



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## مدل سازی پیامد انفجار مخازن نگهداری اتیلن اکساید با استفاده از نرم افزار PHAST (مطالعه موردی در یک صنعت پتروشیمی)

حمیدرضا چراغی<sup>۱</sup>، احمد سلطانزاده<sup>۲،۳\*</sup>، سمیرا قیاسی<sup>۱</sup>

- ۱- گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران
- ۲- گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم، قم، ایران
- ۳- مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم، قم، ایران

### اطلاعات مقاله: چکیده

زمینه و هدف: اتیلن اکساید (EO) ماده‌ای بسیار سمی و خطرناک با پتانسیل بالای انفجار و حریق است و واحدهای تولید اتیلن اکساید در میان پرمخاطره‌ترین واحدهای صنایع پتروشیمی قرار دارند. این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی پیامد ناشی از انفجار مخازن نگهداری EO در یکی از صنایع پتروشیمی ایران طراحی و انجام شده است.

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۵  
تاریخ ویرایش: ۹۷/۰۳/۰۸  
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۱۲  
تاریخ انتشار: ۹۷/۰۶/۲۶

روش بررسی: در این مطالعه پیامدهای ناشی از انفجار EO در مخازن نگهداری یک صنعت پتروشیمی شناسایی و مورد تحلیل قرار گرفته است. این مطالعه در سال ۱۳۹۶ و با استفاده از نرم افزار PHAST، 6.54 انجام شده است. برای این مطالعه دو شرایط آب و هوایی شامل شرایط آب و هوایی اول (بهار و تابستان) و شرایط آب و هوایی دوم (پاییز و زمستان) در نظر گرفته شد. یافته‌ها: نتایج مدل‌سازی برای شرایط آب و هوایی اول و دوم نشان داد که در اثر پیامد انفجار به ترتیب تا شعاع ۲۰۴ و ۲۵۶ متری امکان ایجاد خسارات شدید وجود دارد. علاوه بر این، معیارهای سنجش پیامد حوادث مرتبط با سطوح آسیب مانند موج انفجار، سرعت و جهت وزش باد در اثر وقوع سناریو تخلیه ناگهانی و در نظر گرفتن نتایج عددی مربوط به مدل‌سازی، پیامد این سناریو در شرایط آب و هوایی دوم (پاییز و زمستان) نسبت به شرایط آب و هوایی اول (بهار و تابستان) بیشتر است. نتیجه‌گیری: یافته‌های مطالعه بیانگر این است که علاوه بر خطر بسیار بالای انفجار مخازن نگهداری EO، سناریوهای مدل‌سازی شده در شرایط آب و هوایی مختلف دارای پیامد متفاوت بوده، بنابراین بایستی توجه جدی‌تری به ایمنی این تجهیزات به‌عنوان کانون‌های خطر در این صنعت پتروشیمی و صنایع مشابه شود.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی پیامد، پتروشیمی، اتیلن اکساید، مخزن نگهداری

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

asoltanzade@muq.ac.ir

## مقدمه

صنایع فرایندی مانند پتروشیمی، اغلب با مواد شیمیایی خطرناک و واحدهای عملیاتی تحت شرایط حاد با حجم عظیم نگهداری مواد خطرناک، فشار و دمای بالا سروکار دارند. بنابراین، احتمال وقوع حوادثی از قبیل نشت مواد سمی، انفجار و آتش‌سوزی در آنها وجود دارد (۱، ۲).

از مهمترین مواد خطرناک موجود در این صنایع می‌توان به اتیلن اکساید (EO) اشاره کرد که به دلیل سمیت بالا می‌تواند برای انسان خطرناک بوده و در شرایط عملیاتی حاد، پتانسیل ایجاد حوادث بسیار عظیمی از نظر تلفات، میزان خسارت و تخریب در مسافت‌های طولانی را دارد. در مطالعه مربوط به عوارض شغلی ناشی از EO با تاکید بر اثرات تنفسی آن، نشان داده شده است که مواجهه با EO حتی در غلظت‌های کم سبب کاهش معنی‌دار عملکرد ریه شده، همچنین به دلیل خواص شدید انفجاری و قابلیت نشت، انفجار گاز EO می‌تواند باعث مرگ و فجایع بزرگ گردد. این نتایج در تحقیقات Neghab و همکاران مشاهده گردیده است (۳). EO ماده‌ای به شدت آتش‌گیر و قابل انفجار است که آتش‌گیری آن تابع خواص سیستم موجود بوده و محدوده آتش‌گیری مخلوط آن با هوا بین ۲/۶ تا ۱۰۰ درصد حجمی EO است، یعنی تنها در رقت کمتر از ۲/۶ درصد حجمی در هوا و در حضور منبع جرقه آتش نمی‌گیرد. البته EO خالص هم بدون حضور هوا تجزیه شده و حرارت زیادی آزاد می‌کند. این بازه گسترده، بیانگر شدت خطر آتش‌گیری در مورد این ماده شیمیایی است (۳، ۴).

