

خطرات مخازن ذخیره مایعات قابل اشتعال و راه های پیشگیری از آتش سوزی در آنها (مطالعه موردی واکاوی آتش سوزی در مخازن سوخت بانسفیلد و پتروشیمی بوعلی ماهشهر)

۱- محمد جواد سلطانی*، عبدالله احمدی چلیچه، رضا وکیل زاده قلعه

۱- دکترای مدیریت محیط زیست، بازرس کار و کارشناس رسمی دادگستری ecoenvironment2050@gmail.com

۲- کارشناس HSE، شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی استان چهارمحال و بختیاری abdolahahmadi40@gmail.com

۳- کارشناس مهندسی تکنولوژی ساختمان، کارشناس HSE مناطق پارس جنوبی reza.vakilzadeh69@gmail.com

خلاصه

نیاز به سوخت و منابع انرژی برای زندگی بشر ضرورتی انکار ناپذیر است. محل های ذخیره و مدیریت توزیع مواد نفتی و سوخت با هدف تامین این محصول راهبردی و تلاش جهت رفع ناترازی مورد توجه سیاستگذاران بوده و تامین ایمنی مجتمع های مخازنی همواره مدنظر است. بررسی حوادث گذشته چراغ راه آینده خواهد بود و پیشگیری از خسارتها و کاهش وقفه در تامین انرژی از اهداف این مقاله است. با مطالعه و واکاوی دو حادثه شدید در مجتمع سوخت بانسفیلد انگلستان و پتروشیمی بوعلی سینا از منابع مکتوب و گزارشهای تهیه شده توسط مراجع قانونی استفاده و شرایط این مراکز با هم مقایسه شد، علل شایع بروز حوادث مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بررسی شرایط این دو بحران که خسارتهای زیادی به همراه داشته اند نشان داد: که لایه های سه گانه حفاظت از مخازن علیرغم کارایی بالا، نقاط ضعفی نیز دارند و منابع محدود مقابله با حریق لزوم شناخت خواص و خطرات مواد شیمیایی، آمادگی و مدیریت در شرایط اضطراری را پر رنگ می کند.

کلمات کلیدی: مجتمع سوخت بانسفیلد، پتروشیمی بوعلی سینا ماهشهر، مخازن نفتی، واکاوی حوادث،

۱. مقدمه

بحران نشت سموم شیمیایی در بوپال هند (۱۳۶۳ ه.ش) برای همه آشکار ساخت که نگهداری زیاد مواد شیمیایی در خط تولید یک کانون پرخطر است و این باور که مواد شیمیایی در انبار ایمن تر از خط تولیداند را تقویت کرد. همچنین کاهش فاصله مواد اولیه از محل انبار تا کانون مصرف یک اولویت فرایندی است.

بین توسعه صنعتی و خطرات آن باید تعادل ایجاد کرد و نقطه بهینه آن برای هر منطقه تعریف شود. انتخاب یک گزینه از سلسله مراتب کنترل تصمیمی مدیریتی و در راستای سیستم های ایمنی هر صنعت است تا با حذف خطر، تقلیل شدت خطر، اقدامات فنی و مهندسی یا با تدابیر اداری و بکارگیری تجهیزات حفاظتی کاربردی بتوان از بروز آسیبها جلوگیری نمود.

حادثه سوسو در ایتالیا (۱۹۷۶) شناخته ترین حادثه صنایع شیمیایی در اروپا بود که انتشار گاز دیوکسین در طی ۲۰

دقیقه بروز آسیب برای ۷۰۰ نفر را در پی داشت و غیر قابل سکونت شدن منطقه‌ای تا شعاع ۴ کیومتری را باعث گردید [کلتز، ۱۳۸۸]. تنها در مدت ۲۰ دقیقه ۲۵۰ نفر عوارض یک بیماری پوستی را بروز دادند و ۴۵۰ نفر نیز با سود سوزآور دچار سوختگی شدند.

تغییرات مثبت صورت گرفته جهت ایمن‌سازی صنعت و جامعه دنبال بروز حوادث شدید شیمیایی، تغییر در حجم نگهداری مواد پرخطر و مایعات قابل اشتعال، اخذ صلاحیتهای لازم و تصویب مقررات را بعد از این نوع حوادث ایجاد کرد، مثلاً بعد از حادثه فکس برو (۱۳۵۳ ه.ش) تدوین آیین نامه‌های SEVESO II^{*}، CIMAH^{*} و COMAH[†] در سالها ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۵ را به دنبال داشت.

