



مؤسسه آموزش عالی غیردولتی غیرانتفاعی انرژی

# تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره سازی کلر با تکنیک HAZID و مدلسازی پیامد رهایش کلر از مخازن نگهداری با استفاده از نرم افزار PHAST (مطالعه موردی: تصفیه خانه آب)

پایان نامه یا رساله برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
در رشته مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست گرایش HSE

نام دانشجو

محسن کریمی

استاد راهنما:

دکتر فرشاد هاشم زاده

شهریور ماه ۱۴۰۱



مؤسسه آموزش عالی غیردولتی غیرانتفاعی انرژی

# تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره سازی کلر با تکنیک HAZID و مدلسازی پیامد رهایش کلر از مخازن نگهداری با استفاده از نرم افزار PHAST (مطالعه موردی: تصفیه خانه آب)

پایان نامه یا رساله برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
در رشته مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست گرایش HSE

نام دانشجو

محسن کریمی

استاد راهنما:

دکتر فرشاد هاشم زاده

شهریور ماه ۱۴۰۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

## باسمه تعالی

اینجانب محسن کریمی به شماره دانشجویی ۹۹۱۳۳۸۳۲ دانشجوی رشته مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد تأیید می‌نمایم که کلیه‌ی نتایج این پایان‌نامه حاصل کار اینجانب و بدون هرگونه دخل و تصرف است و موارد نسخه‌برداری شده از آثار دیگران را با ذکر کامل مشخصات منبع ذکر کرده‌ام. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون 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 خواهد شد و حق هرگونه اعتراض در خصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می‌نمایم. در ضمن، مسئولیت هرگونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذی صلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده‌ی اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچ‌گونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت.

نام و نام خانوادگی: محسن کریمی

امضا و تاریخ:



## مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

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

- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه / رساله برای همگان بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه / رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه / رساله تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد راهنما: جناب دکتر فرشاد هاشم زاده

تاریخ:

امضا:

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم  
به آنان که درس از خود گذشتگی و عشق را به من آموختند بی آنکه آزمونی برای آن داشته باشند.

## مشکر و قدردانی

سپاس ایزدمنان را که بهترین نعمت خویش یعنی فرصت تحصیل علم و دانش را برایم میسر نمود.  
شایسته است در ابتدا و پیش از همه از مساعدت و راهنمایی های ارزشمند استاد دکتر افتخار جناب آقای دکتر فرشاد هاشم زاده پاکسزاری نموده و مراتب ادب و احترام خود را صمیمانه اعلام نمایم.  
همچنین مساعدت و یاری دوستان گرامی در تصفیه خانه شماره دو کن که مراد انجام این پژوهش یاری رسانند، ارج نهاده و لکهای ایشان را شایسته تقدیر و تشکر می دانم.  
در پایان از بیماری و راهنمایی کلیه عزیزانی که بنده را انجام این پژوهش کمک نمودند کمال تشکر و سپاس گزارم را دارم.

## چکیده

آب ماده حیاتی است که بعد از اکسیژن مهمترین ماده زیستی می باشد و بهداشت همگانی به وجود، فراوانی و در دسترس بودن آب سالم بستگی دارد. آلاینده هایی شامل بر باکتری های بیماری زا ممکن است در منابع آب وجود داشته باشد لذا گندزدایی آن یک ضرورت است. در حال حاضر استفاده از کلر برای گندزدایی به دلیل ارزان بودن و قدرت میکروب کشی و اثر ابقایی نسبتاً خوب آن، متداولترین روش در دنیا می باشد. در تصفیه آب آشامیدنی شهرها و مصارف صنایع بزرگ، کلرزنی غالباً بصورت گاز کلر انجام می شود. کلر گازی است خطرناک و کار با آن نیاز به احتیاط های لازم دارد. از آنجایی که کلر، گازی جذب شونده، محرک و خفه کننده برای انسان است. تنفس گاز کلر باعث مسمومیت بسیار شدید شده و گاهی مرگ آور است. در این پژوهش سعی گردید تا در ابتدا مخاطرات ناشی از نگهداری، ذخیره سازی، انتقال و استفاده از ماده سمی کلر در سیلندرهای ذخیره سازی (۱ تنی) جهت تصفیه آب با استفاده از تکنیک HAZID در بستر نرم افزار PHA-Pro 8.5 مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و سپس با استفاده از نرم افزار مدل سازی پیامد PHAST 8.22، پراکنش و انتشار گاز سمی کلر ناشی از سناریوهای نشت (رهایش ناگهانی و نشت بر حسب زمان) در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن انجام شود تا میزان و گستره پراکنش این ماده سمی مدل سازی شده و تاثیر آن بر نیروی های شاغل در تصفیه خانه آب و سایر نفرات خارج از مجموعه مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در مطالعات شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک با تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5 تعداد ۲ گره مطالعاتی / Node، ۴ مخاطره / Hazard، ۶ رویداد / Event، ۱۰ پیامد / Consequence، ۱۰ لایه حفاظتی موجود / Existing Barrier و ۱۸ لایه حفاظتی پیشنهادی / Recommendation شناسایی شده و مورد بحث و بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه تعداد ۱۰ ریسک شناسایی شد که در ارزیابی ریسک اولیه ۴۰ درصد در ناحیه ریسک متوسط و ۶۰ درصد در ناحیه ریسک بالا قرار دارند. که با اعمال لایه های حفاظتی ۳۰ درصد ریسک ها در ناحیه ریسک کم و ۷۰ درصد در ناحیه ریسک متوسط قرار دارد. همچنین نتایج حاصل از مطالعات HAZID نشان می دهد که ریسک های شناسایی شده در گره مطالعاتی اول دارای تعداد بیشتری نسبت به گره دوم مطالعاتی می باشند. همانطور که در مدل سازی پیامد نشان داده شده است، یکی از مهمترین قسمت ها در مدل سازی پیامد رهایش ماده سمی کلر، تعریف سناریوهای آب و هوایی در نرم افزار PHAST 8.22 می باشد و می تواند نتایج حاصل از مطالعات را تغییر دهد بطوریکه مساحت جغرافیایی تحت تاثیر گاز سمی کلر در فصل تابستان در هر دو سناریو Catastrophic Rupture و Time Varying Leak به مراتب بیشتر از سایر فصول می باشد. مدل سازی رهایش در یک ساختمان ایزوله شده و با سناریو trapped نشان می دهد حذف تمامی منافذ موجود و ایزولاسیون کامل باعث خواهد گردید تا احتمال مرگ و میر در خارج از ساختمان نگهداری سیلندرها به صفر کاهش پیدا کند. رهایش ناخواسته کلر از سیلندرها تحت فشار در تصفیه خانه شماره ۲ کن، اگر اتفاق نگهداری کاملاً ایزوله نباشد می تواند بر روی ساکنین محلی تاثیرگذار باشد.

## کلید واژه ها

شرکت آب و فاضلاب استان تهران، تصفیه خانه آب شماره ۲ کن، تصفیه خانه آب، ذخیره سازی کلر، تجزیه و تحلیل مخاطرات، ارزیابی ریسک، تکنیک HAZID، نرم افزار PHA-Pro 8.5، مدل سازی پیامد، نرم افزار PHAST 8.22

## فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
<b>فصل ۱- کلیات تحقیق.....</b>	<b>۱</b>
۱-۱- مقدمه .....	۲
۱-۲- بیان مسأله اساسی تحقیق .....	۳
۱-۳- اهمیت و ضرورت تحقیق .....	۴
۱-۴- اهداف تحقیق .....	۶
۱-۵- فرض‌های تحقیق .....	۶
۱-۶- سؤالات تحقیق .....	۷
۱-۷- تعاریف و اصطلاحات فنی و تخصصی .....	۷
<b>فصل ۲- مروری بر منابع .....</b>	<b>۱۳</b>
۲-۱- مقدمه .....	۱۴
۲-۲- مبانی نظری تحقیق (تاریخچه تصفیه آب) .....	۱۵
۲-۲-۱- تاریخچه ذخیره سازی، انتقال و توزیع آب آشامیدنی در شهر تهران .....	۱۸
۲-۳- پیشینه مطالعات .....	۲۲
۲-۳-۱- پیشینه مطالعاتی در ایران .....	۲۲
۲-۳-۲- پیشینه مطالعات در جهان .....	۳۳
<b>فصل ۳- روش تحقیق.....</b>	<b>۴۱</b>
۳-۱- مقدمه .....	۴۲
۳-۲- آشنایی با صنعت مورد مطالعه .....	۴۳
۳-۲-۱- معرفی تصفیه آب به روش کلرزی .....	۴۳
۳-۲-۲- اصول گندزدایی با مشتقات کلر .....	۴۴
۳-۲-۳- تجهیزات کلرزی گازی در تصفیه فاضلاب .....	۴۴
۳-۲-۴- شرکت آب و فاضلاب استان تهران .....	۴۸
۳-۲-۴-۲- شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک‌های غرب استان تهران .....	۴۸
۳-۲-۴-۳- تصفیه خانه آب شماره دو کن .....	۵۰
۳-۳- روش تحقیق .....	۵۲
۳-۳-۱- متدولوژی انجام پژوهش .....	۵۲
۳-۳-۲- تکنیک شناسایی مخاطرات هزید .....	۵۴
۳-۳-۲-۱- مزایایی بکارگیری هزید و دلایل استفاده از آن .....	۵۴

۵۵	۳-۲-۲-۲- زمان بندی بهینه در فرآیند تکنیک هزید
۵۷	۳-۲-۳-۳- وظایف و مسولیت‌ها
۵۹	۳-۲-۴-۳- انواع سبک‌های تکنیک HAZID
۶۱	۳-۲-۵-۳- متدولوژی انجام مطالعات تکنیک هزید
۷۵	۳-۳-۳- تکنیک طوفان ذهنی
۷۵	۳-۳-۱- کاربرد تکنیک طوفان ذهنی
۷۶	۳-۳-۲- ورودی‌های فرآیند طوفان ذهنی
۷۶	۳-۳-۳- فرآیند بکارگیری طوفان ذهنی
۷۶	۳-۳-۴- خروجی‌های فرآیند طوفان ذهنی
۷۶	۳-۳-۵- اصول و قواعد اصلی در تکنیک طوفان ذهنی
۷۷	۳-۳-۶- نکات مهم در اجرای تکنیک طوفان ذهنی
۸۱	<b>فصل ۴- نتایج و تفسیر آنها</b>
۸۲	۴-۱- مقدمه
۸۳	۴-۲- نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۸۳	۴-۲-۱- ویژگی‌های نرم‌افزار PHA-Pro
۸۳	۴-۲-۲- مراحل انجام تکنیک HAZID در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5 بر اساس متدولوژی
۸۳	۴-۲-۱- ایجاد کتابخانه تکنیک HAZID در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۸۴	۴-۲-۲- تنظیم اطلاعات عمومی در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۸۹	۴-۲-۳- گره‌بندی مطالعاتی تکنیک HAZID در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۸۹	۴-۲-۴- مشخص نمودن مخاطرات در هر گره مطالعاتی
۹۰	۴-۲-۵- طراحی کاربرگ‌های تکنیک HAZID در نرم‌افزار
۹۱	۴-۲-۶- تنظیمات سلسله مراتبی در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۹۲	۴-۲-۷- کد گذاری در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۹۳	۴-۲-۸- تنظیم ماتریس ریسک در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۹۴	۴-۲-۹- خروجی نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۹۴	۴-۲-۱۰- کنترل داده‌ها در PHA-Pro 8.5
۹۴	۴-۲-۳- شناسایی مخاطرات در بستر نرم‌افزار PHA-PRO 8.5
۱۰۱	۴-۳-۱- مدلسازی پیامد رهايش گاز سمی کلر با استفاده از نرم‌افزار PHAST 8.22
۱۰۱	۴-۳-۱- وارد کردن نقشه به نرم‌افزار، مقیاس بندی نقشه و قرار دادن مخزن رسیور بر روی آن
۱۰۴	۴-۳-۲- تعریف ماده به نرم‌افزار PHAST 8.22
۱۰۵	۴-۳-۳- تعریف سناریو بروز رویداد
۱۰۶	۴-۳-۴- تعیین سناریوهای آب و هوایی در نرم‌افزار PHAST 8.22
۱۰۶	۴-۳-۱- اقلیم شناسی استان تهران

۱۱۰.....	۴-۳-۲- جمع بندی آیت‌های سناریوهای آب و هوایی
۱۱۱.....	۴-۳-۵- انتخاب حالت حل مساله
۱۱۱.....	۴-۳-۶- تفسیر نتایج حاصل از مدلسازی با نرم‌افزار PHAST 8.22
۱۱۳.....	۴-۳-۷- تفسیر نتایج حاصل از مدلسازی پیامد رهائش ماده سمی کلر از سیلندر تحت فشار
۱۱۳.....	۴-۳-۷-۱- بررسی انتشار ماده سمی کلر
۱۱۴.....	۴-۳-۷-۲- بررسی احتمال مرگ و میر نفرات بر اثر انتشار ماده سمی کلر (Toxicity)
۱۱۸ .....	<b>فصل ۵- جمع‌بندی و پیشنهادها.....</b>
۱۱۹.....	۵-۱- مقدمه
۱۲۰.....	۵-۲- بحث و نتیجه‌گیری
۱۲۵.....	۵-۳- پاسخ به فرضیات تحقیق
۱۲۹.....	۵-۴- نوآوری تحقیق
۱۲۹.....	۵-۵- پیشنهادات تحقیق
۱۲۹.....	۵-۵-۱- پیشنهادات پژوهشی تحقیقی
۱۳۰.....	۵-۵-۲- پیشنهادات اجرایی تحقیق
۱۳۳.....	۵-۵-۲-۲- اقدامات لازم و ضروری در هنگام بروز رویداد رهائش ناخواسته کلر
۱۳۴.....	۵-۵-۲-۳- کمک‌های اولیه و مراقبت‌های پزشکی
۱۳۶.....	۵-۶- محدودیت‌های تحقیق
۱۳۷ .....	<b>مراجع.....</b>
۱۳۸.....	فهرست مراجع فارسی
۱۴۲.....	فهرست مراجع غیرفارسی
۱۴۴.....	<b>پیوست‌ها.....</b>
	پیوست (۱) آئین کار اصول طراحی ایمنی و بهداشت ساختمان واحد کلر زنی در تصفیه آب آشامیدنی
۱۴۵.....	(ISIRI-5015)

## فهرست جدول‌ها

عنوان	شماره صفحه
جدول (۱-۱) اثرات بیولوژیکی گاز کلر بر روی بدن (خرم، ۱۳۹۹).....	۵
جدول (۲-۱) تعاریف و اصطلاحات فنی و تخصصی.....	۷
جدول (۱-۳) کاربرد سبک‌های مختلف تکنیک HAZID.....	۵۶
جدول (۲-۳) مدارک و مستندات مورد استفاده در تکنیک هزید مفهومی.....	۵۹
جدول (۳-۳) مدارک و مستندات مورد استفاده در تکنیک هزید جزئی.....	۶۰
جدول (۴-۳) مراحل کاربرد شناسایی مخاطرات.....	۶۱
جدول (۵-۳) تعیین محدوده مطالعاتی و جزییات آن مناطق.....	۶۲
جدول (۶-۳) بخش‌های مختلف در یک چک لیست هزید.....	۶۲
جدول (۷-۳) قسمت‌ها / طبقات مختلف در یک چک لیست هزید.....	۶۳
جدول (۸-۳) قسمت‌های مربوط به بخش اول: مخاطرات خارجی و محیط زیستی.....	۶۳
جدول (۹-۳) قسمت‌های مربوط به بخش دوم: مخاطرات ناشی از تاسیسات و تجهیزات.....	۶۴
جدول (۱۰-۳) قسمت‌های مربوط به بخش سوم: مخاطرات سلامتی.....	۶۴
جدول (۱۱-۳) قسمت‌های مربوط به بخش چهارم: مخاطرات ناشی از اجرای پروژه.....	۶۴
جدول (۱۲-۳) بخش اول: مخاطرات خارجی و محیط زیستی.....	۶۵
جدول (۱۳-۳) بخش دوم: مخاطرات ناشی از تاسیسات و تجهیزات.....	۶۶
جدول (۱۴-۳) بخش سوم: مخاطرات سلامتی.....	۶۹
جدول (۱۵-۳) بخش چهارم: مخاطرات ناشی از اجرای پروژه.....	۷۰
جدول (۱۶-۳) کار برگ شناسایی مخاطرات به روش تکنیک HAZID.....	۷۱
جدول (۱۷-۳) ماتریس سطوح ریسک (Shell HSE Manual, 1995).....	۷۲
جدول (۱۸-۳) راهنمای امتیازدهی احتمال.....	۷۳
جدول (۱۹-۳) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه محیط زیستی.....	۷۳
جدول (۲۰-۳) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه جانی.....	۷۴
جدول (۲۱-۳) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه مالی.....	۷۴
جدول (۲۲-۳) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه جانی.....	۷۴
جدول (۲۳-۳) قابلیت‌های تکنیک طوفان ذهنی (IEC/FDIS 31010:2009).....	۷۵
جدول (۱-۴) کتابخانه‌های موجود در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5.....	۸۳



جدول (۴-۲) گره‌بندی مطالعاتی تکنیک HAZID در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5	۸۹
جدول (۴-۳) مخاطرات مشخص شده در هر نود مطالعاتی در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5	۹۰
جدول (۴-۴) کاربرگ‌های طراحی شده در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5	۹۰
جدول (۴-۵) خروجی نرم افزار PHA-Pro 8.5	۹۵
جدول (۴-۶) خصوصیات ماده معرفی شده نرم‌افزار PHAST 8.22	۱۰۴
جدول (۴-۷) بررسی ۱۰ ساله دمای استان تهران از ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰	۱۰۷
جدول (۴-۸) بررسی سرعت و جهت باد غالب در استان تهران - منطقه ۵ شهرداری تهران (تصفیه خانه شماره ۲ کن)	۱۰۸
جدول (۴-۹) بررسی میزان بارش و رطوبت نسبی استان تهران	۱۰۹
جدول (۴-۱۰) بررسی میزان تابش نور خورشید بر حسب کیلووات بر متر مربع در استان تهران	۱۰۹
جدول (۴-۱۱) شرایط آب و هوایی در نظر گرفته شده برای مدلسازی پیامد رهايش کُله در تصفيه خانه شماره ۲ کن	۱۱۰
جدول (۴-۱۲) سطوح سمیت برای گاز سمی کُله بر اساس ERPG	۱۱۱
جدول (۴-۱۳) جمع‌بندی احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار کُله در ۴ فصل مختلف سال برای سناریو گسست ناگهانی (Catastrophic Rapture)	۱۱۷
جدول (۴-۱۴) جمع‌بندی احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار کُله در ۴ فصل مختلف سال برای سناریو نشت بر حسب زمان (Time Varying Leak)	۱۱۷
جدول (۵-۱) آستانه‌های قرار گرفتن در معرض کُله و واکنش‌های گزارش شده در انسان	۱۲۰
جدول (۵-۲) نتایج مطالعات شناسایی مخاطرات با استفاده از تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5	۱۲۳
جدول (۵-۳) نتایج مطالعات ارزیابی ریسک با استفاده از تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5	۱۲۳
جدول (۵-۴) نتایج اولویت‌بندی ریسک با استفاده از تکنیک HAZID در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5	۱۲۵
جدول (۵-۵) مساحت اثر انتشار کُله در فصول مختلف سال بر اساس درصد مرگ و میر برای سناریو گسست ناگهانی	۱۲۶
جدول (۵-۶) احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار کُله در ۴ فصل مختلف سال برای سناریو نشت بر حسب زمان	۱۲۷