برای مدیریت ریسک واحدهای فرایندی، علاوه بر محاسبه احتمال رخداد حوادث نامطلوب نیاز به محاسبه شدت تاثیرات و عواقب این حوادث نیز بوده، تا بدین‌وسیله ریسک اولویت‌بندی شده و اقدامات کنترلی مانند حذف یا تلاش برای کاهش عواقب آن انجام شود. محاسبه شدت عواقب و پیامدهای حوادث احتمالی تحت عنوان تحلیل و مدل‌سازی پیامد شناخته می‌شود. پیامدهای اصلی رهایش مواد قابل اشتعال و سمی در محیط، آتش‌سوزی، انفجار و انتشار مواد سمی است. مدل‌سازی پیامد به مفهوم پیش‌بینی اثرات و پیامدهای ناشی از رهایش

و انتشار یک ماده در محیط به‌وسیله مدل‌های ریاضی است. با استفاده از این مدل‌سازی ریاضی می‌توان اثرات حوادث را به‌صورت آسیب به سرمایه، تجهیزات و اثرات سوء بر سلامت افراد در معرض و محیط زیست ارزیابی کرد (۵).

بنابراین، براساس آنچه درباره قابلیت انفجار EO بیان شد، این مطالعه با هدف تحلیل و مدل‌سازی پیامد و تعیین میزان خسارت ناشی از انفجار به دلیل نشت محتمل EO از مخازن نگهداری در یک صنعت پتروشیمی بر روی افراد و تجهیزات مناطق صنعتی مجاور و ارائه راهکارهای کنترلی و کاهش آسیب و خسارات محتمل در شرایط نگهداری، طراحی و انجام شده است. انتظار می‌رود یافته‌های این مطالعه بتواند به ارائه طرحی برای واکنش سریع در برابر این نوع حادثه کمک نماید.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه پیامدهای ناشی از انفجار EO در مخازن نگهداری شرکت پتروشیمی شازند در سال ۱۳۹۶ مورد تحلیل قرار گرفته است. لازم به ذکر است که در این مطالعه به منظور مدل‌سازی سناریوها، دو وضعیت آب و هوایی غالب و با میانگین‌گیری از داده‌های موجود در سال ۱۳۹۵ و با توجه به داده‌های سازمان هواشناسی منطقه شازند شامل دما، رطوبت سرعت و پایداری جوی و شرایط نگهداری مخازن EO به عنوان ورودی نرم‌افزار PHAST در نظر گرفته شده است. نرم‌افزار PHAST پس از دریافت اطلاعات و پارامترهای مورد نیاز و با توجه به سناریوی مورد مطالعه پیامد حادثه را مدل‌سازی می‌کند و نتایج را در قالب نمودارها و نقشه‌های الکترونیکی منتشر می‌کند.

## اجرای مطالعه

اجرای این مطالعه شامل پنج مرحله شناسایی، ارزیابی بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)، جمع‌آوری اطلاعات، مدل‌سازی و نتیجه‌گیری بود. در گام شناسایی منطقه مورد مطالعه که یکی از بزرگترین مجتمع‌های پتروشیمی با مواد بالقوه خطرناک است، تجهیزات و واحدهای مجاور، مسافت و نزدیکی به منطقه مورد نظر شناسایی شده و شرایط آب و هوایی و توپوگرافی منطقه مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. در گام ارزیابی HSE، میزان

و زمستان) برای مخازن EO است. این نتایج براساس فرایند مدل‌سازی ارائه گردیده است.

تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد بررسی و مخازن مورد نظر در شکل ۱ نشان داده شده است.

### سناریوهای محتمل

در این مطالعه تنها سناریوی محتمل مربوط به ترکیدگی مخزن مدل‌سازی شده است. در شبیه‌سازی صورت گرفته بر روی مخازن EO سه نوع سناریو شامل ترکیدگی مخزن (Rupture)، نشتی مایع مخزن (Liquid Leakage) و نشتی گاز مخزن (Gas Desperation) می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. سناریو ترکیدگی مخزن در مخازن EO شامل پیامدهای انفجار، آتش استخری و آتش ناگهانی بود.

