایعات گازی از منفذ به قطر ۵ میلی‌متر در شرایط جت افقی را نشان می‌دهد. در این شرایط محدوده‌ی LEL و 1/2LEL بین ۹ تا ۱۵ متر می‌باشد. از مقایسه‌ی این نمودار با نمودار سناریوی حرکت افقی جت گاز، نتیجه می‌شود که در شرایط نشت گاز محدوده آتش ناگهانی نسبت به نشت مایعات گازی بیشتر می‌باشد. بنابراین شرایط خطرناک‌تری را ایجاد می‌کند.

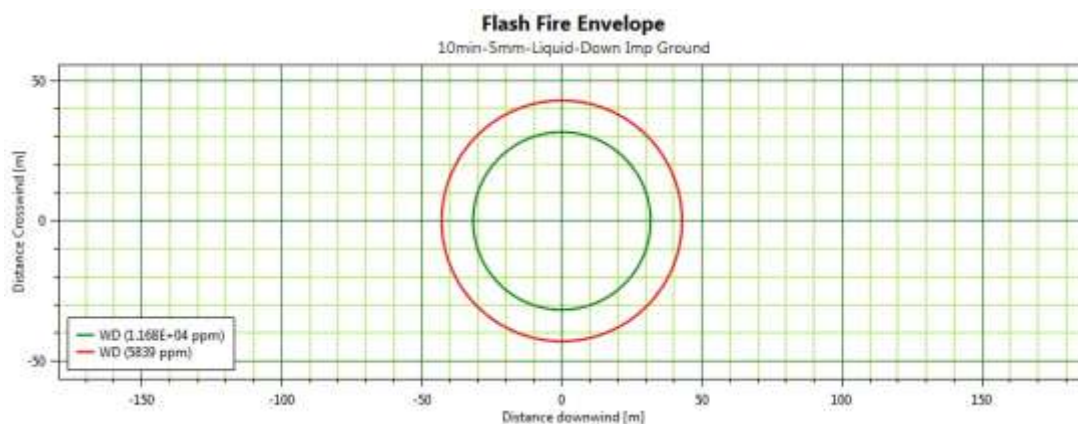


شکل ۲۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۵ mm و خروج مایعات گازی

به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

مطابق شکل ۴-۳ محدوده‌ی LEL و 1/2LEL در سناریوی خروج مایعات گازی به‌صورت

عمودی و برخورد به زمین بین ۳۱ و ۴۳ متر است. این محدوده نسب به سناریوهای قبل بیشتر شده است و از سوی دیگر گستردگی آن در منطقه‌ی اطراف محل نشتی افزایش یافته است. بنابراین محدوده‌ی خطرناک آن بیشتر می‌باشد.

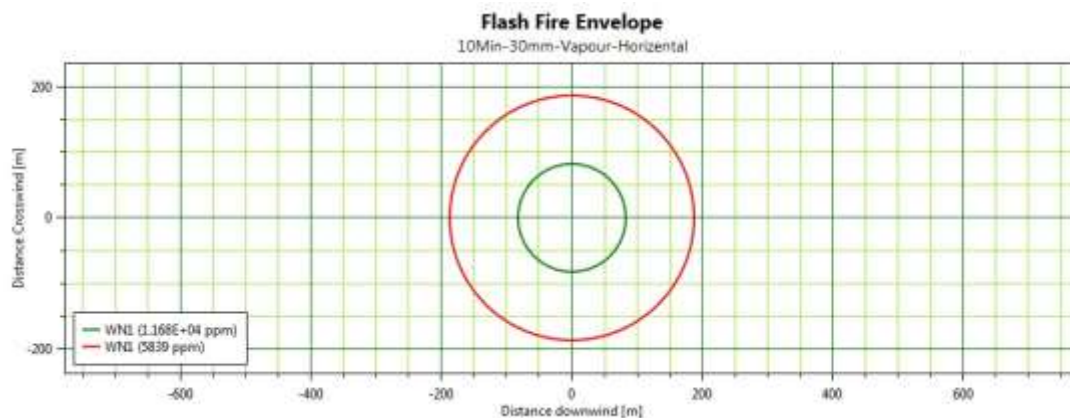


شکل ۳۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۵ mm و خروج مایعات گازی بصورت عمودی و برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

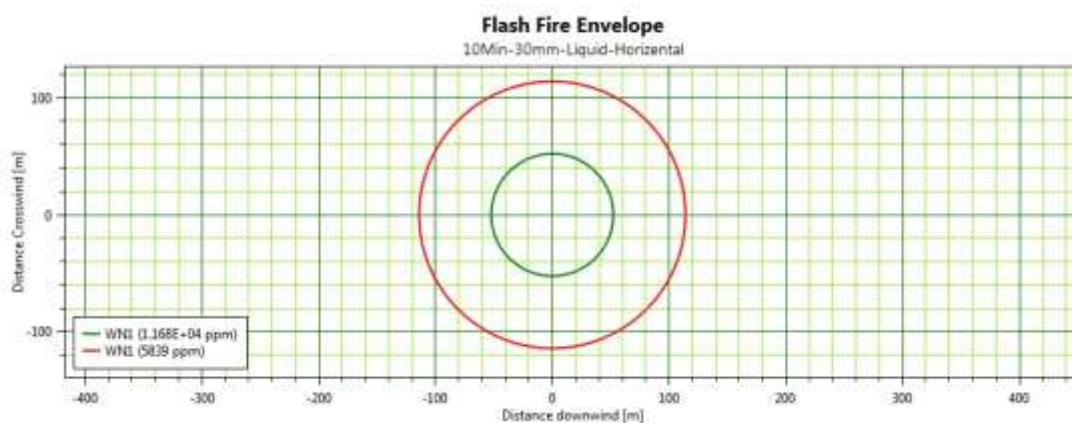
قابل ذکر است که در سناریو با منفذی به قطر ۵ mm و خروج گاز به صورت عمودی به سمت بالا محدوده آتش ناگهانی در نرم افزار ترسیم نگردید که قابل انتظار نیز بود.

۴-۳-۱-۲- منفذ ۳۰ میلی‌متر

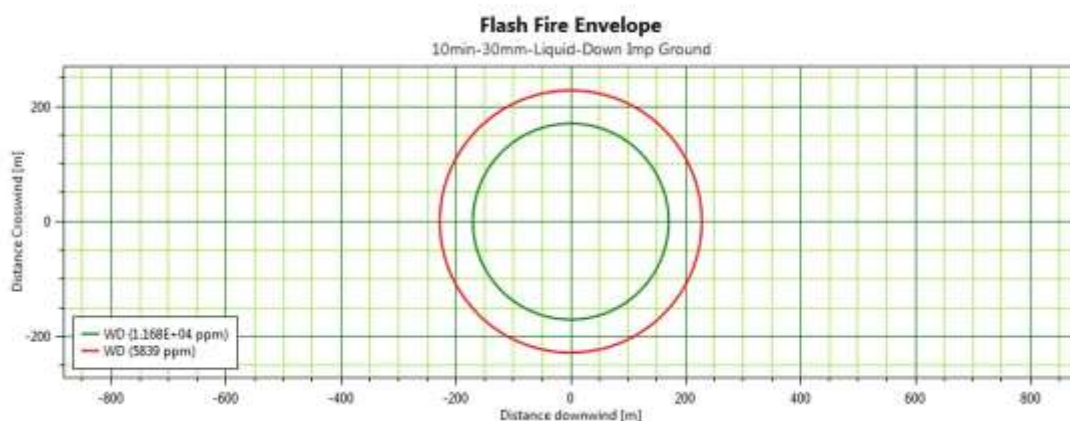
در این بخش سناریوهای مربوط به خروج گاز یا مایعات گازی از منفذی به قطر ۳۰ میلی‌متر بررسی می‌گردد. در این حالت شرایط آب و هوایی در یک شب بادی زمستان بدترین و خطرناک‌ترین وضعیت می‌باشد. با توجه به این که این منفذ بزرگتر از سناریوهای بخش قبل است انتظار می‌رود که محدوده‌ی گسترده‌تری، خطر بروز آتش ناگهانی را در بر داشته باشد (شکل های ۴-۴، ۵-۴ و ۶-۴).



شکل ۴۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۳۰ mm و خروج گاز به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم



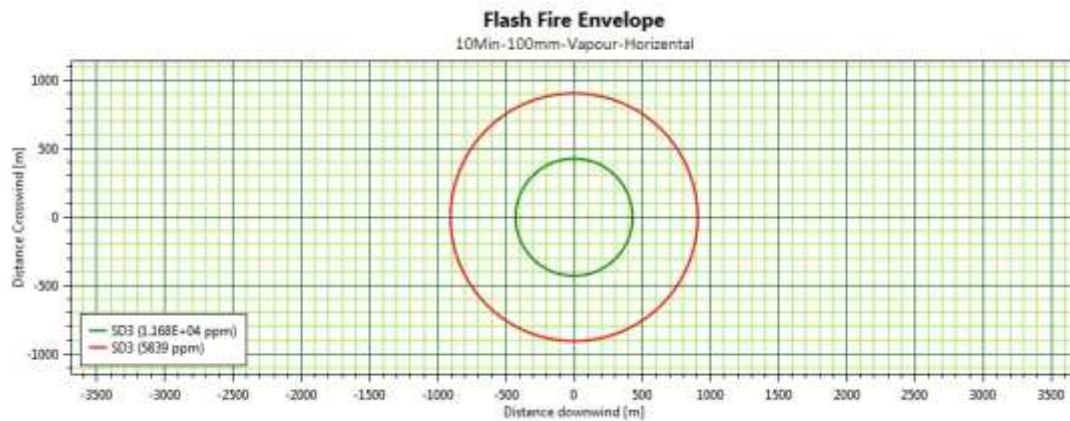
شکل ۵۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۳۰ mm و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم



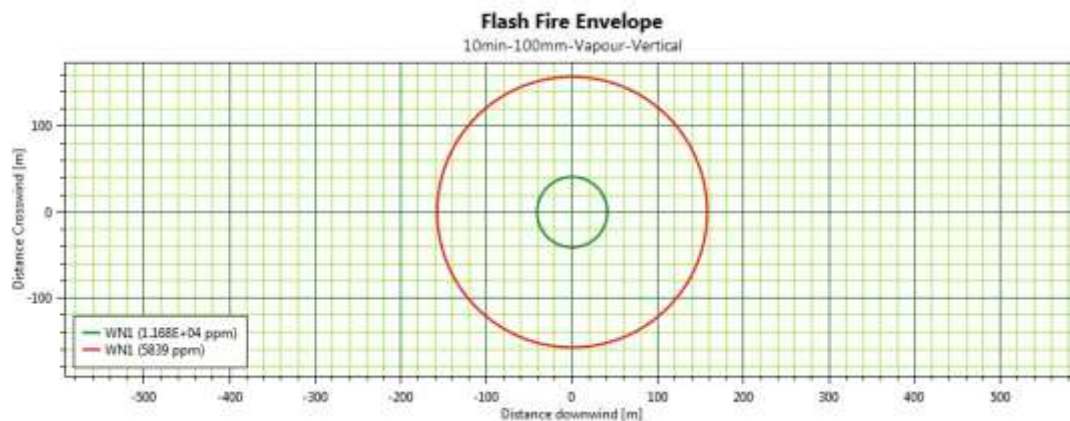
شکل ۶۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۳۰ mm و خروج مایعات گازی به صورت عمودی و برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

۳-۱-۳-۴ - منفذ با قطر ۱۰۰ میلی‌متر

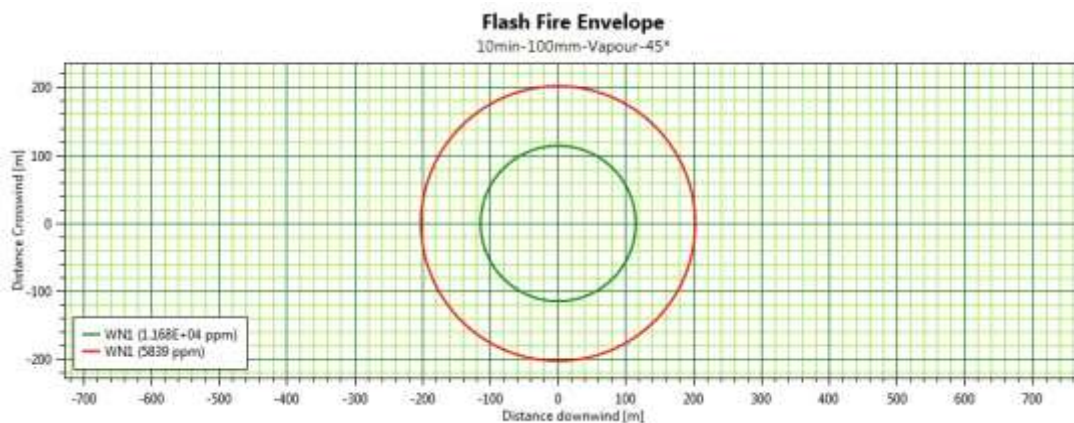
در شکل های ۷-۴، ۸-۴، ۹-۴، ۱۰-۴ و ۱۱-۴ محدوده‌ی خطر برای بروز آتش ناگهانی در حالتی که گاز یا مایعات گازی از یک منفذ به قطر ۱۰۰ میلی‌متر خارج می‌شود در بدترین حالت خود، نشان داده شده است.



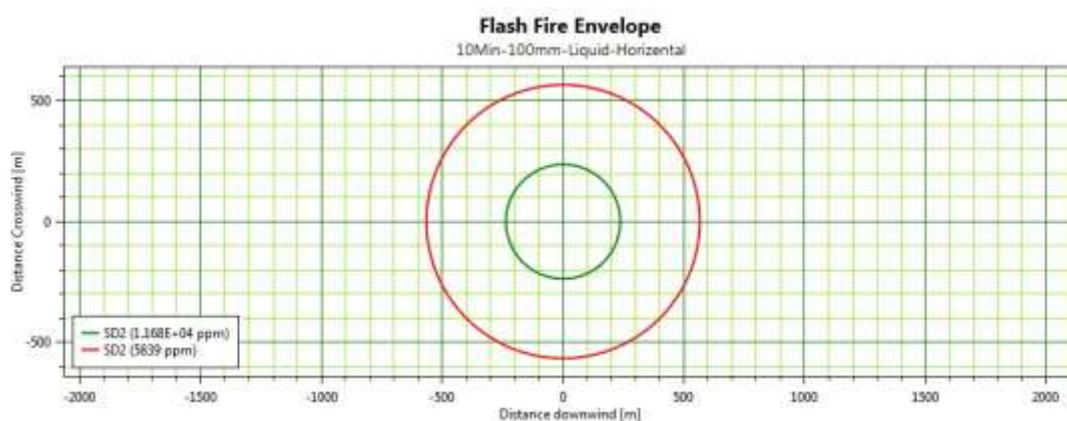
شکل ۷۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۱۰۰ mm و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم



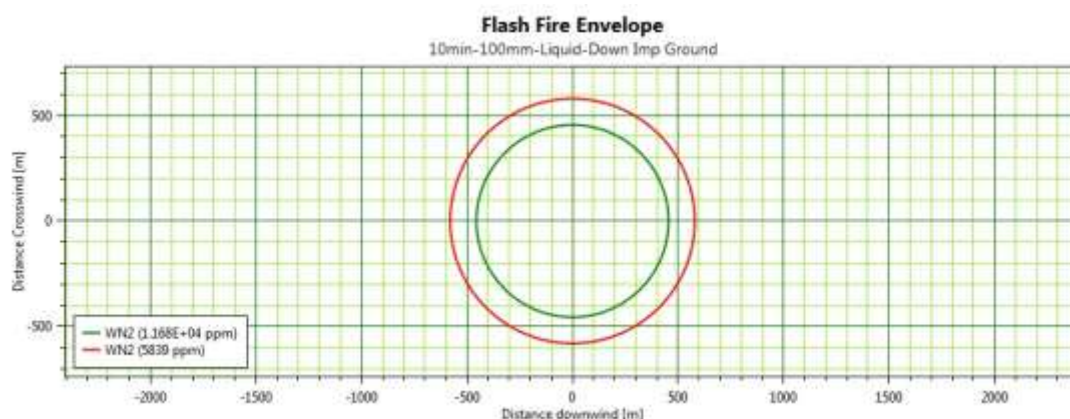
شکل ۸۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۱۰۰ mm و خروج بخارات گازی به صورت عمودی رو به بالا در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم



شکل ۹۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۱۰۰ mm و خروج بخارات گازی با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم



شکل ۱۰۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۱۰۰ mm و خروج مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم



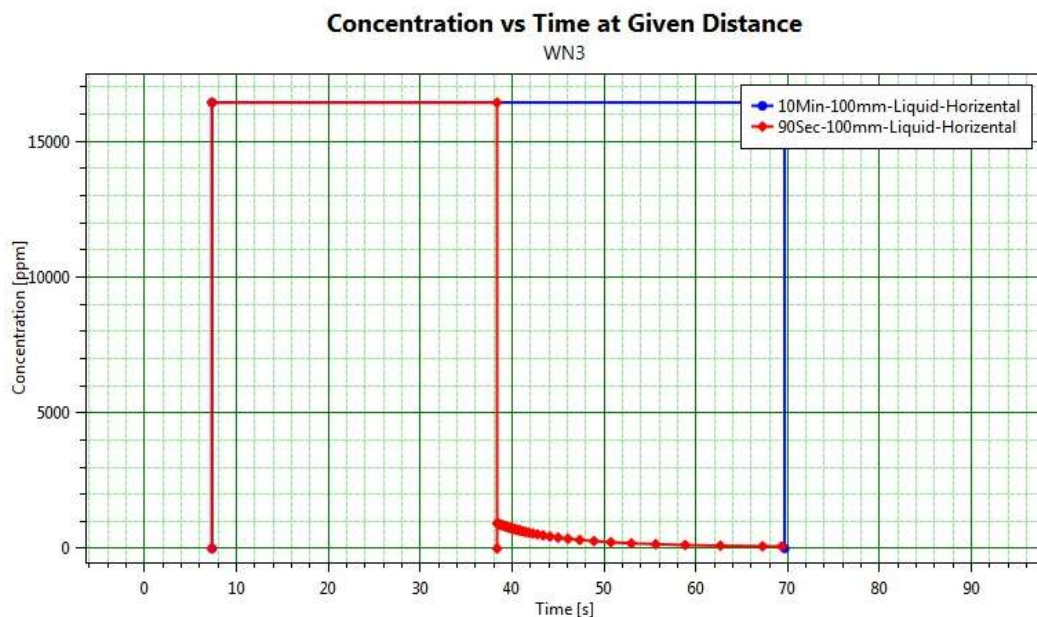
شکل ۱۱۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای منفذی به قطر ۱۰۰ mm و خروج مایعات گازی بصورت عمودی و برخورد با زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

براساس نتایج حاصل از مدلسازی آتش ناگهانی، سناریوهایی که خروج بخارات گازی در آنها به صورت عمودی به سمت بالا می‌باشد به علت دور شدن گاز قابل اشتعال از سطح زمین ایمن‌ترین حالت خروج گاز می‌باشند، و به‌همین ترتیب سپس خروج گاز به صورت ۴۵ درجه نسبت به افق ایمن‌تر می‌باشد.

هر چقدر قطر نشتی افزایش می‌یابد محدوده‌ی آتش ناگهانی افزایش می‌یابد. همچنین نمی‌توان گفت کدامیک از شرایط آب و هوایی خطرناک‌تر می‌باشد چون یک شرایط آب و هوایی در تمامی سناریوها دارای بیشترین محدوده آتش ناگهانی نمی‌باشد.