درس‌گیری از حوادث با واکاوری آنها به صورت نظام مند و با قاعده که با تفسیر واقعیتها و شواهد گردآوری شده انجام و به منظور یافتن علل بروز و راه‌های پیشگیری از آنها صورت می‌پذیرد [ارقامی، ۱۳۸۵]. استفاده از تکنیک‌ها و روشهای علمی برای این امر که با بررسی حقایق هر حادثه، بازرسی محیطی، مصاحبه، مشاهده، شواهد فیزیکی شامل عکس‌ها، نقشه‌ها و با نشان دادن توالی رویدادها محقق را به علل پایه بروز حوادث می‌رساند. علل فنی، انسانی، اجتماعی و شرایط کار، ساختار مدیریت از اقدامات تخصصی در این عرصه بوده که در صورت فراهم بودن سایر مراحل مقدور می‌گردد [سلطانی نسب، ۱۳۸۶].

معرفی دانشمندی در این عرصه که پس از سالها فعالیت در صنعت نفتی بین‌المللی، تجربه خود را در دانشگاه سلطنتی انگلستان با دانش روز تلفیق داد و او را با کلمات حکیمانه ای چون "سازمان‌ها حافظه ندارد" و "هنوز هم اشتباه می‌شود" می‌شناساند. پرفسور توور کلتز[‡] (۱۹۲۲-۲۰۱۳) که پدر ایمنی ذاتی نیز لقب گرفته ۱۰ کتاب مرجع و ۳۰۰ مقاله جهت ترویج فرهنگ ایمنی نوشت. در خصوص ایمنی فرایند مقاله "آنچه ندارید، نمی‌تواند نشت کند"[§] درسهای زیادی در خصوص ایمنی مراکز نگهداری و ذخیره به ارمغان آورد. طراحی کارخانه ذاتاً ایمن تر و کاربر پسند^{**} و سلسله مراتب کنترل با تحلیل لایه‌ای در تحلیل حوادث از توصیه‌های این دانشمند است. وی همچنین در مقدمه کتاب خود به نام "چه اشتباهی رخ داده"^{††} چنین آورده:

«من امیدوارم در این کتاب روشن کرده باشم که بیشتر حوادث دارای یک علت ساده نیستند بلکه آنها به دلیل تاثیر متقابل یک سری شرایط روی یکدیگر بوجود می‌آیند. در نتیجه راه‌های زیادی برای قطع زنجیره منتهی به یک حادثه وجود دارد.» [Kletz, 2019].

تاسیسات ذخیره سازی چهار تولید نفتی عمده (بنزین، نفت گاز، نفت سفید و نفت کوره) با ظرفیت ۱۳.۴ میلیارد لیتری که توزیع مستمر ۲۵۰ میلیون لیتری انواع فرآورده های نفتی در کشور که افزایش مصرف نیز مستمر ادامه خواهد داشت. آمار مصرف سوخت وسایل نقلیه بنزینی کشور نشان می‌دهد که روزانه ۱۲۰ میلیون لیتر بنزین مصرف می‌شود و تغییرات اجتماعی مانند تغییر ساعات مدارس، ایام نوروز و روزهای تعطیل میزان مصرف را شدیداً (تا حدود ۱۰ درصد) رشد می‌دهد.

سوخت رسانی، ذخیره و توزیع این حجم نیاز به فعال و سیاستگذاری در طی سالهای جاری با نাত্রازی دست و پنجه نرم می‌کنند. ۳۷ منطقه پخش فرآورده داشته که براساس ضوابط فنی طراحی و اجرا شده اند. فعالیت ناوگان نفتکش با ۱۳۰۰۰ خوردو و اینکه حمل این فرآورده نیاز به مدیریت هوشمندانه دارد. این ناوگان خود مصرف کننده بخش زیادی از

* COMAH: control of major accident hazard- 2015

† CIMAH: control of industrial major accident hazard- 1999

‡ Trevor Kletz

§ What You Don't Have, Can't Leak'

** Inherently safer design

†† What's wrong

مواد نفتی و قابل اشتعال است [آمارنامه نفت، ۱۴۰۱].

آتش سوزی بانسفیلد یک حادثه بزرگ زیست محیطی است که خسارت یک میلیارد پوندی که در بخش جبران خسارت، پاسخ اضطراری و تحقیقات و هوانوردی در پی داشت و نتایج تحلیل های کشور مبدع نشان داد عدم قطعیت درخصوص شدت انفجار وجود داشته و از نظر فنی تولید بخارات ابری مواد نفتی و شدت بالای انفجار آن حاوی نکات مبهمی است.