### اطلاعات مورد نیاز برای مدل‌سازی پیامد

داده‌ها و اطلاعات لازم برای شبیه‌سازی سناریوهای انفجار ماده EO در نرم افزار PHAST شامل پارامترهای موثر بر چگونگی تخلیه و انتشار مواد مانند شرایط مخزن نگهداری EO (حجم ماده ذخیره شده، فشار، دما و ابعاد مخزن)، شرایط جغرافیایی محل وقوع سناریوها و شرایط آب و هوایی (دما، فشار جو، سرعت و جهت باد، رطوبت و پایداری جوی) جمع‌آوری شد. در صنعت پتروشیمی مورد مطالعه به منظور نگهداری EO از دو مخزن کروی با مشخصات جدول ذیل استفاده شده بود. جدول ۱ شرایط نگهداری مخازن EO شامل قطر مخزن، ظرفیت نگهداری، ارتفاع از سطح زمین، فشار، دما و ظرفیت طراحی را نشان می‌دهد.

حوادث اتفاق افتاده در روی خط لوله، دستورالعمل‌های مقررات ایمنی حمل و بارگیری محصول EO در صنعت پتروشیمی مورد مطالعه و استانداردهای مورد نیاز EO تحلیل شد. در مرحله جمع‌آوری، کلیه داده‌های مورد نیاز برای مدل‌سازی پیامد با استفاده از نرم افزار PHAST, 6.54 جمع‌آوری شد. در گام مدل‌سازی، سناریوی ترکیدگی مخزن مورد نظر و تاثیرات آن و بدترین حالت جهت محاسبات و ارزیابی پیامد مذکور تحلیل و مدل شد. در نهایت، نتیجه‌گیری و راهکارهای کنترلی براساس یافته‌های این مدل‌سازی ارائه شد.

### نرم افزار PHAST

نرم افزار PHAST یکی از قویترین و مشهورترین نرم افزارهایی است که به منظور مدل‌سازی حوادث ناشی از رهائش مواد سمی، آتش‌سوزی و انفجار عرضه شده است و به‌عنوان یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری در موضوع تحلیل مخاطرات صنعتی و ایمنی شناخته شده است. این نرم افزار با بسیاری از قوانین و مقررات بین‌المللی همخوانی داشته و به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی از توانایی‌های این نرم‌افزار، می‌توان به برنامه‌ریزی برای ذخیره مواد، جانمایی تجهیزات، کنترل آلودگی و طرح‌ریزی واکنش در شرایط اضطراری اشاره کرد (۶، ۷).

### یافته‌ها

نتایج مربوط به مدل‌سازی ناشی از انفجار برای دو شرایط آب و هوایی اول (بهار و تابستان) و شرایط آب و هوایی دوم (پاییز



شکل ۱- محدوده قرار گرفتن سناریو بر روی نقشه ماهواره‌ای

جدول ۱- مشخصات مخازن نگهداری EO

پارامتر	مقدار
قطر (mm)	۶۶۰۰
حجم (m <sup>3</sup> )	۱۰۸
ارتفاع از زمین (m)	۱/۸
فشار (barg)	۳/۱
دما (°C)	-۵
حجم طراحی (m <sup>3</sup> )	۱۵۰

### دمای هوا

میانگین دمای هوا براساس متوسط‌گیری خطی برای بازه شش ماه اول سال (بهار و تابستان) ۲۳°C و برای بازه شش ماه دوم سال (پاییز و زمستان) ۵°C محاسبه شد.

### رطوبت هوا

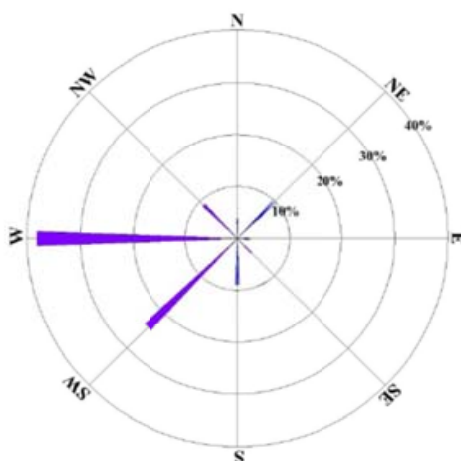
مقادیر رطوبت هوای متوسط برای بازه شش ماه اول سال (بهار و تابستان) ۱۹ درصد و برای بازه شش ماه دوم سال (پاییز و زمستان) ۵۲ درصد محاسبه شد.