محدوده آتش ناگهانی برای معیار با غلظت LEL و $1/2$ LEL سناریو منفذ به قطر mm ۱۰۰ و خروج مایعات گازی به صورت عمودی و برخورد به زمین به‌ترتیب در حدود ۴۵۰ و ۶۰۰ متر می‌باشد که بیشترین محدوده را دارا می‌باشد.

شایان ذکر است که نرم افزار در دو حالت قطع منبع در ۶۰۰ ثانیه و ۹۰ ثانیه را مشابه ترسیم کرده است با این تفاوت که زمان حضور بخارات گازی در سطح زمین تفاوت داشت. مطابق شکل ۴-۱۲ در صورت قطع منبع مایعات گازی در ۹۰ ثانیه، در فاصله ۱۵۰ متری از محل نشتی و در ارتفاع صفر از سطح زمین، زمان ماند غلظت مورد نظر در فضا نزدیک به ۳۸ ثانیه می‌باشد. این در حالی است که اگر منبع مایعات گازی پس از ۱۰ دقیقه قطع گردد، گاز به مدت ۷۰ ثانیه در فضا باقی خواهد ماند.



شکل ۱۲۰: نمودار غلظت نسبت به زمان در ارتفاع صفر از سطح زمین و در نقطه‌ای در فاصله ۱۵۰ متری از

محل نشتی

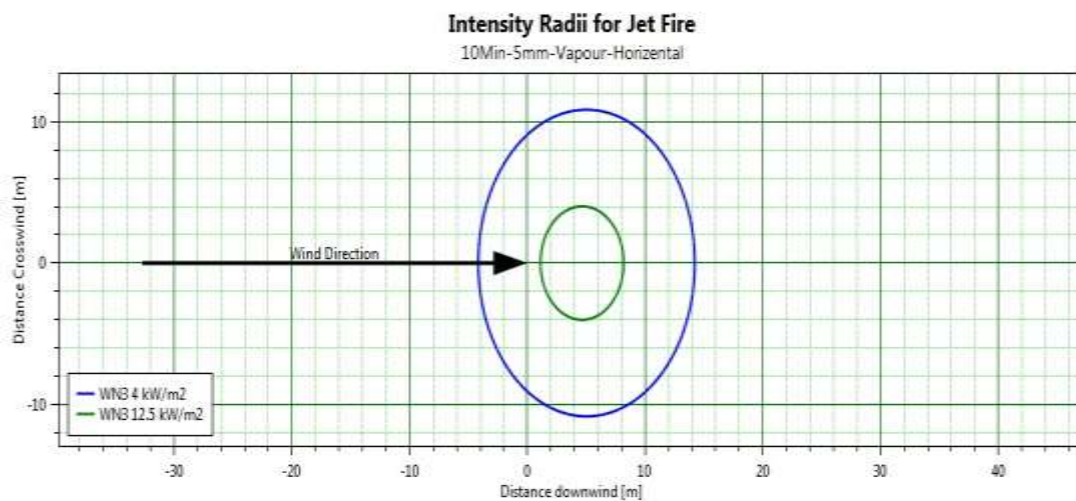
۴-۳-۲- نتایج حاصل از شبیه‌سازی آتش فورانی^۱

۴-۳-۲-۱- منفذ با قطر ۵ میلی‌متر

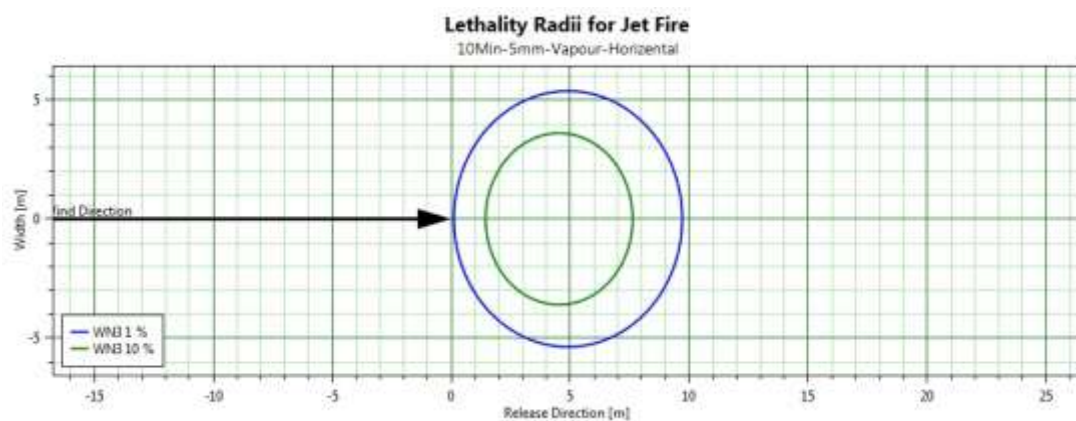
در شکل ۴-۱۳ الف، محدوده‌ی شدت تشعشع با معیار ۴، ۱۲/۵ و ۳۷/۵ کیلووات بر متر مربع برای نشتی از منفذی به قطر ۵ میلی‌متر نشان داده شده است. مطابق شکل، تنها نمودار مربوط به تشعشع ۴ و ۱۲/۵ کیلووات بر متر مربع قابل رویت می‌باشد. به این معنی که شدت تشعشع آتش فورانی حاصل از بخارات گازی خروجی از این منفذ ۵ میلی‌متری کم می‌باشد به گونه‌ای که محدوده مقدار ۳۷/۵ کیلووات می‌توان ناچیز می‌باشد. نقطه‌ی (۰،۰) نمودار، هر نقطه‌ای بر روی تفکیک‌گرها می‌تواند باشد و نشان دهنده‌ی محل نشتی است. فلش نشان داده شده در نمودار، جهت وزش باد می‌باشد.

^۱ Jet Fire

همانطور که در شکل ۴-۱۳ مشاهده می‌شود در یک شب زمستان با دمای متوسط، در شرایطی که از منفذی به قطر ۵ میلی‌متر بخارات گازی بصورت افقی خارج شود و در صورت وقوع پیامد جت فایر میزان تشعشع ۴ و ۱۲/۵ کیلووات بر متر مربع به ترتیب تا فاصله ۸ و ۱۴ متر محیط را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شایان ذکر است در محدوده‌ای که در قسمت ب شکل با رنگ سبز نشان داده شده ده درصد از افراد دچار مرگ و میر شوند (شکل ۴-۱۳). این نمودار ها و همچنین نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشستی برای سناریو خروج مایع به صورت افقی برای منفذی به قطر ۵ میلی‌متر در شکل ۴-۱۴ نمایش داده شده است.

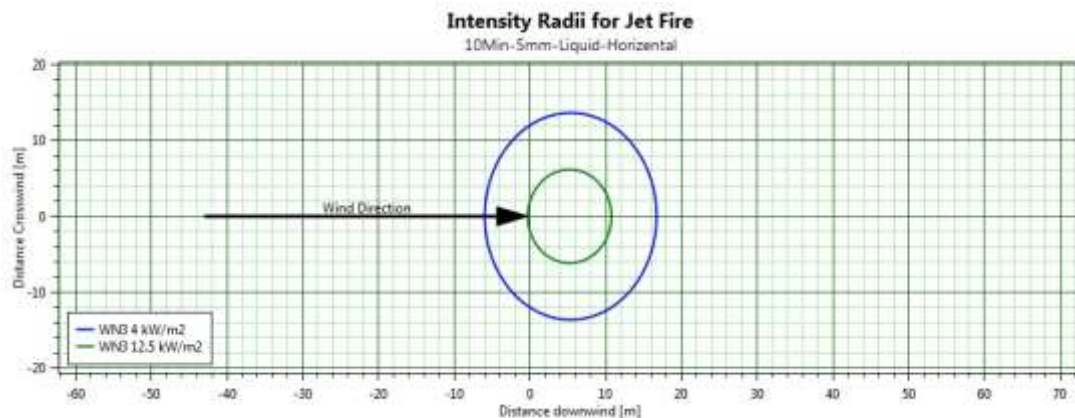


(الف)

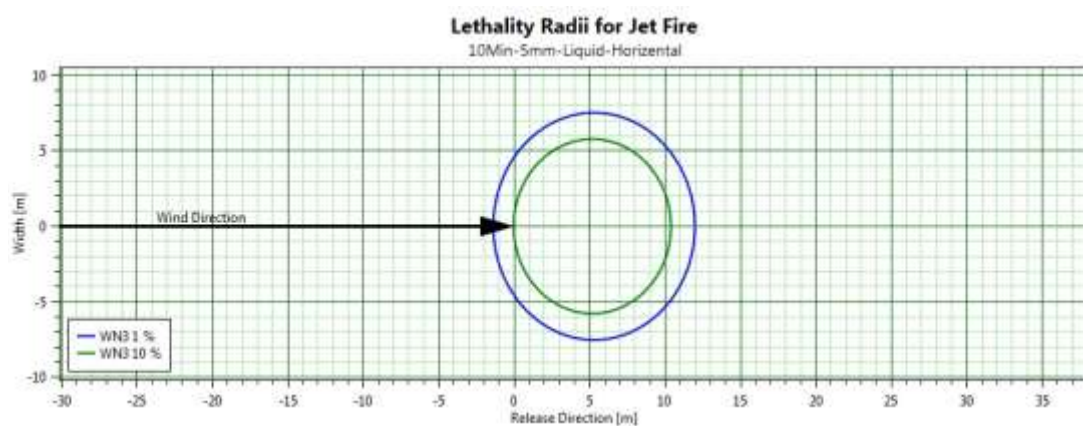


(ب)

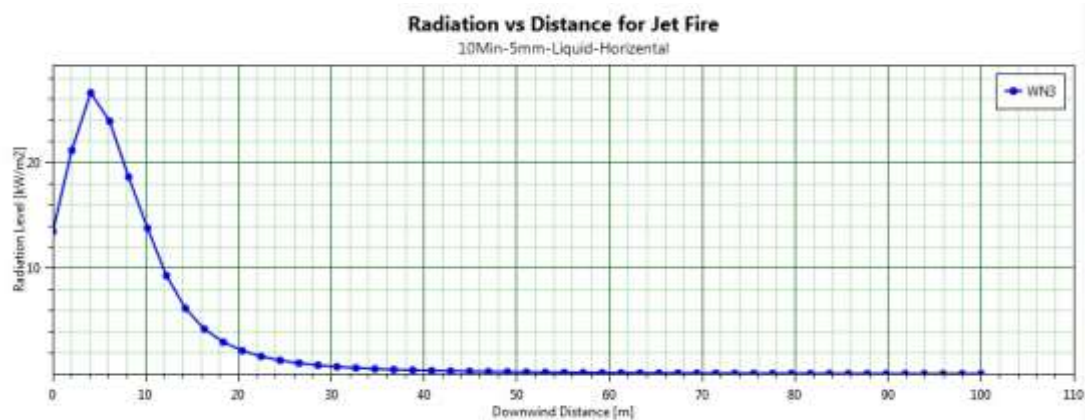
شکل ۱۳۰: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4, 12.5, 37.5 \text{ kW/m}^2$ برای منفذی به قطر ۵ mm و خروج بخارات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر



(الف)



(ب)



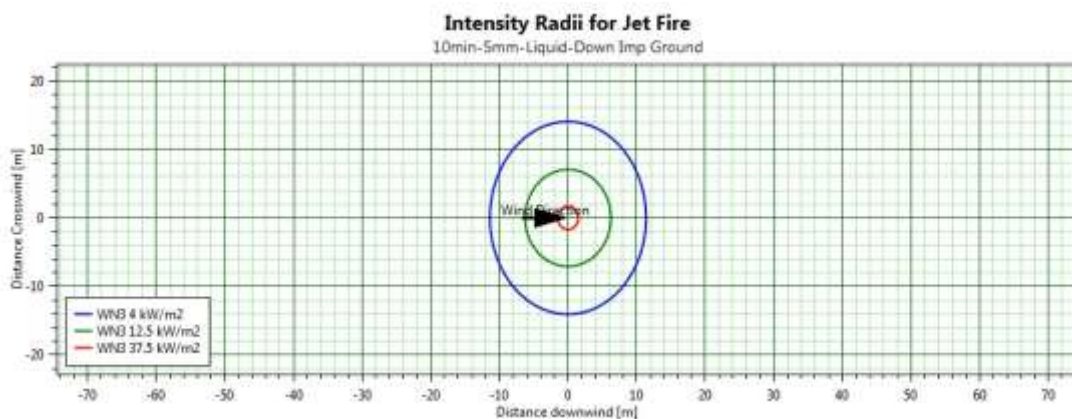
(ج)

شکل ۱۴۰ الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ kW/m}^2$ برای منفذی به قطر mm

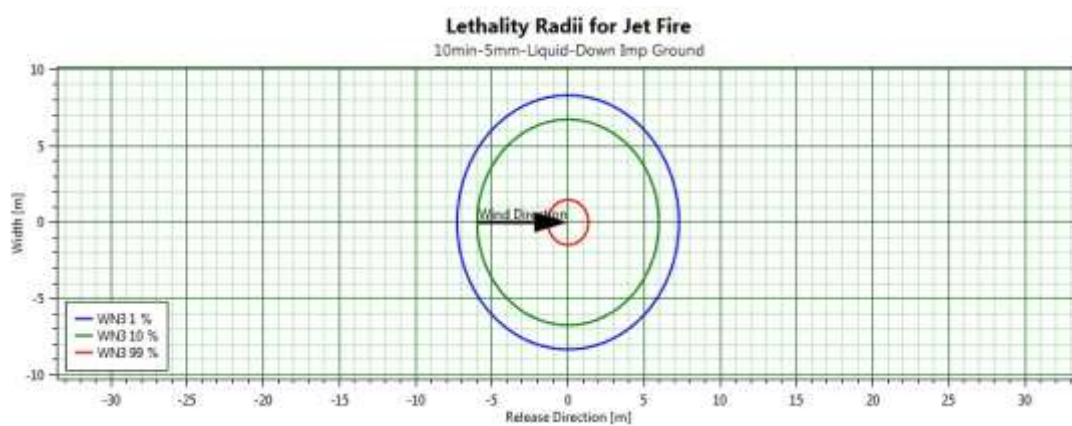
۵ و خروج مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ب: درصد مرگ و میر ج:

نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی

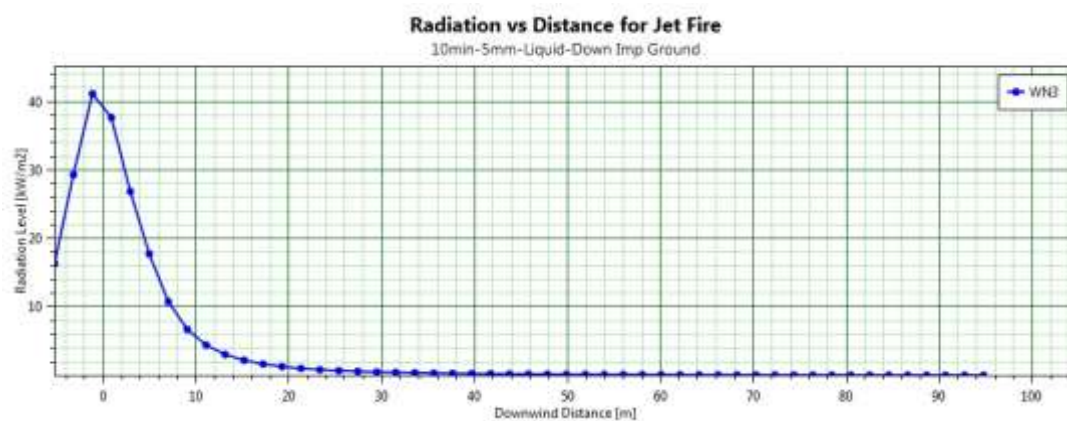
براساس شکل ۴-۱۵ چنانچه سیال نشت شونده مایع باشد و از منفذی به قطر ۵ میلی‌متر به صورت عمود و به سمت زمین خارج شود، محدوده شدت تشعشع با معیار ۳۷/۵ کیلو وات برمتر مربع نیز توسط نرم افزار ترسیم گردید. مطابق شکل ناحیه‌ی تحت تاثیر این تشعشع دایره ای به شعاع ۲ متر می‌باشد و در فاصله ای بیشتر از محل نشتی (۶ متر) شدت تشعشعات کمتر شده و به ۱۲/۵ کیلو وات می‌رسد.



(الف)



(ب)

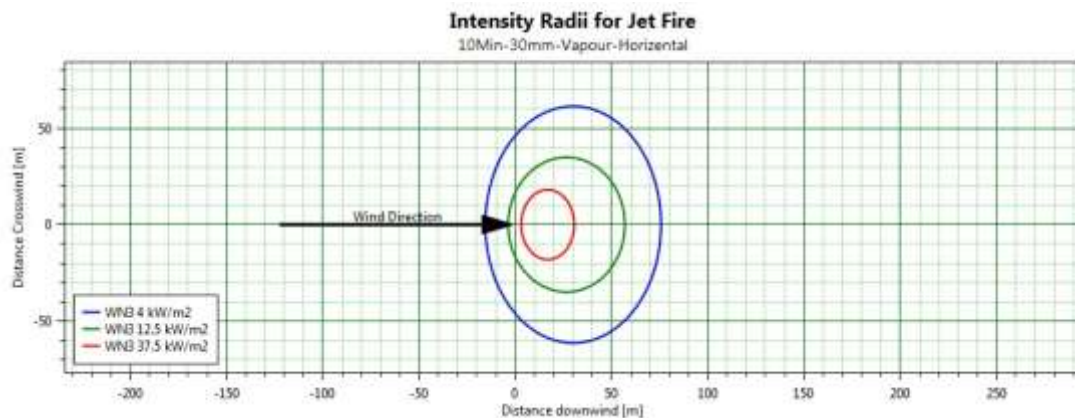


(ج)

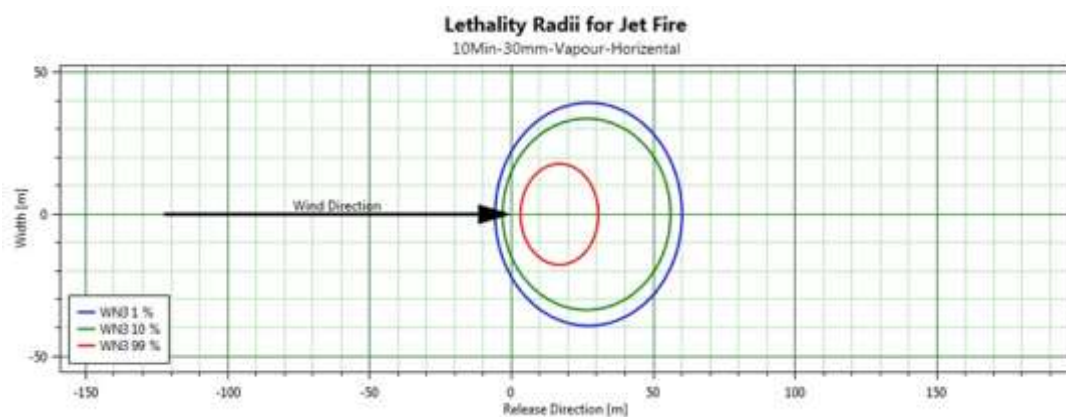
شکل ۱۵۰: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ kW/m}^2$ برای منفذی به قطر mm و خروج مایعات گازی به صورت عمود و برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشستی

۴-۳-۲- منفذ با قطر ۳۰ میلی‌متر

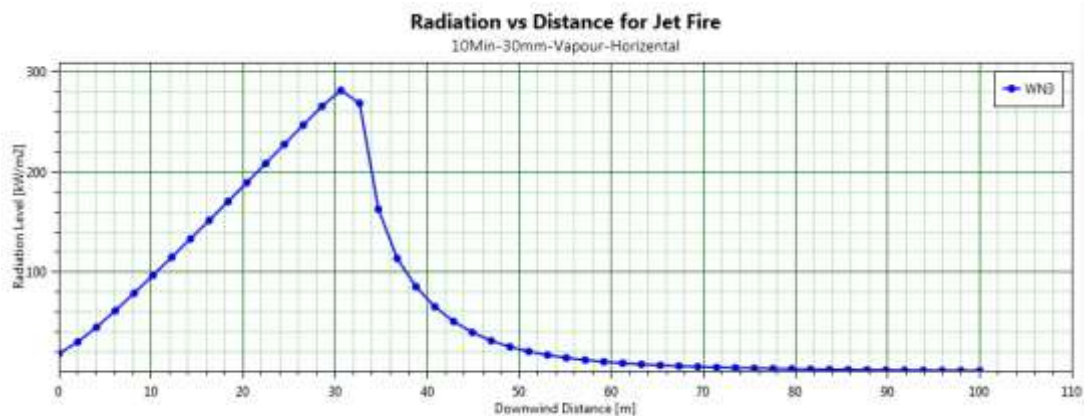
برای نشتی از منفذی به قطر ۳۰ میلی‌متر هر سه شدت تابشی ناشی از آتش فورانی قابل رویت است (شکل ۴-۱۶). واضح است که تا فواصل ۷۶ و ۵۷ و ۳۰ متر به ترتیب تحت تأثیر شدت‌های تابشی ۴، ۱۲/۵ و ۳۷/۵ کیلووات بر متر مربع قرار می‌گیرند. قسمت ب شکل نمودارهای مربوط به درصد مرگ و میر آتش سوزی ناشی از نشتی افقی می‌باشد. طبق این نمودار ۹۹٪ از افرادی که در محدوده قرمز رنگ قرار دارند دچار مرگ می‌شوند. این مقدار برای ناحیه با خط سبز به ۱۰٪ کاهش می‌یابد.