## فهرست شکل‌ها

<u>شماره صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۴۵	شکل (۱-۳) اجزا اصلی در سیستم تزریق گاز کلر در یک تصفیه خانه صنعتی آب
۴۶	شکل (۲-۳) محل قرارگیری آنالایزر سنجش ابتدایی و ثانویه کلر در مسیر تصفیه فاضلاب
۴۶	شکل (۳-۳) قرارگیری Switchover Module در سیستم تزریق گاز کلر
۴۷	شکل (۴-۳) سیستم کلرزنی گاز کلر در تصفیه خانه فاضلاب
۴۸	شکل (۵-۳) تقسیم بندی مناطق هفتگانه آب و فاضلاب استان تهران
۴۹	شکل (۶-۳) محدوده فعالیت شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک‌های غرب استان تهران
۵۰	شکل (۷-۳) سیلندرهای ۱ تنی تحت فشار مایع و گاز سمی کلر در اتاق کلرزنی تصفیه خانه فاضلاب ۲ کن
۵۱	شکل (۸-۳) استقرار واحد کلرزنی سیلندرهای یک تنی (تیپ A) در تصفیه‌خانه آب شماره ۲ کن
۸۴	شکل (۱-۴) ساخت کتابخانه برای تکنیک HAZID در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۸۵	شکل (۲-۴) پنجره ورود اطلاعات عمومی مورد مطالعاتی
۸۵	شکل (۳-۴) پنجره ورود متدلوژی انجام پژوهش بر روی مورد مطالعاتی
۸۶	شکل (۴-۴) تنظیم اعضاء تیم مطالعاتی HAZID در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۸۷	شکل (۵-۴) تنظیم جلسات مطالعات HAZID در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۸۸	شکل (۶-۴) حضور و غیاب اعضاء تیم مطالعاتی HAZID در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۸۹	شکل (۷-۴) ترسیم نمودار اولویت‌بندی و متدولوژی انجام مطالعات در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۹۲	شکل (۸-۴) تنظیم سلسله مراتب مطالعاتی HAZID در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۹۳	شکل (۹-۴) صفحه کد گذاری در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۹۳	شکل (۱۰-۴) ماتریس ریسک طراحی شده در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5
۱۰۱	شکل (۱۱-۴) منطقه ۵ شهرداری تهران و جانمایی تصفیه خانه آب شماره ۲ کن در این منطقه
۱۰۲	شکل (۱۲-۴) نمای هوایی تصفیه‌خانه شماره ۲ کن در منطقه ۵ شهرداری تهران
۱۰۲	شکل (۱۳-۴) ساختمان نگهداری سیلندر گاز سمی کلر در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن
۱۰۳	شکل (۱۴-۴) مقیاس بندی نقشه هوایی تصفیه خانه آب شماره ۲ کن در نرم‌افزار PHAST 8.22
۱۰۳	شکل (۱۵-۴) جانمایی ساختمان کلرزنی بر روی نقشه در نرم‌افزار PHAST 8.22
۱۰۳	شکل (۱۶-۴) جانمایی ساختمان کلرزنی و سیلندر ۱۰۰۰ کیلوگرمی کلر بر روی نقشه در نرم‌افزار

PHAST 8.22	۱۰۴
شکل (۴-۱۷) تعریف سناریو Catastrophic Rupture و Time Varying Leak در مدلسازی پیامد رهايش	
گاز کلر	۱۰۵
شکل (۴-۱۸) گلباد استان تهران در ایستگاه های مختلف	۱۰۸
شکل (۴-۱۹) تنظیم چهار سناریو آب و هوایی در منطقه ۵ شهرداری تهران - تصفیه خانه شماره ۲ کن	
	۱۱۰
شکل (۴-۲۰) حل مساله مدلسازی رهايش ماده سمی کلر در نرم افزار PHAST 8.22 با دو سناریو گسست	
ناگهانی و نشت بر حسب زمان در چهار سناریو آب و هوایی در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن	۱۱۲
شکل (۴-۲۱) بررسی Max Concentration Foot Print در سناریو Catastrophic Rapture بر اساس	
سطوح ERPG	۱۱۳
شکل (۴-۲۲) بررسی Max Concentration در سناریو Catastrophic Rapture بر اساس سطوح ERPG در	
GIS	۱۱۳
شکل (۴-۲۳) بررسی Max Concentration در سناریو Time Varying Leak بر اساس سطوح ERPG	۱۱۳
شکل (۴-۲۴) بررسی Max Concentration در سناریو Time Varying Leak بر اساس سطوح ERPG در	
GIS	۱۱۴
شکل (۴-۲۵) درصد احتمال مرگ و میر نفرات در اثر رهايش گاز کلر در فصل بهار برای سناریو گسست	
ناگهانی	۱۱۴
شکل (۴-۲۶) درصد احتمال مرگ و میر نفرات در اثر رهايش گاز کلر در فصل تابستان برای سناریو گسست	
ناگهانی	۱۱۴
شکل (۴-۲۷) درصد احتمال مرگ و میر نفرات در اثر رهايش گاز کلر در فصل پاییز برای سناریو گسست	
ناگهانی	۱۱۵
شکل (۴-۲۸) درصد احتمال مرگ و میر نفرات در اثر رهايش گاز کلر در فصل زمستان برای سناریو گسست	
ناگهانی	۱۱۵
شکل (۴-۲۹) درصد احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار رهايش گاز کلر در فصل بهار برای سناریو نشت	
بر حسب زمان	۱۱۵
شکل (۴-۳۰) احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار رهايش گاز کلر در فصل تابستان برای سناریو نشت بر	
حسب زمان	۱۱۶
شکل (۴-۳۱) احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار رهايش گاز کلر در فصل پاییز برای سناریو نشت بر	
حسب زمان	۱۱۶

- شکل (۴-۳۲) احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار رهایش گاز کلر در فصل زمستان برای سناریو نشت بر حسب زمان ..... ۱۱۶
- شکل (۵-۱) تنظیم چهار سناریو آب و هوایی در تصفیه خانه شماره ۲ کن ..... ۱۲۵
- شکل (۵-۲) ترسیم نمودارهای مساحت انتشار کلر در فصول مختلف بر اساس درصد مرگ و میر برای سناریو گسست ناگهانی ..... ۱۲۶
- شکل (۵-۳) ترسیم نمودارهای مساحت انتشار کلر در فصول مختلف بر اساس درصد مرگ و میر برای نشت بر حسب زمان ..... ۱۲۷
- شکل (۵-۴) بیشتر غلظت انتشار گاز سمی کلر در مقایسه با مسافت طی شده برای سناریو گسست ناگهانی ..... ۱۲۸
- شکل (۵-۵) بیشتر غلظت انتشار گاز سمی کلر در مقایسه با مسافت طی شده برای نشت بر حسب زمان ۱۲۸
- شکل (۵-۶) سیستم ابزار دقیق شناساگر گاز کلر در اتاق نگهداری سیلندرها در تصفیه خانه شماره دو کن ..... ۱۳۱
- شکل (۵-۷) سیستم خنثی ساز / Scrabber در سالن نگهداری سیلندره‌ای تحت فشار ماده سمی کلر .... ۱۳۲
- شکل (۵-۸) درپوش / CAP مخصوص استفاده در زمان نشت کلر از شیر و یا فلنج سیلندر یک تنی تحت فشار ..... ۱۳۳

## فهرست نمودارها

<u>عنوان</u>	<u>شماره صفحه</u>
نمودار (۱-۳) چارت سازمانی شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک‌های غرب استان تهران .....	۵۰
نمودار (۲-۳) دیاگرام ارتباط عناصر تشکیل دهنده واحد کلرزنی .....	۵۱
نمودار (۳-۳) متدولوژی انجام پژوهش .....	۵۳
نمودار (۴-۳) متدولوژی انجام تکنیک HAZID .....	۷۱
نمودار (۱-۴) میانگین گرمترین و سردترین روزهای سال در استان تهران .....	۱۰۷
نمودار (۲-۴) میانگین رطوبت نسبی در استان تهران .....	۱۰۹

## فهرست علائم اختصاری

فارسی	انگلیسی	اختصارات
نرم افزار مدلسازی حوادث فرآیندی	Areal Location of Hazardous Atmosphere	ALOHA
انفجار بخار اشباع مایع در حال جوش	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion	BLEVE
میزان اکسیژن برای فرایندهای بیولوژیکی	Biological Oxygen Demand	BOD
تکنیک تجزیه و تحلیل علت - پیامد	Cause Consequence Analysis Technique	CCA
مرکز ایمنی فرایندهای شیمیایی	Center for Chemical Process Safety	CCPS
کلر	Chlorine	CL
کنترل مخاطرات حوادث عمده	Control Of Major Accident Hazards	COMAH
سازمان حمل و نقل آمریکا	Department Of Transportation	DOT
سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا	Environment Protection Agency	EPA
برنامه واکنش به شرایط اضطراری	Emergency Response Plan	ERP
راهنمای برنامه مدیریت شرایط اضطراری	Emergency Response Planning Guidelines	ERPG
تکنیک تجزیه و تحلیل درخت رویداد	Event Tree Analysis Technique	ETA
تکنیک تجزیه و تحلیل درخت خطا	Fuzzy Fault Tree Analysis Technique	FFTA
تکنیک حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن	Failure Mode & Effect Analysis Technique	FMEA
تکنیک تجزیه و تحلیل درخت خطا	Fault Tree Analysis Technique	FTA
سیستم اطلاعات جغرافیایی	Geographic Information System	GIS
هیدروژن سولفید	Hydrogen Sulphide	H <sub>2</sub> S
تکنیک شناسایی مخاطرات	Hazard Identification	HAZID
تکنیک مطالعه خطر و راهبری عملیات	Hazard & Operability Study	HAZOP
تکنیک تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان انسان	Human Reliability Analysis Technique	HRA
ایمنی، بهداشت و محیط زیست	Health, Safety & Environment	HSE
خطر فوری برای سلامتی و زندگی نفرات	Immediately Dangerous to Life or Health	IDLH
لایه های حفاظتی مستقل	Independent Protection Layers	IPL
سازمان استاندارد ایران	Institute of Standard & Industrial Research of Iran	ISIRI
سازمان بین المللی استاندارد سازی	International Standardization Organization	ISO
تکنیک تجزیه و تحلیل ایمنی شغلی	Job Safety Analysis Technique	JSA
کمترین حد قابل انفجار	Limit Explosive Level	LEL
تکنیک تجزیه و تحلیل لایه های حفاظتی	Layer of Protection Analysis Technique	LOPA
گاز مایع شونده	Liquified Petroleum Gas	LPG
مدیریت تغییرات	Management Of Change	MOC
برگه اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی	Material Safety Data Sheet	MSDS
اداره ایمنی و بهداشت حرفه ای ایالات متحده آمریکا	Occupational Safety & Health Administration	OSHA
اسیدپته	Power Of Hydrogen	PH
تجزیه و تحلیل اولیه مخاطرات	Primarily Hazard Analysis	PHA

فارسی	انگلیسی	اختصارات
نرم افزار تجزیه و تحلیل مخاطرات فرآیندی	Process Hazard Analysis Program	PHA-Pro
نرم افزار تجزیه و تحلیل مخاطرات فرآیندی	Process Hazard Analysis Software Tool	PHAST
یک قسمت در یک میلیون قسمت	Part Per Million	PPM
پوند بر اینچ مربع	Pound Per inch	Psi
سیستم مجوز کار	Permit To Work System	PTWS
ارزیابی ریسک کمی	Quantitative Risk Assessment	QRA
ارزیابی ریسک کیفی	Qualitative Risk Assessment	QRA
برنامه مدیریت ریسک	Risk Management Plan	RMP
عملکرد تجهیزات ابزار دقیق ایمنی	Safety Instrument Function	SIF
سطوح یکپارچگی ایمنی	Safety Integrity Level	SIL
سیستم تجهیزات ابزار دقیق ایمنی	Safety Instrument System	SIS
کمترین حد در معرض تماس بودن	Short-Term Exposure Limit	STEL
حد مجاز تماس برای ۱۵ دقیقه کاری	Threshold Limit Value	TLV
سازمان آب و فاضلاب استان تهران	Tehran Province Water and Waste Water Company	TPWWC
حد مجاز برای ساعت کاری	Time weighted Average	TWA
مطالعه جداگانه مدل جامع پیامد	Unified Dispersion Model	UDM
سازمان بهداشت جهانی	World Health Organization	WHO

## **فصل ۱- کلیات تحقیق**



## ۱-۱- مقدمه

امروزه در دنیای بزرگی که در حال تبدیل شدن به یک دهکده جهانی است سازمان های صنعتی و غیرصنعتی برای بقای خود باید مزیت های رقابتی را شناسایی کرده و در تقویت عوامل موثر آن کوشا باشند. مراقبت وضعیت دائمی سیستم از جمله عوامل موثر در باب مزیت رقابتی محسوب می شود و در این بین داشتن یک سیستم ایمن، مستلزم کنترل همه جانبه خطرات بالقوه ای است که سیستم را تهدید می کند. به همین جهت یک سیستم با خط مشی ایمنی سیستم از مرحله قبل از تولد یعنی فاز ایده نو تفکر شروع شده و تا پایان فاز کنار گذاشتن سیستم ادامه می یابد. در پایان هر مرحله لازم است در راستای اصلاح سیستم و بهبود مداوم آن بر پایه یافته های حاصل از ارزیابی های انجام شده، فرآیند تصمیم گیری مبتنی بر چرخه بهبود مداوم دمیگ به مرحله اجرا گذاشته شود (عظیمی و امیرنژاد، ۱۳۹۰).

در این راستا شناسایی مخاطرات<sup>۱</sup> و ارزیابی ریسک های<sup>۲</sup> ایمنی، بهداشتی و محیط زیستی<sup>۳</sup> (HSE) در یک سیستم می تواند در مسیر اصلاح و بهبود مداوم آن بسیار موثر و مفید باشد. در این پژوهش سعی گردیده تا با استفاده از تکنیک HAZID که یکی از تکنیک های سازمان یافته توسط شرکت بین المللی شل<sup>۴</sup> می باشد، شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک های ناشی از ذخیره سازی ماده سمی کلر در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن انجام شود لذا شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک های آن با استفاده از تکنیک HAZID در بستر نرم افزار PHA-Pro 8.5 انجام گردید. در ادامه با استفاده از نرم افزار مدلسازی پیامد PHAST 8.22 شدت پیامد ناشی از بروز رویداد رهائش ماده سمی کلر در محیط مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. در فصل اول از این پژوهش مساله اصلی تحقیق مورد بررسی قرار گرفته و به ضرورت انجام تحقیق پرداخته می شود. در ادامه فرضیات و سوالات تحقیق مطرح شده و اهداف تحقیق ذکر می گردد. در انتهای این فصل به واژه ها و کلمات تخصصی بکارگیری شده در این تحقیق اشاره گردیده است.

<sup>۱</sup> Hazards

<sup>۲</sup> Risks

<sup>۳</sup> Health, Safety & Environment (HSE)

<sup>۴</sup> SHELL International Corporation (SHELL INC.)

## ۱-۲- بیان مسأله اساسی تحقیق

جوامع بشری برای تامین احتیاجات زندگی ناچار به مصرف مواد و تولیدات صنعتی بوده و ناگزیر بسوی استفاده از فن آوری ها، مواد و انرژی های جدید پیش می رود. توسعه فزاینده علوم و تکنولوژی به همراه کشف و کاربرد انواع ترکیبات شیمیایی مختلف، در عین اینکه بسیاری از نیازهای بشری را تامین نموده عوارض ناخواسته و پیامدهای مصیبت باری نیز به دنبال داشته است که در نهایت به تخریب منابع اقتصادی، انسانی و زیست محیطی در قالب حوادثی چون انفجار، آتش سوزی، نشت و پراکندگی مواد سمی و سایر موارد مشابه منجر شده است. برای مثال حوادثی نظیر Pasadena و Flixborough و بوپال هندوستان نمونه های قابل توجهی در این زمینه می باشند. بررسی حوادث شیمیایی در شهرهای بزرگ و صنعتی نشان می دهد که گاز کلر بعلاوه استفاده گسترده و فراوان، تاریخچه طولانی از نظر ایجاد حوادث بزرگ داشته است (عدل و همکاران، ۱۳۸۶).

این ماده یکی از مواد شیمیایی بسیار مهم و پرمصرف در صنعت می باشد و به همین دلیل سلامتی تعداد زیادی از افراد شاغل در صنایع را تهدید می کند و در ایران هزار نفر در کارخانجات تولید کلر و صنایعی که به نحوی از کلر استفاده می کنند مانند نساجی، کاغذسازی، پتروشیمی و تصفیه آب در خطر مواجهه با کلر هستند و تماس با این گاز در غلظت ppm ۱۴ تا ۲۱ به مدت نیم ساعت خطرناک بوده و غلظت ppm ۱۰۰ را بیش از یک دقیقه نمی توان تحمل کرد. در شرایط عادی اگر ۱۰ تن کلر در هوا منتشر شود در محدوده ۲ کیلومتری از منبع غلظتی برابر با ppm ۱۴۰ و در محدوده ۵ کیلومتری غلظتی در حدود ppm ۱۵ ایجاد خواهد کرد که با توجه به استفاده از کلر در مناطق شهری و تراکم جمعیت در شهرهای بزرگ عمق فاجعه بوضوح روشن است. حادثه نشت گاز کلر از سیلندر ۵۰ تنی در شهر آستارا در هنگام حمل و نقل سیلندر که باعث مرگ چندین نفر و مصدوم شهر ۲۰۰ نفر گردید و همچنین حادثه نشت گاز کلر در آذر ماه ۱۳۸۰ در یکی از ایستگاه های تصفیه آب شهر تهران که منجر به فوت ۲ تن و صدمه دیدن حدود ۵۰ نفر شد از جمله حوادث رخ داده در ارتباط با کلر بشمار می روند (عدل و همکاران، ۱۳۸۶).

آب ماده حیاتی است که حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد وزن بدن انسان بالغ را تشکیل می دهد و بعد از اکسیژن مهمترین ماده برای زیستن می باشد و بهداشت همگانی اجتماعات انسانی در درجه اول به وجود و فراوانی و در دسترس بودن آب سالم بستگی دارد. آلاینده هایی که ممکن است در منابع آب موجود باشند شامل مواد معدنی و آبی، گازهای محلول و باکتری های بیماری زا می باشند که بایستی با توجه به نتایج آزمایش آب خام منبع مورد استفاده، عمل تصفیه فیزیکی و شیمیایی مناسب برای آن پیش بینی شود. اگر چه در تصفیه فیزیکی (ته نشینی و صاف کردن) ذرات معلق و تعدادی از باکتری ها از سالم بودن آب برای آشامیدن و مصارف بهداشتی و تفریحی و ورزشی، گندزدایی آن یک ضرورت است. مقصود از گندزدایی آب آشامیدنی، از بین بردن عوامل بیماریزا (پاتوژن) و جلوگیری از شیوه بیماری های قابل انتقال بوسیله آب است. در حال حاضر استفاده از کلر برای گندزدایی به دلیل ارزان بودن و قدرت میکروب کشی و اثر ابقایی نسبتاً خوب آن، متداولترین روش در دنیا واز جمله کشور ما می باشد. کلر را می توان به صورت گاز کلر (CL<sub>2</sub>) و یا بصورت ترکیب هیپوکلریت کلسیم CaOCL<sub>2</sub> و یا هیپوکلریت سدیم NaOCl در گندزدایی آب بکار برد. در تصفیه آب

آشامیدنی شهرها و مصارف صنایع بزرگ، کلر زنی غالباً بصورت گاز کلر انجام می شود. کلر گازی است خطرناک و کار با آن نیاز به احتیاط های لازم دارد. از آنجایی که کلر، گازی جذب شونده، محرک و خفه کننده برای انسان است. حد مجاز آستانه (TLV) آن در هوای استنشاقی معادل ۳ میلی گرم در متر مکعب تعیین شده است. تنفس گاز کلر به مقدار زیاد باعث مسمومیت بسیار شدید شده و گاهی مرگ آور است (ISIRI 5015). با توجه به مطالب فوق الذکر، در این مطالعه سعی شد تا با استفاده از تکنیک HAZID و در قالب نرم افزار PHA-Pro 8.5 مخاطرات نگهداری گاز سمی کلر در سیلندره های ذخیره سازی (۱ تنی) مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از نرم افزار PHAST 8.22 که یکی از مهمترین نرم افزارهای مشهور در مدلسازی پیامد انتشار می باشد، انتشار گاز سمی کلر در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

### ۱-۳- اهمیت و ضرورت تحقیق

همواره در دل صنایع، مخاطرات بالقوه ای وجود دارند که می توانند موجب بروز جراحت، صدمات جانی و خسارت های مالی شوند. یک مخاطره ساده می تواند منجر به یک حادثه بزرگ شود که عمدتاً بصورت حوادثی مانند آتش سوزی، انفجار یا نشت مواد سمی بروز می کند. بسیاری از حوادث بزرگ و شناخته شده در صنایع از یک پیشامد اولیه آغاز و به دنبال آن با اثرات زنجیروار همراه شده است. چنین حوادثی به اثر دومینو معروفند و از آن جایی که پیامدهای هر حادثه توسط رخداد بعدی تشدید می گردد، آسیب های کلی حاصل از آنها بسیار وخیم تر و گاهی چندین برابر شدت اثر حادثه اولیه می باشد. گستردگی آسیب ها از نقطه نظر مکانی و زمانی می تواند سبب تشدید حوادث شود، به عنوان مثال مناطقی که در محدوده حادثه ابتدایی قرار ندارد، تحت تأثیر واقع شوند و یا با ادامه پیدا کردن یک آتش سوزی اولیه کوچک شدت آسیب ها افزایش یابد. در بسیاری از مواقع هر دو عامل در افزایش اثرات حادثه موثر هستند. وقوع حوادث در صنایع، علاوه بر پیامدهای جانی و صدمه به تجهیزات، زیانهای اقتصادی نیز در پی دارد. البته می دانیم که هزینه های مستقیم و غیره مستقیم حوادث، چیزی شبیه کوه یخ است که بخش کوچکی از آن قابل لمس و مشاهده است (رشچیان و لک، ۱۳۸۶).