### سرعت و جهت وزش باد غالب

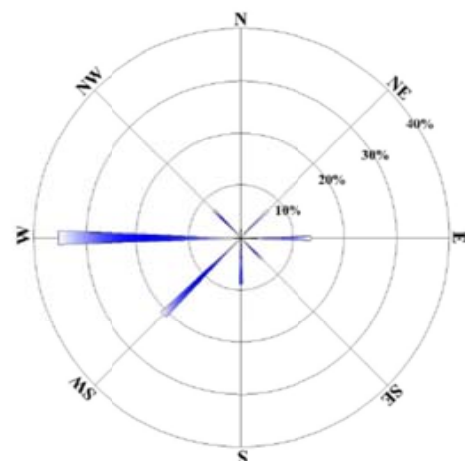
متوسط سرعت وزش باد به‌عنوان یکی از مهمترین و تاثیرگذارترین پارامترهای تشکیل‌دهنده شرایط آب و هوایی برای بازه زمانی شش ماه اول سال (بهار و تابستان) ۵ m/s و برای بازه زمانی شش ماه دوم سال (پاییز و زمستان) ۱/۵ m/s محاسبه شد. به‌علاوه، براساس نمودارهای گلباد تهیه شده برای بازه زمانی اول (نمودار ۱) و بازه زمانی دوم (نمودار ۲)، سمت غرب و جنوب غرب به‌عنوان جهت‌های غالب وزش باد در طول سال در نظر گرفته شد. در جدول ۲ میانگین پارامترهای آب و هوایی مختلف در دو

### شرایط آب و هوایی

پارامترهای مشخص‌کننده وضعیت آب و هوا به‌عنوان یکی از الزامات انجام مدل‌سازی شامل دما، رطوبت هوا، سرعت و جهت غالب وزش باد از طریق داده‌های هواشناسی یک سال گذشته جمع‌آوری گردید. براساس نتایج ارزیابی داده‌های آب و هوایی جمع‌آوری شده، دو وضعیت آب و هوایی غالب (با میانگین‌گیری از داده‌ها و اطلاعات موجود در سال‌های اخیر با توجه به داده‌های سازمان هواشناسی کشور) شامل شرایط آب و هوایی اول (بهار و تابستان) و شرایط آب و هوایی دوم (پاییز و زمستان) تعیین شد.



نمودار ۲- نمودار گلباد مربوط به بازه دوم سال



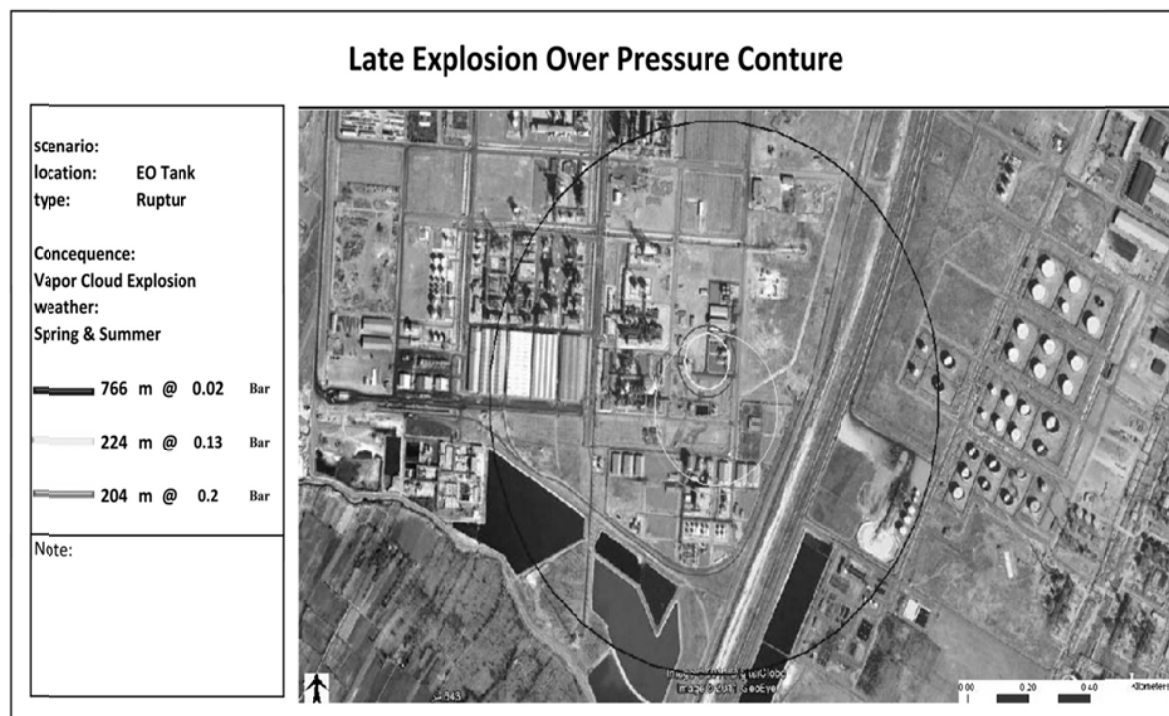
نمودار ۱- نمودار گلباد مربوط به بازه اول سال

