فصلنامه مهندسی شیمی و کنترل آلاینده ها
https://mshca.science-journals.ir
جلد ۳، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص ۸۴ – ۷۳
شماره سریال استاندارد بین المللی: ۰۰۴۲-۲۸۲۱

شبیه سازی گازهای فلر و بررسی خطرات گاز ارسالی به فلر و آلایندگی آنها در پالایشگاه اصفهان

تحلیل سیستم های انرژی ایمنی و محیط زیست

نوید کردانی

۱. دکتری مکانیک

Navidkordani4@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

چکیده

بر اساس امار سالیانه بانک جهانی نزدیک به یکصد بیلیون متر مکعب گاز طبیعی سوزانده می شود یا باعث ضرر های جبران ناپذیری به محیط زیست می شوند. فلرها یکی از قسمت های مهم پالایشگاه ها –پتروشیمی ها یا چاه های نفت هستند که مواد سمی را دفع و به محیط زیست انتقال می دهند. عمده گازهای مصرفی در پالایشگاه اصفهان شامل هیدروژن –کربن دی اکسید –نیتروژن و سولفور اکسیژن می باشد. در این تحقیق به بررسی شبیه سازی انتشارگازهای فلر و خطرات انها در پالایشگاه اصفهان با استفاده از نرم افزارPHAST پرداخته شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داده است که تراکم الودگی و توده ابر غظت میتواند تا ۴ کیلومتری را تحت تاثیر قرار دهد و بر روی سلامتی جانداران و محیط زیست تاثیر گذار باشد و توده ابر غلظت خروجی فلر میتواند تا ۱۳۰ متری از سطح فلر در غلظت ۲۰۰۰۰□□□ بالا برود.

کلید واژه: شبیه سازی نرم افزار-پالایشگاه اصفهان-پیامد زیست محیطی-نرم افزارPHAST

مقدمه

فلرها دودکش هایی هستند که در تاسیسات و چاه های نفتی، پالایشگاه ها، پتروشیمی ها، تاسیسات شیمیایی جهت سوزاندن گازها استفاده می شوند. اگر احتراق در فلر کامل باشد باید تنها بخار آب، دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد به عنوان محصولات احتراق تولید شوند. اما در عمل کنترل احتراق گازها در نوک فلر امکان پذیر نبوده و از این رو غیر از ترکیبات مذکور، ترکیبات دیگری نظیر دوده، منواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، سولفید هیدروژن، ترکیبات آلی فرار نسوخته، هیدروکربن های آروماتیک چند حلقوی، گازهای اسیدی، دی سولفید کربن، کروم، آرسنیک و جیوه نیز تولید می شوند[۱] فلرها که به عنوان یکی از قسمتهای ضروری در چاههای نفت، پالایشگاه، پتروشیمی جهت سوزاندن گازها و ترکیبات قابل اشتعال و سمی تخلیه شد ه استفاده میگردد. از این رو، فلرها به عنوان یکی از منابع بزرگ انتشار دی اکسیدکربن، دی اکسید سولفور، و حتی هیدروژن سولفید و دیگرآلایندها مورد توجه قرار گرفته اند[۲].

پرداختن به موضوع فلر از دو جهت کلی دارای اهمیت است. اول آنکه گازهای ارسالی به فلر گازهای با ارزش اقتصادی قابل توجهی هستند و نکته دوم تاثیرات مخرب زیست محیطی ناشی از احتراق ناقص گازهای مذکور است که میتواند منجر به خطرات زیادی گردد[۳].