یکی از مواد با قابلیت بالای آسیب زایی که انتشار آن از منابعی چون تاسیسات فرآیندی، منازل مسکونی، سلاح های شیمیایی و یا هنگام رهايش اتفاقی و ناخواسته به محیط موجب تعداد زیادی از حوادث بزرگ و فجایع انسانی بوده است، گاز سمی کلر می باشد. فریتز هابر (۱۸۶۸) شیمیدان آلمانی و برنده جایزه نوبل بود که برای اولین بار به ارتش آلمان توصیه کرد که از گاز کلر به عنوان سلاح شیمیایی استفاده کند. بعدها لقب "پدر جنگ شیمیایی" را به او دادند. او دریافت که ویژگی های فیزیکی و شیمیایی گاز کلر و تولید ساده صنعتی آن، آن را یک سلاح شیمیایی موثر می سازد. او به عنوان رئیس شیمی در وزارت جنگ آلمان، علاوه بر نظارت بر تولید صنعتی آن، مسئولیت اولین استفاده میدانی را که در آن شرکت می کرد، بر عهده داشت. کلر یک گاز بسیار سمی است که در مقادیر زیاد در سراسر جهان تولید و مورد استفاده قرار می گیرد و وجود آن برای محافظت از انسان در برابر شیوع بیماری های ناشی از آب ضروری است. از طرف دیگر، با توجه به گستره وسیع کاربردهای آن، چه در ابعاد صنعتی و چه ابعاد نظامی انتشار آن به محیط می تواند منشاء اثرات

زبان باری بر روی سلامت انسان‌ها باشد (خرم، ۱۳۹۹).  
در جدول (۱-۱) اثرات بیولوژیکی گاز کلر بر روی بدن (خرم، ۱۳۹۹) نشان داده شده است.

جدول (۱-۱) اثرات بیولوژیکی گاز کلر بر روی بدن (خرم، ۱۳۹۹)

سیستم تحت اثر	اثرات بیولوژیکی
اندام تنفسی	تنفس نامنظم، تنفس سریع، تنگی نفس، خس خس سینه، ایست تنفسی، سوزش ریه‌ها، تحریک پذیرگی بسیار بالا، ادم ریوی، نارحتی سینه و ریه، اختناق، سرفه، سرفه خونی و سیانوز ریوی
اندام گوارشی	ناراحتی‌های شکمی، تهوع و استفراغ شدید
اندام قلبی و عروقی	افت سریع فشار خون، شوک و هیپوکسی، سیانوز
پوستی	قرمزی شدید پوست بدن، سوزی پوست، ایجاد سوختگی با درجات مختلف بر روی پوست
اندام بینایی	سوزش سریع چشم‌ها، آبریزش شدید بینی و چشم‌ها، قرمزی چشم، پاره شدن ملتحمه، اختلال بینایی شدید دو بینی
سیستم عصبی	آزیتاسیون، عدم پاسخگویی به محرک‌ها

مدیریت ریسک امری لازم و ضروری برای هر سازمانی است، بخصوص سازمان‌هایی که با تجهیزات و فرآیندهایی مواجه هستند که خطرات، خرابی‌ها و خطاهای صورت گرفته در آن می‌تواند همراه با تهدیدات جدی برای موجودات زنده و محیط زیست باشد. یکی از سازمان‌ها، شرکت آب و فاضلاب است که در ارتباط مستقیم با پیامدهای ناشی از رویدادنشت گاز سمی کلر در تصفیه خانه‌های خود است و به دنبال راه کارهایی برای جلوگیری از زیان است. با وجود تکنولوژی‌های تصفیه آب نظیر فیلتراسیون غشایی، اشعه UV، استفاده از ازن و هیدروژن پراکساید، تبادل یون و فیلتراسیون بیولوژیکی، روش کلرزنی برای تصفیه آب شهری هنوز روشی متداول است (محسن‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹).

مرووری بر حوادث نشت گاز سمی کلر نشان می‌دهد که رعایت اصول ایمنی و ارزیابی پیامد خطرات ناشی از نشت گاز کلر در تصفیه خانه‌های آب و فاضلاب از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. شدت تخلیه موادی همچون کلر تابعی از حالت فیزیکی سیال (کلر)، ابعاد منفذ ایجاد شده و مدت زمان نشتی بوده و عوامل موثر بر پراکنش و انتشار گاز کلر وابسته به عواملی همچون پایداری جو، سرعت و جهت باد، ارتفاع رهائش، دمای محیط، عوارض محیطی زمین و مومنتوم ماده رها شده می‌باشد. بررسی‌ها برای انتخاب مدل مناسب به منظور شبیه سازی نتایج حاصل از رهائش گاز نشان می‌دهد که نرم‌افزار PHAST کمترین خطا را در مقایسه با سایر ابزارهای مدلسازی پیامد دارا می‌باشد (دشتی، ۱۳۹۹).

لذا در این پژوهش سعی گردید تا در ابتدا مخاطرات ناشی از نگهداری، ذخیره سازی و استفاده از گاز سمی کلر جهت تصفیه آب با استفاده از تکنیک HAZID در بستر نرم‌افزار PHA-Pro 8.5 مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و سپس با استفاده از نرم‌افزار مدلسازی پیامد PHAST 8.22، پراکنش و انتشار گاز سمی کلر ناشی از سناریوهای نشت (رهائش ناگهانی و نشت بر حسب زمان) در تصفیه‌خانه آب شماره ۲ کن انجام شد تا میزان و گستره پراکنش این ماده سمی مدلسازی شده و تاثیر آن بر نیروی‌های شاغل در تصفیه خانه آب و سایر نفقات خارج از مجموعه مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

## ۴-۱- اهداف تحقیق

### هدف کلی

- شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک ذخیره سازی، نگهداری، انتقال و مصرف گاز سمی کلر با استفاده از تکنیک HAZID در بستر نرم افزار PHA-Pro 8.5 و مدلسازی پیامد رهائش کلر از مخازن نگهداری با استفاده از نرم افزار PHAST 8.22 در تصفیه خانه شماره ۲ کن

### اهداف ویژه

- تشکیل تیم مطالعاتی و برگزاری جلسات طوفان ذهنی با حضور کارشناسان صنعت مورد مطالعه
- شناسایی و تجزیه تحلیل مخاطرات ناشی از ذخیره سازی گاز سمی کلر در تصفیه خانه شماره ۲ کن
- شناسایی پیامدهای ناشی از بروز رویداد رهائش گاز سمی کلر
- شناسایی لایه های حفاظتی موجود برای کاهش احتمال بروز رویداد و کاهش شدت پیامد ناشی از بروز رویداد رهائش گاز سمی کلر در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن
- جمع آوری نظرات کارشناسان در مورد برآورد احتمال وقوع رویداد رهائش گاز سمی کلر
- جمع آوری نظرات کارشناسان در مورد برآورد شدت پیامد ناشی از رویداد رهائش گاز سمی کلر
- محاسبه عدد ریسک ناشی از حاصل ضرب میزان احتمال وقوع رویداد در میزان شدت پیامد
- تجزیه و تحلیل و مدلسازی پیامد ناشی از بروز رویداد رهائش گاز سمی کلر در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن با استفاده از نرم افزار مدلسازی پیامد PHAST 8.22

### هدف نهایی و کاربردی

- این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره سازی، نگهداری، انتقال و مصرف گاز سمی کلر و مدلسازی پیامد رهائش این ماده سمی در تصفیه خانه شماره ۲ کن انجام شده است. از نتایج حاصل از این مطالعه می توان برای سایر تصفیه خانه های مشابه، که سیستم گندزدایی آنها بر اساس استفاده از گاز سمی کلر می باشد، نیز استفاده نمود.

## ۵-۱- فرض های تحقیق

- به نظر می رسد ریسک های شناسایی شده در ذخیره سازی کلر به مراتب از ریسک های مرحله تعمیر و نگهداری از رتبه بالاتری برخوردار باشد.
- به نظر می رسد شرایط آب و هوایی مکان مورد مطالعه می تواند بر روی میزان شدت پیامدهای ناشی از بروز رویداد رهائش گاز کلر تاثیرگذار باشد.
- اینطور به نظر می رسد که شعاع پراکنش گاز سمی کلر بر اساس احتمال مرگ و میر در فصل تابستان نسبت به سایر فصول، بیشتر است.
- به نظر می رسد که ایزولاسیون کلی اتاق نگهداری سیلندرهای کلر می تواند شدت پیامد ناشی از بروز رویداد را کاهش دهد.

- رهائش گاز سمی کلر از سیلندرهای ذخیره سازی تصفیه خانه آب شماره ۲ کن، می تواند بر روی سلامت ساکنین محلی نیز تاثیرگذار باشد.

## ۱-۶- سوالات تحقیق

- آیا ریسک های شناسایی شده در ذخیره سازی کلر به مراتب از ریسک های مرحله تعمیر و نگهداری از رتبه بالاتری برخوردار باشد؟
- آیا شرایط آب و هوایی مکان مورد مطالعه می تواند بر روی میزان شدت پیامدهای ناشی از بروز رویداد رهائش گاز کلر تاثیرگذار باشد؟
- آیا که شعاع پراکنش گاز سمی کلر بر اساس احتمال مرگ و میر در فصل تابستان نسبت به سایر فصول، بیشتر است؟
- آیا رهائش گاز سمی کلر از سیلندرهای ذخیره سازی تصفیه خانه آب شماره ۲ کن، می تواند بر روی سلامت ساکنین محلی نیز تاثیرگذار باشد؟
- آیا ایزولاسیون کلی اتاق نگهداری سیلندرهای کلر می تواند شدت پیامد ناشی از بروز رویداد را کاهش دهد؟

## ۱-۷- تعاریف و اصطلاحات فنی و تخصصی

در جدول زیر برخی از تعاریف و اصطلاحات فنی و تخصصی که در این پژوهش بکارگیری شده، جمع آوری گردیده است. بیشتر این تعاریف، اصطلاحات فنی و تخصصی از مراجع معتبر در زمینه شناسایی مخاطرات، ارزیابی ریسک و مدیریت ریسک برداشت شده است. این مراجع عبارتند از:

- EN ISO 17776: 2009- Petroleum and Natural Gas Industries – Offshore production Installations- Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment
- ISO 31000.2009 Standard, Risk Management – Principles and guidelines
- ISO 31010.2009 Standard, Risk Management – Risk assessment Techniques

جدول (۱-۲) تعاریف و اصطلاحات فنی و تخصصی

### مخاطره<sup>۱</sup>

هر چیزی که پتانسیل بالقوه آسیب رسانی را داشته باشد (EN ISO 17776:2002).

### ثبت مخاطرات<sup>۲</sup>

مستندی که در آن تمامی ریسک ها بصورت خلاصه، ولی کامل ثبت می گردند. در این مستند چشم اندازی از مخاطرات شناسایی شده و اقدامات کنترلی مقابله و محدود سازی آنها را به تصویر کشیده می شود (EN ISO 17776:2002).

<sup>1</sup> Hazard

<sup>2</sup> Hazards Register

#### حادثه<sup>۱</sup>

رویداد و یا زنجیره‌ای از رویدادها که می‌تواند باعث آسیب، جراحت، بیماری به انسان، خسارت به تجهیزات و یا آسیب به محیط زیست گردد (EN ISO 17776:2002).

#### رویداد<sup>۲</sup>

احتمال وجود چیزی و یا اینکه چه مقدار آن موضوع وجود خواهد داشت (EN ISO 17776:2002).

#### رویداد خطرناک<sup>۳</sup>

حادثه‌ای که در نتیجه آزاد شدن پتانسیل بالقوه آسیب رسان ایجاد گردد (EN ISO 17776:2002).

#### پیامد<sup>۴</sup>

عبارت است از چیزی که بوسیله سببی حادث شود و یا نتیجه‌ای از مجموعه‌ای از شرایط باشد. اهمیت یک قدرت یک رویداد را پیامد می‌گویند (EN ISO 17776:2002).

#### علت (سبب)<sup>۵</sup>

دلیلی برای یک اقدام و یا بوجود آمدن شرایطی را علت می‌گویند. علت عبارت است از چیزی که باعث بوجود آمدن نتیجه و یا اثری شود (EN ISO 17776:2002).

#### ریسک

مجموعه‌ای از احتمال وقوع یک رویداد و شدت پیامد ناشی از وقوع آن رویداد (EN ISO 17776:2002). همچنین تاثیر عدم قطعیت بر اهداف را ریسک می‌گویند (ISO Guide 73:2009).

#### مدیریت ریسک<sup>۶</sup>

فعالیت‌های هماهنگ شده برای هدایت و کنترل یک سازمان با توجه به ریسک (ISO Guide 73:2009).

#### ارزیابی ریسک<sup>۷</sup>

فرآیند کلی شناسایی، تحلیل ریسک و سنجش ریسک را ارزیابی می‌گویند (ISO Guide 73:2009).

#### چارچوب مدیریت ریسک<sup>۸</sup>

مجموعه‌ای از اجزاء که بنیادها و تمهیدات سازمانی را برای طراحی، پیاده‌سازی، پایش، بازنگری و بهبود مداوم مدیریت ریسک در کل سازمان فراهم می‌کند. چارچوب مدیریت ریسک در خط مشی‌ها و رویه‌های کلی راهبردی و بهره‌برداری سازمان تعبیه شده است (ISO Guide 73:2009).

#### فرآیند مدیریت ریسک<sup>۹</sup>

بطور کلی به فرآیند به کارگیری سیستماتیک خط‌مشی، روش‌های اجرایی و رویه‌های مدیریت در فعالیت‌های تبادل اطلاعات، مشاوره، ایجاد فضا و شناسایی، تحلیل، سنجش، برخورد، پایش و بازنگری ریسک، فرآیند مدیریت ریسک می‌گویند (ISO Guide 73:2009).

#### تحلیل ریسک<sup>۱۰</sup>

فرآیندی برای درک ماهیت ریسک و تعیین سطح ریسک. تحلیل ریسک، پایه‌ای برای سنجش ریسک و تصمیماتی در مورد

<sup>1</sup> Incident

<sup>2</sup> Occurrence

<sup>3</sup> Hazardous Event

<sup>4</sup> Consequence

<sup>5</sup> Cause

<sup>6</sup> Risk Management

<sup>7</sup> Risk Assessment

<sup>8</sup> Frame Work

<sup>9</sup> Risk Management Process

<sup>10</sup> Risk Evaluation

برخورد با ریسک فراهم می سازد (ISO Guide 73:2009).

#### سطح ریسک<sup>۱</sup>

بزرگی یک ریسک یا ترکیبی از ریسک ها، که به صورت ترکیبی از عواقب و راستینمایی آنها بیان می شود (ISO Guide 73:2009).

#### کنترل ریسک<sup>۲</sup>

اقدامی که ریسک را تعدیل می کند. کنترل ها، شامل بر هر فرآیند، خط مشی، تدبیر، رویه یا اقدام دیگری هستند که ریسک را تعدیل می کند (ISO Guide 73:2009).

#### ریسک باقیمانده<sup>۳</sup>

پس از برخورد با ریسک را ریسک باقیمانده می گویند (ISO Guide 73:2009).

#### پایش ریسک<sup>۴</sup>

وارسی، نظارت و مشاهده نقادانه مداوم یا تعیین وضعیت به منظور شناسایی تغییر از سطح عملکرد مورد الزام یا انتظار (ISO Guide 73:2009).

#### بازنگری ریسک<sup>۵</sup>

فعالیتی که برای تعیین مناسب بودن، کفایت و اثربخشی موضوع برای دستیابی به اهداف برقرار شده انجام می شود (ISO Guide 73:2009).

#### تکنیک شناسایی مخاطرات (هزید)<sup>۶</sup>

تکنیکی جهت شناسایی اولیه مخاطرات و تهدیدها است. این تکنیک بیشتر در مورد شناسایی مخاطرات و کمتر در مورد پیامدهای احتمالی و راهکار صحبت می کند. انجام این تکنیک به سه دسته هزید مفهومی، هزید جزئیات و هزید ترکیبی تقسیم می شود که انتخاب نوع هزید با توجه به مواردی چون سطح مدارک و مستندات موجود، جزئیات مدارک، سطح و گستردگی پروژه تعیین می شود. (ISO 31010:2009)

#### تکنیک تجزیه و تحلیل مقدماتی خطر<sup>۷</sup>

تکنیک تجزیه و تحلیل مقدماتی خطر یکی از تکنیک های ارزیابی ریسک و روش تحلیل ساده قیاسی است که هدف آن شناسایی مخاطرات و شرایط خطرناک و پیشامدهایی است که می تواند منجر به خسارت برای فعالیت، تاسیسات یا سیستم شود. (ISO 31010:2009)

#### تکنیک تجزیه و تحلیل درخت خطا<sup>۸</sup>

تکنیکی برای شناسایی و تحلیل عواملی است که می توانند در پیشامد ناخواسته خاصی (که پیشامد نهایی نامیده می شود) شرکت کنند. عوامل سببی بصورت استقرایی شناسایی می شوند، به روش منطقی سازماندهی می شوند و در نمودار درختی تصویری ارائه می شوند که عوامل سببی و روابط منطقی آنها را با پیشامد نهایی به تصویر می کشند (ISO 31010:2009).

#### تکنیک تجزیه و تحلیل درخت رویداد<sup>۹</sup>

تحلیل درخت پیشامد تکنیکی استقرایی و نمایشی برای ارائه رابطه متقابل ترتیب پیشامدها از پیشامد ابتدایی است که کارکرد و یا عدم کارکرد سیستم های مختلف طراحی شده برای تسکین پیامدها را بررسی می کند. این تکنیک می تواند بصورت کمی

<sup>1</sup> Risk Level

<sup>2</sup> Risk Control

<sup>3</sup> Residual Risk

<sup>4</sup> Risk Monitoring

<sup>5</sup> Risk Review

<sup>6</sup> Hazard Identification (HAZID)

<sup>7</sup> Primarily Hazard Analysis (PHA)

<sup>8</sup> Fault Tree Analysis (FTA)

<sup>9</sup> Event Tree Analysis (ETA)



یا کیفی استفاده شود (ISO 31010:2009).

#### تکنیک تجزیه و تحلیل لایه های حفاظتی<sup>۱</sup>

تکنیک تجزیه و تحلیل لایه های حفاظتی و یا به عبارتی دیگر تکنیک واکاوی لایه های حفاظتی، یک روش به نسبت جدید و نیمه کمی که در جهت اطمینان از کاهش ریسک فرآیند تا سطحی قابل قبول مورد استفاده قرار می گیرد (ISO 31010:2009).

#### تکنیک طوفان ذهنی<sup>۲</sup>

یکی از تکنیک های ارزیابی ریسک می باشد که شامل بر تشویق و تحریک جریان آزاد گفتگو میان گروهی از افراد با دانش کافی برای شناسایی حالات خرابی بالقوه، مخاطرات، ریسک ها، معیارهای تصمیم گیری و یا فعالیت هایی به منظور اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه می باشد. اغلب به صورت سطحی برای هر نوع مباحثه گروهی استفاده می شود (ISO 31010:2009).

#### تکنیک تجزیه و تحلیل ایمنی شغلی<sup>۳</sup>

روش واکاوی خطرات شغلی یکی از روش های واکاوی خطر است که به منظور شناسایی خطرات بالقوه و تعیین اقدامات کنترل مناسب جهت کنترل ریسک های غیر قابل قبول انجام می شود. علاوه بر واکاوی خطرات از این روش می توان به منظور تدوین روش های کار ایمن برای مشاغل مختلف، تعیین نیازهای آموزشی، شناسایی خطاها در فرآیند تولید و سایر موارد مشابه استفاده کرد (ISO 31010:2009).

#### تکنیک مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات (مطالعات هزوپ)<sup>۴</sup>

تکنیک مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات، یک روش سیستماتیک و موثر برای شناسایی خطرات و مشکلات عملیاتی سیستم و تعیین اثرات آنها است (ISO 31010:2009).

#### تکنیک تجزیه و تحلیل قابلیت اعتماد انسانی<sup>۵</sup>

روش قابلیت اعتماد انسانی، ارزیابی روشمندی است از عواملی که تحت تاثیر عملکرد اپراتورها، پرسنل نگهداری، تکنسین ها و سایر پرسنل واحد می باشد را ارائه می نماید. این تجزیه و تحلیل شامل بررسی خصوصیات محیطی و فیزیکی کار، مهارت های خطایی را که منجر به حادثه می شوند را مشخص می کند. همچنین برای بررسی علل خطای انسانی نیز کاربرد دارد و معمولاً به همراه دیگر تکنیک های ارزیابی خطر به کار می رود (CCPS, 2001).