وقوع خسارت ۶۰ درصدی به سه واحد فرایندی در آتش سوزی برج و مخازن پتروشیمی بوعلی که بیش از یکصد میلیون یورو در سال ۱۳۹۵ بدون محاسبه هزینه های ۲۰ ماهه بازسازی، توقف تولید و فرصت تولیدی از دست رفته و رقابت در بازار محاسبه شده است [دنیای اقتصاد، ۱۴۰۳]. همچنین حوادث شایع کشور در این بخش؛ نشت مواد نفتی، ایجاد ابر گازی و انفجار گزارش شده و پیش بینی اقدامات شبه عمدی در پدافند غیر عامل و مدیریت بحران نیز همواره مدنظر بوده است.

۲. روش بررسی

در این مطالعه با بررسی مستندات کتابخانه ای و منابع اینترنتی شواهد، گزارشات و تحلیل های صورت گرفته توسط کارشناسان فرایندی و حوادث مورد بررسی قرار گرفت. نتایج سه گزارش دولتی انگلستان و توصیه های فنی ارائه شده برای این صنعت و در آن کشور استفاده شد. در حادثه آتش سوزی در پتروشیمی بوعلی نیز گزارش کمیسیون انرژی مجلس شورای اسلامی به همراه اطلاعات سایت این پتروشیمی و گزارش خبری داخلی که بلافاصله بعد از حادثه تهیه گردید مورد استفاده قرار گرفت.

فرایند و روش های کار در ایران با حادثه مد نظر مقایسه و با الزامات ساخت، بهره برداری و ایمنی در انبارداری مقایسه شد، سپس با توجه به سوابق حوادث داخلی تحلیل ها به صورت لایه ای و سیستمی انجام و نتایج بررسی بومی گردید. اقدامات ایمنی در سه بخش ساخت، بهره برداری و مراقبت مدنظر بود و مدل سازی آتش سوزیها تکرار و مشاهده شد.

۳. شرح وقوع و تشریح رویدادها

الف) بانسفیلد در انگلستان

در این مجموعه (هرتفوردشایر) سه خط لوله انتقال به مجموعه مخزنی وارد می شد. دو خط ۱۰ اینچی از فین لند و مریساید و یک خط ۱۴ اینچی کورتیون فعالیت دایمی داشتند. در ۱۰ دسامبر سال ۲۰۰۵ (۱۹ شهریور ۱۳۸۴) روز یک شنبه در محل انبار مواد نفتی نزدیک شهر همل همپستد این حادثه رخ داد [Board, 2006].

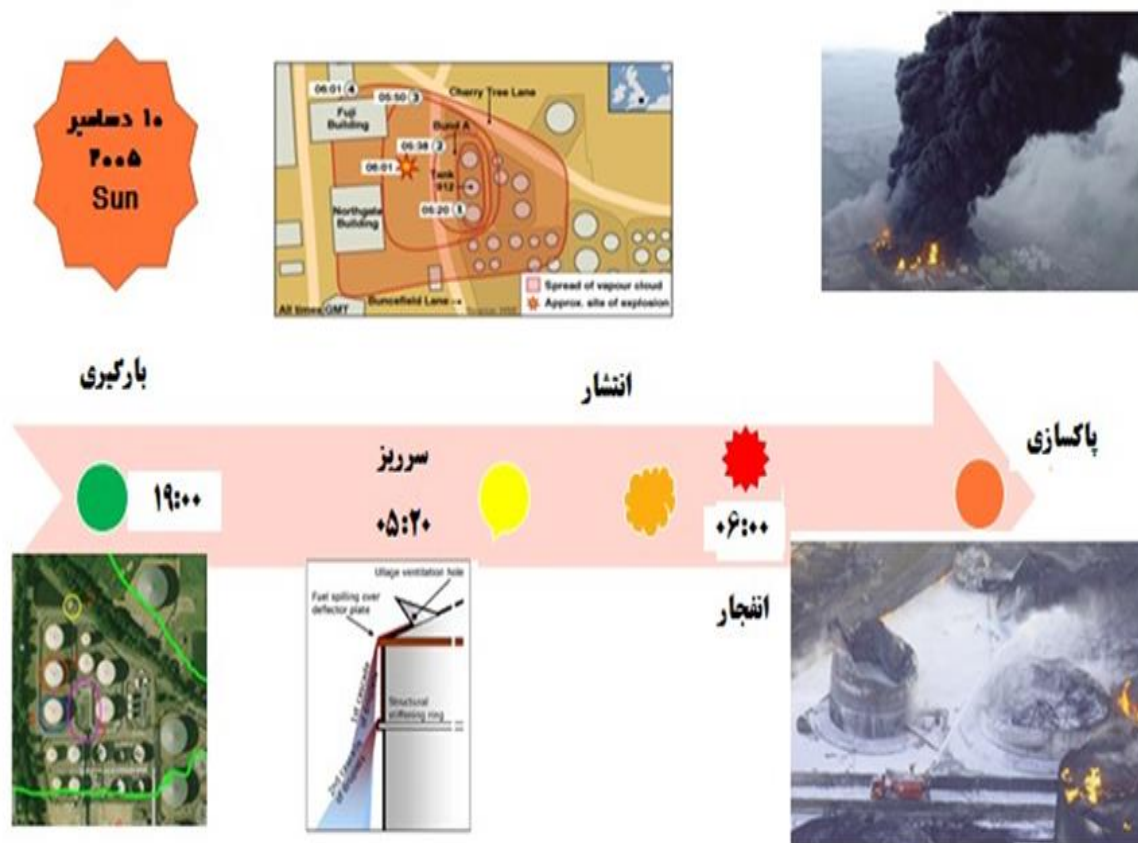
اپراتورها ورود انواع سوخت را زیر نظر داشته و آنها را براساس نوع سوخت در مخازن اختصاصی جدا گانه شارژ می کرد. حدود ساعت ۱۹:۰۰ تانک شماره ۹۱۲ در باند A در سایت شروع به دریافت سوخت موتور بدون سرب با سرعت پمپاژ حدود ۵۵۰ متر مکعب در ساعت کرد. در نیمه شب، کنترلرها فیزیکی تردد انجام و هیچ ناهنجاری گزارش نشد. در ساعت ۳:۰۰ سطح سنج مخزن در یک عدد ثابت ماند و تغییری را ثبت نکرد، در حالی که مخزن با سرعت اولیه در حال پرشدن بود [Al Faheem, 2020].