(الف)



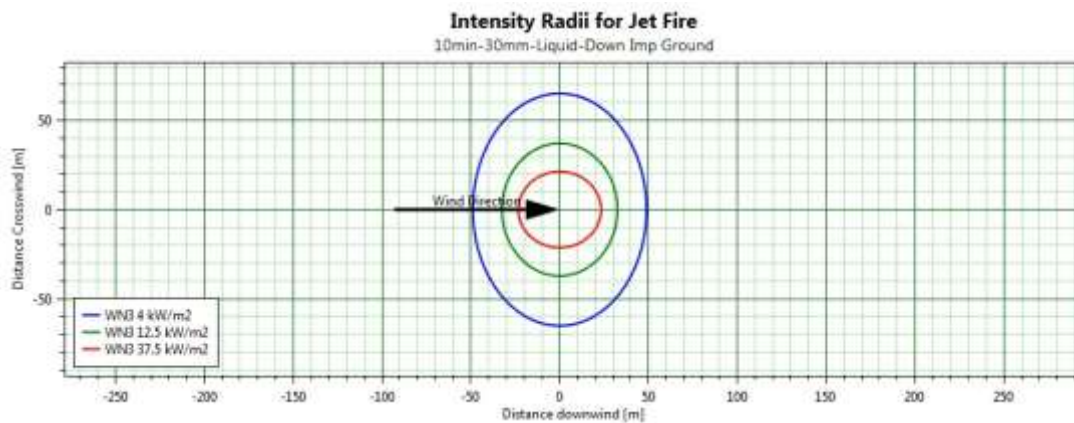
(ب)



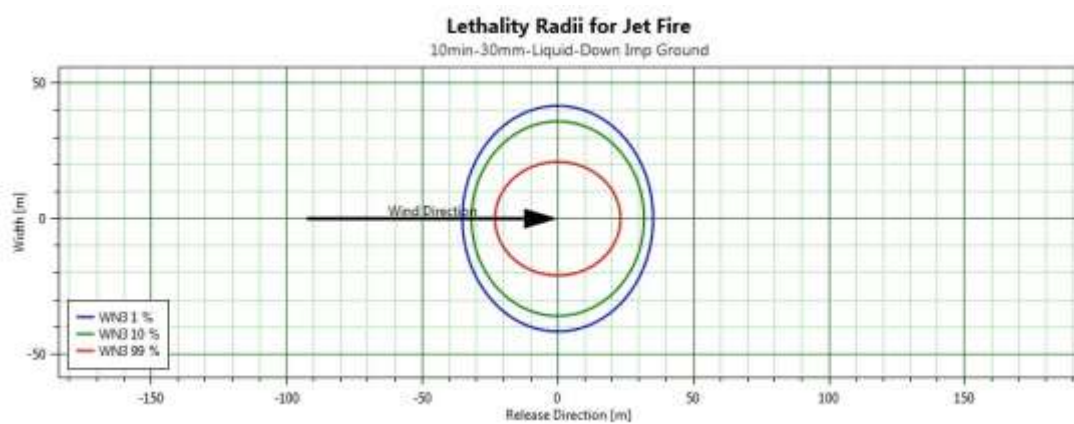
(ج)

شکل ۱۶۰: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4, 12.5, 37.5 \text{ kW/m}^2$ برای منفذی به قطر ۳۰ mm و خروج بخارات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی

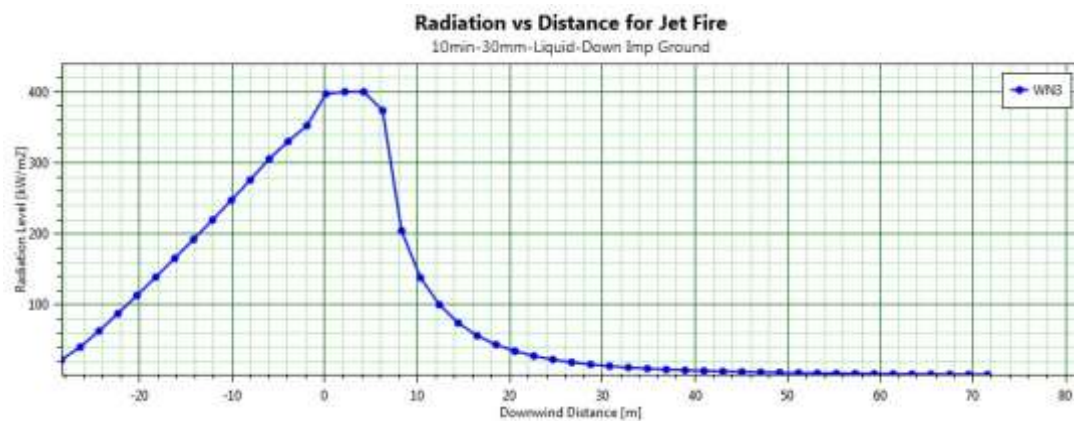
شکل های ۱۷-۴ و ۱۸-۴ به ترتیب نشان دهنده ی شدت تشعشع تابشی ناشی از نشت مایعات گازی به صورت عمودی با برخورد به زمین و خروج مایعات گازی به صورت افقی می باشد.



(الف)

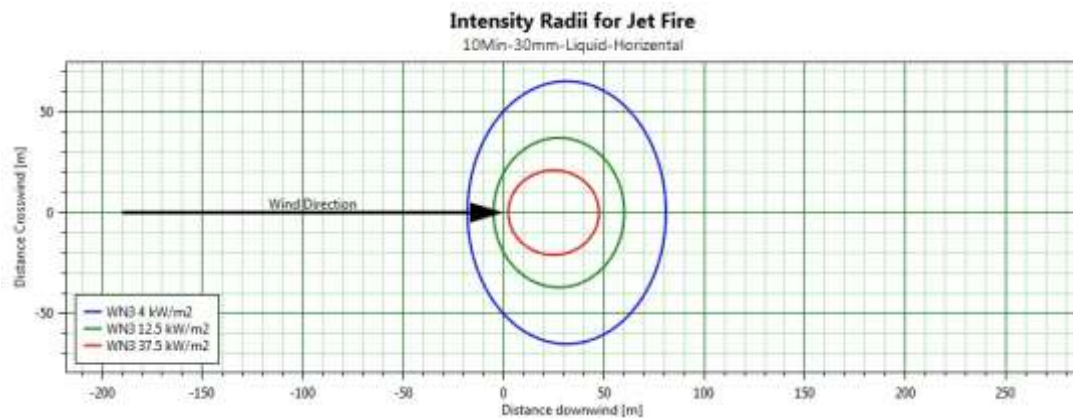


(ب)

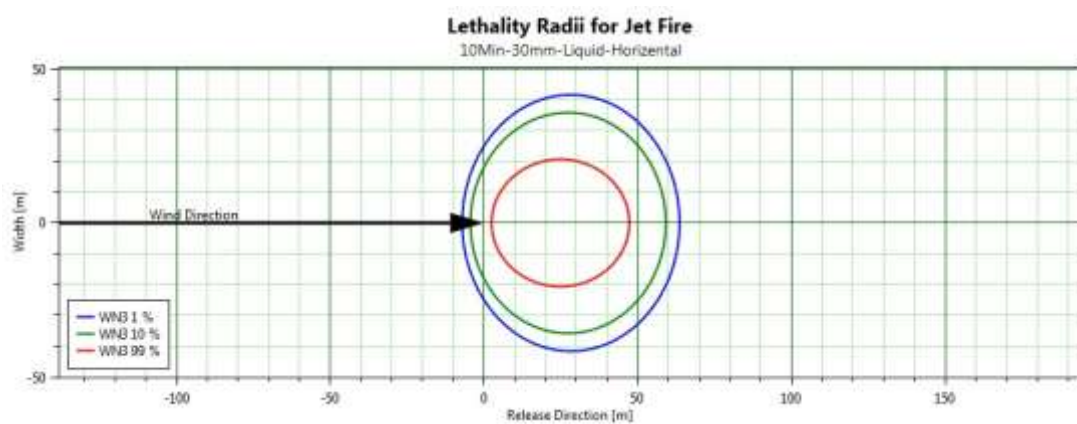


(ج)

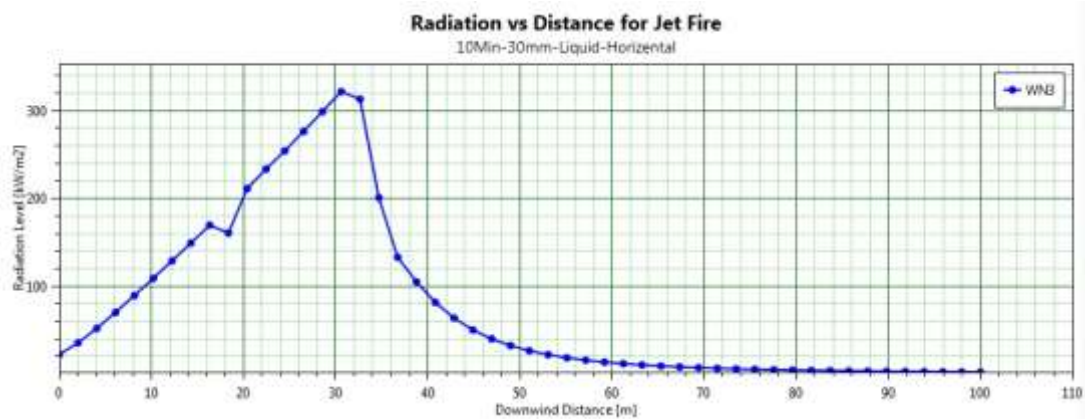
شکل ۱۷۰: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار 4&12.5&37.5 kW/m² برای منفذی به قطر mm ۳۰ و خروج مایعات گازی به صورت عمودی و برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشستی



(الف)



(ب)

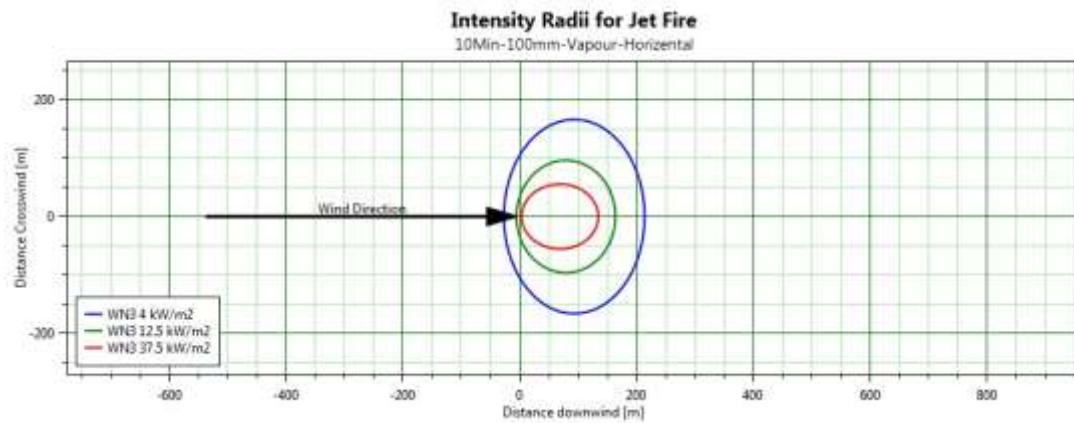


(ج)

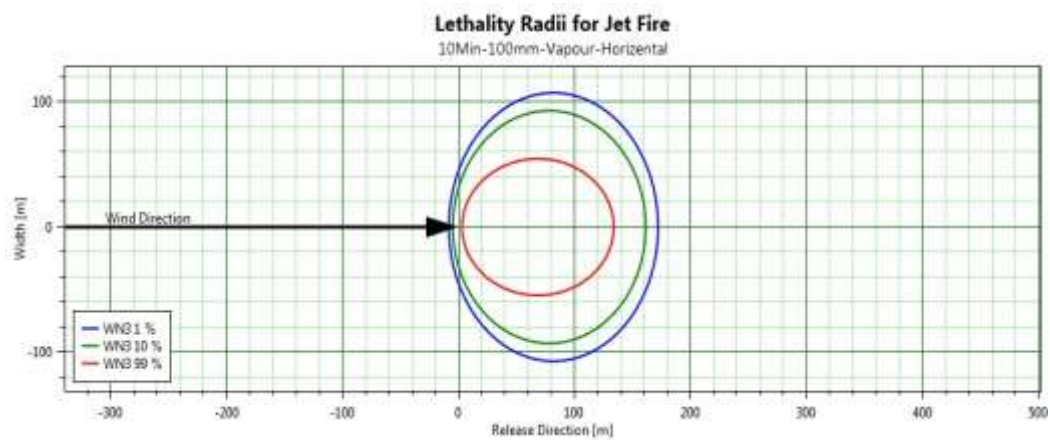
شکل ۱۸۰: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار 4 و 12.5 و 37.5 kW/m^2 برای منفذی به قطر 30 mm و خروج مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی

۴-۳-۲-۳- منفذ با قطر ۱۰۰ میلی‌متر

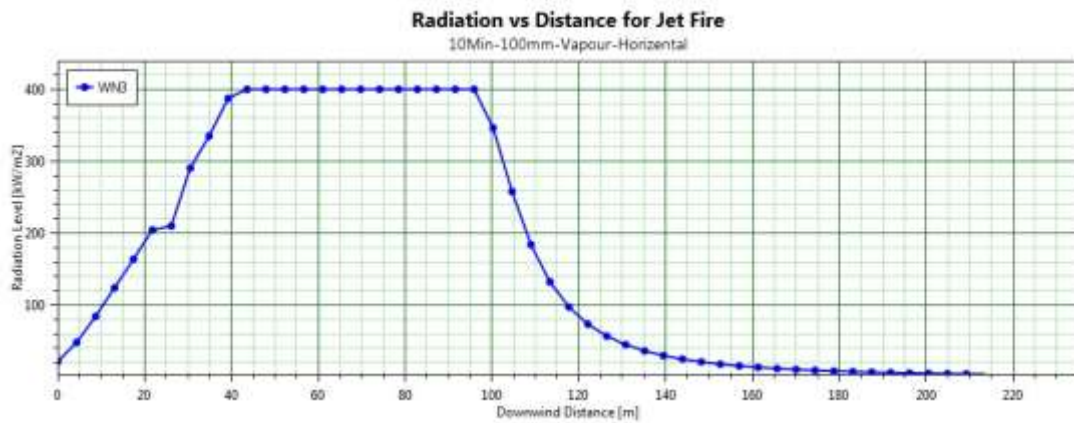
شکل‌ها ۱۹-۴، ۲۰-۴ و ۲۱-۴ نمودارهای تشعشع و درصد مرگ و میر از آتش‌فروانی حاصل از نشتی از منفذی به قطر ۱۰۰ میلی‌متر به ترتیب برای نشت بخارات در جهت افقی، مایعات گازی در جهت افقی و خروج مایعات گازی با برخورد به زمین می‌باشد.