#### تکنیک حالات شکست و تجزیه و تحلیل تاثیرات آن<sup>۶</sup>

تکنیک حالات شکست و تجزیه و تحلیل آثار آن، FMEA نامیده می شود. FMEA تکنیکی مهندسی است که به منظور مشخص کردن و حذف خطاها، مشکلات و اشتباهات بالقوه موجود سیستم، فرآیند تولید و ارائه خدمت، قبل از وقوع، در نزد مشتری، بکار برده می شود (ISO 31010:2009).

#### برگه اطلاعات مواد شیمیایی<sup>۷</sup>

برگه ای است که توسط سازمان های سازنده مواد شیمیایی منتشر می شود که در آن خطرات احتمالی ناشی از مواجهه نفرات با این مواد را ارائه می دهد. این برگه اقدامات درمانی در هنگام در معرض قرار گرفتن با ماده شیمیایی را نیز بیان می کند (OGP Encyclopedia, 2008).

#### سیستم مجوز کار<sup>۸</sup>

عبارت است از سیستمی مکتوب و قانونی که برای کنترل ریسک برخی از فعالیت های خطرناک یک پروژه به کار می رود. همچنین سیستم مجوز کار روشی ارتباطی است که در آن مدیریت کارگاه، سرپرستان اجرایی کارگاه، اپراتورها و تمام کسانی

<sup>1</sup> Layer of Protection Analysis (LOPA)

<sup>2</sup> Brain Storming

<sup>3</sup> Job Safety Analysis Technique (JSA)

<sup>4</sup> Hazard & Operability Study Technique (HAZOP)

<sup>5</sup> Human Reliability Analysis Technique (HRA)

<sup>6</sup> Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)

<sup>7</sup> Material Safety Data Sheet (MSDS)

<sup>8</sup> Permit To Work System (PTWS)

که به نوعی با کار درگیر می‌باشند با خطرات فعالیت آشنا شده و می‌توانند آن را مدیریت کنند (ISO Guide 73:2009).

#### روش اجرایی<sup>۱</sup>

عبارت است از یک سری از فعالیت‌ها و عملکردهایی که به منظور به دست آوردن یک نتیجه خاص باید تحت یک روش و شرایط مشخص انجام شوند. برنامه‌ای است از پیش تعیین و مکتوب شده به منظور کاهش آسیب ناشی از بروز شرایط ناخواسته که پتانسیل لازم را برای صدمه رساندن به انسان، محیط زیست و اموال داشته باشد (ISO Guide 73:2009).

#### مواد خطرناک<sup>۲</sup>

هر ماده‌ای به هر شکلی یا کمیتی که یک ریسک غیرقابل قبول و منطقی از لحاظ ایمنی و بهداشت و دارایی‌ها در حین حمل و نقل ایجاد نماید (سازمان حمل و نقل آمریکا<sup>۳</sup>، ۲۰۱۳).

اگر ماده‌ای به محیط زیست رها شود و بتواند بطور بالقوه برای سلامت و رفاه جامعه خطرناک باشد، ماده خطرناک در نظر گرفته می‌شود (سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا<sup>۴</sup>، ۲۰۱۷).

مواد خطرناک، موادی هستند که در صورت مواجهه در محیط کار، کارگران را در معرض ریسک قرار دهد. بطور کلی ماده خطرناک به ماده‌ای اطلاق می‌گردد که حداقل یکی از ویژگی‌های، قابلیت اشتعال، قابلیت انفجار، سمیت، خوردگی و یا واکنش دهنده را دارا باشد (سازمان OSHA، ۲۰۱۵).

#### برنامه عملیات اضطراری<sup>۵</sup>

برنامه‌ای است از پیش تعیین و مکتوب شده به منظور کاهش آسیب ناشی از بروز شرایط ناخواسته که پتانسیل لازم را برای صدمه رساندن به انسان، محیط زیست و اموال را داشته باشد (ISO Guide 73:2009).

#### لایه‌های حفاظتی مستقل<sup>۶</sup>

لایه‌های حفاظتی گروهی از تجهیزات و یا کنترلهای اداری می‌باشند که در صورت بروز شرایط غیرعادی در فرآیند، که می‌تواند منجر به آشفته شدن فرآیند و بروز حادثه شوند، اقدامات مشخصی را انجام می‌دهند. که از خصوصیات لایه‌های حفاظتی مستقل می‌توان به قابلیت بازرسی، خاص بودن، استقلال عملکرد، قابلیت اطمینان و قابلیت بازرسی اشاره کرد. سیستم‌های مهندسی یا ابزارهای کنترلی برای جلوگیری از بروز رویداد و تخفیف نتایج حاصل از انحراف نیز جزء این دسته از لایه‌های حفاظتی می‌باشند (ISO 31010:2009).

#### سیستم‌های ابزار دقیق ایمنی<sup>۷</sup>

مجموعه‌ای از سیستم‌ها، تجهیزات و ادواتی هستند که در صورتی که فرآیند از حالت نرمال خارج شود، آنرا به حالت نرمال و ایمن هدایت می‌کنند (ISO 31010:2009).

#### اقدامات ایمنی ابزار دقیقی<sup>۸</sup>

به مجموعه‌ای از اقدامات برای هدایت فرآیند به حالت ایمن گفته می‌شود (ISO 31010:2009).

#### سطوح یکپارچگی ایمنی<sup>۹</sup>

سطوح یکپارچگی ایمنی، در واقع احتمال اجرای وظایف ایمنی مورد نیاز تحت تمام شرایط در طول یک دوره زمانی مشخص از سوی سیستم مرتبط با ایمنی می‌باشد. سطح یکپارچگی ایمنی به چهار سطح دسته بندی شده و به صورت احتمال شکست هنگام تقاضا تعریف می‌شود. احتمال شکست در هنگام تقاضا، به صورت نداشتن قابلیت استفاده ایمن از یک موضوع را تعریف

<sup>1</sup> Procedure

<sup>2</sup> Hazardous Material

<sup>3</sup> Department Of Transportation (DOT)

<sup>4</sup> Environment Protection Agency (EPA)

<sup>5</sup> Emergency Response Plan (ERP)

<sup>6</sup> Independent Protection Layers (IPL)

<sup>7</sup> Safety Instrument System (SIS)

<sup>8</sup> Safety Instrument Function (SIF)

<sup>9</sup> Safety Integrity Level (SIL Study)

می‌نماید و از این رو میانگین نسبت زمانی است که آن موضوع به صورت یک مانع ایمنی عمل نمی‌کند (CCPS, 2011).

#### سیستمهای ابزار دقیق ایمنی

سیستم و مجموعه‌ای از تجهیزات و وسایلی هستند که در صورتی که فرآیند از حالت نرمال خارج شود، آنرا به حالت ایمن هدایت می‌کنند (ISO 31010:2009).

#### اقدامات ایمنی ابزار دقیقی

به مجموعه‌ای از اقدامات برای هدایت فرآیند به حالت ایمن گفته می‌شود (ISO 31010:2009).

#### محیط زیست

محیطی شامل هوا، آب، خاک، منابع طبیعی، گیاهان، جانوران، انسان و روابط متقابل بین آنها که سازمان در آن فعالیت می‌نماید. (محیط در این تعریف از درون یک سازمان تا سیستم جهانی را در بر می‌گیرد) (ISO 14000:2009).

#### اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف

به اتاقی مسقف و ایمن اتلاق می‌گردد که بر حسب مصرف آب مورد نیاز، یک یا چند سیلندر یک تنی یا با حجم کمتر بر روی حداقل دو واحد سکوی ویژه مستقر شده باشند (ISIRI 5015).

#### اتاق کلرزی

به فضای مسقف و ایمن در واحد کلرزی اتلاق می‌گردد که عمل تزریق گاز کلر به منظور گندزدایی و سالم سازی آب آشامیدنی بوسیله دستگاه‌های کلرزی خودکار و سیستم‌های کنترل و ایمنی مربوط در این اتاق انجام می‌شود (ISIRI 5015).

#### انبار نگهداری سیلندرهای گاز کلر

به فضای مسقف و ایمن در واحد کلرزی اتلاق می‌شود که سیلندرهای گاز کلر اعم از خالی یا پر طبق ضوابط ایمنی در آن نگهداری می‌گردد (ISIRI 5015).

#### اتاق فرمان و کنترل

فضای مسقف و ایمن در واحد کلرزی است که از طریق پنجره های شیشه ای بسته، مشرف با اتاق استقرار سیلندرها و اتاق کلرزی بوده و شخص یا اشخاص اداره کننده و ناظر واحد در آن مستقر می باشند (ISIRI 5015).

#### حوضچه خنثی سازی

حوضچه‌ای است که نزدیک اتاق کلرزی و انبار سیلندرهای گاز کلر ساخته می‌شود و همواره دارای آب آهک و یا سود در حد اشباع می‌باشد تا در مواقع بروز نشت گاز با غوطه‌ور کردن سیلندر در آن موجب خنثی کردن و محیط کار و محیط زیست به گاز کلر جلوگیری بعمل آید.

## **فصل ۲- مروری بر منابع**

## ۲-۱- مقدمه

در فصل دوم از این پژوهش، در ابتدا به مطالعه در خصوص تاریخچه صنعت آب و فاضلاب در ایران و جهان پرداخته شده و ادامه به جمع آوری داده های مورد نیاز برای این تحقیق پرداخته شد.

در این پژوهش به منظور جمع آوری اطلاعات و داده ها از روش های زیر بهره گیری خواهد شد:

- مطالعات مستندات کتابخانه ای

این مطالعات شامل بر مطالعات مرتبط با صنعت تصفیه آب و فاضلاب، مطالعه مقالاتی که در خصوص ارزیابی ریسک در صنعت آب و فاضلاب، مراجعه به تارنمای های (Web Site) مرتبط می باشد. مطالعات مستندات کتابخانه ای شامل بر موارد اشاره شده زیر می باشد:

- مطالعات شناسایی مخاطرات، تجزیه و تحلیل مخاطرات، ارزیابی ریسک و مدیریت ریسک های ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)

- مطالعات شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک در صنعت تصفیه خانه ها آب و فاضلاب

- مطالعات صورت پذیرفته با استفاده از تکنیک مورد استفاده در این پژوهش (تکنیک HAZID)

- مطالعات صورت پذیرفته با استفاده از نرم افزار PHA-Pro – ورژن های گوناگون

- مطالعات انجام شده با کمک نرم افزار مدل سازی پیامد PHAST – ورژن های گوناگون

- بازدید از شرکت تصفیه خانه آب شماره ۲ کن

- برگزاری جلسات طوفان ذهنی

به منظور جمع آوری اطلاعاتی در مورد فعالیت ها، عملیات ها، فرآیندها و همچنین به منظور شناسایی مخاطرات از تکنیک طوفان ذهنی در جلسات متعدد استفاده شد.

- مصاحبه با کارشناسان، متخصصین و خبرگان (بررسی احتمال بروز رویدادها و شدت پیامد ناشی از

بروز رویداد)

## ۲-۲- مبانی نظری تحقیق (تاریخچه تصفیه آب)

تمدن های قدیمی همواره در مجاورت منابع آب شکل گرفته اند. با این که مقدار آب موجود و قابل استفاده دغدغه اصلی نیاکان بوده است، اما تعریف در ست و جامعی از کیفیت آب وجود نداشته است. با این وجود منابع تاریخی بسیاری حکایت از تلاش انسان های عصر گذشته برای تصفیه آب و زدودن ذرات معلق و طعم و بو از آن دارد. اما قرن ها طول کشید که انسان ها به این نتیجه دست یافتند که حواس بینایی، بویایی و چشایی نمی توانند تنها ملاک های تشخیص کیفیت آب باشند. استفاده از روش های مختلف جهت بهبود طعم و بوی آب به ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد بر می گردد. در نوشته های بر جا مانده از سانسکریت و یونان باستان استفاده از ذغال چوب جهت فیلتر کردن آب، قراردادن آب در معرض نور آفتاب، جوشاندن آب و قراردادن تکه های فلز داغ در آب قبل از نوشیدن آن توصیه شده است. مصری ها ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد از آلوم جهت تصفیه آب و ته نشین کردن ذرات معلق در آن استفاده می کردند.

بقراط، دانشمند یونانی که در سال ۴۶۰ تا ۳۵۴ قبل از میلاد می زیسته، جهت دستیابی به آب با طعم مناسب، که به باور او آب سالم می بود، فیلتر پارچه ای اختراع نمود که با عبور دادن آب جوشیده شده از آن باعث زدودن ذرات عامل طعم و بوی نامناسب از آب می شد. جابر بن حیان شیمیدان ایرانی از روش تقطیر که در اصل نمونه آزمایشگاهی یکی از روش های عمومی تصفیه آب می باشد برای مصارف آزمایشگاهی خود استفاده می کرد. شرایط جغرافیایی ایران و در دسترس بودن آب شیرین و سالم شاید یکی از علت های عدم استفاده گسترده ایرانیان از روش های تصفیه آب بوده است. زیرا توجه به آب سالم و آلوده نکردن آن که مستلزم شناخت انواع بیماری هایی ناشی از آلودگی های آب است، از آموزه های اشو زرتشت پیامبر باستانی است. بقایای سیستم فاضلاب متمرکز شهری در زمان هخامنشیان که در کاوش های سال های اخیر پیدا شده نشانگر تسلط ایرانیان باستان به آب بوده و چه بسا در بعضی نقاط نیز از روش های قدیمی تصفیه آب استفاده می کردند. پس از تلاش های انجام شده در تمدن های باستانی، پیشرفت در زمینه دستیابی به روش های تصفیه آب در قرون وسطی با یک وقفه طولانی روبرو گردید.

در سال ۱۶۲۷ میلادی، دانشمندان دوباره با طرح مساله ضرورت تصفیه آب دریچه تازه ای در این مقوله گشودند. در این سال رابرت بیکن<sup>۱</sup> دست به یک سری آزمایش در جهت زدودن نمک از آب دریا از طریق فیلترهای ماسه ای نمود. اگرچه آزمایشات او کاملاً ناموفق بود اما مثل جرعه ای در ابداع فیلترهای ماسه ای به شمار می رود.

در سال ۱۶۷۶، آنتون فان لیوونهوک<sup>۲</sup> اولین میکروسکوپ را اختراع نمود. با این اختراع دانشمندان دنیای جدیدی از آلودگی های آب را که تا آن زمان کاملاً سالم و قابل آشامیدن تلقی می شود مشاهده نمودند و به این ترتیب میکروارگانیسم ها کشف شدند.

پس از سال ۱۷۰۰ میلادی، با آشنایی مردم از خطرات آلودگی های موجود در آب شرب، فیلترهای خانگی ساخته شده از پشم، اسفنج و ذغال چوب مورد استفاده قرار گرفتند. اولین تصفیه خانه آب شهری در سال

<sup>۱</sup> Robert Bacon

<sup>۲</sup> Anton Van Leeuwenhoek

۱۸۰۴ در شهر پیزلی<sup>۱</sup> اسکاتلند ساخته شد. این تصفیه خانه از فیلترهای با بستر شن و ماسه تشکیل شده بود و سیستم توزیع آن مشتمل بر یک اسب و یک گاری بود. بعد از آن، شهر گلاسکو اسکاتلند از اولین شهرهایی بود که آب فیلتر شده را از طریق خطوط لوله به مصرف کننده ها می رساند.

در سال ۱۸۲۷، فیلترهای ماسه ای کند<sup>۲</sup> که توسط رابرت تام<sup>۳</sup> ابداع شده بودند در اسکاتلند مورد بهره برداری قرار گرفتند. این فیلترها از طریق شستشوی معکوس تمیز می شدند. در عین حال در سال ۱۸۲۹ میلادی در شهر لندن فیلترهای دیگری توسط جیمز سیمسون<sup>۴</sup> ابداع گردید که تمیز کردن آن ها توسط خراشاندن و برداشتن لایه های کثیف شده انجام می گرفت. در قرن ۱۹ میلادی، فیلترهای شنی کند بهترین گزینه جهت تصفیه آب باقی ماندند. با این حال سطح بزرگ مورد نیاز این فیلترها همواره از معایب آنها به شمار می رفت. با افزایش جمعیت شهرها و افزایش نیاز به ظرفیت های بالا در تصفیه خانه های آب، مساحت بزرگی از زمین می بایست صرف ساخت این فیلترها می شد.

در سال ۱۸۸۰ میلادی، فیلترهای شنی سریع<sup>۵</sup> در آمریکا ابداع شدند. شستشوی این فیلترها توسط آب و به صورت شستشوی معکوس انجام می گرفت. بدین ترتیب ظرفیت تصفیه خانه های آب به طور قابل توجهی افزایش و مساحت زمین مورد نیاز آنها بطور قابل توجهی کاهش یافت. با این وجود فیلترهای شنی سریع نیازمند مراحل پیش تصفیه بوده و می باشند بطوریکه جهت کاهش بار ذرات معلق در فیلترها از انعقاد و ته نشینی استفاده می گردد. در اواسط قرن نوزدهم میلادی، بیماری های مختلفی در شهر لندن شایع شد. در این زمان پزشک انگلیسی دکتر جان اسنو<sup>۶</sup> کشف کرد که بیماری وبا از طریق آب آلوده گسترش یافته است. او ثابت کرد که این بیماری در شهر لندن از طریق یک چاه آب که توسط فاضلاب آلوده شده بود شیوع پیدا کرده است. نکته جالب توجه این است که آب این چاه به دلیل طعم و بوی بسیار مناسب آن مورد استقبال مردم شهر بود. این کشف در آینده تصفیه آب بسیار تاثیر گذار بود. جان اسنو همچنین متوجه شد که در مناطقی که از فیلترهای شنی جهت تصفیه آب پیش از ورود آن به شبکه توزیع استفاده می شده، مرگ و میر در اثر وبا بسیار کمتر از سایر مناطق بوده است. بدین ترتیب حکومت انگلستان مقررات آب متروپولیتن<sup>۷</sup> را در سال ۱۸۵۲ میلادی وضع نمود که بر مبنای آن دستور نصب فیلترهای شنی در سرتاسر شهر لندن صادر گردید. این قانون از اولین قوانین حکومتی در ارتباط با آب شرب عمومی به شمار می رود.

ماده سمی کلر به عنوان یک ماده شیمیایی ارزشمند در تصفیه آب، اولین بار توسط دکتر جان اسنو شناخته شد. او از کلر جهت از بین بردن میکروب وبا در آب استفاده نمود. با مشخص شدن قدرت ضد عفونی کنندگی کلر، دولت بریتانیا شروع به کلرزنی آب شرب عمومی نمود. این اقدام همچنین باعث کاهش شدید مرگ و میر در اثر بیماری تیفوئید گردید. پس از موفقیت عمل کلرزنی در بریتانیا، در شهر نیوجرسی و سپس سرتاسر آمریکا از کلر جهت ضد عفونی کردن آب شرب استفاده گردید. کلرزنی آب همراه با استفاده از

<sup>1</sup> Paisley

<sup>2</sup> Slow Sand Filters

<sup>3</sup> Robert Thom

<sup>4</sup> James Simpson

<sup>5</sup> Rapid Sand Filters

<sup>6</sup> John Snow

<sup>7</sup> Metropolitan Water Act

فیلترهای شنی موجب از بین رفتن بسیاری از بیماری‌ها از قبیل وبا، تیفوئید و اسهال شد. در همین زمان استفاده از سایر ضد عفونی کننده‌ها نظیر ازن در اروپا آغاز گردید اما تا دهه‌ها پس از آن، در سایر نقاط دنیا مورد استفاده قرار نگرفت.

امروزه کلر زنی نقش تعیین کننده‌ای در تصفیه آب شهری ایفا می کند. حدود ۹۸٪ از تصفیه خانه‌های آب شهری از کلر جهت ضد عفونی کردن آب استفاده می کنند. با این حال دانشمندان در سال‌های اخیر متوجه مشتقات بوجود آمده از کلر در آب و عوارض جانبی آنها شده‌اند. آب کلردار در تحریک بیماری‌های دستگاه تنفسی نظیر آسم نقش اساسی ایفا می کند. لذا توجه محققین و دانشمندان به استفاده از سایر روش‌های ضد عفونی کردن آب جلب شده است.