در ساعت ۵:۲۰ تانک کاملاً پر و شروع به سر ریز نمود. در ۵:۳۸ بخارات حاصل از سوخت فرار در قسمتهای دیگر جریان یافت. ابر بخار غلیظی* به ارتفاع ۲-۳ متر در مساحت ۱۲۰ هزار متر مربعی جاری شد و حجم حداقل ۲۵۰ هزار متر مکعبی را اشغال کرد. در ساعت ۵:۵۰ سرعت جریان به ۸۹۰ متر مکعب در ساعت افزایش یافت و اطراف سایر مخازن نیز بخار قابل اشتعال ناشی از تبخیر ۳۰۰ تن بنزین در مدت ۴۱ دقیقه جمع شد [Board, 2006. Venavt, 2011].

* BLEVE: boiling liquid expanding vapor explosion

ساعت ۶:۰۱ اولین انفجار رخ داد و به دنبال آن انفجارها بیشتر و در نهایت ۲۰ مخزن ذخیره درگیر آتش سوزی شدند. بررسی‌ها نشان داد منبع انفجار در پارکینگ خودروها بود و در نهایت ساعت ۶:۰۸ اعلام یک حادثه بزرگ انجام شد و سیستم واکنش در شرایط اضطراری فعال گردید [Board, 2005].

عملیات سه روزه آتش‌نشانی (روزهای ۱۳، ۱۴ و ۱۵ دسامبر) ادامه داشت که مرزهای کناری مجتمع و لایه سوم حفاظتی را درگیر کرده بود. در شکل ۱ توالی رویدادها در حادثه بانسفیلد با ذکر کلیات از زمان بارگیری تا پاکسازی خلاصه شده است [HSE, 2009].



شکل ۱. توالی رویدادها در حادثه بانسفیلد (۲۰۰۵ میلادی)

آلودگی آبهای سطحی و زیر زمینی نیز گزارش و در سه هفته اول گروه‌های پاکسازی آبهای آتش‌نشانی آلوده از محل خارج می‌کردند. در ۲۸ ژوئن ۲۰۰۶ سازمان EPA اعلام کرد که ۸۰۰ هزار لیتر از آبهای آلوده به طور ناخواسته به تصفیه خانه فاضلاب و رودخانه مجاور (کولن) رسیدند [Mannam, 2009].

سیستم اندازه‌گیری مخزن و هشدار سطح سوخت حدود ۳ ساعت قبل از حادثه، وضعیت ثابت را نشان می‌داد. پنج رویداد کلی طبق شکل ۲ در این حادثه قابل تفکیک است. آماده‌سازی محل و سیستم پمپاژ جهت ورود ماده قابل اشتعال، انجام بارگیری و پرشدن مخزن شماره ۹۰۲* که در مرحله سوم بدنبال پرشدن، سر ریز از خروجی‌های روی سقف ثابت بالایی را در پی داشت. پاشش دو مرحله‌ای تشکیل بخار ابر قابل اشتعال را باعث و با رسیدن ابر به منبع حرارتی آتش سوزی و انفجار را ایجاد نمود.