(الف)

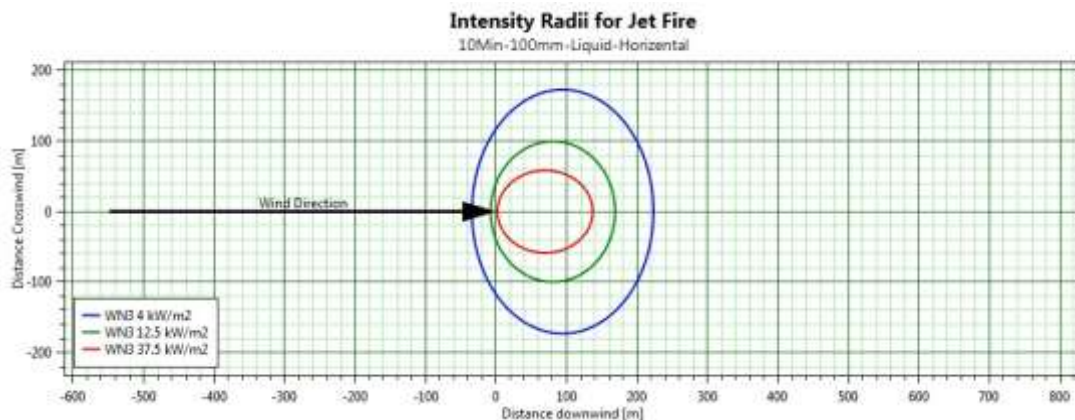


(ب)

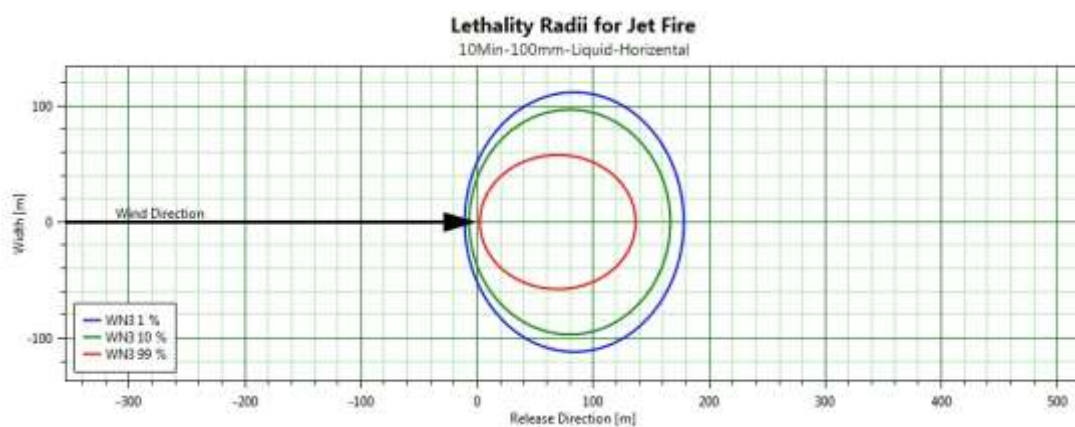


(ج)

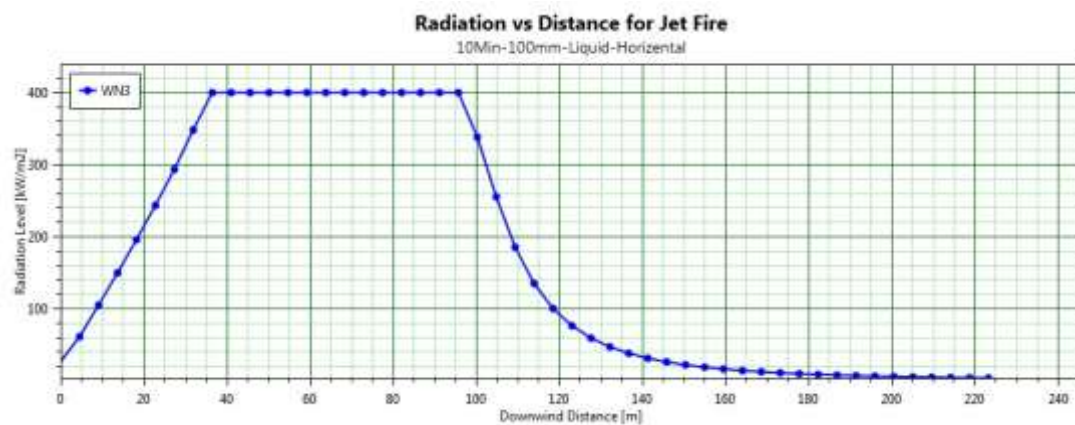
شکل ۱۹۰: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4, 12.5, 37.5 \text{ kW/m}^2$ برای منفذی به قطر 100 mm و خروج بخارات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی



(الف)

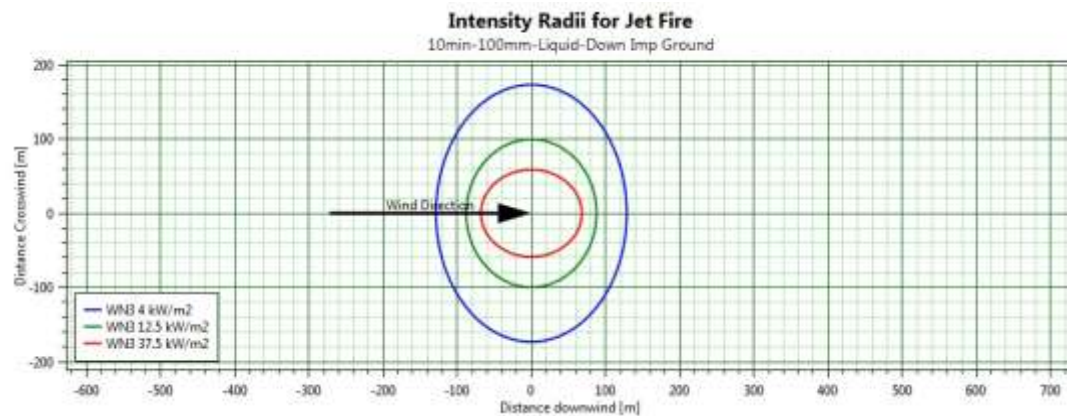


(ب)

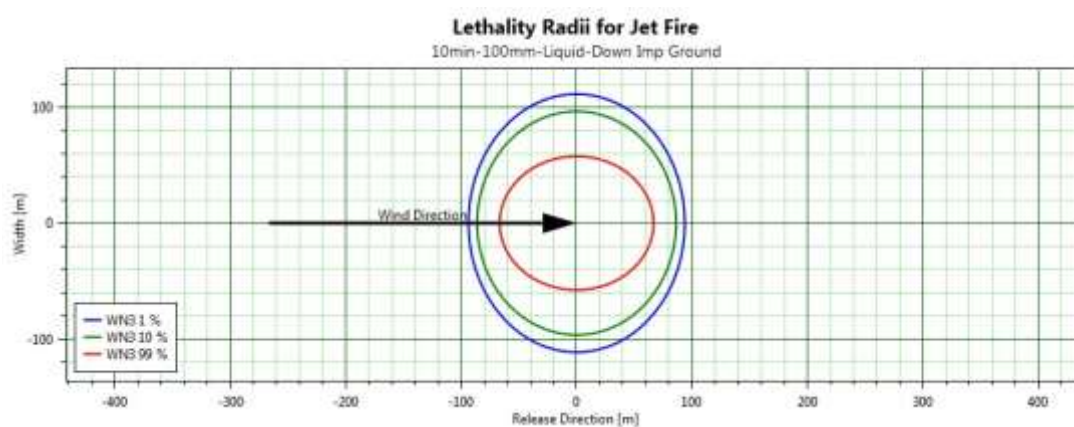


(ج)

شکل ۲۰۰: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4, 12.5, 37.5 \text{ kW/m}^2$ برای منفذی به قطر mm و خروج مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر. ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل نشتی



(الف)



(ب)

شکل ۲۱۰: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار 4&12.5&37.5 kW/m² برای منفذی به قطر mm ۱۰۰ و خروج مایعات گازی به صورت عمودی و برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم: ب: درصد مرگ و میر

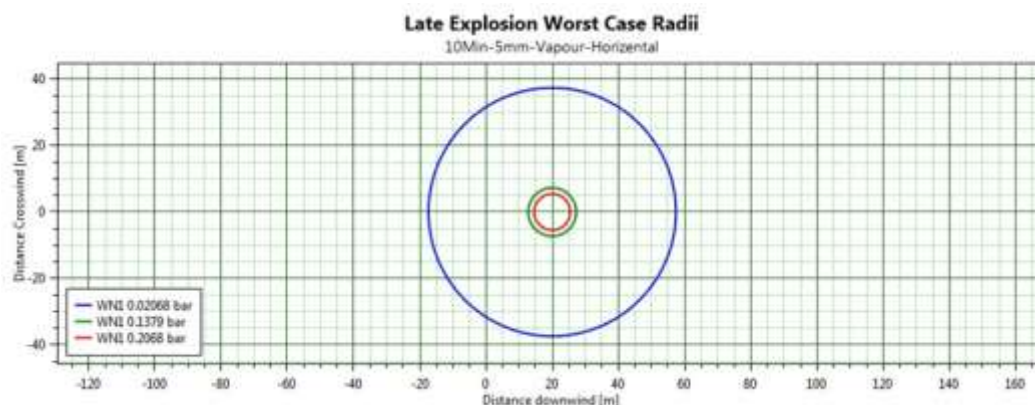
نمودارهای بالا نشان می‌دهد که هر چه قطر منفذ افزایش می‌یابد شدت تشعشع نیز افزایش یافته در نتیجه محوطه‌ی تحت تاثیر که افزایش مرگ و میر در آن‌ها با احتمالاتی ذکر می‌شوند افزایش می‌یابند. جت افقی بیشترین مسافت برای معیارهای تشعشع را نسبت به سناریوهای دیگر دارد. به علاوه نمی‌توان گفت کدامیک از شرایط آب و هوایی خطرناک‌تر می‌باشد چون یک شرایط آب و هوایی در تمامی سناریوها دارای بیشترین فاصله تشعشع از نقطه نشستی نمی‌باشد.

۳-۳-۴- نتایج حاصل از شبیه‌سازی انفجار

با توجه به سطوح مختلف افزایش فشار که مد نظر می باشد و در هنگام تعریف کردن مدل تعیین شده‌اند، سه کنتور از نمای بالا و هر کدام با یک رنگ خاص مشخص می‌شوند.

۳-۳-۳-۱- منفذ با قطر ۵ میلی‌متر

در شکل ۴-۲۲ افزایش فشار ناشی از انفجار در سه سطح افزایش فشار در فصل زمستان و در دمای میانگین شب نشان داده شده است. مطابق این نمودار گازهای حاصل از نشتی در فاصله ۲۰ متری از محل نشتی تجمع یافته و می‌تواند انفجاری ایجاد کند که افزایش فشار با معیار 0.2068 bar حاصل از آن تا شعاع ۳۸ متری از محل انفجار گسترده شود. افزایش فشار ناشی از خروج افقی گاز به بزرگی 0.2068 bar در فاصله ۵ متری محل انفجار می‌باشد.

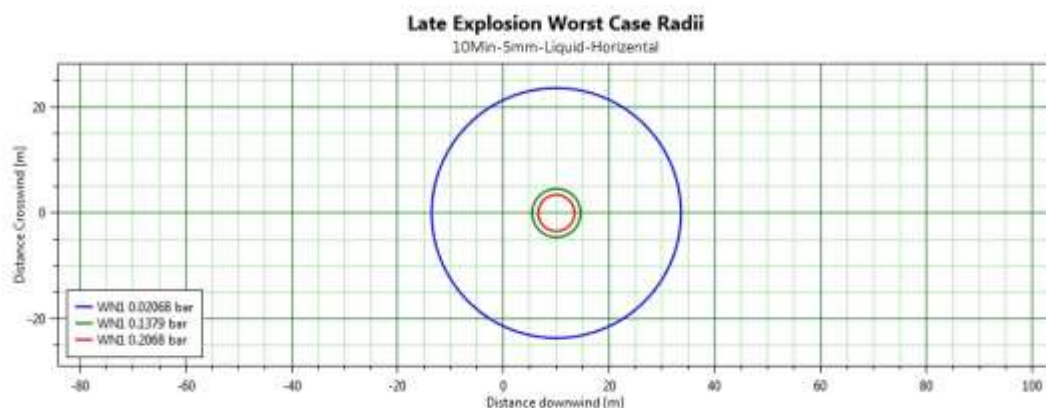


شکل ۲۲۰: محدوده انفجار ابر گاز با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای نشتی از منفذی به قطر

۵ mm و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

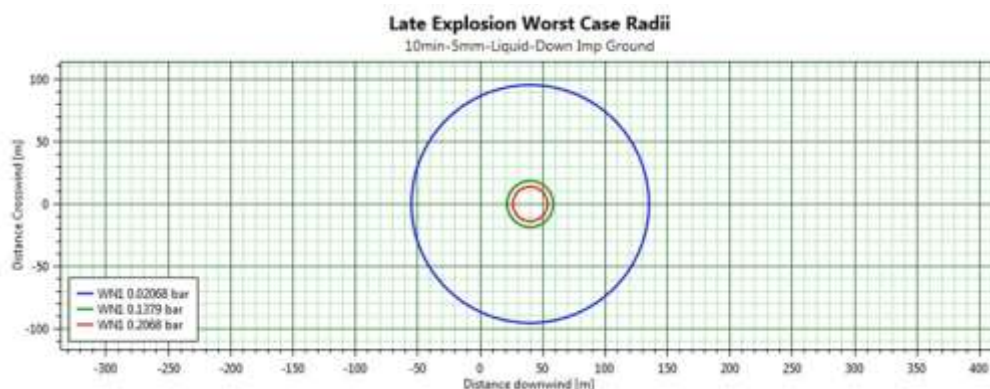
شکل ۴-۲۳: کنتورهای افزایش فشار ایجاد شده ناشی از انفجار ابر بخار حاصل از نشتی جت

مایعات گازی به صورت افقی از منفذی به قطر ۵ میلی‌متر را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳۰: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.2068 Bar برای نشتی از منفذی به قطر ۵ mm و خروج مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

مطابق شکل ۲۴-۴ در صورت خروج عمودی مایع و برخورد به زمین در مسیر حرکت، بخارات حاصل تا فاصله ۴۰ متری از محل نشتی حرکت کرده و در آنجا به حالت انفجار می‌رسند. افزایش فشار حاصل از این تجمع تا شعاع ۹۵ متری از محل انفجار فشاری برابر با ۰/۰۲۰۶۸ بار به وجود می‌آورد.

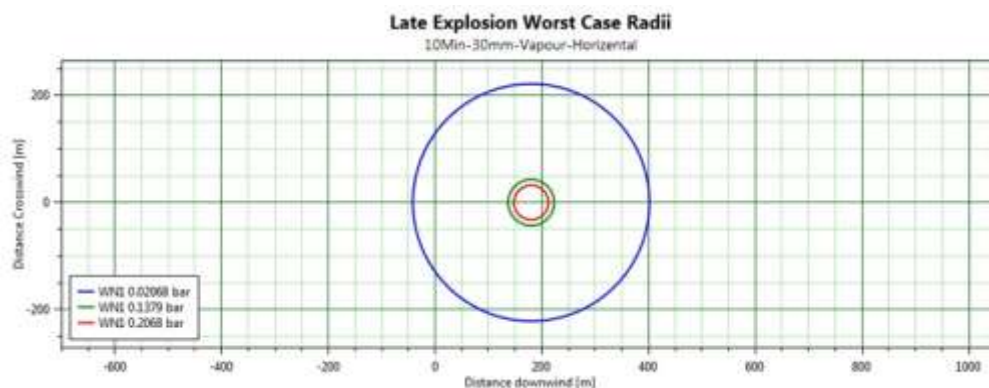


شکل ۲۴۰: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.2068 Bar برای نشتی از منفذی به قطر ۵ mm و خروج مایعات گازی با برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

۴-۳-۲- منفذ با قطر ۳۰ میلی‌متر

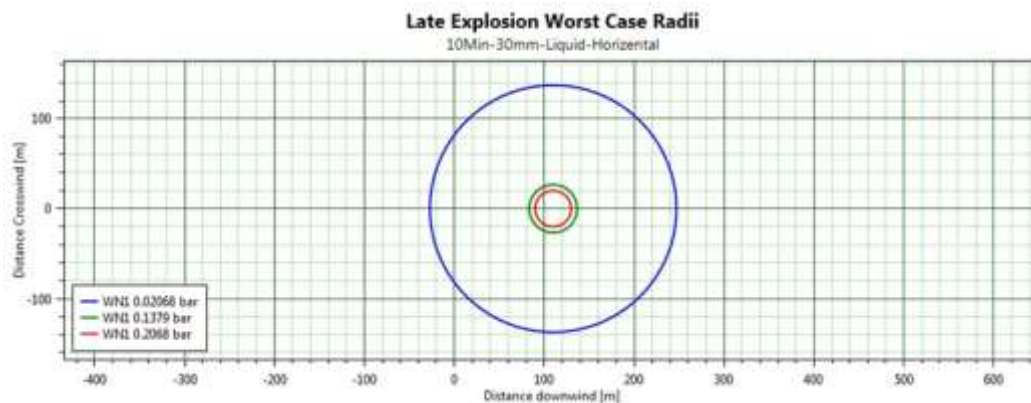
در شکل ۲۵-۴ سطوح مختلف افزایش فشار ایجاد شده حاصل از انفجار برای نشتی از منفذی

به قطر ۳۰ میلی‌متر و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در فصل زمستان و در دمای میانگین شب به عنوان بدترین شرایط آب و هوایی نشان داده شده است.



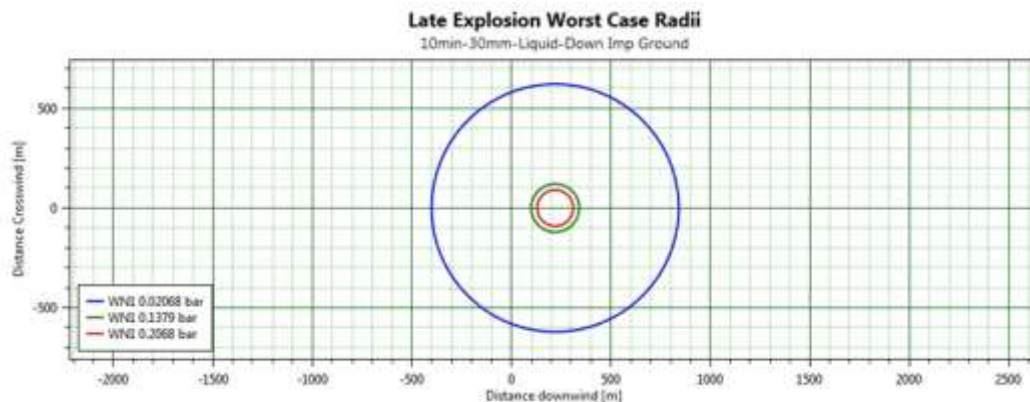
شکل ۲۵۰: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای نشتی از منفذی به قطر ۳۰ mm و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

برای نشتی مایعات گازی از منفذی به قطر ۳۰ میلی‌متر به صورت جت افقی، بدترین حالت در شرایط آب و هوایی زمستان و در شب با دمای میانگین رخ می‌دهد (شکل ۴-۲۶).



شکل ۲۶۰: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای نشتی از منفذی به قطر ۳۰ mm و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

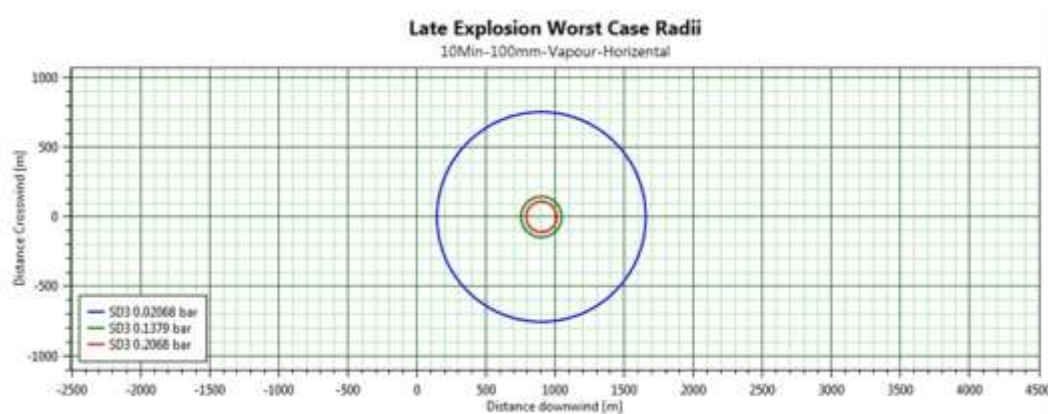
شکل ۴-۲۷: کنتورهای افزایش فشار ایجاد شده ناشی از انفجار ابر بخار حاصل از نشتی جت مایعات گازی به صورت عمودی و برخورد با زمین از منفذی به قطر ۳۰ میلی‌متر را نشان می‌دهد.