در ابتدای قرن بیستم تلاش در جهت تصفیه آب از پیشگیری انتقال بیماری‌های واگیردار، به تهیه آب غیر سخت و با مواد معدنی کمتر معطوف گردید. سختی‌گیری‌های آب که از یون‌های سدیم جهت جایگزین کردن مواد معدنی سختی‌زا در آب بهره می جستند، در سال ۱۹۰۳ به بازار معرفی شدند. تئوری تعویض یونی، که در آن یون‌های بی‌ضرر با یون‌های ضرردار جایگزین می‌شوند، تاثیر قابل ملاحظه‌ای در صنعت تصفیه آب گذاشته و از آن جهت از بین بردن سرب، جیوه و سایر فلزات سنگین در آب استفاده می شود. در قرن بیستم میلادی، شهرهای پرجمعیت زیادی در اقصی نقاط جهان شکل گرفتند و این مساله که این جمعیت در حال رشد حق استفاده از آب خالص و تمیز را دارا می باشند بیش از پیش مورد توجه قرار گرفت. در اواخر دهه ۱۹۶۰ مشخص گردید که ذرات معلق و پاتوژن‌ها تنها آلودگی‌های موجود در آب نیستند. پیشرفت‌های صنعتی و کشاورزی باعث پدید آمدن مواد شیمیایی مصنوعی بسیاری شده بود که راه خود را به منابع آب، از طریق پساب کارخانجات، نشست مخازن مواد دور ریز صنایع و غیره، باز کرده بودند. امروزه فیلتراسیون و کلر زنی همچنان اصلی‌ترین روش‌های تصفیه آب به شمار می‌روند. با این حال در طی سال‌ها، روش‌های دیگری نیز جهت ضد عفونی کردن آب ابداع شده‌اند. در دهه ۱۹۸۰ میلادی و پس از آن، پیشرفت‌های زیادی در ساخت غشاهایی جهت فیلتراسیون به روش اسمز معکوس و یا سایر روش‌ها نظیر ازن زنی و استفاده از UV جهت ضد عفونی آب حاصل شد. این پیشرفت‌ها نتیجه کشف پاتوژن‌هایی در آب می‌باشند که نسبت به کلر مقاومند و می‌توانند بیماری‌هایی نظیر هپاتیت و ورم معده را ایجاد کنند. بدین ترتیب تصفیه آب مهمترین دستاورد بشر در قرن بیستم در جهت حفظ و اعتلای بهداشت عمومی به شمار می‌رود. بسیاری از روش‌های تصفیه آب که امروزه در تصفیه خانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، صدها و گاه هزارها سال است که بکار می‌روند. با این حال روش‌های جدیدتر تصفیه نظیر اسمز معکوس استفاده از کربن فعال و غیره نیز در بسیاری تصفیه خانه‌های مدرن مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. چنین روش‌های نوینی با کشف آلودگی‌های جدید و پیچیده‌تر در آب بیش از پیش مورد توجه قرار خواهند گرفت. امروزه حکومت‌های کشورهای صنعتی و پیشرفته میلیاردها دلار صرف مدیریت پساب‌های صنعتی و ابداع روش‌هایی جهت تولید ضایعات بی‌خطر برای محیط زیست می‌نمایند. بدین ترتیب حفاظت از منابع آب در برابر آلودگی‌های بیشتر و پیچیده‌تر و استفاده از تکنولوژی مدرن در جهت بهینه نمودن تصفیه آب از دستاوردهای بشر در آینده خواهد بود.



## ۲-۲-۱- تاریخچه ذخیره سازی، انتقال و توزیع آب آشامیدنی در شهر تهران

جمعیت تهران تا زمان آقا محمدخان قاجار بالغ بر ۲۰ هزار نفر بود و از آنجا که رودی در نزدیکی آن وجود نداشت، آب مورد نیاز ساکنان عمدتاً از راه چشمه ها و قنات های اطراف شهر تأمین می شد. بعد از انتخاب این شهر به پایتخت قاجاریه و روزافزون شدن جمعیت آن، تأمین آب به عنوان یک مشکل جدی نمود یافت. اولین بار در زمان حاج میرزا آقاسی صدراعظم محمدشاه قاجار بود که موضوع تأمین آب اهالی پایتخت ذهن دولتمردان را به خود مشغول کرد. حاج میرزا آقاسی که دانشسته بود با افزودن به تعداد قنات ها، این مشکل برطرف شدنی نیست، چاره را در حفر نهری بزرگ جهت انتقال آب جاجرود به تهران یافت که البته با بالاگرفتن نگرانی دهقانان منطقه که انتقال آب را در دراز مدت به ضرر خود می دیدند، طرح به صورت کامل اجرایی نشد.

رضاقلی خان هدایت تاریخ نگار عصر قاجاریه با تحسین حاج میرزا آقاسی برای دست زدن به چنین عملی می نویسد: «از کثرت اجتماع خلائق و احداث عمارات و خوانق و اکثار بساتین و حدایق، اعظم بلاد ایران آمد. [از آنجا که] آب قنات سالفه برای ساکنین این شهر مکفی نبود [...] به ایجاد انهار و احداث آبار مصمم گشت تا به سهولت معاش و وسعت انتعاش عموم خلائق [...] جریان یافت که از رود کرج تا شهر، نهری بریده، آب به شهر جاری کنند.»

در دوره صدارت میرزا محمد تقی خان امیرکبیر هم تلاش هایی برای انتقال آب از جاجرود به رود کرج و سپس تهران صورت گرفت. وی برای رفع نگرانی های اهالی محلی، آب کرج را به ۸۴ سهم تقسیم کرد و دستور داد تا ۹ سهم از آن حقا به ویژه پایتخت نشینان باشد، هرچند به کوشش او آب به بخش هایی از تهران آن روز رسید، اما سرنوشت، مسیر دیگری در پیش گرفت و طرح آبرسانی پس از مرگ او ناتمام رها شد. چشم انداز بحرانی شدن مسئله آب پایتخت باعث شد تا مدتی بعد به دستور ناصرالدین شاه، کنت دومونت فرت اولین رئیس نظمیّه تهران به همراه دو نفر از مهندسان مدرسه دارالفنون، مأمور تحقیق و تهیه گزارش درباره چگونگی حل این بحران شوند. نتیجه تحقیق، انتقال آب از رودخانه های لار و جاجرود به تهران بود. اما زمانی که مشخص شد در خزانه دولت پولی برای تأمین هزینه های آن وجود ندارد، پیشنهاد استقراض از مردم به وسیله انتشار اعلان های عمومی داده شد که از سویی از جانب مردم استقبال از آن نشد و از سوی دیگر با وارد شدن کشور در التهابات سیاسی مشروطه خواهی، طرح انتقال آب به تهران برای مدتی نسبتاً طولانی مسکوت ماند.

در اواخر دوره ناصری، به چند اروپایی امتیازی برای تأمین آب شهر از راه حفر چاه عمیق در شمال تهران داده شد که گویا در جریان حفاری، مته دستگاه حفر چاه شکست و از آنجا که راه شوشه مناسبی برای رساندن مته جدید وجود نداشت، شرکت مذکور به کلی از تداوم عملیات دست کشید و طرح به حال تعلیق درآمد. کمبود آب آشامیدنی، چگونگی تأمین آب مردم تهران در کنار خود بحران دیگری را پیش رو داشت. در آن روزگار، آب های مصرفی تهران از راه جوی های روباز به داخل محلات منتقل می شدند و در بین راه آغشته به انواع آلودگی ها و زباله ها می شدند و با خود انواع آلودگی ها و بیماری ها را منتشر می کردند. جعفر شهری باف در کتاب تهران قدیم در تشریح وضعیت اسفناک آب مصرفی غالب مردم پایتخت می نویسد: «این

آبها که در سرچشمه ها و آبنماها چون مروارید غلتان روشن و زلال به روی خود غلتیده، چشمها را جلا می بخشید، کم کم در طول راه و عبور از نهرها و جوی های کثیف و استعمال و رخت شویی و ظرف شویی و کهنه شویی و خاک و زباله ریختن و بازی اطفال و استحمام لشوش و آب دادن دواب مانند اسب و الاغ و گوسفند و غیره به صورت لجن و گنداب متعفن درمی آمد که حتی شامه و بصر را آزار می رساند و در آخر مسیر در وجه تشابه کاملی با آب چاه مستراح درمی آمد و مورد استفاده قرار می گرفت».

در سال ۱۳۰۰ هجری شمسی و با ایجاد اولین بلديه تهران، تعدادی مستشار خارجی مأمور مطالعه و چاره جویی برای تأمین آب تهران شدند که اقدامات آنها هم نتیجه قابل قبولی نداشت تا آنکه در شهرهای بیرجند، آبادان و مشهد نمونه های موفق از تأسیسات لوله کشی آب شهری به وجود آوردند که بویژه با توجه به شیوع بیماری های واگیردار ناشی از گردش آبهای آلوده در جوی ها و نهرهای شهری، برنامه های انتقال آب به تهران نیز دچار تغییر کلی شد. در سال ۱۳۰۳ اداره بلديه طرحی را پیشنهاد کرد که براساس آن روی جاجرود سدی احداث می شد تا ضمن تأمین برق پایتخت، از آب ذخیره شده در پشت سد، نیازهای ساکنان تهران را هم برطرف کرد.

با آنکه این طرح در هیأت دولت موافقان بسیاری داشت اما کمیته امتیازات، آن را تصویب نکرد و به کناری گذاشته شد. در دوران زمامداری سید ضیاءالدین طباطبایی اقداماتی در جهت جلب رضایت مردم صورت گرفت که رسیدگی به وضعیت آب شهر و جلوگیری از ورود برخی آلودگی ها به آب از آن جمله بود.

تا سال ۱۳۰۶ آب شهر تهران توسط ۲۶ رشته قنات با مجموع آبدهی حدود ۷۰۰ لیتر در ثانیه تأمین می شد. در این سال بار دیگر عملیات احداث مجرای رودخانه کرج به تهران آغاز شد و عملیات اجرایی این طرح از روستای بیلقان کرج تا جمشیدآباد تهران به طول ۵۳ کیلومتر به مدت ۴ سال طول کشید. ۲۰ کیلومتر از این مسیر را از زیر زمین کانال کشی کرده بودند اما آب زیادی در طول مسیر هرز می رفت و با توجه به شدت رسوب گذاری نیاز به لایروبی مداوم داشت

در سال ۱۳۱۸ شرکت «رژی عمومی راه آهن فرانسه» مسئولیت لوله کشی آب تهران را به عهده گرفت، اما جنگ جهانی دوم در ۹ شهریور ۱۳۱۸ و اشغال ایران توسط متفقین در روز ۳ شهریور ۱۳۲۰ وقفه ای در این کار ایجاد کرد. در زمان اشغال کشور و برکناری «رضاشاه پهلوی» که خارجیان زیادی در تهران حضور داشتند، توجه به معضل آب پایتخت بیشتر شد به گونه ای که «وندال ویلکی» سیاستمدار امریکایی که بعدها نامزد ریاست جمهوری امریکا شد، گفته بود: «آنچه در جوی های شمال شهر [تهران] جاری است آبی است که به کثافت آلوده است و آنچه در جوی های جنوب شهر می رود کثافتی است به آب آلوده»

در سال ۱۳۲۴ عده ای از بازرگانان تهران با تأسیس شرکت «سهامی آب تهران» حاضر شدند آب تهران را لوله کشی کنند. وزارت کشور این امر را منوط به اجازه هیأت وزیران می دانست اما به حدی در این کار تعلل شد که شرکت انصراف و انحلال خود را اعلام کرد. در سال ۱۳۲۵ از طرف دولت احمد قوام، مناقصه ای با حضور ۷ شرکت خارجی برگزار شد و شرکت «سر الکساندر کیپ» انگلیسی برنده مناقصه شد. در روز ۱۳ اردیبهشت ۱۳۲۶ شرایط مناقصه لوله کشی تهران از سوی شرکت فوق در جراید منتشر می شود.

در روز ۳۰ تیر ۱۳۲۶ نخستین کلنگ کار لوله کشی آب تهران در محله میدان سنگلج که اکنون پارک شهر تهران در آن واقع شده به زمین زده می شود. در سال ۱۳۲۹ طرح اولیه لوله کشی تهران برای جمعیتی معادل

۹۰۰ نفر اجرا شد و دو خط لوله فولادی به قطر ۴۰ اینچ و با ظرفیت ۲۴۲ هزار متر مکعب در شبانه روز برای انتقال آب از آبگیر بیلقان به نخستین تصفیه خانه تهران (جلالیه) در نظر گرفته شد. بهره برداری از خط اول خطوط لوله فولادی و تصفیه خانه جلالیه در سال ۱۳۳۴ آغاز شد.

در سال ۱۳۳۳ به منظور مهار بارش ها، مطالعات ساخت سد امیر کبیر در ۴۰ کیلومتری شمال غربی تهران (از آبگیر خر سنگ کوه) در حوالی کیلومتر ۲۳ جاده کرج به چالوس نزدیک به روستای واریان آغاز شد. ساختن این سد در سال ۱۳۳۷ آغاز شد و در اوایل سال ۱۳۴۲ پایان یافت. در سال ۱۳۴۰ ساخت سد لتیان در ۳۲ کیلومتری شمال شرق تهران به منظور مهار آب رودخانه جاجرود آغاز شد تا بخشی از آب تهران را تأمین کند. با بهره برداری از سد لتیان در سال ۱۳۴۶ آب حومه شرقی تهران نیز به صورت کامل تأمین شد و در پی آن سومین تصفیه خانه تهران در منطقه حکیمیه در سال ۱۳۴۷ مورد بهره برداری قرار گرفت (<http://etemaadonline.ir>).

وضعیت ساختار اداری دولت پس از مشروطه تا سال ۱۳۴۲ که وزارت آب و برق تأسیس شد، همیشه بگونه ای بوده که ضرورت تمرکز مربوط به امور آب و برق و انرژی در یک مجموعه منسجم احساس می شد. به وجود آمدن تاسیسات سدهای مخزنی در نقاط مختلف کشور (لار، لتیان، درودزن، زرینه رود، و...) قانون اجرای انتقال برق از طریق خطوط هوایی (۱۳۳۹/۳/۲) و وجود چندین دستگاه که متکفل مسئله آب رسانی و برق رسانی بوده اند نیز هیچگاه راهگشای حل معضلات جامعه نبوده است. بنابراین، دیدگاه های جدیدی که دخالت مؤثرتر دولت در امور زیربنایی در بخش های آب، برق و انرژی را ضروری می دانست، همچنان سبب بوجود آمدن طیف و سببی از دستگاه های اجرایی موازی و مشترک گردید که به نحوی به م ساله تأمین برق و آب (آشامیدنی، کشاورزی و سایر مصارف) مشغول بودند. اما مشکل اساسی این بود که این دستگاه ها از نظام و انسجام و هماهنگی خاصی برخوردار نبودند. به همین دلیل این معضل دولتمردان را برآن داشت تا با تأسیس یک سازمان که بتواند وظایف ارایه خدمات آب و برق را در سراسر کشور برعهده بگیرد، موافقت کنند و همین تفکر در نهایت منجر به تأسیس وزارت آب و برق شد (<http://moe.gov.ir>).

قانون تأسیس وزارت نیرو در بیست و هشتم بهمن ۱۳۵۳ به تصویب رسید که هدف آن حداکثر استفاده از منابع انرژی و آب کشور و همچنین تهیه و تأمین انرژی و آب برای انواع مصارف عمومی شهروندان عنوان شد. در ادامه تکمیل وظایف وزارت نیرو در بیست و نهم تیرماه ۱۳۵۴ قانون تشکیل شرکت های تأمین و توزیع آب و تاسیسات آب و فاضلاب شهرها به تصویب رسید. بر اساس این قانون ایجاد شبکه های جمع آوری و دفع فاضلاب نیز با همکاری شهرداری ها یا بخش خصوصی برعهده وزارت نیرو گذاشته شد. با وقوع انقلاب اسلامی ایران و تشکیل شورای انقلاب جمهوری اسلامی ایران، با تصویب لایحه قانونی راجع به تغییرات وظایف وزارت نیرو مصوب بیست و یکم تیرماه ۱۳۵۹ بخشی از وظایف وزارت نیرو به سایر سازمان ها یا وزارت خانه ها منتقل شد. بر اساس این لایحه تأمین و توزیع آب آشامیدنی شهرها به استانداری و شهرداری ها منتقل شد. ادارات آبیاری و تشکیلات مربوط به آنها نیز به وزارت کشاورزی و عمران روستایی واگذار شد. بدین ترتیب یک بار دیگر وظایف وزارت نیرو دست خوش تغییر و تحول شد. با پایان یافتن جنگ هشت ساله تحمیلی عراق بر علیه کشور ایران بازسازی و اجرای طرح های عمرانی شدت بیشتری گرفت و دولت و مجلس شورای اسلامی نیز توجه خود را به تصویب قوانین و اجرای طرح های عمرانی معطوف داشتند. وضعیت

بهداشت محیط شهرها و الزام و ضرورت جمع آوری، انتقال و ساماندهی فاضلاب و تاسیسات آبرسانی شهرها و واحدهای صنعتی، مقدمات تصویب قوانینی را در این زمینه به وجود آورد. بر همین اساس قانون تشکیل شرکت های آب و فاضلاب در تاریخ چهارم اسفند ۱۳۶۹ تصویب و ابلاغ شد. بر اساس این قانون ایجاد و بهره برداری از شبکه های توزیع آب شهری و جمع آوری و انتقال و تصفیه فاضلاب شهرها برعهده شرکت های مستقلی با عنوان شرکت های آب و فاضلاب استانی که زیر نظر وزارت نیرو انجام وظیفه می کنند، گذاشته شد ( <http://moe.gov.ir> ).

## ۲-۳- پیشینه مطالعات

### ۲-۳-۱- پیشینه مطالعاتی در ایران

۱- محسن زاده و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای با موضوع "ارزیابی ریسک در واحدهای کلرzeni تصفیه آب و فاضلاب به روش FMEA" بیان می‌دارند که در این پژوهش ارزیابی ریسک با روش بررسی حالت بالقوه خرابی و خطر و تحلیل اثرات ناشی از آن (FMEA) در واحدهای کلرzeni ۴ تصفیه خانه منتخب در شهر مشهد انجام گرفت. در این روش ابتدا واحدهای سیستم کلرzeni به ۶ زیرمجموعه شامل انبار سیلندرهای گاز کلر، اتاق کلرzeni، سیلندرهای گاز، حمل و نقل سیلندرهای گاز کلر، اتصالات کلرzeni‌های گازی و کارکنان، سیستم آموزشی و مدیریتی واحدهای کلرzeni، دسته‌بندی شدند. سپس، خطرات بالقوه در تصفیه خانه‌های منتخب، لیست شد و مقادیر شدت خرابی و خطر، احتمال وقوع خرابی و خطر و نیز قابلیت شناسایی خطر از طریق مصاحبه با متخصصان مشخص شد. پس از آن، مقادیر عدد اولویت ریسک محاسبه شد که بر اساس آن امکان اولویت‌بندی خطرات در هر حوزه از تصفیه خانه‌های منتخب فراهم شد. نتایج نشان دادند بصورت کلی خطرات بالقوه با اولویت نخست بیشتر مربوط به سیستم‌های الکتریکی و در بخش حمل و نقل است و استفاده از تجهیزات استاندارد و حمل و نقل با استفاده از وسایل نقلیه مناسب برای کاهش ریسک این خطرات پیشنهاد شد (محسن زاده و همکاران، ۱۳۹۹).

۲- باقری و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای تحت عنوان "بررسی سناریوهای انتشار ناگهانی گاز کلر در تصفیه خانه آب جلالیه تهران با نرم افزار ALOHA" عنوان می‌دارند که، کلر گاز سمی و اکسیدکننده است که در ایران برای تصفیه آب آشامیدنی از آن استفاده می‌شود. بررسی نکردن نشت گاز کلر ممکن است آسیب‌های جبران‌ناپذیری به کارکنان و ساکنان اطراف محل نگهداری و انبار گاز کلر وارد کند. این مطالعه از نوع کاربردی و تحلیلی و جامعه مورد مطالعه تصفیه خانه آب جلالیه تهران و مکان‌های اطراف آن شامل محل‌های عمومی و سازمان‌های مهم اطراف آن به عنوان الگوی ارزیابی و مدیریت خطر انتخاب شده است. در این مطالعه به الگو سازی حادثه گاز کلر با نرم افزار ALOHA پرداخته و انتشار گاز کلر از مخزن یک تنی گاز کلر در تصفیه خانه آب جلالیه تهران بررسی شده است. برای این کار با استفاده از نرم افزار ALOHA نسخه ۵,۴,۴ به بررسی چگونگی، میزان سرعت انتشار و محدوده‌های مختلف خطر و جمعیت در معرض مخاطره پرداخته شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد انتشار گاز در صورت آسیب دیدن شیر یک اینچی خروجی مخزن ممکن است تا شعاع ۲/۴ کیلومتری کشنده و تا شعاع ۸/۳ کیلومتری مؤثر باشد و تا شعاع بیش از ده کیلومتری حس شود. همچنین مشخص شد که در دقیقه اول، انتشار گاز در فصل زمستان در حدود PPM 1080000 در فصل تابستان حدود PPM 331، است. مشاهده می‌شود انتشار گاز کلر در فصل زمستان به دلیل پایداری هوا که ناشی از پدیده وارونگی بویژه در سال‌های اخیر بیشتر از فصل تابستان است. در انتهای این پژوهش نیز بر اساس نتایج الگوسازی، برنامه واکنش در حالت اضطرار تدوین گردیده است (باقری و همکاران، ۱۳۹۹).