تجهیزات اندازه‌گیری گاز در سیستم فلر مهم‌ترین عامل در نظارت و کنترل سیستم فلر، که پراهمیت ترین آنها دبی سنج جریان گاز و آنالیز جریان گاز است در بعضی از کشورها مانند کشور نروژ همه فلر مجهز به دبی سنج‌ها یا کنتورهای استاندارد می‌باشند استاندارد نروژی مهم‌ترین استانداردی است که در زمینه اندازه‌گیری دبی گازهای فلر تدوین گردیده و مورد تایید صنایع نروژ نیز می‌باشد. ارزش گازهای فلر، درآمد حاصل از فروش گازهای بازیابی شده را تعیین می‌کند که در بررسی اقتصادی کل طرح اهمیت دارد. به‌عنوان نمونه برای یک مشعل با قطر ۳۰ اینچ، اگر ارتفاع شعله ۳۰ فوت باشد ارزش حرارتی و دلاری گازهای ارسالی به فلر ۱۰۰ میلیون Btu در ساعت و ۱۷۵۲۰۰۰ دلار در سال خواهد بود و جلوگیری از هدررفت و خطرات احتمالی بسیار حائز اهمیت است[۴] بر اساس آمارمنتشرشده توسط بانک جهانی، مقدار حجم گازهای سوزانده شده در شبکهٔ فلر، در سال ۲۰۲۲ معادل ۴۰۲۲ میلیارد فوت مکعب در دنیا بوده است. همچنین در این سال، درکشور ایران، ۲۸۲ میلیارد فوت مکعب گاز سوزانده شده است، که این مسئله موجب شده کشورمان رتبهٔسوم در جهان و رتبهٔ اول در خاورمیانه را در این زمینه دارا باشد[۵] شبیه‌سازی پیامد حوادث یکی از راه‌های بررسی دقیقِ رفتار سیال پس از رهایش می‌باشد.

نرم‌افزار PHAST یکی از معتبرترین نرم‌افزارهای شبیه‌سازِ پیامد حوادث نشتی و پخش شدگی مواد در محیط می‌باشد[۶] نرم‌افزار PHASTبرای مدل‌سازی پیامدهای ناشی از سناریوها با ریسک بالا، روش تحلیل ریسک کمی با استفاده از داده‌های ارزیابی ریسک به‌منظور تخمین فرکانس سناریوها و روش تحلیل رویداد برای تخمین فرکانس پیامدهای ناشی از سناریوهای تعریف شده، مورد استفاده قرار می گیرد[۷].

در ادامه باید گفت که مطالعات مختلفی با نرم افزار انجام گرفته و مقایسه نتایج حاصل از برخی مطالعات شبیه سازی با مقادیر اندازه گیری شده، موجب توسعه این روش شده است. به عنوان نمونه، جعفری گل و همکاران درسال ۱۳۹۳ از مدل AERMOD بهعنوان ابزاری برای تجزیه وتحلیل انتشار CO خروجی از دودکشها و فلرهای پالایشگاه گازی شماره ۴ پارس جنوبی واقع در منطقه عسلویه استفاده کردند و نتایج تحقیق نشان داد که بیشینه غلظت آلایندهCO در ایستگاه های پایش و پذیرنده های شبیه سازی بالاتر از

حد استاندارد می باشد[۸] هدف از انجام این پژوهش شبیه سازی شبکه فلرینگ گازهای پالایشگاه اصفهان به وسیله نرم افزار PHAST جهت بررسی شرایط محیط اطراف پالایشگاه از لحاظ میزان آلاینده ها و انتشار مواد سمی و شاخص های خطر جهت سلامتی کارکنان و مردم اطراف و همچنین تاثیر آن بر آب و خاک منطقه میباشد. و عمده تمرکز در این پژوهش بر روی گاز هیدروژن می باشد.

محدوده و روش ها

_محدوده مطالعاتی:

شرکت پالایش نفت اصفهان در۵ کیلو متری جاده تهران و در مجاورت شهرستان شاهین شهر و برخوار قرار گرفته است. ظرفیت تولید این پالایشگاه هم‌اکنون ۳۷۵ هزار بشکه در روز (سه واحد تقطیر ۱۲۵ هزار بشکه) است. خوراک پالایشگاه اصفهان توسط شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب تأمین می‌شود و نفت خام مورد نیاز آن به‌طور روزانه از طریق لوله‌ای به طول ۴۳۰ کیلومتر، از میدان نفتی مارون در استان خوزستان، ارسال می‌شود.