شکل ۲. جریان رویدادها و نتیجه سر ریز و انفجار مواد سوختنی

آزمایشهای فنی در زمان بررسی حادثه نشان داد که صفحه منحرف کننده داخل مخزن که مقداری سوخت از آن محل خارج و به دیواره مخزن هدایت می‌کرد و بقیه آن از بالای صفحه عبور و به قطراتی تقسیم و در هوا پخش می‌کرد. بیشتر سوختی که از بدنه مخزن خارج می‌شد بر رینگ بیرونی ریزش و از دیواره مخزن به پایین پاشیده شد که دومین آبشار از قطرات را ایجاد می‌کند.

ب) پتروشیمی برعلی سینا ماهشهر

این شرکت با مساحت ۳۶ هکتار در منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر و در جوار دو پتروشیمی تندگویان و امیرکبیر احداث شده است و از سال ۱۳۷۷ فعالیت فرایندی دارد. محصولات نفتی و آرماتیکی (پارازیلن، ارتوز ایلن و بنزن) تولید و ۱۱ واحد فرایندی فعال دارد. وقوع یک مورد آتش سوزی در ۱۶ تیرماه ۱۳۹۵ که عملیات ۱۷ ساعته تیم اطفاء و مدیریت بحران را در پی داشت یکی از حوادث عمده این صنعت در کشور است. واکاوی این حادثه نشان داد که حین تعمیرات و بدنبال مسدود کردن مسیر انتقال و خرابی شیر، پارازیلن گرم (۳۰۰ درجه سانتی گراد) به صورت بخار نشت یافته و پس از طی مسیر ۱۰ متری با تشکیل مثلث حریق در کنار کوره آتش سوزی برج ۱۲۸ متری را ایجاد کرد. اقدامات تیم واکنش در شرایط اضطراری جهت سردکردن برج شروع و وزش باد و گرمای تولیدی ادامه داشت تا اینکه با پرتاب قطعات فلزی داغ بر روی دو مخزن خوراک نفتی آتش سوزی گسترش یافت. عملیات علیرغم حضور وزیر نفت و فعالیت تیم های اطفاء حریق از کنترل خارج و محدودیتهای عملیاتی، اجرایی و محیطی همچنان کار را به کندی پیش می‌برد.

در حادثه مشابه مربوط به مراکز نفتی (۲۰۱۷ در تگزاس آمریکا) شل شدن پیچهای نگهدارنده پمپ گردش مواد نفتی و خرابی یاتاقانها آزاد شدن مخلوط قابل اشتعال را در پی داشت که به مدت ۳۰ دقیقه ماده خطرناک نشت و سیستم هشدار این مواد را تشخیص نداد. انباشت مواد نفتی اشتعال را در پی داشت که استفاده از مواد اطفاء حریق و فوم آتش نشانی در این حادثه منجر به شکسته شدن دفاع دوم ایمنی گردید [An Han, 2020].

* مخزنی از نوع سقف شناور داخلی با حجم ۶ میلیون لیتر

۴. بحث

برای طراحی و ساخت مخازن (نفتی و مشابه) استانداردهایی تدوین شده است که رعایت این الزامات در بهره‌برداری ایمنی این تاسیسات و محیط استقرار آنها نیز ضرورت دارد. استاندارد API ۶۵۰ با عنوان "مخازن جوشکاری شده" برای ذخیره نفت مبنای طراحی و ساخت است و هر مخزن باتوجه به متغیرهای ذخیره، محل استقرار، عوامل جغرافیایی، شرایط سرویس دهی و مشخصات مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند [API, 2013] و ایمنی شاغلین، بهره‌برداران و محیط زیست را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

بررسی تاریخچه ساخت مخازن نفتی به کشف چاه‌های نفت در سال ۱۸۵۹ بر می‌گردد که قبل از بکارگیری جوشکاری در ساخت مخازن ظرفیتهای این ظروف تا ۸۰۰ هزار بشکه معمول بود و امروزه در جهان از مخازنی تا ۵ هزار مترمکعب استفاده می‌شود.

در کشور ما بیش از یک هزار مخزن با ظرفیت ۶ میلیارد لیتر، فرآورده‌های نفتی مورد نیاز جامعه و صنعت را در خود جای داده و مصرف سوخت برای حمل و نقل، کارخانه‌ها، نیروگاه‌ها و... را تامین می‌کند. تعداد ۴۳۰۰ جایگاه عرضه در بخش حمل و نقل و ظرفیت ۱۳.۴ میلیارد لیتری چهار فرآورده اصلی در کشور موجود است. بررسی میزان رشد مصرف نشان داد که در سال ۱۳۹۷ نسبت به سال قبل ۴ درصد رشد افزایش مصرف گزارش شد که این روند افزایشی همچنان وجود دارد و مدیران در پیش‌بینی‌ها رفع ناترازی عرضه را دنبال می‌کنند [شرکت ملی پخش، ۱۴۰۲].