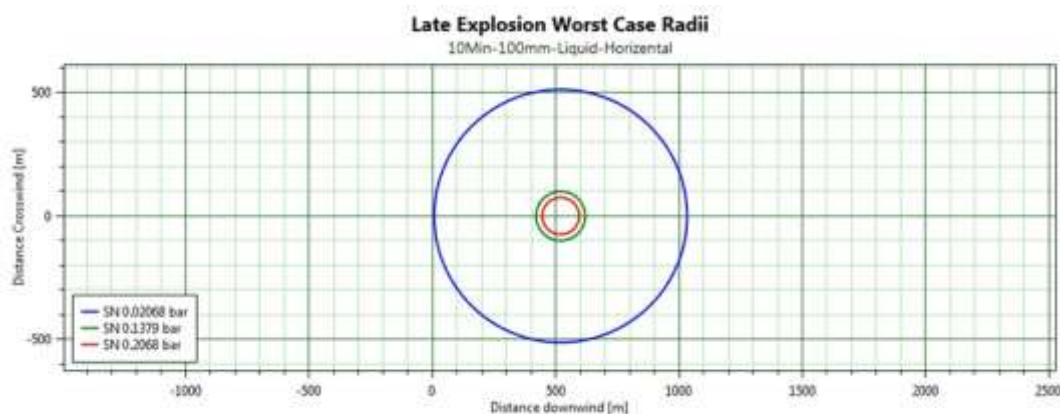
شکل ۲۷۰: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای نشتی از منفذی به قطر ۳۰ mm و خروج مایعات گازی با برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

۴-۳-۳- منفذ با قطر ۱۰۰ میلی‌متر

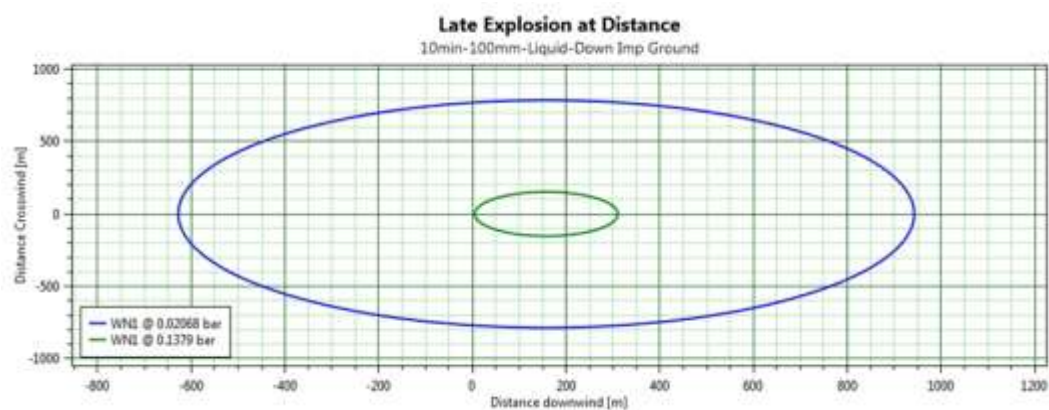
افزایش فشار حاصل از انفجار ابر بخار ناشی از سناریو خروج افقی گاز از منفذی با قطر ۱۰۰ میلی‌متر در ماکزیمم دمای یک روز تابستان در شکل ۴-۲۸ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، ناحیه تحت تاثیر حاصل از این انفجار نسبت به سناریوهای قبل بسیار بزرگتر می‌باشد.



شکل ۲۸۰: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای نشتی از منفذی به قطر ۱۰۰ mm و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم در شکل ۴-۲۹ کنتورهای افزایش فشار ایجاد شده ناشی از انفجار ابر بخار حاصل از نشتی جت مایعات گازی به صورت افقی از منفذی به قطر ۱۰۰ میلی‌متر نمایش داده شده است.



شکل ۲۹۰: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای نشتی از منفذی به قطر ۱۰۰ mm و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم در شکل ۴-۳۰ سطوح فشار مربوط به انفجار ناشی از نشت مایعات گازی به صورت عمودی و برخورد با زمین در بدترین وضعیت خود در متوسط دمای شب در فصل زمستان نشان داده شده است.



شکل ۳۰۰: محدوده انفجار ابر بخارات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای نشتی از منفذی به قطر ۱۰۰ mm و خروج مایعات گازی با برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

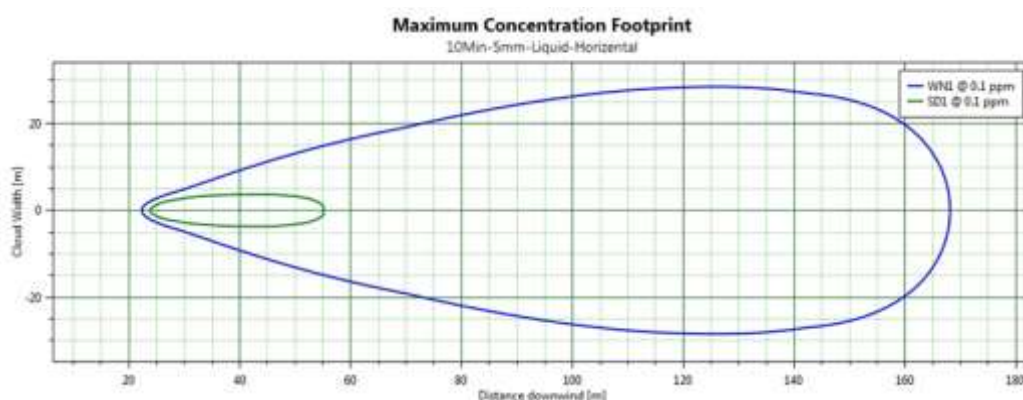
نمودارهای بالا نشان می‌دهد که هر چه قطر منفذ افزایش یابد فاصله‌ای که از محل نشتی تحت تاثیر افزایش فشار ناشی از انفجار ابر گاز قرار می‌گیرد بیشتر می‌شود، همچنین در حالت خروج گاز به صورت عمودی این فاصله کمترین مقدار می‌باشد به گونه‌ای که در زمانی که قطر

منفذ ۵ میلیمتر و همچنین ۳۰ میلیمتر می باشد نرم افزار نموداری نشان نمی دهد. علاوه بر این نمی توان گفت کدامیک از شرایط آب و هوایی خطرناک تر می باشد چون یک شرایط آب و هوایی در تمامی سناریو ها دارای بیشترین فاصله تحت تاثیر از نقطه نشتی نمی باشد.

۴-۳-۴- نتایج حاصل از شبیه سازی پخش گازهای سمی

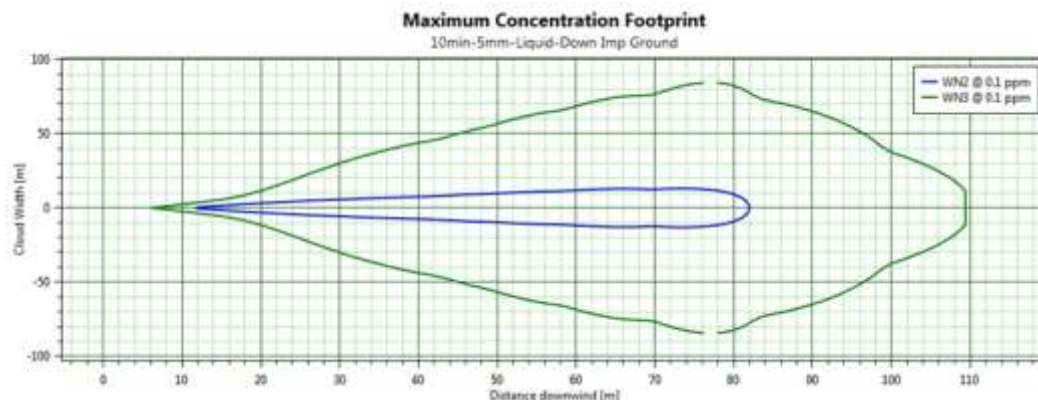
۴-۳-۴-۱- خروجی از منفذی به قطر ۵ میلی متر

مطابق شکل ۴-۳۱ ابر بخارات گازی هیدروژن سولفید با معیار ۰,۱ ppm ناشی از نشت افقی مایعات گازی برای منفذی به قطر ۵ میلی متر در یک شب زمستانی تا مسافت بیش از ۱۶۵ متر از محل نشتی گسترده می شود و نسبت به شرایط مشابه در یک روز بادی تابستان که تنها تا فاصله ۵۵ متری از نشتی پخش می شود، محدوده ی خطرناک تری ایجاد می کند. شایان ذکر است این دو شرایط آب و هوایی بیشترین و کمترین ناحیه تحت پوشش را شامل شدند. این نمودار برای سناریو نشت مایعات گازی به صورت عمودی برخورد با زمین در شکل ۴-۳۲ نمایش داده شده است.



شکل ۳۱۰: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ ppm برای منفذی به قطر ۵ mm و خروج مایعات گازی به صورت

جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم

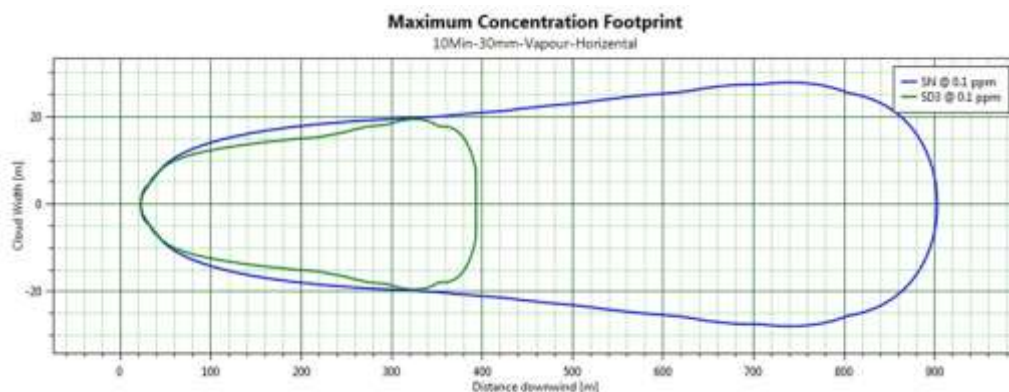


شکل ۳۲۰: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ ppm برای منفذی به قطر ۵ mm و خروج مایعات گازی به صورت عمودی و برخورد با زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم

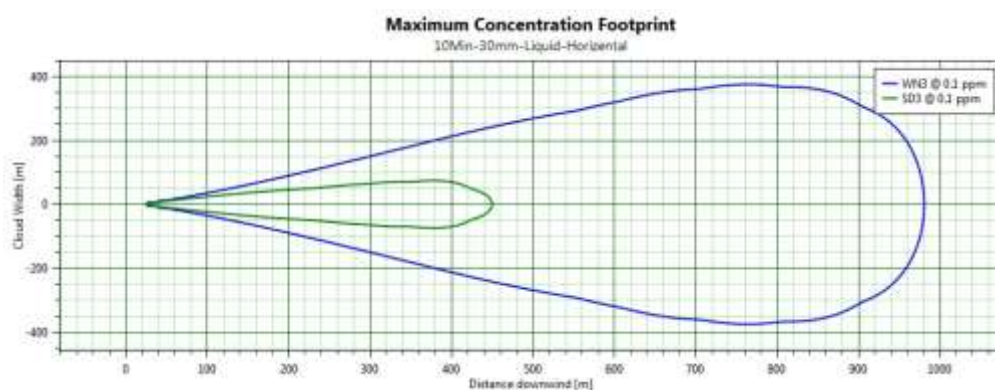
۴-۳-۲- خروجی از منفذی به قطر ۳۰ میلی‌متر

در شکل ۴-۳۳ پروفایل غلظت ۰/۱ ppm برای سناریو نشت افقی بخارات گازی از منفذی به قطر ۳۰ میلی‌متر نشان داده شده است. در این نمودار شرایط آب و هوایی تابستان بیشترین حریم را در شرایط آب و هوایی مدل شده داشت. شکل ۴-۳۴ و ۴-۳۵ به ترتیب پروفایل غلظت ۰/۱ ppm را برای سناریوهای نشتی مایعات گازی در حالت افقی و حالت عمودی با برخورد به زمین را نمایش می‌دهد. همچنین شکل ۴-۳۶ مقایسه پروفایل غلظت ناشی از نشتی در دو حالت بخارات گازی با مایعات گازی در شرایط آب و هوایی WN3 نشان می‌دهد.

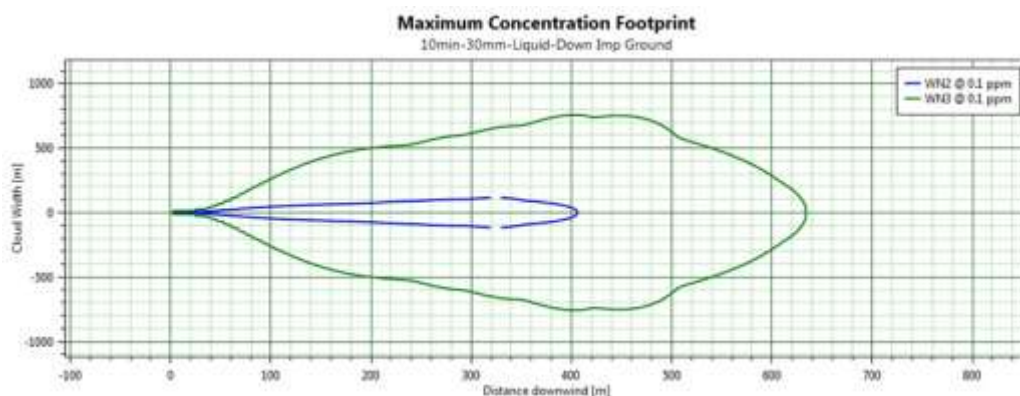
همچنین از مقایسه سناریوهای نشتی با منفذ ۳۰ میلی‌متر با سناریوهای نشتی با منفذ ۵ میلی‌متر مشاهده می‌شود که در سناریوهای نشتی با منفذ ۳۰ میلی‌متر گسترده‌تری پروفایل غلظت بسیار بیشتر است. با مقایسه نمودارها متوجه می‌شویم شرایط آب و هوایی و حالت ماده نشتی و همچنین قطر منفذ در پروفایل غلظت مؤثر می‌باشد.



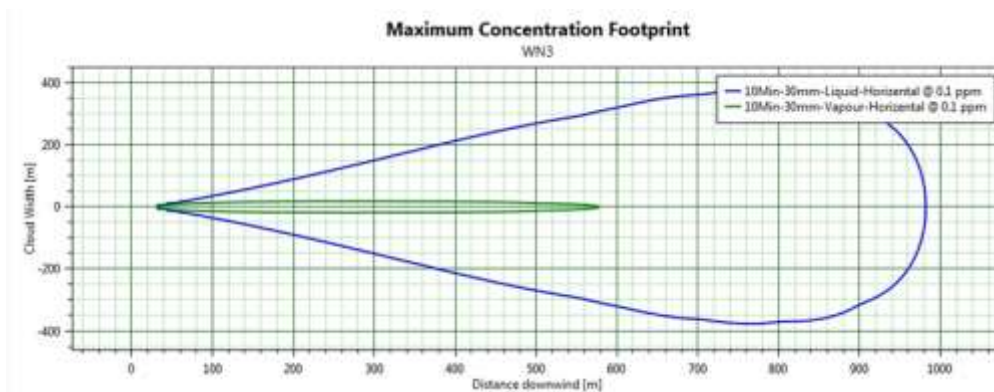
شکل ۳۳۰: پخش ابر ماده H_2S با معیار 0.1 ppm برای منفذی به قطر 30 mm و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم



شکل ۳۴۰: پخش ابر ماده H_2S با معیار 0.1 ppm برای منفذی به قطر 30 mm و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم



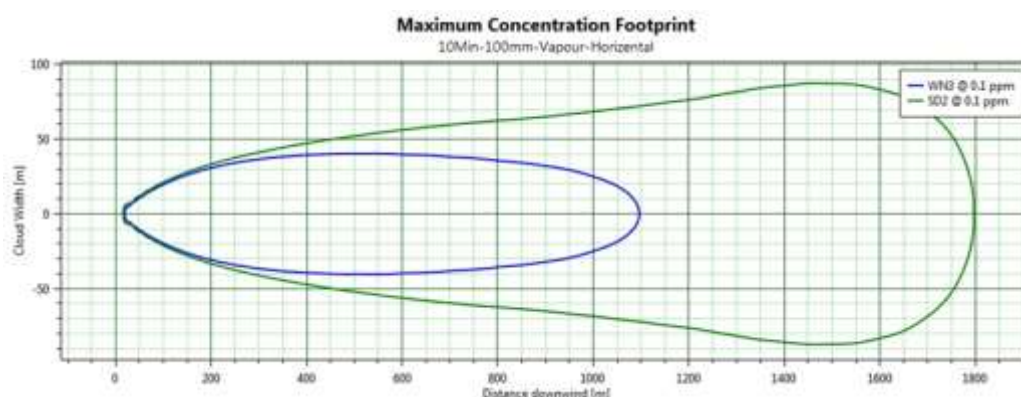
شکل ۳۵۰: پخش ابر ماده H_2S با معیار 0.1 ppm برای منفذی به قطر 30 mm و خروج مایعات گازی به صورت عمودی با برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم



شکل ۳۶۰: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ ppm برای منفذی به قطر ۳۰ mm و به صورت خروج بخارات گازی و مایعات گازی به صورت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم

۴-۳-۳- خروجی از منفذ به قطر ۱۰۰ میلی‌متر

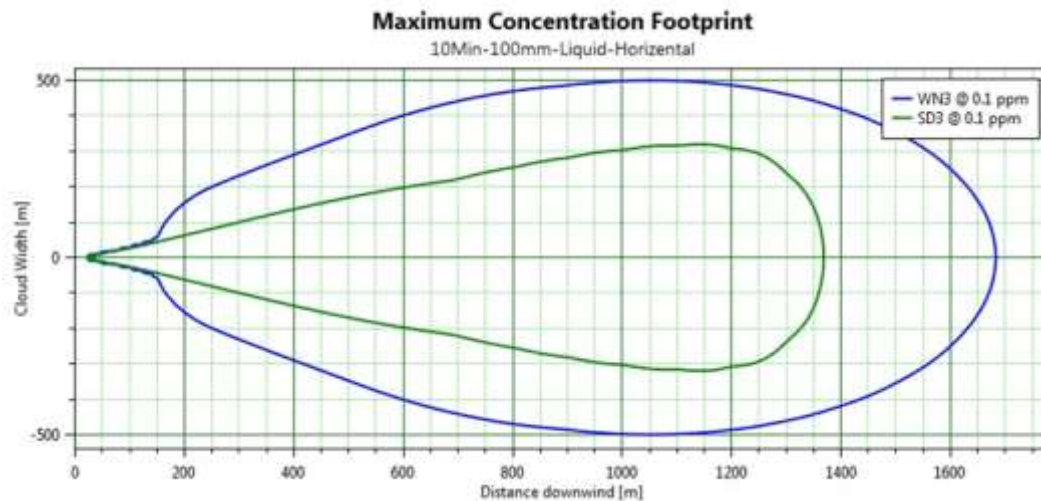
در شکل ۳۷-۴ میزان پخش و گسترده‌گی گاز H_2S برای منفذی به قطر ۱۰۰ میلی‌متر و غلظت ۰/۱ ppm به ترتیب برای حالت نشتی بخارات گازی به صورت افقی نشان داده شده است.