نرم افزارPHAST :

PHASTیک نرم افزار قابل قبول برای حوادث شیمیایی احتمالی می باشد که توسط شرکت DNV طراحی شده است. پیامد های ناشی از نرم افزار PHAST به سه صورت عمده انتشار –اتش سوزی و انفجار می باشد[۹] در این نرم افزار مدلهای مختلفی جهت شبیه سازی وقایع وجود دارد. این نرم افزار علاوه بر شبیه سازی تخلیه و انتشارمواد از انواع اتصالات و لوله ها، شکستگی در تجهیزات، ریزش سقف مخازن، دیسکهای پاره شونده، شیرهای اطمینان و یا تخلیه از محیطهای گازی، قابلیت شبیه سازی انواع آتش (آتش استخری، توپ آتش و یا جهت آتش) وانفجار مواد (انفجار مایع جوشان - ابر بخار توسعه یافته و یاانفجار ابر گاز) را داراست. این نرم افزار از یک بانک اطلاعاتی قوی مواد شیمیایی بهره مند است و به کاربر این اجازه را می دهد که علاوه بر انتخاب و کار با مواد خالص، مخلوط هایی از ترکیب چند ماده شیمیایی را به نرم ا فزار معرفی نموده و در صورت لزوم از آن استفاده نماید. در این بانک اطلاعاتی خواص مربوط به ۲۱ ماده شیمیایی به طور مفصل و ۲۲۲۰ ماده با اطلاعات کمتر ارائه شده است.

دامنه اطلاعات ورودی به این نرم افزار بسیار وسیع می باشدکه این امر نشان دهنده انعطاف پذیری بالای آن در مقایسه باسایر نرم افزارهایی است که در ارتباط با شبیه سازی به کارمیروند.از مهمترین اطلاعات ورودی به این نرم افزار میتوان به دما،فشار، دبی مواد ورودی، ترکیب درصد مواد ونوع سناریواشاره کرد[۱۰].

اطلاعات ورودی به نرم افزار PHAST

جدول۱. ترکیب درصد تقریبی گازهای فلر

Material	Result	Unit measurment
Methane	۲۶.۱	mol%
Ethane	۲.۶	mol%
propane	۴.۰	mol%
Iso-Butane	۳.۷	mol%
N-Butane	۳.۷	mol%
Iso-Pentane	۳.۱	mol%
N-pentane	۲.۰	mol%
Carbon dioxide	۰.۳	mol%
Hydrogen Sulfide	۰.۹	mol%
oxigen	۰.۱	mol%
nitrogen	۲.۵	mol%
Hidrogen	۵۱.۰	mol%

جدول ۲. مربوط به سناریو و اطلاعات های فرایند

Model	Multicomponent Vessel
Type of Event	Fixed Duration Release
Mass Inventory of material to discharge (kg	۱.۸۴□۶
Specified conditions	Pressure/Temperature
Discharge Pressure-gauge (bar)	۰.۶
Discharge Temperature (° C)	۲۵
Phase	vapor
Outdoor Release Direction	vertical
Pipe Diameter	۹۰۰
Elevation(m)	۱۰۰
Dispersion Concentration of interest	۱۵۰۰۰
Duration For Fixed Duration Scenario(sec	۳۶۰۰
Averaging Time Associated With Concentration	Flammable

با توجه به اطلاعات ارائه شده اداره هواشناسی استان اصفهان جداول ۳ ۴ ۵ ۶ تهیه شده اند.