۳- خرم (۱۳۹۹) در مقاله‌ای تحت عنوان "مدلسازی پیامد انتشار گاز کلر بر اساس مقادیر طرح‌ریزی واکنش در شرایط اضطراری یک دوره زمانی ۲۴ ساعته توسط نرم افزار PHAST (مطالعه موردی حریم نیروگاه اتمی بوشهر)" عنوان نمودند که، یکی از خطراتی که تأمین امنیت مردم هر کشوری را می‌تواند به مخاطره بیندازد

حملات جنگی توسط مواد شیمیایی می باشد. مطالعه حاضر سناریو انتشار گاز کلر را بر جمعیت حومه نیروگاه اتمی بوشهر طی یک دوره زمانی ۲۴ ساعته به منظور به کارگیری نتایج آن در برنامه واکنش اضطراری بررسی نموده است. به منظور دسترسی به داده های واقعی، حریم نیروگاه اتمی بوشهر به صورت حضوری بررسی شده و سپس به منظور ارزیابی بدترین شرایط ممکن، از میان طیف وسیعی از ترکیبات شیمیایی معرف به گازهای جنگی، کلر به علت سمیت فوق العاده بالا و از میان سناریوهای موجود، ترکیدگی فاجعه بار (رهاش آنی) انتخاب شد. در نهایت فواصل خطر این سناریو به منظور ارزیابی پیامد اثرات گاز کلر بر جمعیت منطقه هدف به کمک سطوح IDLH، ERPGs و STEL تعیین گردید. برای این منظور از نرم افزار PHAST نسخه 6.7 استفاده شده است. نتایج مطالعه حاضر بر مبنای معیارهای ارزیابی اثرات مواجهه با مواد سمی نشان داد نمی توان در فواصل نزدیک به کانون انفجار براساس معیارهای IDLH و STEL یک منطقه طرح ریزی شرایط اضطراری تعریف نمود؛ اما بر اساس غلظت های ERPG؛ گاز کلر در بازه زمانی ۰۶:۰۰ تا ۱۰:۰۰ صبح مسافت کمتری را تا رسیدن به مقادیر ERPG 2 و ERPG 3 به ترتیب در فواصل ۲۸۱۱ و ۱۴۵۹ متری به نسبت دیگر دوره های زمانی بررسی شده طی کرده است. برعکس در شب این فواصل بیشترین حریم خطر را بر اساس مقادیر غلظت های مذکور به ترتیب در فواصل ۵۲۱۲ و ۱۴۵۹ متری به خود اختصاص داده است. به منظور کاهش آسیب پذیری در حوادث، مدل سازی شرایط آب و هوایی بر اساس دوره های زمانی (صبح، ظهر، عصر و شب) می تواند راهنمای مهمی برای طرح ریزی محدوده های شرایط اضطراری باشد. بر این اساس پیشنهاد گردید بالاترین فاصله خطر به دست آمده بر مبنای معیار ERPG 1 که تعیین فاصله خطر بر اساس کمترین غلظت ماده شیمیایی در هوای محیط می باشد که حتی بوی ناخوشایندی برای ساکنین در معرض مواجهه ایجاد نمی کند در طرح ریزی حریم های ایمن خصوصاً در شعاع مطالعاتی مشابه مدنظر قرار گیرد (خرم، ۱۳۹۹).

۴- پناهی و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله ای با عنوان "مدل سازی پیامد و تحلیل خطرات انفجار و آتش سوزی ناشی از انتشار گاز متان در یک پالایشگاه گاز به تفکیک فصول سرد و گرم سال"، بیان می دارند که گاز متان از جمله موادی با پتانسیل بالای آسیب رسانی است که امروزه به صورت گسترده در صنایع فرآیندی و شیمیایی و در محیط های انسانی استفاده می شود. این مطالعه با هدف پیش بینی پیامدهای احتمالی گاز مایع متان توسط نرم افزار ALOHA و به منظور انجام اقدامات ایمنی مناسب، جهت کاهش پیامدها انجام شد. در این مطالعه با استفاده از نتایج مطالعات HAZOP، بدترین سناریو ممکن انتخاب شد و در این مطالعه کاربردی توسط نرم افزار ALOHA سناریوهای احتمالی نشت گاز متان از مخزن، مدلسازی شد. در طول مدت مطالعه، کلیه موازین اخلاقی رعایت شد. بر اساس یافته ها، تا حدود ۳۹ متری اطراف مخزن گاز مایع متان غلظت این گاز ۴۰۰۰ PPM است که در محدوده PAC-3 بوده و خطر مرگ و تهدید زندگی افراد را دارد. در صورت نشت کامل تا فاصله ۲۳۸ متری در اطراف مخزن، غلظت گاز متان، ۱۵۰۰ PPM است که برابر با حد پایین انفجار (LEL) گاز متان است. فشار موج انفجار ابر بخار ناشی از مشت متان، از مخزن تا فاصله ۲۷۰ متری بیشتر از ۱ PSI است. عواقب ناشی از سمیت گاز متان در این پالایشگاه یکی از جدی ترین خطراتی است که پرسنل را تهدید می کند. بنابراین طراحی یک برنامه واکنش اضطراری جهت محدود کردن اثرات احتمالی نشت گاز یک امر ضروری می باشد (پناهی و همکاران، ۱۳۹۸).

۵- جعفرنیا و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه ای با عنوان "بررسی جغرافیایی مخاطره انتشار گاز کلر در ایستگاه کلرزی شرکت آبفا با استفاده از نرم افزار ALOHA (مطالعه موردی: ایستگاه لار)" عنوان می دارند که کلر، گازی سمی و اکسید کننده است که در ایران برای تصفیه آب آشامیدنی از آن استفاده می شود. بررسی نکردن تاثیر نشت گاز یا انفجار مخزن، ممکن است آسیب های جبران ناپذیری به کارکنان و ساکنان اطراف ایستگاه وارد آورد. تاکنون پژوهشی درباره این مساله در شهر لار صورت نگرفته است. در این تحقیق، انتشار گاز کلر از مخزن یک تنی ایستگاه کلرزی لار بررسی شده است. برای این کار با استفاده از نرم افزار ALOHA به بررسی نحوه، میزان، سرعت انتشار و محدوده های مختلف خطر و جمعیت در معرض مخاطره پرداخته شد. بررسی نشان می دهد که انتشار گاز در صورت آسیب دیدن شیر یک اینچی خروجی مخزن، ممکن است تا شعاع ۱/۵ کیلومتری کشنده و تا شعاع ۵ کیلومتری موثر باشد و تا ۱۰ کیلومتری حس شود. همچنین مشخص شد که در دقیقه اول، در فصل گرم حدود ۴۰۰ کیلوگرم و در فصل سرد ۳۳۰ کیلوگرم از گاز می تواند از سوراخی به قطر یک اینچ خارج شود. با توجه به امکان وقوع حادثه و محل قرارگیری ایستگاه در جهت باد غالب، آسیب رسیدن به تعداد زیادی از شهروندان ساکن در شعاع ۵ کیلومتری ایستگاه محتمل است. از این رو کارهای موثری همچون آگاهی رساندن به ساکنان، افزایش آگاهی کارکنان و نیروهای امدادی، نصب اسکرابر مناسب و افزایش سطح ایمنی ایستگاه ضرورت دارد (جعفرنیا و همکاران، ۱۳۹۷).

۶- صادقی یارندی و کریمی (۱۳۹۷) در مطالعه ای با موضوع "ارزیابی پیامد حریق و انفجار مخازن گاز متان در یک جایگاه توزیع گاز طبیعی فشرده" عنوان می دارند که یکی از مواد سوختی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته است، گاز طبیعی فشرده می باشد. با وجود تمام مزایای شناخته شده، ذخیره سازی، حمل و نقل طبیعی به عنوان سوخت همواره خطراتی از قبیل انفجار و آتش سوزی را با خود به همراه دارند. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی پیامد حریق و انفجار متان در یک جایگاه توزیع گاز طبیعی فشرده انجام پذیرفت. در این مطالعه، با توجه به نتایج حاصل از بررسی و ازدید از جایگاه مورد بررسی، بررسی مطالعات و حوادث گذشته و بررسی نظرات متخصصان، چهار سناریوی تخلیه، ترکیدگی فاجعه بار، آتش فورانی و انفجار در مخازن گاز متان فشرده مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه هر یک از سناریوها با استفاده از نرم افزار، مدل سازی شده و پیامدهای محتمل هر کدام از سناریوها مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور واکاوی پیامد در مطالعه حاضر نیز نرم افزار PHAST 6.7 مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به نتایج مطالعات پیشین و همچنین بررسی پیامد سناریوهای مورد بررسی، دو سناریوی آتش فورانی و انفجار کامل مخازن به عنوان مخاطرات اصلی نشت گاز متان انتخاب گردید. نتایج حاصل از سناریو آتش فورانی نشان داد که بیشترین مساحت متأثر از آتش فورانی ۱۳۵ مترمربع و در اندازه نشتی ۱۵۰ میلیمتر است. نتایج حاصل از مدل سازی انفجار مخازن نیز نشان داد که در فاصله ۲۰ متری، میزان افزایش فشار حاصل از انفجار ۱ بار بوده (احتمال مرگ افراد در این فشار ۱۰۰ درصد است) و به تدریج با افزایش فاصله از مخزن کم شده تا جایی که در فاصله ۴۰۰ متری به میزان ۰/۰۱ بار می رسد که همان حریم ایمن می باشد. همچنین مشخص گردید که در شعاع ۵۲، ۶۹ و ۲۳۲ متری مخزن به ترتیب مقدار ۰/۲۱، ۰/۱۴ و ۰/۰۲ بار، افزایش فشار وجود دارد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که با توجه به اینکه گاز متان، گازی قابل اشتعال و انفجار است، در صورت نشتی و آسیب مخزن و بروز حریق و انفجار، می تواند منجر به حوادث ناگواری شود. علی الخصوص در جایگاه های سوختگیری دو منظوره که علاوه

بر گاز متان فشرده، بنزین نیز مورد استفاده قرار می گیرد. لذا با توجه به موارد پیش گفت و افزایش روزافزون این جایگاه ها، انجام اقدامات کنترلی به منظور افزایش سطوح ایمنی در مورد مخازن گاز متان در جایگاه های سوخت گیری امری ضروری می باشد (یارندی و کریمی، ۱۳۹۷).

۷- شیرالی و همکاران (۱۳۹۷) در مقاله ای تحت عنوان "مدلسازی پیامد نشت آمونیاک از مخازن آن با استفاده از نرم افزار ALOHA و تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری در یکی از صنایع فرآیندی" عنوان می دارند که، مهمترین هدف مدلسازی، کسب دانش در مورد رفتار سیستم واقعی است. نشت مواد سمی در صنایع فرآیندی و شیمیایی امری محتمل است که همواره یکی از عوامل تهدیدکننده افراد شاغل و ساکنین اطراف این صنایع می باشد. هدف از مطالعه فعلی مدلسازی پیامد نشت آمونیاک از مخازن آمونیاک بوده است. در مطالعه حاضر نحوه انتشار مایع آمونیاک از مخزن ذخیره سازی در یکی از صنایع پتروشیمی بررسی و با استفاده از نرم افزار ALOHA مدلسازی شد. این پژوهش بر اساس سه سناریوی تشکیل ابر بخار سمی، پدید آمدن محیط قابل اشتعال و ایجاد محیط انفجار ابر بخار سمی مدلسازی شد. بر اساس نتایج حاصل از این مدلسازی تا حدود ۵ کیلومتر اطراف مخزن، غلظت آمونیاک ۱۱۰۰ بخش در میلیون (PPM) می باشد. از این منطقه تا حدود ۱۰ کیلومتر اطراف مخزن غلظت ابر بخار آمونیاک PPM ۱۶۰ می باشد. در صورت نشت کامل آمونیاک از مخزن تا فاصله ۵۰۰ متری مخزن، غلظت آمونیاک PPM ۹۰۰۰۰ می باشد که حدود ۶۰٪ حداقل غلظت قابل اشتعال گاز آمونیاک و تا حدود ۷/۱ کیلومتری مخزن، غلظت آمونیاک PPM ۵۰۰۰ می باشد که حدود ۱۰٪ حداقل غلظت قابل اشتعال گاز آمونیاک است. در صورت انفجار ابر بخار تشکیل شده فشار موج انفجار تا فاصله حدود ۷۰۰ متری از مخزن برابر ۸ پوند بر اینچ مربع (Psi) می باشد که می تواند باعث آسیب جدی به ساختمان ها گردد. مطابق نتایج مدلسازی، سمیت آمونیاک مهمترین خطری است که پرسنل را تهدید می کند. از این رو انجام بازرسی های مطابق پیشنهاد شرکت سازنده از شیرهای اطمینان مخازن آمونیاک و تهیه طرح واکنش در شرایط اضطراری نقش موثری در محدود نمودن اثرات زیان بار انتشار مواد سمی و خطرناک خواهد داشت (شیرالی و همکاران، ۱۳۹۷).

۸- سیدآبادی و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله ای تحت عنوان "ارزیابی کیفی مخاطرات فرآیندی قسمت حذف گاز دی اکسید کربن واحد آمونیاک بر اساس روش HAZOP و به کمک نرم افزار PHA-Pro" در دومین کنفرانس بین المللی کارشناسان HSE صنایع نفت، گاز پتروشیمی، فولاد و سیمان و پروژه های عمرانی عنوان می دارند که به علت گستردگی واحدهای عملیاتی معمولاً هر واحد به چندین بخش مجزا تقسیم می شود. در مرحله اول مخاطرات فرآیندی هر بخش به صورت مجزا بررسی شده و در نهایت اثر هر بخش بر قسمت های دیگر مورد بررسی و مطالعه قرار می گیرد. در این مقاله تلاش می شود با مطالعه نقشه های فرآیندی PFD و P&ID مخاطرات فرآیندی قسمت حذف دی اکسید کربن واحد آمونیاک مورد بحث و بررسی قرار بگیرد. آسیب شناسی مناسب جهت حذف و یا کاهش اثر عوامل آسیب برسان به منظور تثبیت و وضعیت موجود و جلوگیری از تخریب بیشتر و متعاقباً شناسایی روش های حفاظت و شرایط نگهداری موثر از آنها، هدف اصلی بررسی واحد از دیدگاه مخاطرات فرآیندی می باشد. آنچه از این مطالعه حاصل خواهد شد، شامل مجموعه ای از پیشنهاد های لازم الاجراء HAZOP در واحد صنعتی تولید آمونیاک خواهد بود که سبب رفع تمامی خطاهای احتمالی طراحی در مرحله مهندسی و رفع خطاهای عملیاتی واحد در حال کار می باشد. این بررسی



با تحلیل نتایج نرم افزار PHA-Pro همراه خواهد شد (سیدآبادی و همکاران، ۱۳۹۶).

۹- بهشتی و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله ای تحت عنوان "بررسی محدوده پیامدهای انفجار، اشتعال و نشت گاز در کپسول های ۶۲/۲ لیتری گاز مایع با رویکرد پدافند غیرعامل" عنوان می دارند که، آگاهی از حداکثر شعاع های حریق، انفجار و نشر مواد سمی می تواند نقش بسیار با اهمیتی در عملیاتی نمودن الزامات پدافند غیرعامل شهری به منظور کاهش آسیب پذیری در حوادث داشته باشد. هدف از این مطالعه مدل سازی محدوده پیامدهای انفجار، اشتعال و نشت گاز در کپسول های ۲۶/۲ لیتری گاز مایع با رویکرد پدافند غیرعامل است. در این مطالعه ضمن تشریح عوامل موثر بر تخلیه و انتشار مواد، نرم افزار ALOHA بعنوان یکی از مناسبترین نرم افزارها جهت مدل سازی انتشار گاز LPG در کپسول های ۲۶/۲ لیتری مورد استفاده قرار گرفته و بر اساس نتایج مدل سازی، برنامه واکنش در شرایط اضطراری در زمان نشت گاز تهیه و ارائه گردیده است. یافته های حاصل از پژوهش نشان می دهد که، در صورت نشت گاز LPG از شیر خروجی با منفذ ۱ اینچ، در مدت ۱ دقیقه کل کپسول تخلیه شده و تا فاصله ۱۱ متری مخزن غلظت گاز حدود ۱۲۶۰۰ PPM و تا محدوده ۳۵ متری مخزن غلظت گاز ۲۶۰۰ PPM می باشد. در صورت انفجار ابر بخار تشکیل شده، فشار موج انفجار تا فاصله ۱۳ متر از مخزن حدود ۳،۵ psi است که ممکن است باعث صدمات جدی شود و تا فاصله ۲۵ متری کپسول برابر ۱ psi با قدرت شکستن شیشه ها می باشد. در صورت وقوع حریق فورانی، حریقی به طول ۸ متر ایجاد می شود که میزان تشعشع حرارتی آن تا فاصله ۱۰ متری از کپسول گاز حدود ۱۰ و تا فاصله ۱۲ متری مخزن حدود ۵ کیلووات بر متر مربع است که منجر به سوختگی درجه ۲ می گردد. در صورت وقوع BELEVE تحت گلوله آتشین به قطر ۱۴ متر و در عرض ۲ ثانیه رخ خواهد داد که میزان تشعشع حرارتی تا فاصله ۳۹ متری از کپسول حدود ۱۰ کیلووات بر متر مربع است. عواقب ناشی از اشتعال و انفجار گاز LPG تا فاصله ۳۵ متری کپسول گاز جدی ترین خطری است در صورت نشت گاز پر سنل و افراد را تهدید می کند. مکان یابی بهینه محل استقرار کپسول های گاز در پادگان ها نقش موثری در محدود نمودن اثرات زیانبار انتشار گازهای خطرناک خواهد داشت (بهشتی و همکاران، ۱۳۹۶).

۱۰- لتحری جزئی و ناصر (۱۳۹۵) در مقاله ای تحت عنوان "ارزیابی کیفی مخاطرات فرآیندی بخش تامین دی اکسید کربن واحد اوره بر اساس روش HAZOP و با بهره گیری از برنامه PHA-Pro 6" در هشتمین کنفرانس مبدل های گرمایی چیلر و برج خنک کن عنوان می دارند که، شناسایی دقیق خطرات صنایع نفت، گاز و پتروشیمی به عنوان بخشی از یک تحلیل ایمنی جامع نه تنها امری کاملاً توصیه شده است، بلکه توسط سازمان های ناظر رسمی نیز بر آن تاکید شده است. در فعالیتهای صنعتی تکنیک های ارزیابی و مدیریت ریسک از طریق استفاده از رویکرد پیشگیرنده و با هدف بهبود ایمنی برای کاهش توان حوادث به کار گرفته می شود. لذا مقاله پیش روی در راستای گام برداشتن در جهت این هدف تعریف و مورد تحقیق قرار گرفته است، در این پژوهش ابتدا به بررسی کلیات بحث نظیر مروری بر فجایع عظیم صنعتی گذشته و نیز تعاریف و اصطلاحات کاربردی پرداخته می شود، سپس روش های شناسایی و ارزیابی مخاطرات و ارائه دستورالعمل روش آنالیز عملیاتی مخاطره (HAZOP) ارائه می گردد، بررسی روش های مختلف تشخیص و شناسایی مخاطرات و روش های ارزیابی ریسک و آشنائی کامل با روش HAZOP و مراحل و نحوه اجرای آن از دیگر مباحث این مقاله می باشد. در انتها به بحث اصلی این مقاله یعنی بحث و ارزیابی کیفی خطرات و پیش

آمدهای فرآیندی بخش تامین دی اکسید کربن واحد اوره با استفاده از نرم افزار PHA-Pro 6 پرداخته می شود، تعیین انحرافات، عوامل بروز، نتایج و پیامدهای در اثر رخ داد، معرفی تجهیزات حفاظتی و نیز ارائه راهکار و پیشنهاد در صورت ناکارآمد بودن ادوات حفاظتی و نیز آنالیز نتایج واحد مورد بحث، از مباحث مهمی است که در این مقاله به آن پرداخته می شود (لتحری جزئی و ناصر، ۱۳۹۵).