بررسی حوادث گذشته در داخل و خارج از کشور که مستندات آنها در دسترس بود مد نظر محققین بوده و با شناخت خطرات و جنبه‌های مربوطه به ایمنی آنها، اهداف این مقاله دنبال می‌شود. ترویج، بکارگیری صحیح الزامات و استانداردها، افزایش دانش شاغلان، مهندسان و مدیران درخصوص شناخت مشخصات جایگاه‌ها، استقرار، کارکرد و نقاط شکست و ضعف مخازن نفتی از اهمیت بالایی برخوردار است.

عوامل خطر ساز کلی شامل ایجاد خلاء در مخازن که مکش داخلی را در پی دارد، افزایش فشار در مخازن، حجم زیاد مواد ذخیره شده، نقص در عملکرد افراد و تدابیر ایمنی از عوامل بروز حوادث در مخازن نفتی است. بازدید، بررسی و کنترل شرایط استفاده از اولویتهای کنترل مخازن نفتی تعریف می‌شود. انجام تستهای فیزیکی و عملکردی به صورت دوره‌ای در این مخازن از راههای مدیریت ایمنی است و لازم است توسط مراکز تخصصی انجام و جهت الزام در آیین‌نامه‌های ایمنی مدنظر تصمیم‌گیران کلان عرصه ایمنی مانند وزارت نفت، شورای عالی حفاظت فنی و وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی قرار گیرد.

۵. نتیجه گیری

بررسی نتایج تحلیل و واکاوی حادثه بانسفیلد توسط هیات کنترل حوادث شدید انگلستان بر سه موضوع طراحی سایت در سه سطح I، II و III، واکنشهای داخلی و خارج از مجموعه در شرایط اضطراری و توجه برنامه‌ریزان جهت تدوین اهداف کلان توسعه تمرکز داشت و توصیه‌هایی برای رفع هر قسمت شده است، همچنین با استفاده از نرم افزارها و مدل سازی وضعیت این آتش سوزی و بحران توسط محققین دیگر مثلاً در مدل سازی این حادثه علیرغم دخیل کردن جزئیات مربوط به تراکم و شرایط آب و هوایی، تشکیل ابری به قطر ۳۹۱ و ارتفاع ۳ متر بخار قابل اشتعال تعیین گردید. وجود مخازن، دیوارها، درختان و بوته‌ها در مسیر گازها منجر به شعله‌ور شدن و انتقال انفجار شد و فشار بیش از حد را ایجاد کرد، همچنین تعامل بین ابر بخار و موانع در این حادثه مهم دانسته شد [Mashra, 2012]. در مدلسازی دیگری این حادثه تاثیر سرعت کم باد بر ایجاد شرایط پرخطر تاکید و روش CFD* را برای سایت‌ها با زمین‌های غیر یکنواخت و پیچیده را مناسب معرفی کرد [Venart.2011].

بررسی مراجع قانونی داخل کشور در حادثه آتش سوزی پتروشیمی بوعلی سینا درس‌های برای گروه‌های داخلی پتروشیمی، منطقه ویژه اقتصادی و سایر پتروشیمی‌های نزدیک و در سراسر کشور داشت که در بخش فنی و اجرایی، نیروی انسانی، تجهیزات، مدیریت و محیطی داشته که به طور خلاصه در جدول ۱ آمده است:

* Computational Fluid Dynamics

جدول شماره ۱- تجربه های بدست آمده از حادثه آتش سوزی پتروشیمی بوعلی ماهشهر

ردیف	بخش	تجربه های مفید
۱	فنی و اجرایی	فرسودگی عایق اطراف سقف شناور و صفحات مسدود کننده، رعایت منطقه بندی خطرات اطراف مخازن جهت نصب تجهیزات در زمان طراحی و احداث مخازن
۲	نیروی انسانی	انجام تعمیرات با روشهای سنتی، لزوم حضور نیروی کار ماهر در تمام شیفتها
۳	تجهیزات	کمبود تجهیزات اطفاء از جمله کف و آب کافی، ارتفاع بالای برج، انحراف غیر مجاز مخزن در زمان ساخت، عملکرد نامطلوب تجهیزات و شیرهای صنعتی
۴	محیطی	تغییر جهت وزش باد در طول روز و زمان عملیات، انتقال حرارت به دو شکل همرفتی و تابشی با شدت بالا که کانون های دیگری از حریق ایجاد می کند.
۵	مدیریتی	وقوع ۲ حادثه همزمان، تراکم بالای مخازن در محل، پتروشیمی های مجاور، سکونت پرسنل در شهرستان محل کار، عدم تطابق تجهیزات امدادی صنعتی با عملیات شهری

موضوعات بالا توسط کارکنان، کارشناسان، مدیران و سیاستگذاران ارایه و منتشر شده است [کمیسیون انرژی مجلس، ۱۳۹۵]. در ادامه ترکیب نتایج آنها با شواهد موجود داخلی و یافته‌ها از سایر منابع آمده است. سه ساختار در طراحی مجتمع ذخیره دیده می‌شود و در استقرار این اجزاء باید الزامات سخت گیرانه تری اعمال شود:

۱-اولیه: ر روی مخازن، لوله‌ها و تانکهای که حاوی مواد قابل اشتعال هستند؛ باید تدابیر ایمنی خاصی و با کیفیت تعبیه شود.