قابل احساس است. یافته‌های شکل ۳ برای شرایط آب و هوایی دوم نشان می‌دهد که در اثر پیامد انفجار تا شعاع ۲۵۶ m امکان ایجاد خسارات شدید وجود دارد و تا شعاع ۷۷۳ m آثار ناشی از آن به راحتی قابل احساس است. مقایسه این دو سناریو برای دو شرایط آب و هوایی مورد نظر نشان داد که تبعات این سناریو در شرایط آب و هوایی دوم (پاییز و زمستان) نسبت به شرایط آب و هوایی اول (بهار و تابستان) بیشتر است.

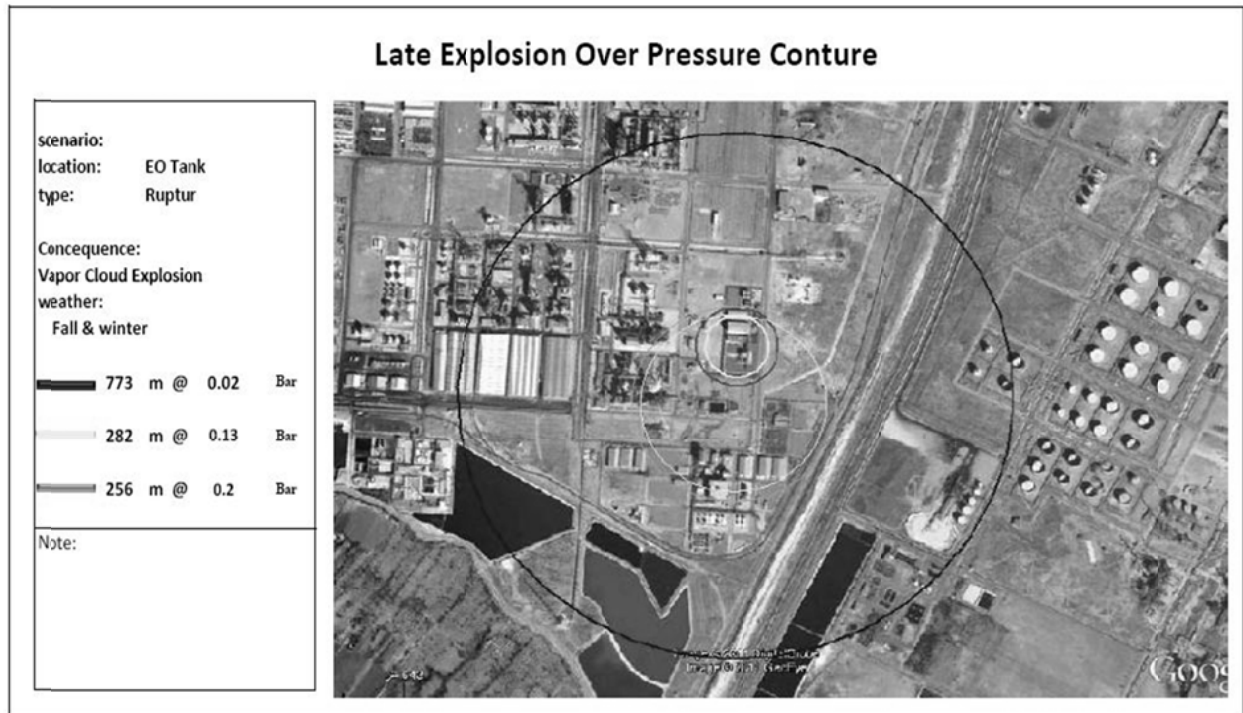
بازه زمانی مختلف (شش ماهه اول و دوم سال ۱۳۹۵) براساس اطلاعات هواشناسی منطقه مورد مطالعه محاسبه شده است. لازم به ذکر است که در تقسیم‌بندی پاسکوییل، کلاس جوی A، B، C نشان‌دهنده جو ناپایدار، D نشان‌دهنده جو خنثی و E و F نشان‌دهنده جو پایدار است. یافته‌های شکل ۲ برای شرایط آب و هوایی اول نشان می‌دهد که در اثر پیامد انفجار تا شعاع ۲۰۴ m امکان ایجاد خسارات شدید وجود دارد و تا شعاع ۷۶۶ m آثار ناشی از آن به راحتی