شکل ۳۷۰: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰/۱ ppm برای منفذی به قطر ۱۰۰ mm و خروج بخارات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم

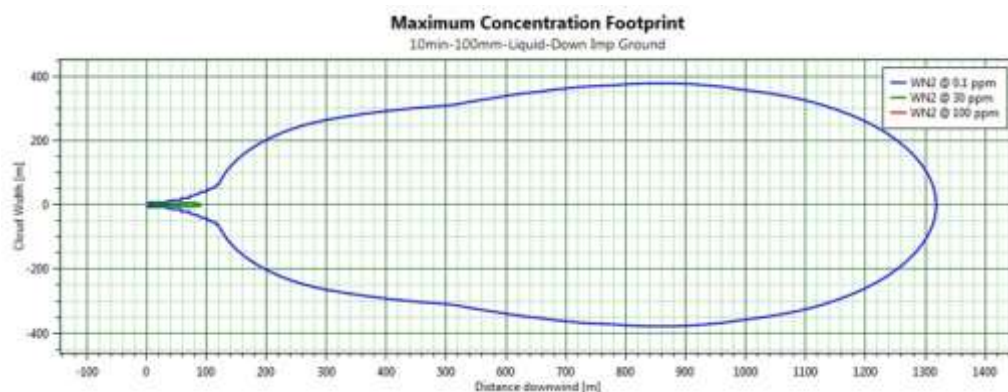
براساس شکل ۳۸-۴ برای نشتی افقی مایعات گازی از منفذی به قطر ۱۰۰ در یک روز گرم تابستان توده‌ی ابر ماده‌ی سمی با غلظت ۰/۱ ppm می‌تواند تا مسافتی برابر با ۱۳۶۰ متر از محل نشتی گسترش یابد این در حالی است که در یک شب زمستانی این توده به بیشتر از

۱۶۷۰ متر از محل نشتی نفوذ می‌کند. بنابراین برای معیار ۰٫۱ ppm بدترین حالت در این سناریو، شب‌های زمستان می‌باشد.



شکل ۳۸۰: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰٫۱ ppm برای منفذی به قطر ۱۰۰ mm و خروج مایعات گازی به صورت جت افقی در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم

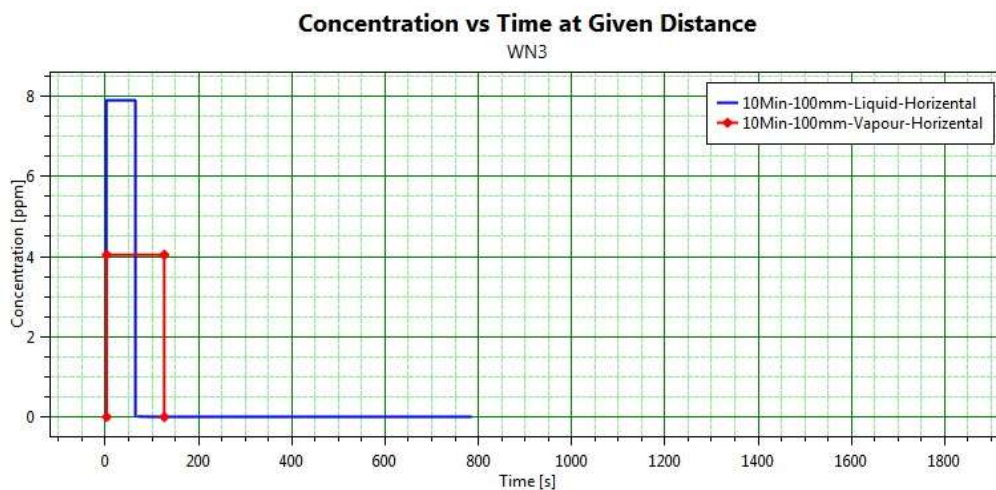
براساس شکل ۴-۳۹ زمانی که قطر منفذ ۱۰۰ میلی‌متر است در سناریوی خروج مایعات گازی و برخورد آن با زمین نیز بدترین حالت در یک شب زمستان برای غلظت ۰٫۱ ppm می‌باشد. شایان ذکر است برای این سناریو غلظت ۳۰ ppm (ERPG-1) نیز توسط نرم افزار نمایش داده شده است به گونه ای که پروفایل این غلظت تا فاصله ۹۲ متر از محل نشتی در جهت باد می‌باشد.



شکل ۳۹۰: پخش ابر ماده H_2S با معیار ۰٫۱ ppm و ۳۰ برای منفذی به قطر ۱۰۰ mm و به صورت خروج مایعات گازی با برخورد به زمین در شرایط آب و هوایی با بیشترین و کمترین حریم

نمودارهای بالای نشان می‌دهد که سناریوهای خروج به حالت عمودی به‌علت دور شدن ماده سمی از سطح زمین از سایر سناریوها ایمن‌تر می‌باشد، همچنین همانطور که انتظار می‌رفت با افزایش قطر نشتی پروفایل غلظت ماده سمی افزایش می‌یابد، همچنین نمی‌توان گفت کدامیک از شرایط آب و هوایی خطرناک‌تر می‌باشد چون یک شرایط آب و هوایی در تمامی سناریوها دارای کشیده‌ترین پروفایل نبوده و در هر سناریو یک شرایط آب و هوایی خاص پروفایل غلظت را کشیده‌تر می‌کند. در آخر به علت وجود درصد پایین H_2S در مخلوط در نتیجه میزان سمیت اندک بوده و همانطور که خروجی نرم افزار نشان می‌دهد پروفایل غلظتی که برای معیار 100 ppm (ERPG-3) بسیار ناچیز می‌باشد در نتیجه کاملاً واضح است که پیامد سمیت نسبت به آتش و انفجار در این مطالعه‌ی موردی ناچیز می‌باشد.

پروفایل‌های غلظت در دو حالت نشت بصورت مایعات و بخارات گازی در 600 ثانیه برای قطر 100 میلی‌متر و در شرایط آب و هوایی زمستان و حداقل دمای شب در شکل ۴-۴۰ نمایش داده شده است.



شکل ۴۰۰: نمودار غلظت نسبت به زمان در ارتفاع 1 متر از سطح زمین و در نقطه‌ای در فاصله 80 متری از

محل نشتی

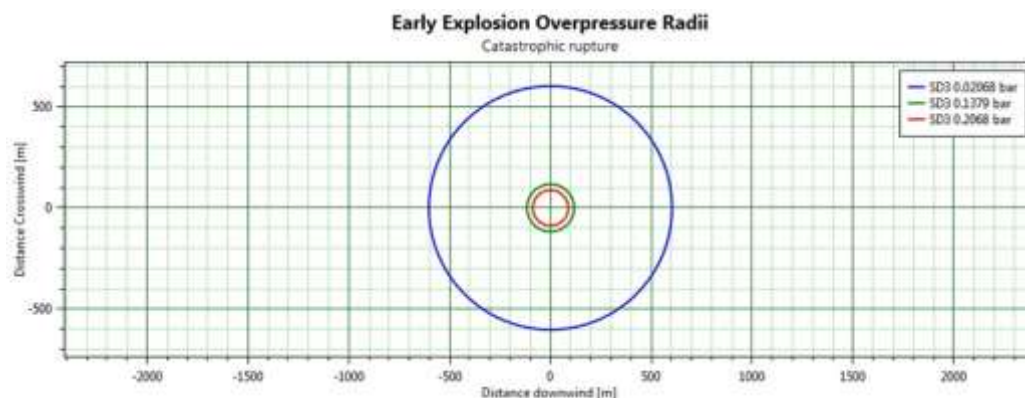
همانطور که در نمودار بالا مشاهده می‌شود غلظت 8 ppm در حالت خروج مایعات گازی

در حدود ۶۰ ثانیه (در حالت قطع جریان از منبع در زمان ۶۰۰ ثانیه) در محیط وجود خواهد داشت همچنین برای حالت خروج بخارات گازی ۱۳۰ ثانیه به غلظت ۴ ppm باقی خواهد ماند.

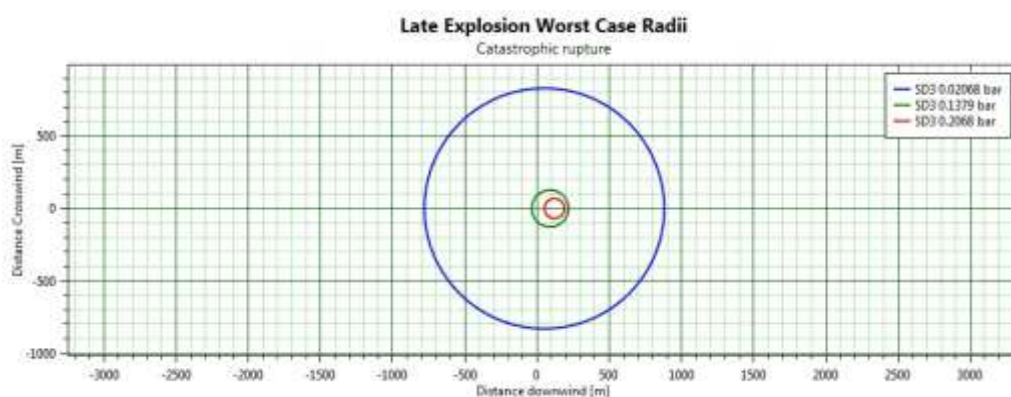
۴-۴- نتایج حاصل از رخداد ترکیدگی فاجعه بار تفکیک گر

یکی از خطرناکترین شرایطی که می تواند در یک تفکیک گر رخ دهد ترکیدگی آن می باشد. در این شرایط حجم مایعات و گاز درون تفکیک گر به یکباره تخلیه می شود و در صورت رسیدن به منبع جرقه یک فاجعه رخ می دهد. در این تحقیق لازم دیده شد علاوه بر نشتی های مختلف حالت های ترکیدگی مخزن و ترکیدگی خط لوله نیز مورد بررسی قرار گیرد و پیامدهای ممکن ارزیابی شود.

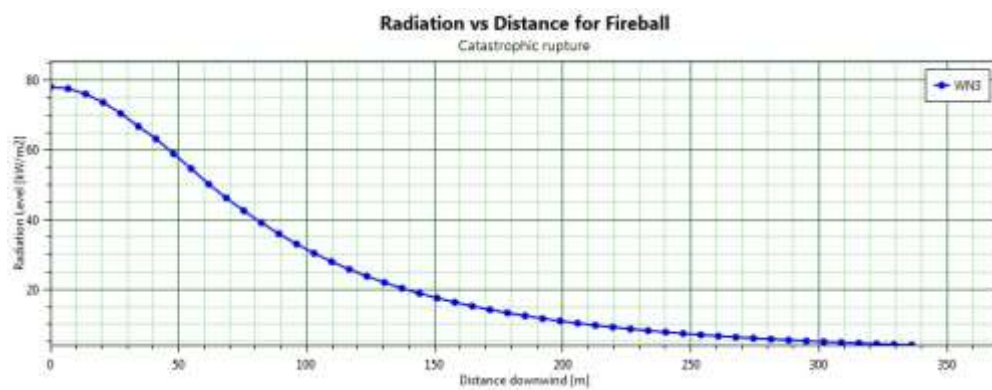
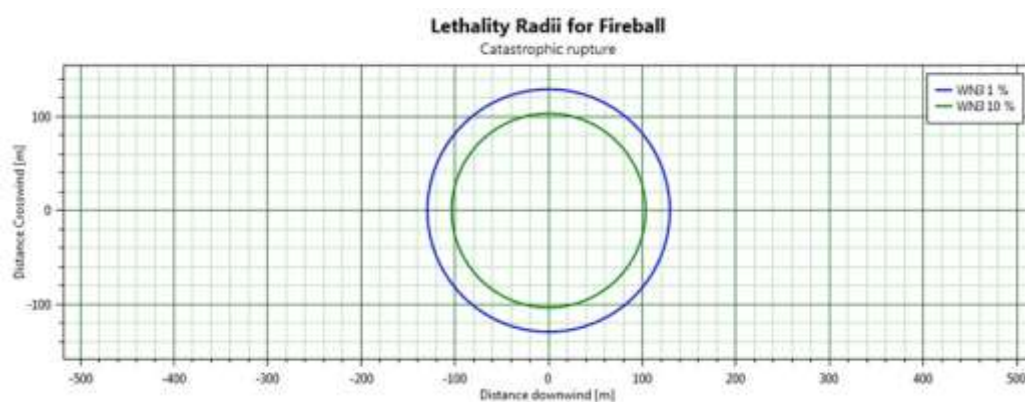
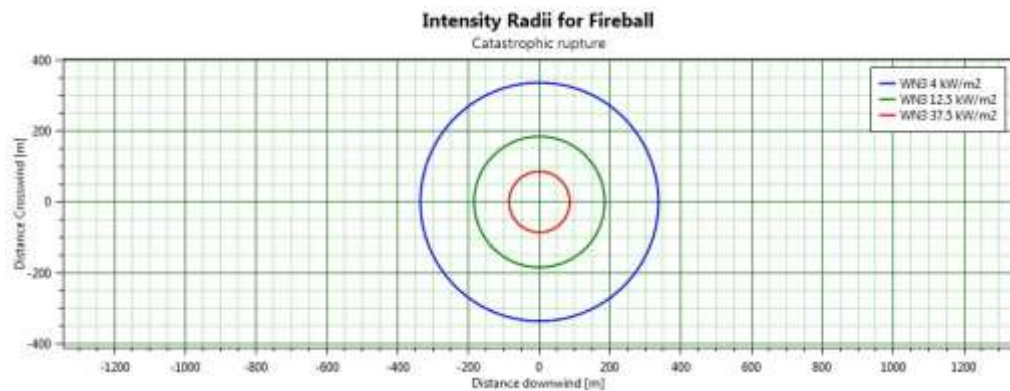
مطابق شکل ۴-۴۱ در انفجار اولیه در شرایط روز تابستان افزایش فشار حاصل تا شعاع ۶۰۰ متری از محل تفکیک گر فشاری برابر با ۰/۰۲۰۶۸ بار به وجود می آورد. برای معیار ۰/۲۰۶۸ بار ناحیه تحت تأثیر دارای شعاع تقریبی ۹۵ متری از محل تفکیک گر می باشد. در ادامه نمودارهای مربوط به انفجار ثانویه (شکل ۴-۴۲)، آتش تویی (شکل ۴-۴۳) و آتش ناگهانی (شکل ۴-۴۴) محتمل از سناریو ترکیدگی فاجعه بار مخزن آورده شده است.



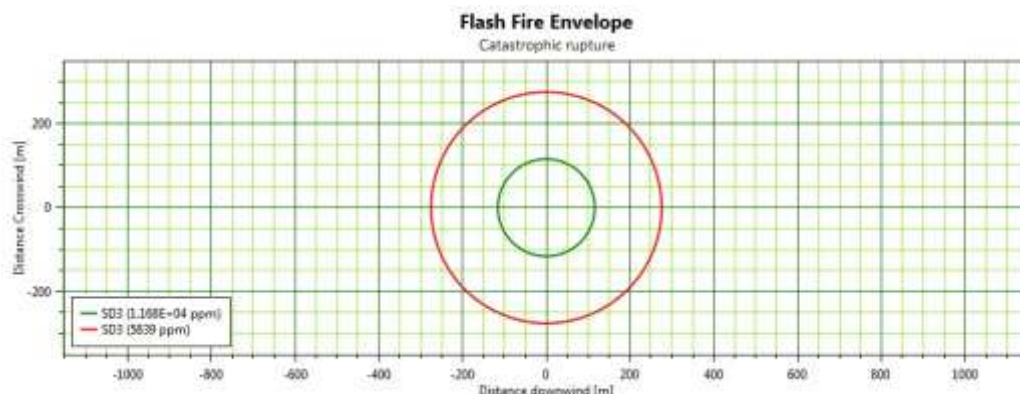
شکل ۴۱۰: محدوده افزایش فشار انفجار اولیه با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای شرایط ترکیدگی تفکیک‌گر و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم



شکل ۴۲۰: محدوده انفجار ابر بخارات مایعات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای شرایط ترکیدگی تفکیک‌گر و در حالت انفجار ثانویه در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم



شکل ۴۳۰: الف: محدوده شدت تشعشع آتش توپی با معیار 4&12.5&37.5 kW/m² برای شرایط ترکیدگی تفکیک گر و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر ج: نمودار شدت تشعشع در مقابل فاصله از محل آتش توپی



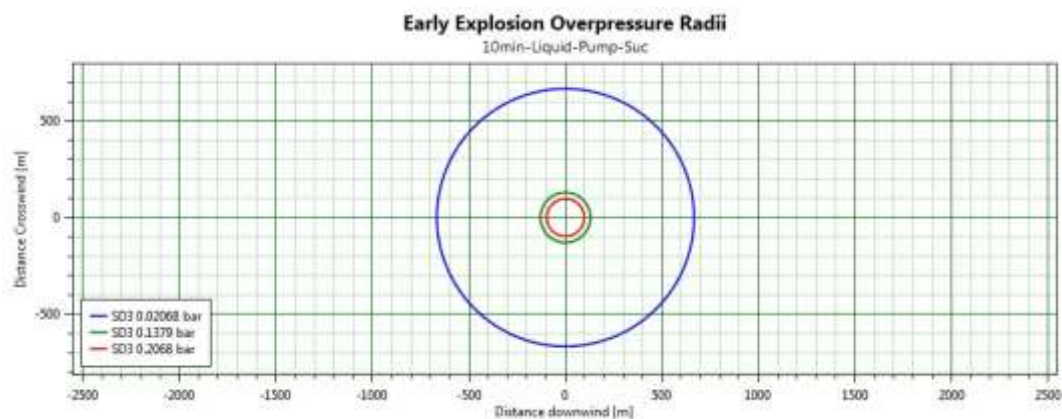
شکل ۴۴۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و 1/2 LEL برای شرایط ترکیدگی تفکیک‌گر و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

۴-۵- نتایج حاصل از رخداد ترکیدگی خط لوله

با توجه به اینکه برای انتقال مایعات گازی بعد از تفکیک‌گر پارسیان به پالایشگاه یک دستگاه پمپ تعبیه گردیده است و همچنین چون که فشار سیال بعد از پمپ به مقدار قابل توجهی زیاد می‌شود، لازم دیده شد سناریوهای پارگی خط لوله قبل و بعد از پمپ نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

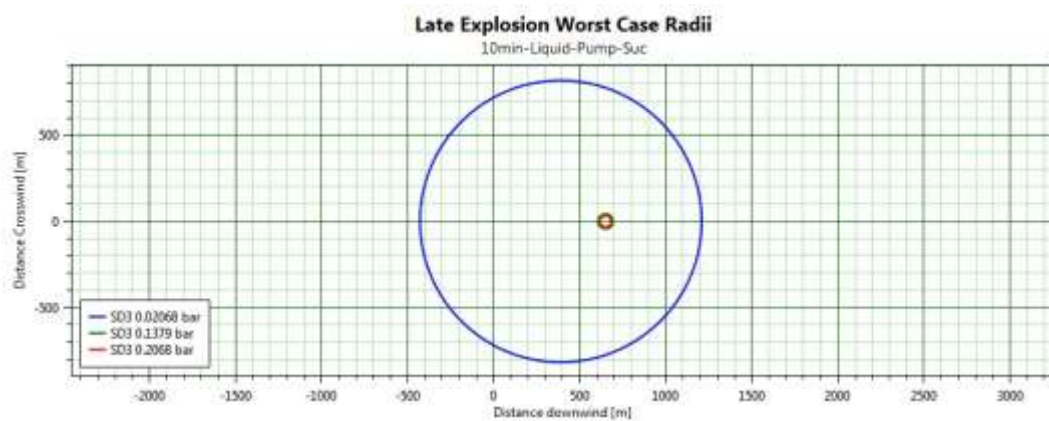
۴-۵-۱- ترکیدگی خط لوله قبل از پمپ انتقال مایعات

در شکل‌های زیر نتایج مدلسازی پیامدهای مختلف شامل انفجار اولیه (شکل ۴-۴۵) و ثانویه (شکل ۴-۴۶)، آتش تویی (شکل ۴-۴۷)، آتش ناگهانی (شکل ۴-۴۸) و جت آتش (شکل ۴-۴۹) مربوط به سناریو پارگی خط لوله قبل از پمپ آورده شده است.