۲-وسایل ثانویه: دیوارهای بتنی و خاکی با حجم و استحکام کافی که مایعات خارج شده و آب مورد استفاده در آتش نشانی را در خود جای دهد.

۳-گروه سوم: احداث مسیرهای زهکشی کافی در منطقه انبارها که از خارج شدن مواد شیمیایی از محل مجموعه مخازن جلوگیری می‌کند و از خطرات برای عموم بکاهد.

اقدامات نظارتی شامل نظارت الکترونیکی بر مخازن و تاسیسات با وجود امکاناتی برای تشخیص بخارات قابل اشتعال در مجاور مخازن پیش بینی و مستقر می‌گردد. از توصیه‌های استاد ایمنی فرایند، آقای کینز، این است که ایمنی ذاتی در محلهای کار و نگهداری مواد شیمیایی بسیار ساده بوده اما نیاز است موارد زیر مورد توجه قرارگیرد:

- آنچه که ندارید، نمی‌تواند نشت کند (حداقل ذخیره و کاهش شدت خطر).
- کسانی که آنجا نیستند را نمی‌توان کشت (کارگر کمتر، خطر مصدومیت/ مرگ کمتر).
- هر چه یک سیستم پیچیده تر شود، فرصتهای بیشتری برای خرابی تجهیزات و خطای انسانی وجود دارد (Kletz, 2010. Goerland, 2020).

از کانون های دیگر خطر در مخازن ذخیره فرآورده های نفتی و قابل اشتعال می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱-خنک سازی ناگهانی مخازن گرم شده خطر خلاء و مکش مخزن را در پی دارد.
- ۲-فاصله بین مخازن نگهداری مواد قابل اشتعال گروه ۳ (رتبه بندی NFPA ۷۰۴) افزایش یابد.
- ۳-دریچه های جداسازی اضطراری با کنترل از راه دور که قابلیت عملکرد در زمان قطع برق را دارند توصیه کاربردی جدیدی برای این مخازن است.
- ۴-استاندارد NFPA ۳۰ به عنوان یک مرجع کاربردی و توصیه شده در پخش فرآورده های نفتی مورد استفاده قرار گیرد.
- ۵-از مواد ضد الکتریسته ساکن جهت افزایش رسانایی مایعات استفاده تا از تشکیل الکتریسته ساکن جلوگیری شود.
- ۶ -بازرسی های برنامه ریزی شده حداقل سالانه انجام شود.

۷- سیستم پوشش نیتروژن که به منظور پرکردن فضای خالی بالای مخازن استفاده می‌شود به صورت هفتگی بازرسی شود.

۸- در کاربرد تجهیزات باید از وسایل طراحی شده استفاده شود و پرسنل از محدودیتهای آن آگاهی داشته و عیوب را با یافتن علت آنها بر طرف نمود (نه برقراری جریان تولید).

۹- براساس استاندارد API RP ۲۳۵۰ و توصیه های شرکت بین المللی نفت کلیه تاسیسات نگهداری فرآوری نفتی به منظور پرکردن سه سطح پرشدگی پیش بینی شده است (پرشدن عادی، سطح پرشدن ایمن و سطح سر ریز یا ظرفیت حداکثر) زنگ هشدار در سطح Hi و Hi Hi روشن و با رسیدن به سطح پرشدن عادی این علایم فعال شوند [An Han, 2020].

۱۰- نقص در سیستم حفاظتی در برابر صاعقه، همبندی و اتصال زمین ذاتی و سیستم حفاظتی سقف شناور شناسایی و رفع گردد.

۱۱- لازم است یک سیستم مدیریت حادث جهت پوشش کلیه رویدادهای احتمالی در نظر گرفته شود.

۱۲- وجود سیستم فوم ثابت در مخازن یک ضرورت و امری حیاتی است.

۱۳- توانایی مقابله با حریق توسط کارفرما و بهره بردار مدام سنجش گردد.

۱۴- آماده سازی دسترسی به مخازن هنگام حریق، اطلاع رسانی و کنترل ترافیک از اقدامات ضروری در مدیریت اطفاء است.