جدول ۲- اطلاعات مربوط به شرایط آب و هوایی منتخب

پارامترهای آب و هوایی	بهار و تابستان	پاییز و زمستان
دما (°C)	۲۳	۵
رطوبت (درصد)	۱۹	۵۲
سرعت باد (m/s)	۵	۱/۵
پایداری جوی	D	F



شکل ۲- مدل‌سازی ترکیب‌گی مخزن EO برای ترازهای مربوط به موج انفجار در شرایط آب و هوایی اول



شکل ۳- مدل‌سازی ترکیب‌گی مخزن EO برای ترازهای مربوط به موج انفجار در شرایط آب و هوایی دوم

### بحث

پیامد حوادث رخ داده در هر یک از دو مخزن تحلیل شده، تنها پیامدهای محدود به‌روز آنها را در پی نخواهد داشت، بلکه خطر رخداد و حوادث زنجیره‌ای و درگیر شدن مخزن مجاور نیز وجود دارد. در این بین مخازن مورد مطالعه به دلیل دارا بودن حجم بالای اتیلن اکساید پتانسیل بالایی جهت ایجاد حوادث گسترده‌تری دارا هستند. این نتایج در تحقیقات

نوع پیامد ممکن در اثر وقوع سناریوی تخلیه ناگهانی و نتایج عددی مربوط به مدل‌سازی در جدول ۳ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که سطوح آسیب در نظر گرفته شده برای موج انفجار برحسب میزان افزایش فشار ایجاد شده نسبت به فشار اتمسفریک و شامل سه سطح (سطح آسیب اول: ۰/۰۲ barg، سطح آسیب دوم: ۰/۱۳ barg و سطح آسیب سوم: ۲/۰ barg) بود.

جدول ۳- نوع پیامد ممکن در اثر وقوع سناریو تخلیه ناگهانی و نتایج عددی مربوط به مدل‌سازی

بیشترین شعاع پوشش داده شده در جهت وزش باد (m)			نوع پیامد	نوع آب و هوا
سطح آسیب اول	سطح آسیب دوم	سطح آسیب سوم		
۲۰۴	۲۲۴	۷۶۶	انفجار	آب و هوای اول
۱۶۵	-	-	میزان مرگ‌ومیر بالای ۸۰٪	
۲۵۶	۲۸۲	۷۷۳	انفجار	آب و هوای دوم
۲۱۸	-	-	میزان مرگ‌ومیر بالای ۸۰٪	

مرزهای پتروشیمی محدود نشده و فراتر از آن نیز می‌رود. این مطلب لزوم پرداختن جدی‌تر به ایمنی این تجهیزات به عنوان کانون‌های خطر در صنعت پتروشیمی بیش از پیش آشکار می‌سازد (۱۰).

با توجه به آبی بودن پدیده انفجار، زمان نمی‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در میزان پیامدهای ناشی از آن داشته باشد. لذا تنها عامل تعیین کننده مخرب در این بین تنها موج انفجار ایجاد شده است که معمولاً برحسب میزان افزایش فشار ایجاد شده نسبت به فشار اتمسفریک بیان می‌شود. بنابراین براساس نتایج حاصل از مدل سازی پیامد در جدول ۳، تحلیل پیامد حوادث ناشی از انفجار در نقاط گوناگون، که در آنها تجهیز خاص یا احتمال حضور انسان وجود دارد با معیارهای فوق مقایسه می‌شود. این نتایج در مجموعه الزامات انجمن مهندسين شیمی آمریکا مشاهده گردیده است (۱۱).

لازم به ذکر است، با توجه به اینکه یکی از اقدامات موثر در کاهش تلفات انسانی در زمان انفجار و انتشار گازهای سمی اطلاع‌رسانی به موقع به افراد جهت انفجارها و عواقب بعدی است، بنابراین تهیه طرح واکنش در شرایط اضطراری نقش موثری در محدود نمودن اثرات زاینبار انفجار و انتشار مواد سمی و خطرناک خواهد داشت (۷). بعلاوه، سناریوهای مربوط به مدل سازی پیامد شامل تهیه طرح واکنش در شرایط اضطراری، اجرای قوانین ایمنی، برطرف کردن نقایص مکانیکی می‌توانند منجر به کاهش خسارت‌های مالی و آسیب به نیروی انسانی شوند، از طرفی پارامترهای طراحی شامل دما و فشار در فرایند، پارامترهای جغرافیایی مانند شرایط دمایی و رطوبت محیط، پارامترهای مرتبط با نگهداری ترکیبات مانند سمیت، درجه آتش‌گیری و انفجار می‌توانند تاثیر به‌سزایی در نتایج مدل سازی پیامد داشته باشند (۱۲).