۱۱- کمائی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه ای تحت عنوان "ارزیابی ریسک و مدل سازی پیامد پدیده موج انفجار<sup>۱</sup> BLEVE در مخازن کروی LPG در یک پالایشگاه" که در فصلنامه بهداشت و ایمنی محیط کار به چاپ رسیده عنوان می دارند که، هر چند فعالیت های صنعتی انسان بخشی از تلاش های او برای رسیدن به رفاه بیشتر است اما ریسک های وابسته به این فعالیت ها نیز در حال گسترش می باشد. شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک در صنایع نفت و گاز جهت کاهش تناوب و شدت حوادث و کم کردن آسیب به انسان و اموال ضروری است. در این تحقیق ریسک های پدیده BLEVE با استفاده از تکنیک Bow-Tie ارزیابی گردید. پیامدهای پدیده موج انفجار و نتایج میزان موج و اثرات بر تجهیزات مجاور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت مدل سازی پدیده BLEVE نیز از نرم افزار PHAST 6.54 استفاده گردید. در این ارزیابی پنج دلیل کلی و دو پیامد برای پدیده BLEVE شناسایی شدند. به منظور کاهش پیامدها ۴۳ راهکار کنترلی جهت جلوگیری از پدیده BLEVE معرفی و تاثیر ۳۱ راهکار کنترلی شناسایی گردید. براساس آنالیز انجام شده مشخص شد که موج انفجار مخازن کروی LPG می تواند منجر به انفجار مخازن مجاور شده و زنجیره ای از انفجار را تولید کند. نتایج مدل سازی و ارزیابی ریسک می تواند دلایل و اثرات پدیده BLEVE را بر روی افراد و تجهیزات شناسایی نماید. بر اساس این نتایج راهکارهای کنترلی ممانعت کننده می تواند اجرا شده و همچنین در طراحی مناسب و جانمایی، حد ایمنی افراد، تجهیزات و متعلقات لحاظ گردد (کمائی و همکاران، ۱۳۹۶).

۱۲- بیت لفظه و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله ای تحت عنوان "ارائه روشی برای ارزیابی آسیب پذیری کاربری های انسانی اطراف تاسیسات مخاطره آمیز صنعتی" که در کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت ارائه گردیده عنوان می دارند که، پس از رشد سریع صنایع شیمیایی و نفتی در ابتدای دهه شصت میلادی، تعداد و دامنه تاثیر حوادث صنعتی نیز افزایش چشمگیری داشت. رخداد حوادثی چون فلیکس بورو انگلستان در سال ۱۹۷۴ و یا حادثه نشت گاز سمی در سو سو ایتالیا در سال ۱۹۷۸ تنها نمونه هایی از این حوادث هستند. این حوادث و حوادثی از این دست بر خلاف حوادث پیش از سال های دهه شصت، تاثیری فراتر از مرزهای کارخانه داشتند. آسیب های شدید ناشی از این حوادث به زندگی، سلامت انسان و همچنین محیط زیست وجود آمادگی پیشگیرانه به جای مدیریت اضطراری را لازم و ضروری ساخته است. هدف از تحقیق حاضر ارائه روشی برای تعیین آسیب پذیری انسانی در برابر ماده آمونیاک ناشی از صنایع شمال اصفهان با استفاده از تلفیق و ترکیب لایه های آسیب پذیری فیزیکی و اجتماعی کاربری های انسانی موجود در اطراف صنایع می باشد. در این روش تعیین آسیب پذیری فیزیکی از شاخص های AEGLs و برای آسیب پذیری اجتماعی از دو شاخص میزان نزدیکی به جاده اصلی و میزان جمعیت موجود در هر پیکسل استفاده

<sup>۱</sup> Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE)

گردید. بررسی انجام شده نشان داد که میزان آسیب پذیری فیزیکی و اجتماعی اطراف صنایع با هم برابر نیست و همچنین همیشه بیشترین میزان آسیب پذیری انسانی در نزدیکترین کاربری ها به صنایع نیست (بیت لفته و همکاران، ۱۳۹۵).

۱۳- شکری و قلعه نوی (۱۳۹۴) در مقاله ای تحت عنوان "بکارگیری نرم افزار PHA-Pro در ارزیابی ایمنی شغلی یک شرکت تولید خودرو" بیان می دارد که رشد روزافزون تولید، تغییر تکنولوژی و کاری مواد و ماشین آلات جدید کوجب صدمات، مرگ و میرهای زیادی شده است. در حال حاضر ۲/۸ میلیارد نفر در سطح جهان مشغول بکار هستند و سالانه ۴۰ میلیون نفر بر تعداد آنها افزوده می شود. ۷۵ درصد از این نیروی کار در کشورهای در حال توسعه مشغول بکار هستند. این قبیل حوادث بر اثر شرایط ناایمن محیط کار یا اعمال ناایمن افراد می باشد. بکارگیری نرم افزارهای ارزیابی خطر به همراه تکنیک آنالیز ایمنی شغلی (JSA) برای مستندسازی مطالعات آنالیز ایمنی شغلی و سایر روش های شناسایی خطرات بکار برده می شود. در این مطالعه با کمک نرم افزار PHA-Pro که محصول شرکت Dyadem تکنیک ارزیابی ایمنی شغلی برای شغل ۱۰ شغل و ۱۳ وظیفه اصلی انجام شد. در مجموع ۶۶ کانون خطر شناسایی و با توجه به نوع خطرات شناسایی شده، توانایی های فنی و اقتصادی صنعت مورد نظر راهکارهای کنترلی مناسب ارائه گردید. استفاده از نرم افزار PHA-Pro جهت شناسایی خطرات موجود در مراحل اجرای کار مفید و نقش موثری در شناسای و مستند سازی اعمال ناایمن، آموزش ایمنی پرسنل و تهیه دستورالعمل های ایمن کار دارد (شکری و قلعه نوی، ۱۳۹۴).

۱۴- کبیری و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله ای تحت عنوان "ارزیابی ریسک پروژه تعویض کلاس خط دوم سراسری به روش JSA در محیط نرم افزاری PHA-Pro 6" عنوان می دارند که، امروزه، توجه به فاکتورهای موثر بر عملکرد نیروی انسانی در راهبری سیستم ها نقش اساسی را ایفا می کند. در بروز بسیاری از حوادث صنعتی در دنیا، خطاهای انسانی در کنار مشکلات طراحی و نقایض موجود در تجهیزات حائز اهمیت می باشد. لذا توجه به رویه ها و دستورالعمل های کاری و شناسایی مخاطرات موجود در انجام وظایف محوله به پرسنل در کنار آنالیز مخاطرات ناشی از مشکلات طراحی و نواقص تجهیزاتی امری ضروری به نظر می رسد. این مقاله به ارزیابی ریسک عملیات تعویض کلاس خط گازی دوم سراسری به روش JSA (Job Safety Analysis) می پردازد. در این پروژه تمامی مشاغل درگیر همچون جو شکار، کمک جو شکار، بر شکار، و ... در نظر گرفته شده و پس از تقسیم هر یک از مشاغل به وظایف اصلی آن به بررسی مخاطرات هر یک از آنها پرداخته شده است. در نهایت به ارائه راهکارها و پیشنهاداتی مناسب در جهت کاهش ریسک خطرات می پردازیم (کبیری و همکاران، ۱۳۹۳).

۱۵- فرزانیان و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله ای تحت عنوان "مدل سازی انتشار مواد سمی و بررسی پارامترهای رهاش و نشت از واحد آمونیاک یک مجتمع پتروشیمی" که در سال ۱۳۹۲ در سومین همایش ملی مدیریت انرژی و محیط زیست ارائه گردیده، عنوان می دارند که آمونیاک گازی بسیار سمی بوده و در مجاورت با هوا یک ترکیب انفجاری را بوجود می آورد. از طرفی وجود شرایط عملیاتی فشار و دمای بسیار بالا در واحد تولید آمونیاک، پتانسیل ایجاد خطر را افزایش می دهد. تمام این عوامل حاکی از با اهمیت بودن مساله ایمنی و بررسی مخاطرات فرآیندی این واحد است. در این مقاله پس از مطالعه و بررسی کلیات ایمنی و مخاطرات

فرآیندی و شرح واحد آمونیاک یک مجتمع پتروشیمی، سه سناریوی انتشار و رهاش آمونیاک در واحد مذکور از خطوط لوله، اتصالات و یا مخازن در شرایط آب و هوایی مختلف به کمک نرم افزار ALOHA مدلسازی شده و عواقب ناشی از این نشر مورد بررسی قرار گرفته است (فرزانیان و همکاران، ۱۳۹۲).

۱۶- عروجی و حسینی نیا (۱۳۹۱) مقاله ای را تحت عنوان "بررسی حادثه آسیب دیدگی و نشت گاز آمونیاک از یک تانک نگهداری آمونیاک مایع" در سال ۱۳۹۱ در سومین همایش بازرسی و ایمنی در صنایع نفت و انرژی ارائه نمودند. در این مقاله به بررسی حادثه آسیب دیدگی و نشت گاز آمونیاک از یک تانک نگهداری آمونیاک مایع ۲۰۰۰۰ تنی مجتمع پتروشیمی پردیس در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در بندر عسلویه پرداخته شده است. افزایش فشار ناگهانی و بروز پارگی و انتشار گاز آمونیاک از TK-4501A، در هفدهم مرداد ماه سال ۱۳۹۰ می تواند به بروز مخاطره جدی در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس منجر و اثرات منطقه ای و ملی فراوانی را به دنبال داشته باشد. خوشبختانه به دلیل ویژگی های خاص طراحی این نوع تانک های نگهداری این اتفاق روی نداد و اثرات آن تنها به انتشار گاز آمونیاک با مقادیری در حدود ppm 30-100 در اتمسفر منطقه با شعاعی در حدود یک کیلومتر در جهت باد غالب محدود گردیده و تلفات و یا آسیب دیدگی انسانی خاصی را در پی نداشت. بررسی دقیق دلایل وقوع حادثه و چگونگی آسیب دیدگی تانک نگهداری آمونیاک مایع این مجتمع مفاهیم و تجربیات جدیدی را در نحوه بهره برداری، بازرسی و ایمنی این گونه تانک ها در پی داشته است که می تواند از بروز حوادث مشابه در آینده جلوگیری نماید (عروجی و حسینی نیا، ۱۳۹۱).

۱۷- کیان مهر، علی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه ای با عنوان "ارزیابی کیفی ریسک های زیست محیطی بر اساس روش شناسایی خطرات بر اساس تکنیک HAZID در واحد تقویت فشار گاز جزیره سیری" نسبت به ارزیابی ریسک های محیط زیستی در جزیره سیری اقدام نمودند. نتایج مقاله نشان می دهد که روش ارائه شده با تمرکز بر مخاطرات بالقوه موجود در سیستم به شناسایی عواملی که باعث آزادسازی این خطرات می شوند، وقایعی که در پی این آزادسازی رخ داده و عواقبی که در پی دارند، می پردازد. در نهایت ریسک های محیط زیستی موجود بر اساس ماتریس ریسک موجود یک ارزیابی ریسک کیفی می شوند. با انجام این روش ۱۲۷ خطر بالقوه شناسایی شد که بدون در نظر گرفتن اقدامات کنترلی، ۷۴ درصد ریسک ها در سطح پایین، ۱۶ درصد ریسک ها در محدوده ریسک متوسط و ۱۰ درصد از ریسک ها در محدوده ریسک بالا قرار گرفتند و با توجه به کنترل های موجود و اقدامات کنترلی بعدی، ۹۹ درصد ریسک ها در محدوده ریسک پایین و تنها ۱ درصد از ریسک ها در محدوده ریسک متوسط شناسایی شدند (کیان مهر و همکاران، ۱۳۹۱).

۱۸- مرتضوی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله ای تحت عنوان بررسی "انتشار گاز کلر از مخازن ذخیره به منظور تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری در یک صنعت پتروشیمی" گاز کلر یکی از مواد خطرناک است که در صنایع شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرد. علیرغم تلاش های انجام شده جهت کنترل رهاش گاز کلر، رهاش ناگهانی آن در تاسیسات مربوطه رخ می دهد. عدم انجام اقدامات مناسب پس از انتشار این گاز می تواند منجر به صدمه جدی بر روی سلامت کارکنان و جمعیت ساکن اطراف ناحیه صنعتی شود. مطالعه حاضر سناریوهای انتشار گاز کلر را بررسی نموده، سطوح اضطرار را مشخص کرده و الگویی بهینه از واکنش موثرتر و سریع تر با حداقل اقدامات لازم جهت کنترل شرایط اضطراری فراهم می کند. در این مقاله با

استفاده از مطالعه خطر و فرآیند<sup>۱</sup> (HAZOP) و ماتریس ریسک سناریوهای ممکن انتشار گاز کلر در واحد مخازن ذخیره یک مجتمع پتروشیمی بررسی شد. سپس فواصل خطر این سناریوها با توجه به Emergency Response Planning Guideline تعیین گردید. با توجه به شدت گسترش آلودگی و جمعیت در معرض خطر سناریوهای بدست آمده در چهار سطح اضطرار تعریف شده مرکز ایمنی فرآیندهای شیمیایی<sup>۲</sup> (CCPS) دسته بندی شد. در نهایت برای هر دسته از سناریوها با توجه به سطح اضطرار مربوطه الگویی بهینه از برنامه واکنش در شرایط اضطراری ارائه گردید. براساس نتایج این مطالعه، سناریوهای انتشار گاز کلر بدلیل انفجار فاجعه بار مخزن و نقص اسکرابر در فصل تابستان در سطح اضطرار ۴ و در فصل زمستان در سطح اضطرار ۳، انتشار گاز کلر به واسطه پارگی خطوط کلر در فصول تابستان و زمستان در سطح اضطرار ۳ و انتشار گاز کلر در نتیجه نشتی از فلنج ها و گسکت ها در سطح اضطرار ۲ از استاندارد سطوح اضطرار موسسه CCPS طبقه بندی گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که آنالیز خطرات فرآیندی به صورت سیستماتیک با استفاده از روش های شناسایی خطرات مانند HAZOP و آنالیز پیامد می تواند در شناسایی حوادث احتمالی بزرگ نقش موثری داشته باشد. همچنین با دسته بندی سناریوهای رهاش در یکی از سطوح اضطرار CCPS می توان الگویی بهینه جهت مدیریت شرایط اضطراری انتخاب نمود (مرتضوی و همکاران، ۱۳۹۰).

۱۹- گوهررخی و اسعدی (۱۳۹۰) در مقاله ای تحت عنوان "شناسایی مخاطرات و ارزیابی کیفی ریسک HAZOP Study در واحد کاهش گرانیوی پالایشگاه تهران توسط نرم افزار PHA-Pro 7" در اولین همایش ملی بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) عنوان می دارند که، امروزه ایمنی نقش بسیار مهمی را در تمامی مراحل طراحی فرآیندهای شیمیایی ایفا می کند یکی از ضروری ترین و اصلی ترین مراحل برای افزایش سطح ایمنی در واحدهای موجود یا در حال طراحی ارزیابی ریسک خطراتی همچون رها شدن مواد شیمیایی در محیط و انفجار و ... است که ممکن است از طریق خطاهای انسانی یا خرابی تجهیزات و یا عوامل دیگر ایجاد شود نقطه شروع برای برنامه ریزی جامع در ایمنی تشخیص مخاطرات است روش های زیادی از قبیل چک لیست آنالیز پرسش و آنالیز مخاطرات و راهبری به این منظور توسعه یافته اند اما از میان این روش ها HAZOP به عنوان یک تکنیک علاوه بر تشخیص مخاطرات قادر به تشخیص مسائل عملیاتی که در بازدهی فرآیند نقش دارند نیز می باشد آنالیز HAZOP با استفاده از خلاقیت ذهنی و همکاری لیستی با گروه های مختلف تمامی انحرافات ممکن و به دنبال آن علتهای محتمل ایجاد انحراف و پیامدهای مخاطره آمیز آن را به روشی سیستماتیک مشخص می کند. در این مقاله مخاطرات موجود در واحد کاهش گرانیوی پالایشگاه تهران به روش HAZOP شناسایی شده است ابتدا به کمک لغات راهنما و پارامترها انحرافات که از هدف طراحی بوجود آمده را شناسایی کرده و بعد علت این انحرافات مشخص می شود و سپس عواقب بوجود آمده بحث و ارزیابی شده است در آن پیشنهادات دستورات لازم برای جلوگیری از این انحرافات ارائه شده است (گوهررخی و اسعدی، ۱۳۹۰).

۲۰- صالحی آرتیمانی (۱۳۹۰) در مقاله ای تحت عنوان "مدلسازی و ارزیابی ریسک انتشار گاز کلر در تصفیه خانه های آب" عنوان می دارند که، ارزیابی ریسک روشی پر کاربرد به منظور مدیریت ابزارهای موثر در

<sup>۱</sup> Hazard and Operability Study (HAZOP)

<sup>۲</sup> Center for Chemical Process Safety (CCPS)

ایمینی به منظور کاهش ریسک ناشی از حوادث مختلف می باشد، ولی از آنجا که احتمال برخی حوادث هرگز از بین نمی رود، این روش الگوریتمی را به منظور ارزیابی کمی ریسک و کاهش ریسک ناشی از حوادث مختلف را تا جایی که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد، ارائه می دهد و هر تحلیل اقتصادی مستلزم بهینه سازی منبع مالی می باشد. هدف این مطالعه، مدل سازی و ارزیابی ریسک ناشی از انتشار گاز کلر در تصفیه خانه های آب به منظور حفاظت جمعیت و محیط زیست از ذخیره سازی این ماده سمی می باشد. به منظور مدل سازی این فرآیند، تصفیه خانه آب جلالیه واقع در حدفاصل میدان فاطمی و چهارراه فاطمی که در یکی از نقاط پرتراکم شهر تهران قرار دارد، مورد بررسی قرار گرفته است (صالحی آرتیمانی و همکاران، ۱۳۹۰).

۲۱- نصرآبادی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله ای تحت عنوان "شناسایی مخاطرات و ارزیابی کیفی ریسک (HAZOP Study) در واحد کاهش گرانیوی پالایشگاه بندرعباس توسط نرم افزار PHA-Pro 7" در دومین همایش بازرسی و ایمینی در صنایع نفت و گاز امروزه ایمینی نقش بسیار مهمی را در تمامی مراحل طراحی فرآیندهای شیمیایی ایفا می کند. یکی از ضروری ترین و اصلی ترین مراحل برای افزایش سطح ایمینی در واحدهای موجود یا در حال طراحی، ارزیابی ریسک خطراتی همچون رها شدن مواد شیمیایی در محیط و انفجار و... است که ممکن است از طریق خطاهای انسانی یا خرابی تجهیزات و یا عوامل دیگر ایجاد شود. نقطه شروع برای برنامه ریزی جامع در ایمینی، تشخیص مخاطرات است. روش های زیادی از قبیل چک لیست، آنالیز پرسش و آنالیز مخاطرات و راهبری به این منظور توسعه یافته اند. اما از میان این روش ها HAZOP به عنوان یک تکنیک علاوه بر تشخیص مخاطرات، قادر به تشخیص مسائل عملیاتی که در بازدهی فرآیند نقش دارند نیز می باشد. آنالیز HAZOP با استفاده از خلاقیت ذهنی و همکاری گروه های مختلف تمامی انحرافات ممکن و به دنبال آن علت های محتمل ایجاد انحراف و پیامدهای مخاطره آمیز آن را به روشی سیستماتیک مشخص می کند. در این مقاله مخاطرات موجود در واحد کاهش گرانیوی پالایشگاه بندرعباس به روش HAZOP شناسایی شده است. ابتدا به کمک لغات راهنما و پارامترها، انحرافات که از هدف طراحی بوجود آمده را شناسایی کرده و بعد علت این انحرافات مشخص می شود و سپس عواقب بوجود آمده بحث و ارزیابی شده است. در آخر، پیشنهادات و دستورات لازم برای جلوگیری از این انحرافات و بالا بردن ایمینی ارائه شده است (نصرآبادی و همکاران، ۱۳۹۰).

۲۲- ستاره شناس و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله ای تحت عنوان "مدل سازی و ارزیابی پیامد رهايش گاز آمونیاک در پتروشیمی شیراز" که در سال ۱۳۸۹ در چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست ارائه گردیده عنوان می دارند که، امروزه وقوع حوادث ناگوار که ناشی از رهايش و انفجار مواد شیمیایی و سمی در واحدهای صنعتی است، ضرورت آمادگی برای مواجه شدن با این خطرات را ایجاد نموده است. آنالیز پیامد ریسک اثر این حوادث را روی محیط زیست و حیات بشر بررسی می کند. در این مقاله با استفاده از نرم افزار PHAST، به بررسی پیامد نشتی خطوط لوله اصلی آمونیاک در واحد پتروشیمی شیراز پرداخته شده است. آمونیاک که گازی سمی و قابل اشتعال بوده عمدتاً در صنعت برای تهیه کود شیمیایی استفاده می شود. با توجه به نمودارها و جداول ارائه شده حاصل از مدل سازی پیامد سناریوی نشتی از خطوط لوله و محل های تزریق آمونیاک و خروجی پمپها می توان نتیجه گرفت که در این سناریو، جدی ترین خطری که پرسنل را

تهدید می کند عواقب ناشی از سمیت آمونیاک است (ستاره شناس و همکاران، ۱۳۸۹).