در پایان باتوجه به ارزیابی‌های فنی و ریسکهای ذاتی در امر انبار و توزیع فرآورده های نفتی لازم است؛ پیش‌بینی‌ها و توجه به خطرات طبیعی شامل زلزله، سیل و خطرات انسان ساخت مدنظر قرار داشته و ارزیابی ریسک سالانه برای مجتمع‌های سوخت انجام و آمادگی نیروی انسانی و تجهیزاتی فراهم باشد، همچنین ترویج حق دانستن خواص مواد شیمیایی که شاغلین با آن کار می‌کنند و مخاطرات آن ماده را می‌دانند؛ تا دیگر شاهد حوادث و بحران‌های این مجموعه نباشیم.

۱۲. مراجع

- ۱- کلتز، ترور. ۱۳۸۸. درس گیری از حوادث. ترجمه حسین خسروانی تهرانی. تهران: مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت و بهداشت کار
- ۲- سلطانی نسب، ابراهیم و همکاران. ۱۳۸۶. نگرشی بر حوادث ناشی از کار و نحوه بررسی آنها. تهران: انتشارات آرام دل
- ۳- ارقامی، شیرازه. پویا، مصطفی. ۱۳۸۵. اصول ایمنی در صنعت و خدمات. همدان: انتشارات فن آوران.
- 4- Kletz, T., & Amyotte, P. (2019). What went wrong?: case histories of process plant disasters and how they could have been avoided. Butterworth-Heinemann.
- ۵- مجله دنیای اقتصاد. ۱۳۹۵. گزارش خسارت ۱۰۰ میلیون یوروی به زنگنه ارسال شد. شماره روزنامه ۴۰۰۶. تاریخ چاپ ۱۳۹۵/۱۲/۲۳.
- ۶- شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده های نفتی ایران. ۱۴۰۲. بروشور عملکرد (آمارنامه نفت ۱۴۰۲). سایت niordic.ir
- ۷- شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده های نفتی ایران. ۱۴۰۲. بروشور فرایند سبز. سایت niordic.ir
- 8- Board, B. M. I. I. (۲۰۰۶). Buncefield major incident investigation. Initial report to the Health and Safety Commission and the Environment Agency of the investigation into the explosions and fires at the Buncefield oil storage and transfer depot, Hemel Hempstead, on ۱۱ December. ۲۰۰۵
- 9- Al Faheem, D., Katbeh, M. A., & Ziaullah, A. (۲۰۲۰). The Buncefield Accident.
- 10- Board, B. M. I. I. (۲۰۰۵). Buncefield major incident investigation. Initial Report to the Health and Safety Commission and the Environment Agency of the investigation into the explosions and fires at the Buncefield oil storage and transfer depot, Hemel Hempstead, on ۱۱th December, ۲۰۰۳-۴
- 11- Venart, J. E. S., & Rogers, R. J. (2011). The Buncefield explosion: Vapor cloud dispersion and other observations. In IChemE Symp. Ser. Hazards (Vol. 22, pp. 519-527).
- 12- HSE, U. (2009). Safety and environmental standards for fuel storage sites—Process Safety Leadership Group Final Report. HSE UK ISBN, 978(0), 7176.
- 13- Mannan, M. S. (2009). A technical analysis of the Buncefield explosion and fire. Proceedings of the Hazards XXI, Institution of Chemical Engineers, Manchester, UK, 10-12.
- 14- An Han, H., Han, I., McCurdy, S., Whitworth, K., Delclos, G., Rammah, A., & Symanski, E. (۲۰۲۰). The Intercontinental Terminals Chemical Fire Study: a rapid response to an industrial disaster to address resident concerns in Deer Park, Texas. International journal of environmental research and public health, ۱۷(۳), ۹۸۶.
- 15- Standard, A. P. I. (2013). Welded tanks for oil storage. American Petroleum Institute, 1220.
- 16- Mishra, K. B., & Wehrstedt, K. D. (2012). Dispersion characteristics of flammable liquids: a CFD study. In Proceedings of 4th International Congress on Computational Mechanics and Simulation (ICCMS), IIT Hyderabad, 10–12 December, India.

۱۷- کمیسیون انرژی مجلس شورای اسلامی. ۱۳۹۵. گزارش آتش سوزی پتروشیمی بوعلی.
<https://rc.majlis.ir/fa/news/show/> دسترسی در آذر ۱۴۰۳.

18- Kletz, T. A., & Amyotte, P. (2010). Process plants: A handbook for inherently safer design. Crc Press.

19- Li, J., Goerlandt, F., & Reniers, G. (2020). Trevor Kletz's scholarly legacy: A co-citation analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 66, 104166.