جدول ۳. شرایط اب و هوایی فصل اول: فصل بهار به همراه وزش باد متوسط میانگین

دمای هوا	**۲۱.۶**
درصد رطوبت	**۳۱.۷**
مجموع ساعات تابش خورشید	**۹۰۶**

جدول ۴. شرایط اب و هوایی دوم: فصل تابستان به همراه وزش باد شدید

دمای هوا	**۳۰**
درصد رطوبت	**۲۷**
مجموع ساعات تابش خورشید	**۱۱۰۰**

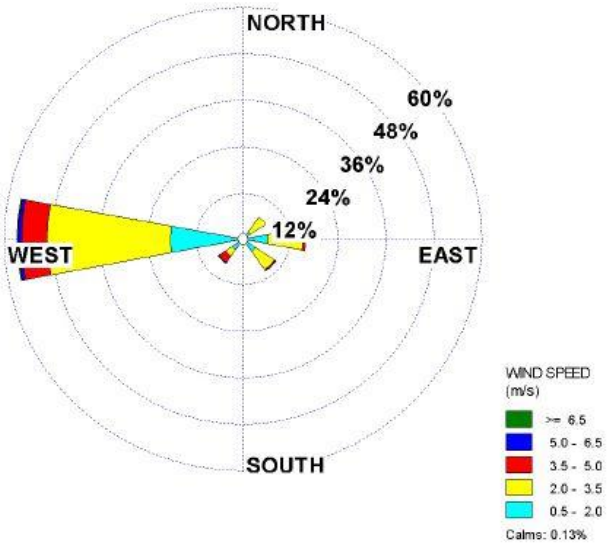
جدول ۵. شرایط اب و هوایی سوم- فصل پاییز به همراه وزش باد متوسط

دمای هوا	**۱۰.۴**
درصد رطوبت	**۴۸.۵**
مجموع ساعات تابش خورشید	**۶۹۸**

جدول ۶. شرایط آب و هوایی چهارم-فصل زمستان به همراه وزش باد متوسط

دمای هوا	**۶.۶**
درصد رطوبت	**۵۰**
مجموع ساعات تابش خورشید	**۶۹۸**

نمودار گلباد سالیانه در اصفهان



نمودار۱. گلباد سالانه باد غالب اصفهان برحسب متربرثانیه

میانگین سالانه سرعت بادهای غالب در اصفهان تقریباً ۲/۵ متربرثانیه است. در ایستگاه اصفهان جهت وزش بادهای غالب در طول سال؛ غربی است. همچنین جهت وزش بادهای غالب در تمامی فصول سال به غیر از تابستان؛ غربی است. در فصل تابستان جهت وزش شرقی می باشد.

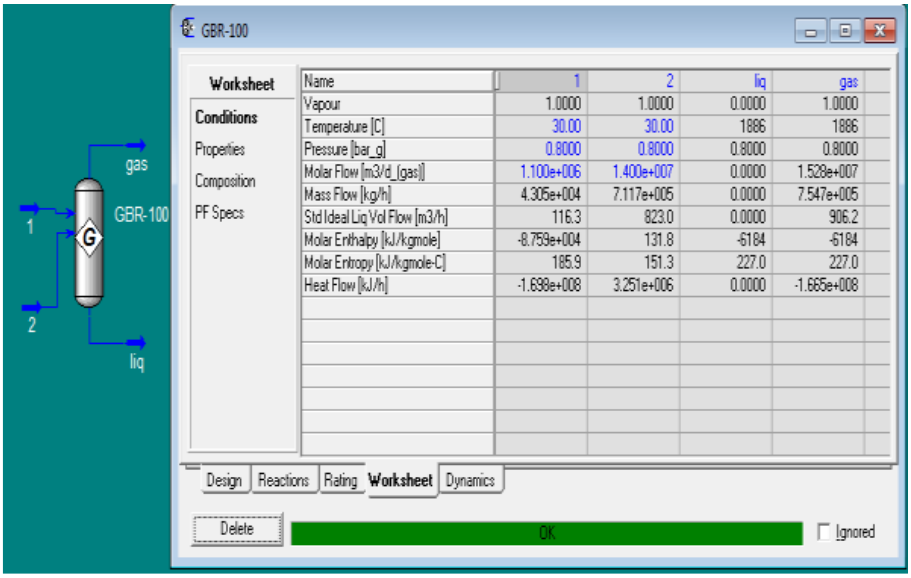
معیار پایداری Pasquill

در این تقسیم بندی، پایداری لایه های جوی به شش رده با خصوصیات کاملاً متفاوت تقسیم می کنیم که مفاهیم هر کدام در جدول ۷ آمده است[۱۱].

جدول ۷. رده های پایداری جوی از دیدگاه Pasquill

رده‌ی پایداری جوی	خصوصیات مربوطه
A	کاملاً ناپایدار
B	نسبتاً ناپایدار
C	به میزان بسیار کم ناپایدار
D	خنثی
E	پایدار
F	کاملاً پایدار

این نکته حائز اهمیت می باشد که میزان خروجی گازها از نرم افزار PHAST قابل محاسبه نیست و باید ازراکتور گیپس در نرم افزار HYSYS استفاده کرد.