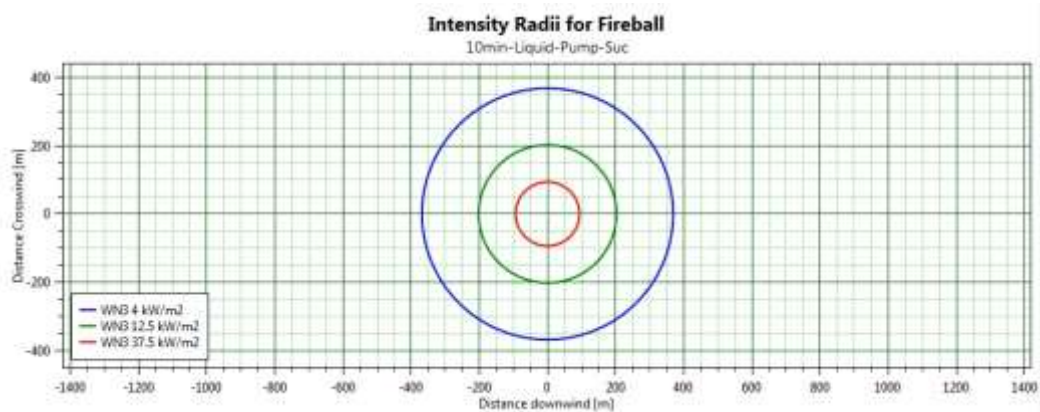
شکل ۴۵۰: محدوده افزایش فشار انفجار اولیه با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای شرایط پارگی

خط لوله قبل پمپ و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

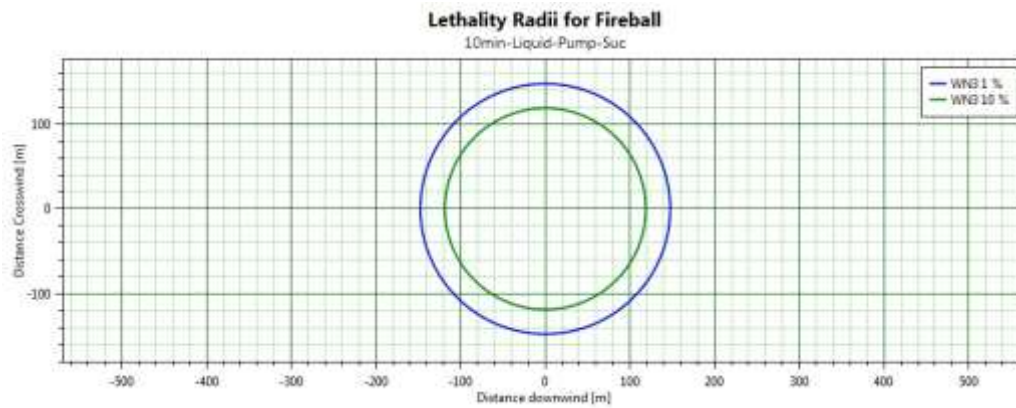


شکل ۴۶۰: محدوده انفجار ابر بخارات مایعات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای شرایط

پارگی خط لوله قبل پمپ در حالت انفجار ثانویه در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم



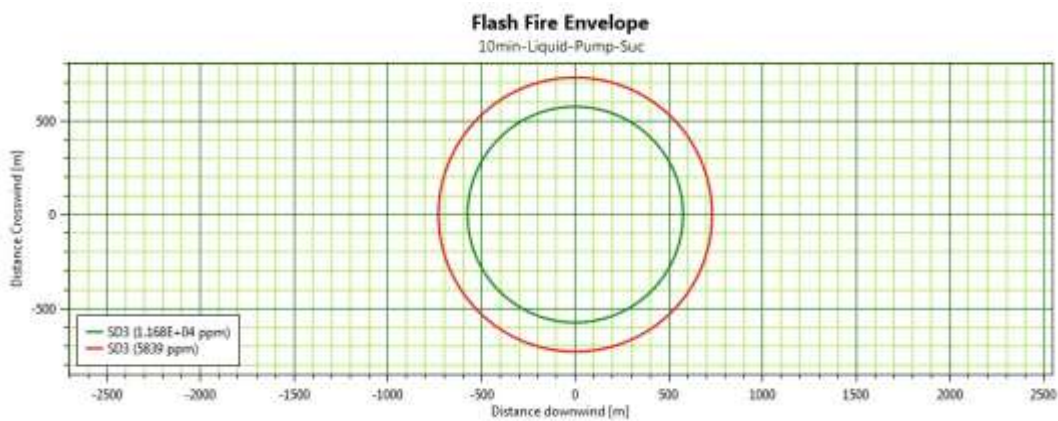
(الف)



(ب)

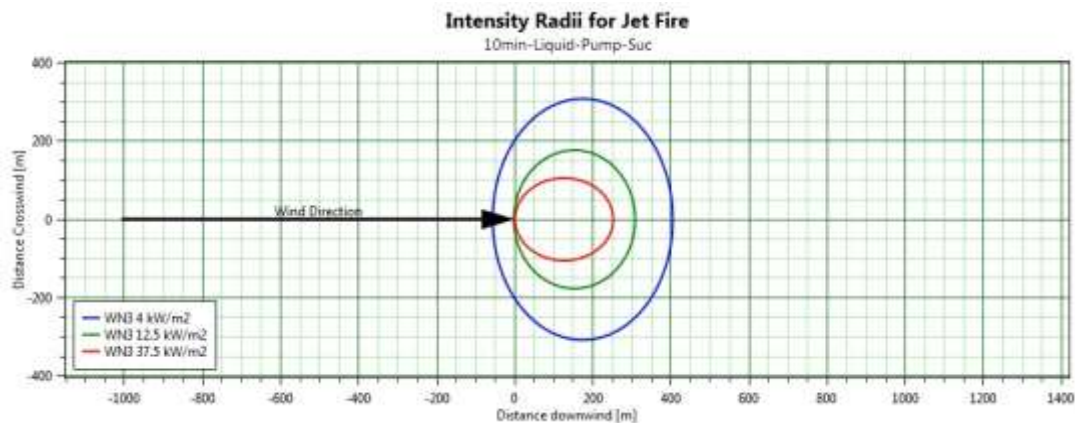
شکل ۴۷۰: الف: محدوده شدت تشعشع آتش توپی با معیار $4\&12.5\&37.5\text{ kW/m}^2$ برای شرایط پارگی خط

لوله قبل پمپ و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم: ب: درصد مرگ و میر

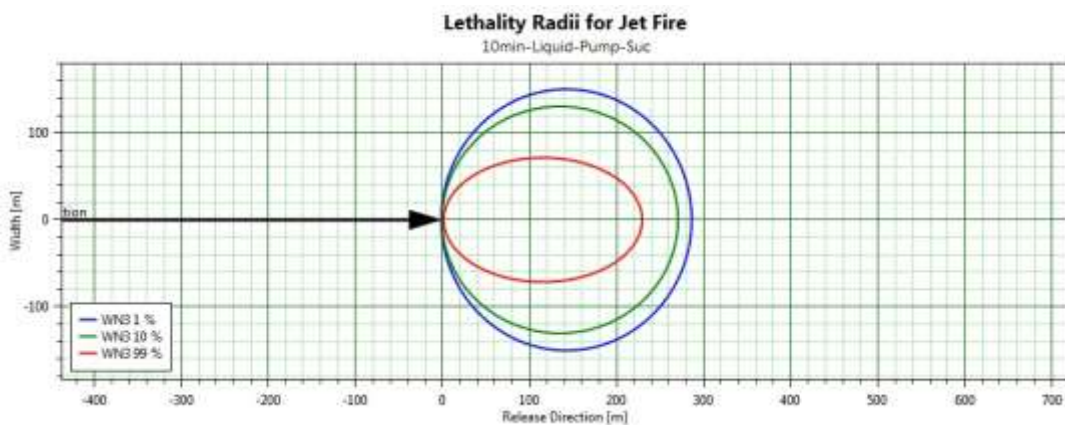


شکل ۴۸۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و $1/2\text{ LEL}$ برای شرایط پارگی خط لوله قبل پمپ و در

شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم



(الف)



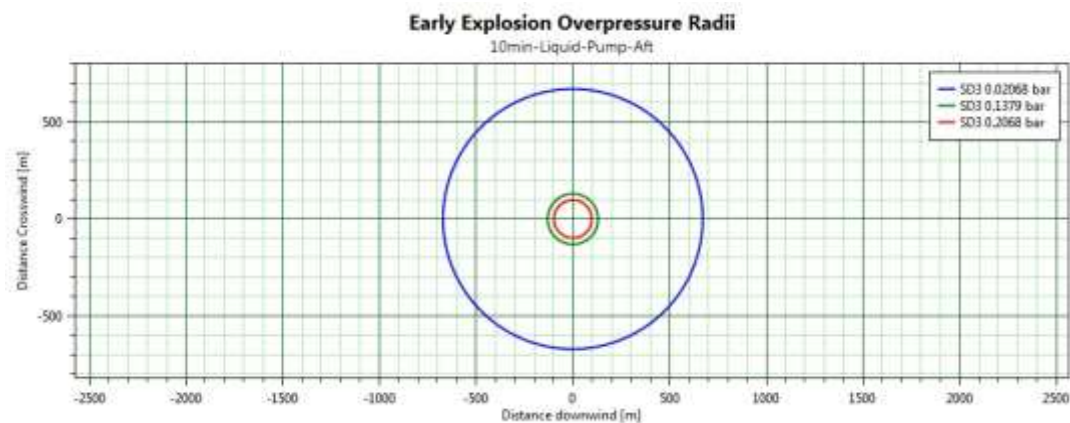
(ب)

شکل ۴۹۰: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار $4, 12.5 \text{ و } 37.5 \text{ kW/m}^2$ برای شرایط پارگی خط

لوله قبل پمپ در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر

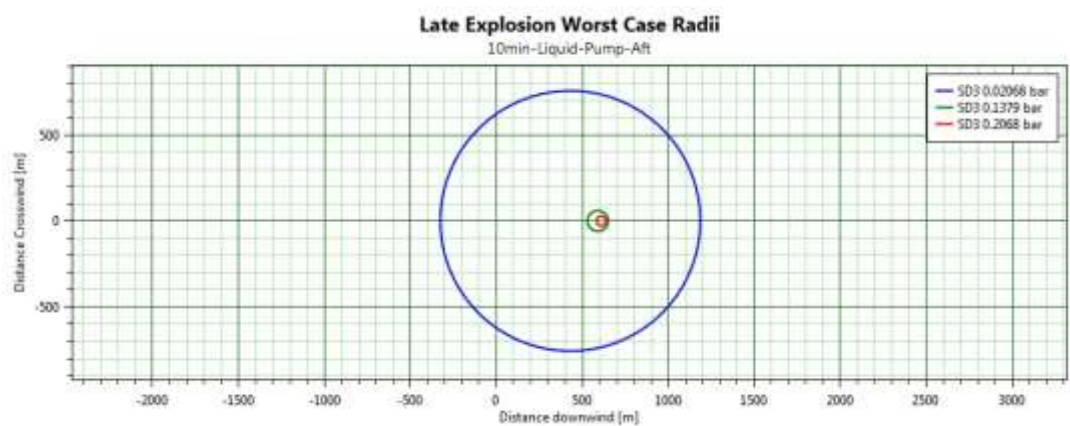
۴-۵-۲- ترکیب‌گی خط لوله بعد از پمپ انتقال مایعات

در ادامه شکل‌های بالا نتایج مدل‌سازی مربوط به ترکیب‌گی خط لوله بعد از پمپ نیز آورده شده است. نتایج مدل‌سازی پیامدهای مختلف شامل انفجار اولیه (شکل ۴-۵۰) و ثانویه (شکل ۴-۵۱)، آتش تویی (شکل ۴-۵۲)، آتش ناگهانی (شکل ۴-۵۳) و جت آتش (شکل ۴-۵۴) مربوط به سناریو پارگی خط لوله بعد از پمپ آورده شده است.



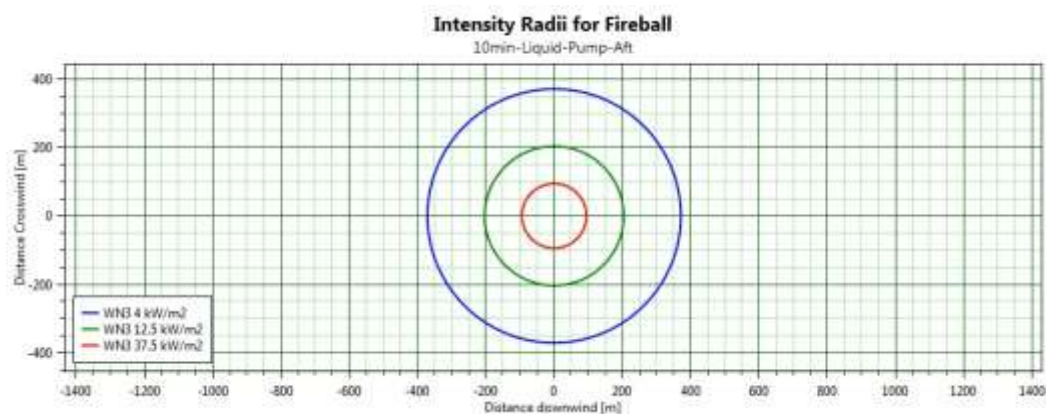
شکل ۵۰: محدوده افزایش فشار انفجار اولیه با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای شرایط پارگی

خط لوله بعد از پمپ و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

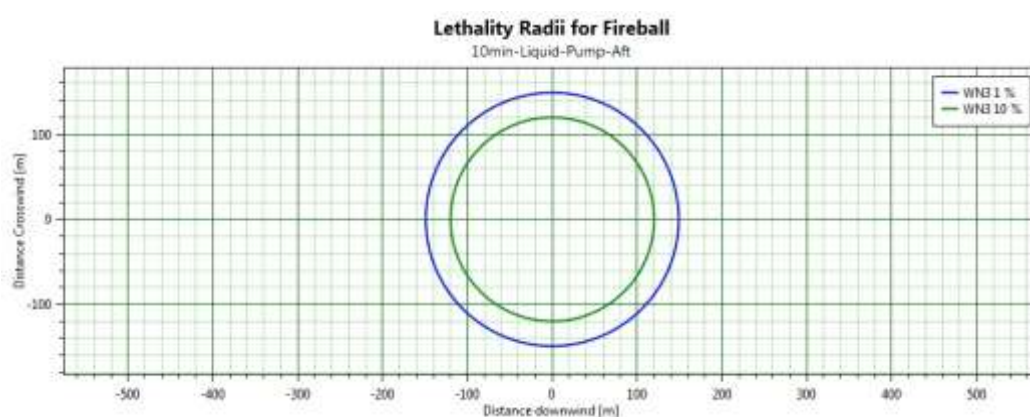


شکل ۵۱: محدوده انفجار ابر بخارات مایعات گازی با معیار 0.2068, 0.1379 & 0.02068 Bar برای شرایط

پارگی خط لوله بعد از پمپ در حالت انفجار ثانویه در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم

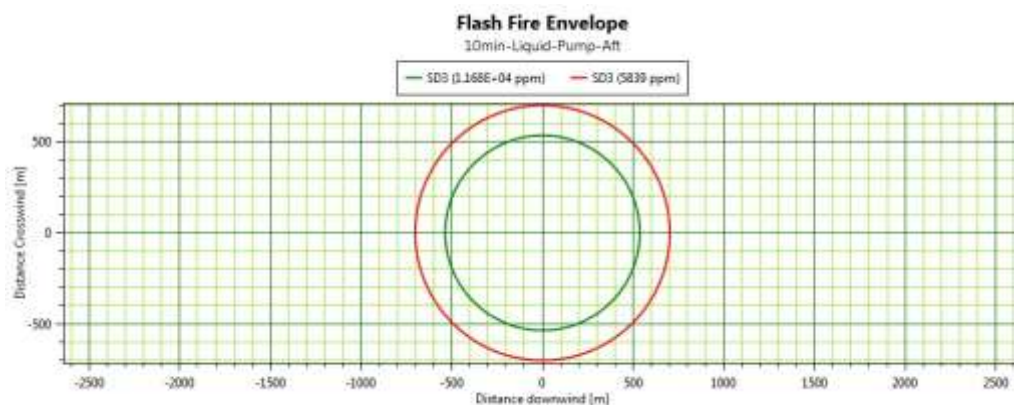


(الف)

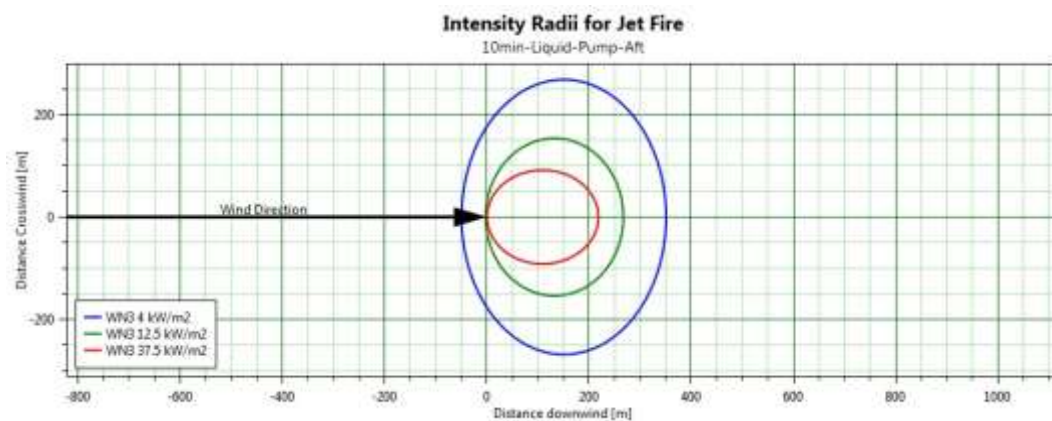


(ب)

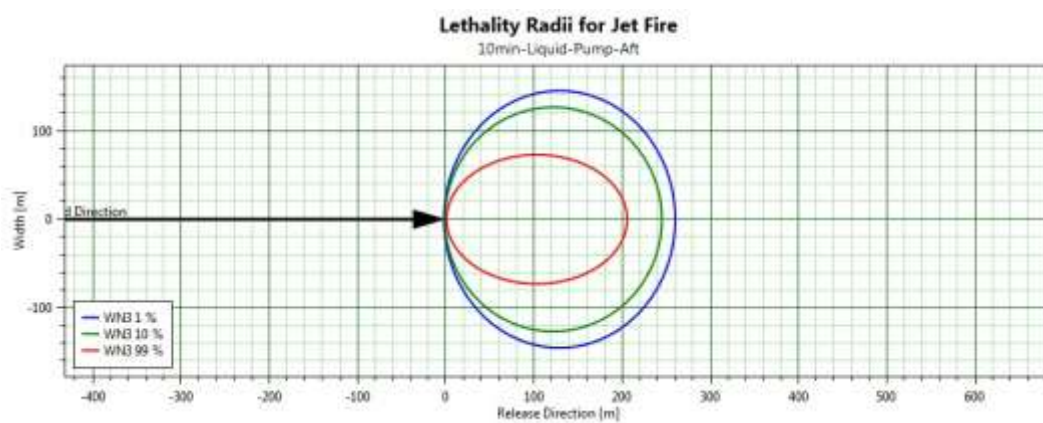
شکل ۵۲۰: الف: محدوده شدت تشعشع آتش تویی با معیار $4, 12.5, 37.5 \text{ kW/m}^2$ برای شرایط پارگی خط لوله بعد از پمپ و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر



شکل ۵۳۰: محدوده آتش ناگهانی با معیار LEL و $1/2 \text{ LEL}$ برای شرایط پارگی خط لوله بعد از پمپ و در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم



(الف)



(ب)

شکل ۵۴۰: الف: محدوده شدت تشعشع جت آتش با معیار 4&12.5&37.5 kW/m² برای شرایط پارگی خط

لوله قبل پمپ در شرایط آب و هوایی با بیشترین حریم. ب: درصد مرگ و میر

فصل پنجم:

نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- مقدمه

در این فصل نتیجه گیری‌های حاصل از نتایج بیان می‌شود. سپس پیشنهاداتی جهت هرچه ایمن‌تر کردن محیط منطقه‌ی عملیاتی پارسیان ارائه می‌شود. در نهایت بخش‌هایی که نیاز به مطالعه و مدلسازی‌های بیشتر و دقیق‌تر می‌باشد ارائه می‌گردد.