اگرچه در این مطالعه سعی شد یک مدل سازی براساس واقعیات موجود و فرایند حادثه انفجار در مخازن اتیلن اکساید صورت گیرد، اما به نظر می‌رسد طراحی و اجرای مطالعه‌ای کامل‌تر با دامنه و گستردگی کل فرایند صنعت پتروشیمی که بتوان بر هم‌کنش و اثرات متقابل سازه‌ها، فرایندهای مدیریتی و نیروی

Abdolhamidzadeh و همکاران و همچنین López-Molina و همکاران مشاهده گردیده است (۸، ۹). همچنین تحلیل نتایج با توجه به معیارهای سنجش حوادث شامل سطوح آسیب مربوط به موج انفجار، سرعت و جهت وزش باد در اثر وقوع سناریوی مربوط به ترکیبگی مخزن، نشان می‌دهد تبعات این سناریو در شرایط آب و هوایی دوم (پاییز و زمستان) نسبت به شرایط آب و هوایی اول (بهار و تابستان) بیشتر است. این موضوع با در نظر گرفتن میزان پارامترهای شرایط جوی از جمله دما، رطوبت، پایداری جوی، سرعت و جهت وزش باد تغییر خواهد کرد، به بیان دیگر با توجه به داده‌های نرم افزار، خروجی و سطوح آسیب در سال‌های مختلف متفاوت خواهد بود، که لزوماً به‌منظور ارزیابی دقیقی‌تر از پیامدهای حادثه بایستی اطلاعات چندین سال جمع آوری شده و سپس اقدامات اصلاحی و کنترل شرایط مخاطره آمیز ناشی از نشت مواد سمی، آتش سوزی و انفجار آن مورد توجه قرار گیرد. بررسی سایر مطالعات انجام شده نیز این موضوع را تایید می‌کند که یافته‌های مدل سازی پیامد با در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی و میزان و نوع ماده منتشر شده متفاوت خواهد بود (۸).

قابل ذکر است که با در نظر گرفتن سطوح آسیب ناشی از موج انفجار و نتایج به‌دست آمده بایستی برنامه‌ریزی لازم جهت پیشگیری از میزان خسارات، جانمایی تجهیزات مجاور، کنترل آلودگی و طرح واکنش در شرایط اضطراری در این صنعت پتروشیمی انجام شود. در بررسی و تحلیل نتایج با در نظر گرفتن معیارهای سنجش پیامد حوادث، مربوط به سطوح آسیب، موج انفجار، سرعت و جهت وزش باد در اثر وقوع این سناریو (تخلیه ناگهانی) و در نظر گرفتن نتایج عددی مربوط به مدل سازی و توضیحات ارائه شده، نشان می‌دهد تبعات این سناریو در شرایط آب و هوایی دوم (پاییز و زمستان) نسبت به شرایط آب و هوایی اول (بهار و تابستان) بیشتر است. براساس یافته‌های این مطالعه و مطالعات دیگر، باید اذعان کرد که برخی از این سناریوهای مدل سازی شده در شرایط آب و هوایی مختلف، عواقب بسیار قابل توجهی را نشان داده‌اند، حتی در برخی از سناریوها مشخص است که شدت پیامدهای حوادث به

مورد استفاده قرار گیرد.

### ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان "ارزیابی و مدل‌سازی پیامد ناشی از مخازن ذخیره EO در پتروشیمی شازند" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۶ و کد ۱۰۱۴۰۴۲۵۹۵۱۰۱۵ است که با حمایت دانشکده فنی مهندسی دانشگاه آزاد واحد تهران مرکز اجرا شده است.

انسانی را در آن دید و مورد ارزیابی قرار داد، می‌تواند به درک بهتری از خطرات و آسیب‌ها و پیامدهای احتمالی دست یافت و همچنین به‌عنوان یک سند برای مدیریت تغییر در سیستم ارائه نمود.

### نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این مطالعه که براساس داده‌های میدانی به‌دست آمد بیانگر این بود که علاوه بر خطر بسیار بالای انفجار مخازن نگهداری EO، سناریوهای مدل‌سازی شده در شرایط آب و هوایی مختلف دارای پیامد متفاوت بوده، بنابراین بایستی توجه جدی‌تری به ایمنی این تجهیزات به‌عنوان کانون‌های خطر در این صنعت پتروشیمی و صنایع مشابه شود. علاوه، قابل ذکر است که یافته‌های این مطالعه می‌تواند به‌عنوان یکی از مهمترین معیارهای تصمیم‌گیری برای مدیران این صنعت

### References

1. Lees F. Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2012.
2. Jafari MJ, Nourai F, Pouyakian M, Torabi SA, Rafiee Miandashti M, Mohammadi H. Barriers to adopting inherently safer design philosophy in Iran. *Process Safety Progress*. 2018;37(2):221-29.
3. Neghab M, Soleimani E, Hassanzadeh J. Toxic responses of different organs following occupational exposure of employees of a plant to ethylene oxide. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 2012;94(8):1591-600.
4. Rebsdatt S, Mayer D. Ethylene oxide. In: Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry. 7th ed. New York: Wiley-VCH; 2011.
5. Pula R, Khan FI, Veitch B, Amyotte PR. Revised fire consequence models for offshore quantitative risk assessment. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2005;18(4-6):443-54.
6. Tauseef S, Rashtchian D, Abbasi T, Abbasi S. A method for simulation of vapour cloud explosions based on computational fluid dynamics (CFD). *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2011;24(5):638-47.
7. Zarei E, Jafari MJ, Badri N. Risk assessment of vapor cloud explosions in a hydrogen production facility with consequence modeling. *Journal of Research in Health Sciences*. 2013;13(2):181-87.
8. Abdolhamidzadeh B, Abbasi T, Rashtchian D, Abbasi SA. Domino effect in process-industry accidents—an inventory of past events and identification of some patterns. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2011;24(5):575-93.
9. López-Molina A, Vázquez-Román R, Mannan MS, Félix-Flores MG. An approach for domino effect reduction based on optimal layouts. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2013;26(5):887-94.
10. Hemmatian B, Abdolhamidzadeh B, Darbra R, Casal J. The significance of domino effect in chemical accidents. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2014;29:30-38.
11. Hanna SR, Britter RE. *Wind Flow and Vapor Cloud Dispersion at Industrial and Urban Sites*. New York:

John Wiley & Sons; 2010.

12. Camacho EF, Bordons CA. Model Predictive Control in the Process Industry. New York: Springer; 2012.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Consequence modeling of the ethylene oxide storage tanks explosion using the PHAST software (a case study in a petrochemical industry)

H Cheraghi<sup>1</sup>, A Soltanzadeh<sup>2,3,\*</sup>, S Ghiyasi<sup>1</sup>

1- Department of Environmental Engineering, School of Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

2- Department of Occupational Hygiene Engineering, Health Faculty, Qom University of Medical Science and Health Services, Qom, Iran

3- Research Center for Environmental Pollutants, Qom University of Medical Science and Health Services, Qom, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 6 March 2018

**Revised:** 19 May 2018

**Accepted:** 2 June 2018

**Published:** 17 September 2018

**Keywords:** Consequence modeling, Petrochemical, Ethylene oxide, Storage tank

### \*Corresponding Author:

asoltanzade@muq.ac.ir

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Ethylene oxide (EO) is a very toxic and dangerous substance with a high potential for explosion and fire. Ethylene oxide units are among the most hazardous units in petrochemical industries. This study was designed to analyze and model the consequences of ethylene oxide storage tanks explosion in one of Iran's petrochemical industries.

**Materials and Methods:** In this study, the consequences of the ethylene oxide storage tanks explosion in a petrochemical industry was identified and analyzed. This study was conducted in 2017 using PHAST software version 6.54. For this study, two climate conditions including the first climate conditions (spring and summer) and the second climate conditions (autumn and winter) were considered.

**Results:** The results of the modeling for the first and second climate conditions showed that there were possibility of severe damages due to the explosion consequences up to 204 and 256 meters, respectively. In addition, based on the criteria for assessing the consequences of accidents associated with damage levels, such as the explosion wave, the wind speed and direction due to the sudden release scenario and the numerical results related to the modeling, the consequence of this scenario in the second climate conditions (autumn and winter) was higher than the first climate conditions (spring and summer).

**Conclusion:** The findings of the study indicated that, in addition to the high risk of explosion of ethylene oxide storage tanks, the modeling scenarios in different climate conditions have different consequences. Thus, more attention should be paid to safety of these equipment as risk centers in the petrochemical industry and similar industries.