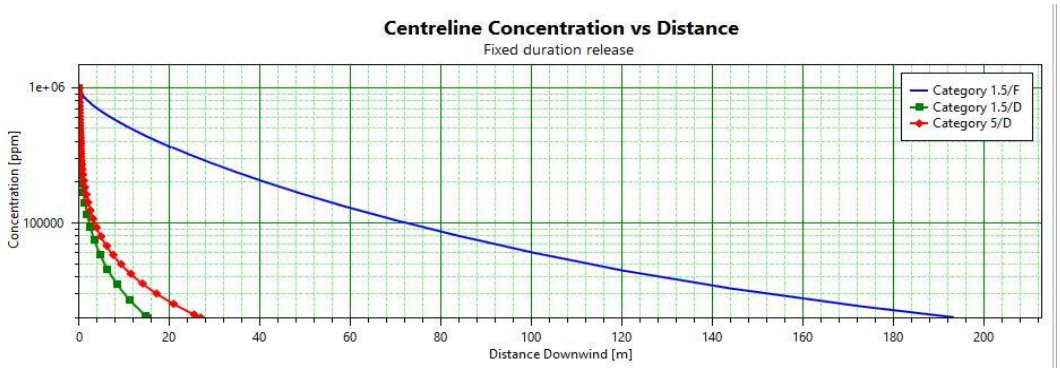


Name	1	2	liq	gas
Vapour	1.0000	1.0000	0.0000	1.0000
Temperature [C]	30.00	30.00	1886	1886
Pressure [bar_g]	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000
Molar Flow [m3/d_(gas)]	1.100e+006	1.400e+007	0.0000	1.528e+007
Mass Flow [kg/h]	4.305e+004	7.117e+005	0.0000	7.547e+005
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	116.3	823.0	0.0000	906.2
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-8.759e+004	131.8	-6184	-6184
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	185.9	151.3	227.0	227.0
Heat Flow [kJ/h]	-1.698e+008	3.251e+006	0.0000	-1.665e+008

شکل۱. مشخصات گاز خروجی از فلر با استفاده از نرم افزارHYSYS

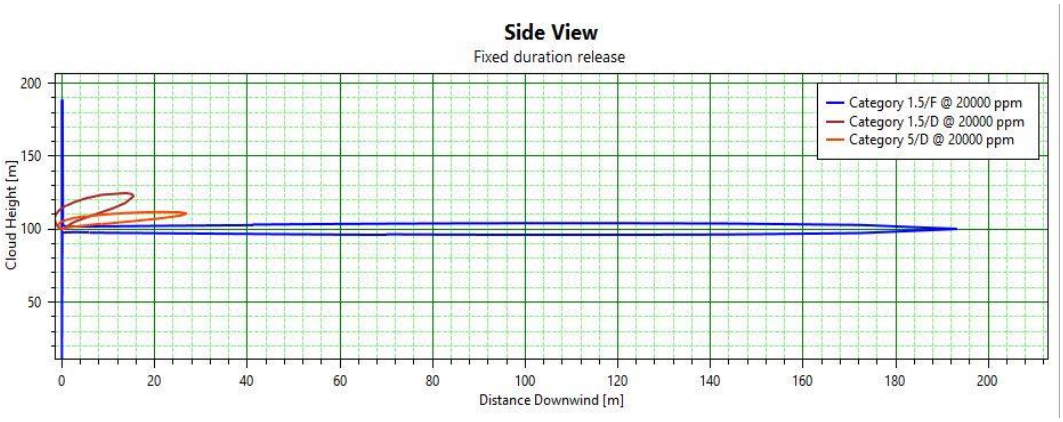
بحث و یافته ها

نتایج از نرم افزار به این شرح است:



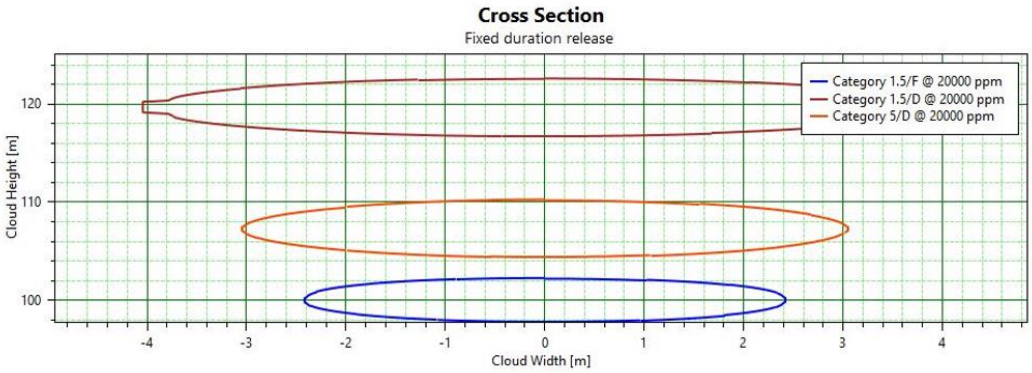
شکل۲

شکل۲ نشان دهنده تغییرات غلظت مواد ورودی به فلر بر حسب طول C/L برای شرایط اب و هوایی مذکور ازسناریو Fixed Duration Release می باشد. و نتایج حاصل ازآن نشان می دهد که بیشترین میزان تجمع غلظت و زمان کوتاه و انتشار الودگی در آب و هوای ۱,۵ می باشد که میزان غلظت تا ۱۰۰۰۰۰۰ می تواند انتشار پیدا کند و فاصله انتشار می تواند در فاصله ۱۹ به سطح زمین برسد.



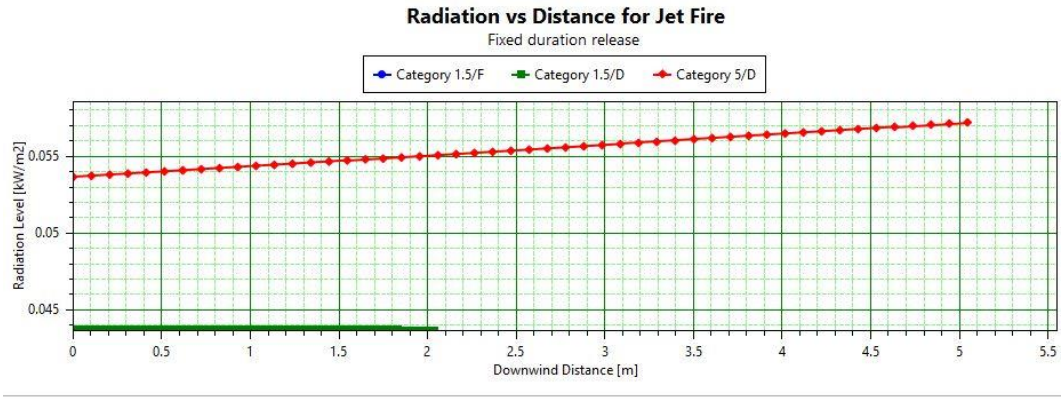
شکل۳

شکل۳ نشان دهنده تراکم ابرمواد ورودی انتشار یافته از فلربر اساس فاصله در جهت باد و ارتفاع ابر ایجاد شده از نمای جانبی برای هر چهار شرایط آب و هوایی از سناریو Fixed Duration release می باشد. همان طور که مشخص است انتشار مواد از سطح ۱۰۰ متری زمین شروع میشود و در اب و هوای ۵ که اخر پاییز و اوایل زمستان می باشد دارای بیشترین غلظت و الایندگی است اما در اب و هوای ۱,۵ میزان پراکندگی انتشار در جهت باد بسیار بیشتر است.