۵-۲- نتیجه گیری و پیشنهادات

با انطباق ناحیه‌های تحت تاثیر پیامد های ناشی از حوادث احتمالی مربوط به تفکیک گر با نقشه‌ی جانمایی سایت مرکز تفکیک پارسیان می‌بینیم که اتاق کنترل (فاصله ۸۰ متری از تفکیک‌گر)، اتاق حراست (در فاصله ۱۵۰ متری)، سایر تجهیزات فرایندی (در فاصله ۲۰ متری)، کپرسور تامین کننده هوای ابزار دقیق (در فاصله ۸۰ متری)، پمپ ها و ادوات آتشنشانی (در فاصله ۳۰۰ متری) می‌تواند در ناحیه تحت تاثیر پیامد های حوادث احتمالی مربوط به تفکیک گر قرار گیرد.

افزایش فشار ناشی از انفجار در حد 0.2068 بار و شدت تشعشع در حد $37/5 \text{ kW/m}^2$ می‌تواند خسارت‌های جدی به واحدها و تجهیزات فرایندی و همچنین آسیب به افراد را در پی داشته باشد، تمهیداتی نظیر ایجاد عایق سازی تجهیزات، طراحی و اجرای سیستم خنک کننده‌ی خودکار روی ظروف صنعتی و تفکیک‌گر و جانمایی مجدد ساختمان ها، تجهیزات و بالاخص ادوات آتشنشانی می‌بایست اندیشیده شود.

همچنین طراحی و اجرای سیستم ^۱F&G جهت اعلام و اطفای خودکار جهت اقدامات اضطراری هر چه سریع تر (بستن مسیر جهت کاستن زمان ماند وجود گاز در محیط و اقدامات آتشنشانی سریعتر) برای کاهش احتمال تبدیل ابر بخار به انفجار و حریق می‌بایست در اولویت

^۱ Fire&Gas

برنامه های آتی شرکت قرار گیرد.

مطالعه‌ی پیش رو نشان می‌دهد که خوشبختانه ایستگاه ایمنی و آشنشانی در فاصله‌ی مناسب نسبت به مرکز تفکیک جهت اقدام به موقع جانمایی شده است، همچنین این ایستگاه در ناحیه تحت تاثیر حوادث احتمالی مربوط به تفکیک گر منطقه عملیاتی پارسیان قرار ندارد. طبق آمار، بیشترین نشتی‌های گزارش شده در مراکز تفکیک پارسیان ناشی از پارگی واشرهای بین فلنجی است. مشاهدات ما نشان می‌دهد که پارگی این واشرها معمولاً نشتی‌های کوچک (۵ میلی متر) به همراه دارد. با دقت در نتایج حاصل از شبیه سازی در فصل چهارم می‌بینیم که پیامدهای حاصل از این نشتی‌ها نیز می‌تواند عواقب خطرناکی را به همراه داشته باشد. لذا برای کاهش نرخ تکرار این گونه نشتی‌ها لازم است که تمهیدات ایمنی لازم اندیشیده شود که مهم‌ترین آن‌ها استفاده از واشرهای با کیفیت و استاندارد برای جلوگیری از رخداد اولیه آتش سوزی و کاهش پیامدهای آن است.

بهترین و کم هزینه‌ترین روش برای پیش‌گیری از وقوع آتش سوزی و انفجار کاهش منطقی احتمال بروز نشتی می‌باشد. بنابراین با پایش دوره‌ای ظروف و مخازن تحت فشار و اتمسفریک و رفع خوردگی‌های احتمالی می‌توان به این مهم دست یافت. بررسی‌ها نشان داد که برنامه مدونی به این منظور در این منطقه وجود ندارد، در نتیجه می‌بایست روش اجرایی در این خصوص در منطقه عملیاتی پارسیان تهیه و پیاده سازی گردد.

یکی از دلایلی که ممکن است سبب رخداد ترکیدگی فاجعه بار تفکیک گر گردد، تماس مستقیم حریق خارجی با مخزن می‌باشد، در نتیجه اجرای سیستم خنک کننده‌ی خودکار روی تفکیک‌گر الزامی می‌باشد.

۳-۵ پاسخ به سؤالات تحقیق

۱. پیامدها و آسیب‌های جانی، مالی و زیست محیطی ناشی از حوادث محتمل تفکیک‌گر

منطقه: حوادث محتمل تفکیک‌گر منطقه عملیاتی پاریسیان در صورت ایجاد آتش و انفجار

می تواند خسارات و آسیب های زیست محیطی بسیاری به همراه داشته باشد.

۲. سناریوهای معتبر: در این تحقیق نشتی ها در سه سایز ۵، ۳۰ و ۱۰۰ میلی متر، ترکیدگی فاجعه بار مخزن و پارگی خطوط لوله به عنوان سناریوهای معتبر مورد بررسی قرار گرفتند.

۳. بدترین شرایط آب و هوایی: بررسی خروجی های نرم افزار در بخش های گوناگون (سمیت، انفجار، آتش فورانی) نشان می دهد که نمی توان خطرناک ترین شرایط آب و هوایی را انتخاب نمود زیرا یک شرایط آب و هوایی خاص در همه ی سناریوها به عنوان خطرناک ترین شرایط آب و هوایی تکرار نشده است.

۴. پیامدهای مربوط به سمیت: مطالعه ی نتایج حاصل از شبیه سازی پخش گازهای سمی نشان می دهد که به علت درصد پایین گاز هیدروژن سولفور در مخلوط گاز منطقه ی پاریسیان، میزان سمیت اندک بوده و پخش گازهای سمی نسبت به انفجار و آتش فورانی خطرات کمتری به همراه دارد و به ندرت به غلظت ۱۰۰ ppm (ERPG3) می رسد.

۵. پیامدهای مربوط به آتش و انفجار: در نشتی های متوسط و بزرگ و همچنین ترکیدگی فاجعه بار مخزن و پارگی خط لوله در صورت وجود منبع حرارت، شدت تشعشع و افزایش فشار ایجاد شده ناشی از انفجار احتمالی می تواند آسیب جدی به تجهیزات، ساختمان ها و افراد را به همراه داشته باشد.

۴-۵- پیشنهادات برای مطالعات آتی

با توجه به نتایج حاصل از مطالعه ی انجام شده برای ارزیابی پیامدهای ناشی از انفجار، حریق و رهایش گازهای سمی مربوط به تفکیک‌گر مکانیکی گازهای استحصال شده از مخازن گازی پاریسیان، می توان موارد ذیل را به عنوان پیشنهاداتی برای انجام پژوهش های آتی لحاظ نمود:

- تعیین محدوده‌ی آتش^۱، تحت تاثیر^۲ و مرزی^۳ با استفاده از نتایج و استانداردهایی چون

TOTAL-253

- تعیین ادوات و ملزومات مورد نیاز در محدوده‌ی آتش بر اساس استانداردهایی چون

TOTAL- 253

- مدلسازی پیامد با استفاده از سایر روش ها و مقایسه آن با نتایج این تحقیق

¹ Fire zone

²² Impact Area

³ Restricted Area

منابع

- [۱] محمدفام، ایرج (۱۳۹۰). مهندسی ایمنی (چاپ ششم). انتشارات فن‌آوران.
- [۲] کمائی محمد، علیزاده سید شمس الدین، کشور عبدالرحمن، خیرخواه زینب و مشعشی پریسا (۱۳۹۵). ارزیابی ریسک و مدل سازی پیامد ناشی از موج انفجار پدیده BLEVE مخزن کروی LPG در یک پالایشگاه. فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۶، شماره ۲.
- [۳] سمواتی جامع حمید، علیزاده مهدی، زراعت فرشاد و احمدپور امین (۱۳۸۸). ارزیابی پیامد حوادث فرآیندی در شرکت پتروشیمی شهید تندگویان با استفاده از نرم افزار PHAST. سومین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE. ۱۸-۲۰ اسفند ۱۳۸۸.
- [۴] فرهادی فرهاد (۱۳۸۴). تجزیه و تحلیل اثرات و عواقب حوادث نامطلوب ((آنالیز پیامد)) در یکی از مجتمع‌های پتروشیمی ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، چاپ نشده.
- [۵] Soltani M, Asl rR., (2004), Computational fluid dynamics software Fluent, publish designer, 446.
- [۶] شاکری حمیدرضا و کاشی اسلام (۱۳۹۱). آنالیز پیامد حوادث فرآیندی در پالایشگاه NGL 1200 گچساران با استفاده از نرم‌افزار PHAST. دومین همایش ملی نفت، گاز و پتروشیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گچساران، ۱۶-۱۷ اسفند ۱۳۹۱.
- [۷] <http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/caselflixboroug74.htm>
- [۸] <http://bhupal.org/what-happened/union-carbides-disaster/>
- [۹] <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident.aspx>

- [۱۰] <http://www.offshore-technology.com/projects/piper-alpha-platform-north-sea/>
- [۱۱] <https://www.aiche.org/academy/videos/conference-presentations/on-catastrophic-explosion-azf-plant-toulouse-september-21-2001>
- [۱۲] گلبابانی فریده، آور نورالدین، محمدفام ایرج (۱۳۹۱). مدلسازی انتشار نشت پروپان در یک صنعت، فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۲۰.
- [۱۳] لنگری مبین، شامحمدی ابراهیم، رشتچیان داوود (۱۳۸۹). آنالیز نرم افزارهای مدلسازی پیامد ALOHA و PHAST، نخستین همایش بین المللی بازرسی و ایمنی در صنایع نفت و انرژی، تهران، ۴ اسفند ۱۳۹۱.
- [۱۴] اقتصادی مارال (۱۳۹۰). مدلسازی و بررسی پیامد حوادث در واحد تصفیه آب و فاضلاب کرمانشاه. تهران-شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. ۷-۸ اردیبهشت ۱۳۹۰.
- [۱۵] ریشهری معصومه، ملماسی سعی و جوزی سیدعلی (۱۳۹۰). ارزیابی ریسک محیط زیست پالایشگاه میعانات گازی بندرعباس با استفاده از روش HAZOP و نرم افزار PHAST. اولین همایش ملی بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE). ۲۸ مهر ۱۳۹۰، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر.
- [۱۶] Irannejad Rankouhi Soroush, Givchchi Saeed, Nasrabadi Mahnaz (2015). Consequence Modeling of Explosion Events by PHAST Software in an Industrial Unit - A Case Study of 2 Phases of South Pars. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vols. 9, no. 1, 2015. 316-326.
- [۱۷] بهوندپور رحیم و گلبابایی فریده (۱۳۹۴). مدیریت مخاطرات، مدلسازی و ارزیابی پیامد نشتی از مخزن تفکیک گر سکوی نفتی نوروز جدید. ماهنامه علمی -ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۲۲، ۳۰-۳۴، اردیبهشت ۱۳۹۴.
- [۱۸] Nabhani N., Mohammadi M., (2013), consequence modeling leak of methanol tank in petrochemical industrial plant with PHAST Software. 3rd Conference of Environmental Planning and Management, Tehran, Tehran University.

[۱۹] میثمی حسین، عبادی تقی، مینه‌پور محمد، اعزازی پور علی و زهدی‌راد حسین (۱۳۹۲). شبیه‌سازی پیامد حوادث با استفاده از نرم‌افزار PHAST و بر اساس اصل انتخاب WorstCase. نخستین همایش ملی مهندسی فرایند (نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی). تهران، ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲.

[۲۰] گرجی پور صالح و انوری باقر (۱۳۹۲). ارزیابی پیامد ناشی از ایجاد حادثه در مخزن NGL در پالایشگاه گاز مایع ۱۲۰۰ با استفاده از نرم‌افزار PHAST. نخستین همایش ملی مهندسی فرایند (نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی). تهران، ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲.

[۲۱] ترکی حسین، احمدپور امین، شکیبی خشایار (۱۳۹۲). ارزیابی کمی ریسک واحد PVC پتروشیمی بندر امام. نخستین همایش ملی مهندسی فرایند (نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی). تهران، ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲.

[۲۲] خسروی بهزاد، شهرخی محمود، جلالی پرستو و افرادوطن کیوان (۱۳۹۲). ارزیابی ریسک فرآیندهای نفتی - مطالعه موردی خطرپذیری نشت کاندنسیت در پالایشگاه اول مجتمع پارس جنوبی. نخستین همایش ملی مهندسی فرایند (نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی). تهران، ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲.

[۲۳] زارعی اسماعیل، جعفری محمد جواد، درمحمدی علی و سرسنگی ولی (۱۳۹۲). نقش مدلسازی و ارزیابی پیامد در بهبود سطح ایمنی تاسیسات مخاطره آمیز صنعتی (مطالعه موردی: واحد تولید هیدروژن). دو ماهنامه سلامت کار ایران. دوره ۱۰، شماره ۶، بهمن و اسفند ۱۳۹۲.

[۲۴] Jafari M.J., Mohammadfam I., Zarei E., (2014), Analysis and Simulation of Severe Accidents in a Steam Methane Reforming Plant, IJOH, 6 (3), 120-130.

[۲۵] کاشی اسلام، ساغر ناصح پور، حمید کارشکی و محمد فرمد، (۱۳۸۸). آنالیز پیامد حوادث فرآیندی در پالایشگاه‌ها، سومین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE، تهران، دانشگاه صنعتی شریف.

[۲۶] Pandya N., Gabas N., Marsden E., (2012), Sensitivity analysis of Phast's atmospheric dispersion model for three toxic materials (nitric oxide, ammonia, chlorine), Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 25, 20-32.

- [۲۷] Dan, S., Lee, C. J., Park, J., Shin, D., Yoon, E. S., (2014). Quantitative risk analysis of fire and explosion on the top-side LNG-liquefaction process of LNG-FPSO. *Process Safety and Environmental Protection* 92, 430–441.
- [۲۸] Selvan, T. R., Ajayakumar .K., Siddquin .A., (2015). Consequence analysis of hydrogen storage tank facility: a case study approach by using PHAST. *International Journal of Applied Engineering Research and Development (IJAERD)*. Vol. 5, Issue 3, Aug 2015, 1-10.
- [۲۹] Melo-Gonzalez, R., Rosales-Torres, M.A., Martinez-Fernandez J., Villanueva-Gonzalez, J., Lopez-Ledesma, J., (1998). Source and dispersion simulation of sour gas in an offshore complex of the sonda de Campeche. *Transactions on Ecology and the Environment* vol 24, WIT Press, www.witpress.com, ISSN 1743-3541.
- [۳۰] Shardlow, P., Reid, J., Croese, T., (2009). Upstream Hazard and Risk Study for the Australia Pacific LNG Project. Australia Pacific LNG Pty Limited, APLNG Project. 3 December 2009.
- [۳۱] Cheraghi, M., Bagherian-Sahlavani, A., Noori, H., & Mohammad-Fam, I. (2019). Evaluation of hazard distances related to toxic releases in a gas refinery: comparison of chemical exposure index and consequence modeling approaches. *International journal of occupational safety and ergonomics*, 1-21.
- [۳۲] Kumar Malviya, R. and M. Rushaid, Consequence Analysis of LPG Storage Tank. *Materials Today: Proceedings*, 2018. 5(2, Part 1): p. 4359-4367.
- [۳۳] رزمیان فر، پرویز (۱۳۷۰). خطرات حریق شیمیایی: ایمنی، اطفاء، نگهداری، انتشارات جزیل.
- [۳۴] http://www.sensorprod.com/news/white-papers/2007-02_ddp
- [۳۵] <http://www.back-stage.com/gallery/fire>
- [۳۶] <http://my.me.queensu.ca/People/Birk/Research/ThermalHazards/bleve>
- [۳۷] یوسفی محمد و رشتچیان داوود (۱۳۸۸). بررسی آنالیز پیامد تانک آمونیاک مجتمع پتروشیمی

کرمانشاه، سومین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، اسفند ۱۳۸۸.

[۳۸] انصاری مظاهر، مینه‌پور محمد، عرفانی داوود و عزیزیان بابک (۱۳۹۲). ارزیابی ریسک (QRA) خطوط لوله گاز ترش به‌منظور تعیین حریم ایمنی خطوط لوله در منطقه پارس جنوبی، بخش خشکی. گزارش نهایی، ویرایش دوم.

[۳۹] Vinnem J. E., (2007), Offshore Risk Assessment (Principles, Modelling and Applications of QRA Studies), 2nd ed.

[۴۰] تهرانی مهناز و حسینی سید محمدرضا (۱۳۸۶). چالش‌های مدیریت بحران در صنایع فراساحل، دومین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، اسفند ۱۳۸۶.

[۴۱] Veritas Det Norske, April (2003), "CO2 sequestration risk assessment".

[۴۲] Leess, F. P (1996). Loss Prevention in Process Industries. Second edition, Vol. 1. Ch. 9.

[۴۳] نریمان نژاد علیرضا، مدلسازی انتشار نشت آمونیاک از مخازن ذخیره در مجتمع‌های پتروشیمی و تهیه طرح واکنش در شرایط اضطراری، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده محیط زیست و انرژی، اسفند ۱۳۸۸.

[۴۴] Zannetti Paolo (1990) , Air Pollution Modeling"Theories, Computational Methods and Available Software", Springer US, Online ISBN 978-1-4757-4465-1, chapter 7, p: 141-183.

[۴۵] جهانگیری مهدی، نوروزی محمد امین، ساربان زاده کیوان. مدیریت و ارزیابی ریسک، جلد دوم. نشر فن آوران، مرداد ۱۳۸۸.

Abstract

Hazard identification, assessment and risk management aiming at reducing the frequency and consequences of the incidents are especially important in oil and gas industry. To reduce the consequences of incidents, prediction of the accidents before-the-fact (proactive) should be taken into consideration. In the past, forecasting was based on the after-the-fact (reactive) methods-learning from the past accidents. However, these days it is possible to use engineering softwares to predict the incident consequences and finally take the safety measures. In this study that carried in 2018, PHAST software is used to model the consequences of the possible events of a separator in Parsian Operational Zone. Weather data of the zone was collected from Meteorology Organization. In order to increase the accuracy of the simulation, the composition of the gas and other operation parameters are the real data of the zone. According to the results, scenario properties such as leakage size, type of scenario and the direction of the emission are the main factors for determining the consequences of the jet fire, flash fire, explosion and distribution of the toxic gases.

Keywords: Accident consequences, Hazard identification, Consequences Modeling, PHAST Software, Separator.



ENERGY INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION

Subject:

Consequence modeling of possible events of a separator
in Parsian Operational Zone by PHAST model

Thesis Advisor:

Mostafa Adelizadeh

&

Morteza Cheraghi

By:

Alimohammad Younesi

September 2019