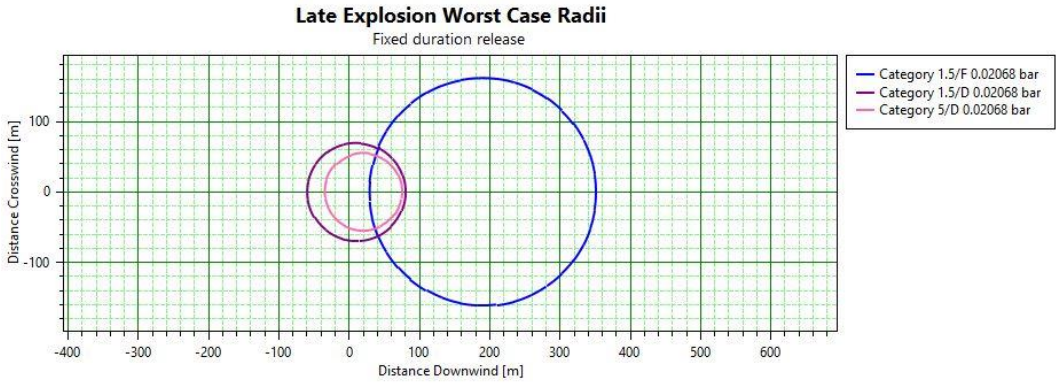
شکل۴

شکل ۴ بیان گر تراکم ابر مواد ورودی انتشار یافته از فلر از محل تقاطع دو سمت جانبی فلر میباید و گستردگی توده ابر غلظت را نمایان میکند. همان طور که مشخص است در اب و هوای ۵ میزان توده الودگی بیشتر و گسترده تر است اما در شرایط ۱,۵و ۱,۵ ارتفاع ابر غلظت تزدیک به سطح زمین است.



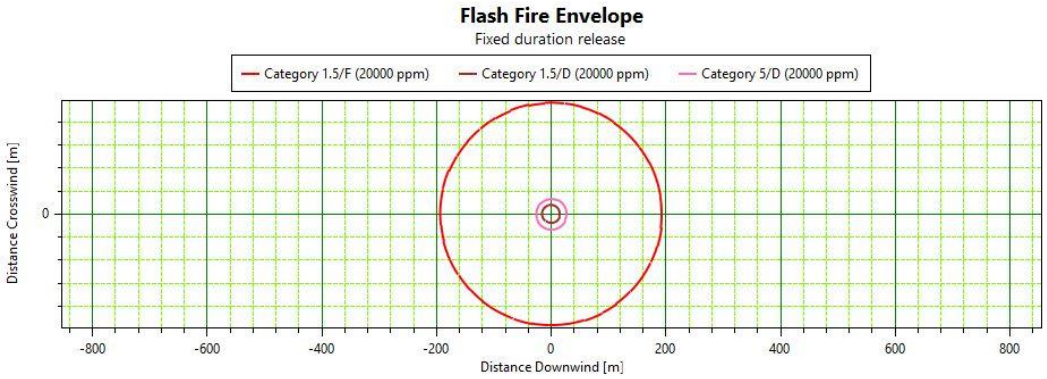
شکل ۵

در شکل ۵ مشخص است که در اب و هوای زمستانی با توجه غلظت بیشتر و میزان گستردگی الایندگی بیشتر و در صورت بروز حادثه تا نزدیک به ۵,۵ متر از محل حادثه از بین ببرد.



شکل۶

همان طور که از شکل پیداست در صورت انفجار اب و هوای هوای ۱,۵ میتواند شعاع بیشتری را تحت تاثیر قرار دهد اما فرصت برای کنترل ان بیشتر است اما در اب وهوای خنثی(پاییز) میزان شعاع توده ابر غلظت کم تر ولی مدت زمان برای مهار آن کم تر است.



شکل۷. مربوط به آتش ناگهانی برحسب فاصله

هر چهار شرایط آب و هوایی از سناریو Fixed Duration Release می باشد. و نتایج حاصل از آن نشان داد که بیشترین میزان آتش ناگهانی مربوط به فصل زمستان بوده و نکته دیگر اینکه از آنجایی که غلظت های به دست آمده پایی نتراز حد اشتعال پذیری می باشند.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از سناریو Fixed Durartion release نشان داد که فصل زمستان با توجه به مقادیر به دست آمده برای آن و نیز به دلیل پایداری جوی ومیزان رطوبت زیاد جزء خطرناکترین فصول سال به شمارآمده است. به طوری که توانسته ابر تراکم را تا فاصله ۴ کیلومتری از شعله فلرتحت پوشش خود قرار دهد نکته بعدی که از نتایج حاصل از شبیه سازی به دست آمده این است که آلاینده خروجی از فلرکه شامل ترکیب گاز فلرمی باشد، در مقایسه با جدول حد مجازآلاینده ها ونیزنتایج حاصل از شبیه سازی بالاترین غلظت □□□۲۰۰۰۰ فاصله ۱۱۰متری از منبع انتشار شعله فلرخواهد داشت که این امر باعث شده این آلاینده پس از طی نمودن مسافتی درهوا در نهایت برروی کوه ها ومراتع اطراف محیط پالایشگاه فرود آید و شاهد عدم رشد گیاهان دراطراف این مجتمع باشیم و باید این نکته را درنظر گرفت، ازاین رو روستاها و شهرهای اطراف که در مسیر عبور این آلاینده قرار می گیرند ضمن اینکه دچار ناراحتی پوستی خواهند شد، در دراز مدت نیز از لحاظ تنفسی آسیب خواهند دید.

منابع

[۱] شهبازی، امین؛ عباسی. (۱۳۹۷) مروری بر آلایندگی گاز فلر و پیامد آن بر محیط زیست، چهارمین کنفرانس بین المللی محیط زیست با محوریت توسعه پایدار.

[۲] حق جو، کوشا. (۱۳۹۷) شناسایی رتبه بندی خطرات ناشی از احتراق گاز ترش توسط فلر در منطقه پارس جنوبی به روش Toprsis، دومین کنفرانس های اقتصادی و حسابداری با رویکرد پایداری اشتغال در صنعت.

[۳] دوستی؛ اکبری؛ علی حسینی. (۱۳۹۶) شبیه سازی الگوی انتشار آلاینده ها حاصل از فلرینگ در پالایشگاه گاز ایلام با استفاده از نرم افزار PHAST و تعیین اثرات فلرینگ، دانشگاه آزاد تهران.

[۴] ابدی؛ ایرانی؛ توسلی. (۲۰۲۱) استفاده از گاز فلر برای تولید سوخت مایع وجلوگیری از آلودگی معیار زیست، دانشگاه علوم تحقیقات.

[۵] یونسی، محمد؛ رشتچیان، داوود. (۱۳۸۸) برای آنالیز پیامد تانک آمونیاک در مجتمع پتروشیمی کرمانشاه، سومین همایش های مهندسی ایمنی و مدیریت MSE، دانشگاه صنعتی شریف.

[۶] میثمی، حسین؛ عبادی، تقی؛ احرازی پور؛ منیه پور. (۱۳۹۲) شبیه سازی پیامد حوادث با استفاده از نرم افزار PHAST، دانشگاه امیرکبیر.

[۷] مبصری ، آناهیتا؛ فتوره چی، هومن؛ فروغی، محمد؛ قربانیان؛ سهراب (۱۴۰۱) شبیه سازی و تحلیل کیفی و کمی فرایند تولید سوربتول، دانشگاه تهران.

[۸] دوستی؛ اکبری؛ علی حسینی. (۱۳۹۶) شبیه سازی الگوی انتشار آلاینده ها حاصل از فلرینگ در پالایشگاه گاز ایلام با استفاده از نرم افزار PHAST و تعیین اثرات فلرینگ، دانشگاه آزاد تهران.

[۹] ثابتی، فاطمه . (۱۳۹۹) آنالیز پیامدسازی حوادث مخزن ذخیره نفت خام با استفاده از نرم افزار PHAST، دانشگاه علم و فرهنگ تهران.

[۱۰] لنگری، حسین؛ شامحمدی، ابراهیم؛ رشتچیان، داوود. (۱۳۸۹) آنالیز نرم افزار پیامد با ALONA – PHAST – نخستین همایش بین المللی در صنایع نفت و انرژی.

[۱۱] نصیری، محمد؛ کردانی، نوید. (۱۴۰۱) شبیه سازی گاز فلر با نرم افزار PHAST- مطالعات علوم علمی و کاربردی.

تشکر و قدردانی

این پژوهش در قالب حمایت از پروژه های تحصیلات تکمیلی شرکت پالایش نفت و گاز اصفهان انجام شده که در این ارتباط لازم است از همکاری و مساعدت صمیمانه پرسنل و مهندسین و به خصوص کارشناسان محترم واحد پژوهش این پالایشگاه تشکر و قدردانی به عمل آید.