۲۳- مولایی و رشتچیان (۱۳۸۸) در مقاله ای تحت عنوان "بررسی و تحلیل پیامد حادثه انتشار آمونیاک از مخازن آمونیاک" که در سومین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE ارائه گردیده عنوان می دارند که، نشت گازهای سمی از جمله حوادثی است که می تواند باعث به وجود آمدن خطرات بزرگ شود. شناسایی و تعیین این گونه پتانسیل های خطر در مجتمع های پتروشیمی و پیش بینی نحوه انتشار مواد سمی و نهایتاً ارزیابی ریسک آنها دارای اهمیت زیادی می باشد. مخازن ذخیره آمونیاک و تاسیسات اطراف آن یکی از نقاطی است که احتمال نشت وسیع آمونیاک در آن وجود دارد. در این مقاله سعی شده است نحوه نفوذ توده آمونیاک نشت کرده از مسیر خروجی یک مخزن ذخیره بزرگ آمونیاک به حجم ۲۰۰۰۰ تن در شرایط جوی کلاس B با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی مورد بررسی قرار گرفته و نهایتاً نتایج به دست آمده با نتایج به دست آمده از نرم افزار PHAST مورد مقایسه قرار می گیرد (مولایی و رشتچیان، ۱۳۸۸).

۲۴- نریمان نژاد و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه ای تحت عنوان "مدلسازی انتشار نشت آمونیاک از مخازن ذخیره در مجتمع های پتروشیمی و تهیه طرح واکنش در شرایط اضطراری" که جهت دریافت پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آلودگی هوا ارائه گردیده عنوان می دارند که نشت مواد سمی و خطرناک در صنایع فرآیندی و شیمیایی همواره یکی از عوامل تهدید کننده افراد شاغل و ساکنین اطراف این صنایع و همچنین آسیب به محیط زیست بوده است. از مهمترین مواد خطرناک موجود در این صنایع می توان به آمونیاک اشاره کرد. غلظت های بالای ۲۰۰ PPM آمونیاک برای انسان خطرناک بوده و بدلیل شرایط خاص نگهداری و ذخیره آن در مخازن بزرگ واحدهای تولید اوره و کود شیمیایی، نشت این گاز همواره باعث مرگ ده ها نفر می گردد. گرچه در صنایع شیمیایی تمهیدات ویژه ای جهت پیشگیری از نشت مواد و وقوع این چنین حوادثی در نظر گرفته می شود، اما اغلب بدلیل خطاهای انسانی در زمان کنترل واحد و یا بروز اشکالات فرآیندی در حین تعمیرات باعث ایجاد نشت می گردد. بنابراین یکی از روش های موثر در انجام اقدامات پیشگیرانه، مطالعه پیامد حوادث با استفاده از روشهای ارزیابی ریسک و مدل های پخش اتمسفری است. امروزه مدل های نرم افزاری متعددی همچون PHAST، DEGADIS، SLAB و ALOHA به منظور مدلسازی پخش مواد سمی و خطرناک تهیه شده است که هر یک متناسب با کاربرد آن دارای ویژگی های خاصی می باشند. با انجام مدلسازی پخش مواد با استفاده از نرم افزارهای معتبر، علاوه بر مشخص نمودن محدوده متاثر از نشت مواد سمی و خطرناک می توان برنامه واکنش در شرایط اضطراری را با استفاده از نتایج مدلسازی طرح ریزی نمود. در این مطالعه ضمن تشریح عوامل موثر بر تخلیه و انتشار مواد و بررسی نرم افزارهای مدلسازی موجود، نرم افزار PHAST بعنوان مناسبترین نرم افزار جهت مدلسازی انتشار آمونیاک از مخزن ذخیره ۲۰ هزار تن یک واحد پتروشیمی واقع در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس (عسلویه) معرفی می گردد و برنامه واکنش در شرایط اضطراری در زمان انهدام ناگهانی مخزن تهیه گردیده است. یکی از فاکتورهای مهم برای کاهش محدوده متاثر از انتشار آمونیاک، استفاده از سیستم های قابل اطمینان و کاهش دهنده غلظت می باشد. در این مطالعه سیستم Fence Barrier بعنوان سیستم کاهش دهنده غلظت های آمونیاک پیشنهاد شده است که با استفاده از این سیستم محدوده های متاثر از غلظت های خطرناک (PPM ۱۰۰۰) به میزان ۲۲ درصد کاهش خواهد یافت (نریمان نژاد و همکاران، ۱۳۸۸).

۲۵- غلامرضا و جلالی (۱۳۸۸) در مقاله‌ای تحت عنوان "چگونگی اجرای پروژه HAZOP در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی توسط نرم افزار (PHA-Pro) مطالعه موردی در واحد دیوکس Dewaxing Unit پالایشگاه نفت پارس"، عنوان می‌دارند با توسعه صنایع و رشد تکنولوژی، مسئله ریسک در صنعت و تنوع خطرات بطور چشمگیری افزایش یافته است در چند دهه‌های اخیر وقوع حوادث هولناکی چون بوپال هندوستان، چرنوبیل اکرین و .. توجه همگان را به صنعت نفت، گاز و پتروشیمی و ریسک‌های گوناگون موجود در آن معطوف کرده است. در این میان متدولوژی‌ها و ابزارهای بسیاری جهت انجام آنالیز ریسک برای پیشگیری از رخداد حوادث در این صنایع به وجود آمده است (غلامرضا و جلالی، ۱۳۸۸)

۲۶- عدل و همکاران (۱۳۸۶) در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی خطر نشت کلر در ایستگاه‌های کلرزی سیستم آب آشامیدنی شهر تهران با روش تجزیه تحلیل درخت خطا" عنوان می‌دارند که، گاز کلر یکی از مواد شیمیایی خطرناک است که یکی از مصارف عمده آن استفاده به عنوان تصفیه کننده آبهای آشامیدنی است. در کلان شهر تهران عواملی نظیر تعداد زیاد ایستگاه‌های کلرزی، پراکنده بودن آنها در سطح شهر، تراکم جمعیت در اطراف این ایستگاه‌ها، پیوسته و بدون وقفه بودن عملیات کلرزی در طول شبانه روز به همراه عواملی نظیر کم اطلاعی سازمان‌های امداد و درمان از چگونگی انتشار گاز کلر، نحوه مقابله با آن، درمان افراد در معرض قرار گرفته، باعث شده که ایستگاه‌های کلرزی به یکی از کانون‌های خطرناک تبدیل شوند. هدف تحقیق حاضر ارزیابی میزان خطر نشت گاز کلر در ایستگاه‌های کلرزی سیستم آب آشامیدنی شهر تهران می‌باشد. در اجرای این پژوهش ایستگاه‌های کلرزی بر اساس داشتن یا نداشتن حداقل امکانات مورد نیاز به دو دسته مطلوب و نامطلوب تقسیم شدند. پس از آشنایی کامل با سیستم کلرزی در هر دو دسته ایستگاه‌های مورد مطالعه، با استفاده از توانمندی‌های تکنیک آنالیز درخت خطا مهمترین عوامل موثر در بروز حادثه نشت کلر شناسایی و سپس نحوه ترکیب و همچنین ارتباط آنها در قالب رویدادهای پایانی، میانی و دروازه‌های «و» و «یا» تعیین شد. با آنالیز کیفی و کمی درخت خطای این حادثه، مهمترین علل بروز آن تعیین و همچنین احتمال وقوع رویداد اصلی در طول یک سال محاسبه گردید. مهمترین علل وقوع حادثه نشت کلر پایین بودن سطح مهارت کارکنان که خود از عدم برگزاری دوره‌های آموزشی مناسب برای پرسنل درگیر ناشی می‌شود، فشار و بار کاری زیاد روی پرسنل، عدم وجود دستورالعمل و قوانین مدون و یکپارچه در ایستگاه‌های کلرزی و وجود اشکال و نارسایی در طراحی خود ایستگاه‌ها بودند. احتمال وقوع حادثه ۲۱ بار در سال محاسبه شد که رقم نسبتاً بالایی می‌باشد. بوسیله اصلاح ایرادهای اساسی ایستگاه‌ها و یا طراحی این ایستگاه‌ها بر مبنای استاندارد، احتمال وقوع حادثه به مراتب و به صورت چشمگیری کاهش می‌یابد (عدل و همکاران، ۱۳۸۶).

## ۲-۳-۲- پیشینه مطالعات در جهان

۱- Dadgar (2021) در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی و تحلیل ریسک در خطرات بهداشتی، ایمنی و محیطی (HSE) صنعت عایق رطوبتی قیر با استفاده از تکنیک HAZID"<sup>1</sup> امروزه استفاده از روش‌های ارزیابی ریسک

<sup>1</sup> Risk Assessment and Analysis in Health, Safety and Environmental (HSE) Hazards of Bituminous Waterproofing Industry Using HAZID Technique



در صنایع مختلف در حال گسترش است به طوری که در حال حاضر بیش از ۷۰ نوع روش مختلف ارزیابی ریسک در دنیا وجود دارد. این روش ها معمولاً برای شناسایی، کنترل و کاهش پیامدهای خطرات استفاده می شوند و از نتایج آن ها می توان برای مدیریت و تصمیم گیری برای کنترل و کاهش پیامدهای آن استفاده کرد. هدف از این مطالعه شناسایی و ارزیابی خطرات ایمنی، سلامت و محیط زیست و ارائه راهکارهای پیشنهادی و اصلاحی برای کاهش یا حذف خطرات HSE با استفاده از روش HAZID می باشد. این مطالعه توصیفی مقطعی به مدت ۴ ماه به منظور شناسایی خطرات انجام شد. برای این منظور فهرستی از خطرات احتمالی ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی تهیه و با تکنیک HAZID ریسک ارزیابی شد. در مجموع ۵/۱۵ درصد از ریسک های شناسایی شده غیر قابل قبول، ۲۰/۶۲ درصد نامطلوب، ۵۰/۵۱ درصد قابل قبول و ۲۳/۷۲ درصد نیاز به بازنگری جزئی است. نتایج این تحقیق شامل اجرای اقداماتی از قبیل آموزش ایمنی، آموزش حرفه ای، سیستم نظارت بازرسی، مدیریت ایمنی پرسنل، مدیریت سیستم نگهداری پیشگیرانه و تشکیل تیم ممیزی ایمنی، ایجاد برنامه های منظم خانه داری و سایر موارد مرتبط در شناسایی و کنترل های شناسایی شده است (Dadger, 2021).

۲- Rosa و همکاران (2021) در مطالعه ای تحت عنوان "ارزیابی کمی ریسک در صنعت تبرید تراکمی با استفاده از مدل سازی کامپیوتری"<sup>۱</sup> عنوان می دارند که، سالهاست آمونیاک که در تاسیسات تبرید استفاده می شود. این یک مبرد، ماده ای طبیعی است و جایگزینی مناسب برای شارهای سرماساز مصنوعی دیگر شده است، زیرا پتانسیل تخریب لایه ازن و گرمایش جهانی را ندارد. با این حال، نشت آمونیاک در یک سردخانه می تواند به محیط زیست و سلامت انسان ها آسیب برساند. در این مطالعه از نرم افزار PHAST برای مدل سازی و ارزیابی هفت سناریو نشت آمونیاک استفاده شده است. برای هر سناریو، سه غلظت متفاوت از آمونیاک شبیه سازی شد و فواصل پراکندگی گاز و منطقه نفوذ آن ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد که بدترین سناریو به ۲۶۷۷ متر و ۶۶۵ متر رسید و همه سناریوهای حادثه نشان داد که مخاطرات فردی و اجتماعی بالاتر از حد مجاز تعیین شده توسط آژانس محیط زیست ریودوژانیرو است. برای رسیدن به حدود قابل تحمل، دو اقدام کاهش پیشنهاد شد که کاهش پراکندگی آمونیاک را بین ۴۱ تا ۴۸ و ۱۰۰ درصد برای هر اقدام تضمین می کند. اگرچه استفاده از سیال تبرید سازگار با محیط زیست مورد نظر است، ارزیابی باید خطرات فردی و اجتماعی را در نظر بگیرد تا اطمینان حاصل شود که بر تأسیسات تأثیر نخواهد گذاشت (Rosa, et al. 2021).

۳- Jabbari و همکاران (2021) در مطالعه ای با موضوع "ارزیابی خطر آتش سوزی، انفجار و انتشار گاز سمی سیری عسلویه خط لوله گاز ترش با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی"<sup>۲</sup> عنوان می دارند که، ارزیابی ریسک خطوط لوله گاز به دلیل خطرات مختلف و خسارات اقتصادی بسیار مهم است. استفاده از منطق فازی باعث افزایش قابلیت اطمینان و دقت نتایج می شود. هدف از این مطالعه ارزیابی ریسک فازی آتش سوزی، انفجار و انتشار گاز سمی در خط لوله با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی است.

<sup>1</sup> Quantitative risk analysis applied to refrigeration's industry using computational modeling

<sup>2</sup> Risk assessment of fire, explosion and release of toxic gas of Siri-Assaluyeh sour gas pipeline using fuzzy analytical hierarchy process

روش: استخراج کلیه مخاطرات از HAZOP و HAZID انجام شد. ارزیابی ریسک فازی با استفاده از نرم افزار MATLAB انجام شد. با استفاده از تحلیل فرآیند سلسله مراتب فازی، وزن هر آیت ریسک اساسی (BRI) در یک چارچوب خلاصه شد و سطح ریسک فازی با معیار پنج حالت شامل بسیار مطلوب، مطلوب، متوسط، نامطلوب و بسیار نامطلوب تعیین شد. یافته ها: امتیاز ریسک نهایی برابر با ۰/۱۴۹۲ بود که بر اساس معیار پنج حالت، سطح ریسک در منطقه مطلوب قرار دارد. بالاترین امتیاز ریسک مربوط به کار گرم با شعله باز با امتیاز ریسک ۰/۲۴۸۵ بود. امتیاز خطر نهایی آتش سوزی، انفجار و انتشار گاز سمی در خط لوله گاز سیری - عسلویه در منطقه بهینه است. ارزیابی ریسک فازی، در مقایسه با ماتریس های ریسک مرسوم، داده های بیشتری را در مورد خطرات و رتبه بندی آنها به مدیران ایمنی ارائه می دهد. بر این اساس، انتظار می رود که نتایج در هنگام تصمیم گیری در مورد مدیریت ریسک خطوط لوله گاز برای مدیران ایمنی قابل اجرا باشد (Jabbari, etal. 2021)

۴- Orozco و همکاران (2019) در مقاله ای تحت عنوان "ارزیابی تأثیر انسانی و زیست محیطی یک حادثه آمونیاک در منطقه صنعتی ماتانزاس (کوبا)"<sup>۱</sup> یک حادثه رهائش آمونیاک از مخازن ذخیره سازی در منطقه صنعتی ماتانزاس و تأثیر آن بر جمعیت و محیط زیست را توصیف می کنند. داده های اقلیمی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار ALOHA که مستلزم سناریوهای مختلفی برای برآورد اثرات است، مشخص شد. پیش بینی ها برای سه سناریو انجام می شود: «ابر بخار سمی»، «منطقه قابل اشتعال» و «انفجار ابر بخار». نتایج نشان می دهد که سناریوی بسیار مهم، ابر سمی آمونیاک است که بر منطقه وسیعی با جمعیت متراکم تأثیر می گذارد و خسارات زیست محیطی ایجاد می کند. نتایج این مطالعه نشان می دهد که در صورت رهائش آمونیاک از مخازن ذخیره باید انتظار ۲۹۴ تلفات انسانی را داشت.

۵- Witlox و همکاران (2018) در مقاله ای تحت عنوان "راستی آزمایی و اعتبارسنجی مدل های پیامد فاز برای انتشار تصادفی مواد شیمیایی سمی یا قابل اشتعال در محیط"<sup>۲</sup> عنوان می دارند که، نرم افزار مدل سازی پیامد برای انتشار تصادفی مواد شیمیایی قابل اشتعال یا سمی در محیط شامل مدل سازی تخلیه، مدل سازی پراکندگی اتمسفر و ارزیابی اثرات قابل اشتعال و سمی است. سناریوهایی که ممکن است مدل سازی شوند شامل انتشار از مخازن (نشتی یا پارگی فاجعه بار)، لوله های کوتاه یا لوله های بلند است. انتشار در نظر گرفته شده شامل انتشار مایع سرد یا فوق گرم یا بخار انتشارات بدون فشار یا تحت فشار و انتشار مداوم، متغیر یا آنی است. برای مواد قابل اشتعال، جرعه موجود در محیط ممکن است منجر به آتش تویی، آتش سوزی سوزنی، آتش استخری و یا انفجار ابر بخار شود. آزمایش نرم افزار باید در حالت ایده آل برای هر مدل پیامد "تأیید" این که کد به درستی مدل ریاضی را حل می کند (یعنی اینکه متغیرهای محاسبه شده راه حل صحیح معادلات هستند) و "اعتبارسنجی" در برابر داده های تجربی برای نشان دادن اینکه چقدر به مدل ریاضی نزدیک است، باشد. مدل با نتایج تجربی موافق است. مقاله حاضر شامل مروری بر چگونگی تأیید و اعتبارسنجی فوق برای آخرین مدل های پیامد در بسته ارزیابی خطر PHAST و بسته تحلیل ریسک

<sup>1</sup> Assessment of the human and environmental impact of an ammonia incident in the industrial area of matanzas (Cuba)

<sup>2</sup> Verification and validation of PHAST consequence models for accidental releases of toxic or flammable chemicals to the atmosphere

SAFETI است. برای در دسترس بودن داده های تجربی، به ادبیات اشاره شده است. بنابراین، یک پایگاه داده تجربی گسترده شامل داده های تجربی برای اعتبار سنجی برای مدل ها و سناریوهای فوق، که در آن بسیاری از مواد شیمیایی مختلف (از جمله آب، LNG، پروپان، بوتان، اتیلن، آمونیاک، CO<sub>2</sub>، هیدروژن، کلر، HF و غیره) در نظر گرفته شده اند، ایجاد شده است (Witlox et al, 2018).

۶- Anjana و همکاران (2018) در مقاله ای تحت عنوان "خطرات سمیت نشت گاز آمونیاک و ارزیابی آسیب پذیری مراکز مسکونی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup>"، خطر انشتار اتفاقی و ناگهانی مواد شیمیایی را فاجعه بار و شدید دانسته و عنوان می دارند که پتانسیل خسارت ناشی از بروز رویداد متناسب با جمعیت، ویژگی های محل مسکونی و همچنین عوامل مختلف هواشناسی و ویژگی های جغرافیایی است. برای بررسی ارزیابی ریسک سمیت آمونیاک، از مخازن ذخیره سازی در منطقه صنعتی Eloor در کشور هند یک نمونه گرفته شده است. در این تحقیق مدل پراکندگی آلاینده محدوده مکان های اتمسفر خطر (ALOHA) برای پیش بینی فاصله تاثیر سمیت آمونیاک استفاده گردید. مدل مزبور، آسیب پذیری مناطقی که ممکن است تحت تاثیر سمیت ناشی از رهائش آمونیاک قرار گیرند را به وسیله یکپارچه سازی اطلاعات مربوط به خواص شیمیایی ماده، شرایط آب و هوایی شایع در منطقه و شرایط انشتار آمونیاک تخمین می زند. ارزیابی خطر برای چهار شرایط مختلف آب و هوایی انجام شد. برای تعیین جمعیت آسیب دیده تحت تاثیر، روش درونیایی منطقه ای نیز در پایگاه داده GIS انجام گردید که نشان دهنده مناطقی است که تحت تاثیر قرار می گیرند و جمعیت مورد نظر نیاز به کمک فوری و تخلیه منطقه دارند. پژوهشگران در نهایت نشان دادند که چنین مطالعاتی می تواند به عنوان یک ابزار موثر برای تصمیم گیرندگان برای آماده سازی یک طرح اضطراری در صورت انتشار مورد استفاده قرار گیرد (Anjana et al., 2018).

۷- Patenery و همکاران (2015) در مقاله ای با عنوان "شناسایی مخاطرات به جهت نوع آوری در تکنولوژی های تبدیل به گاز کردن" در سال ۲۰۱۵ در مجله مهندسی قابلیت اطمینان و سیستم ایمنی، بر روی موضوعات مهمی چون شناسایی مخاطرات در فرآیندهای گاز کردی سیالات به روش HAZID پرداخته اند. در این مقاله اشاره می شود که مخاطرات صنایع مورد اشاره می تواند از منابع ناشناخته ای که قبلاً دیده نشده اند ناشی شود. این منابع ناشناخته ناشی از نوآوری در این صنایع می باشد. در این مقاله نویسندگان خاطر نشان می کنند که مخاطرات ناشی از نوآوری در صنایع فرآیندی دارای مخاطراتی برای کل سیستم می باشد که می بایستی در فاز طراحی مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند. آنها در مطالعات خود تکنیک شناسایی مخاطرات به روش HAZID را مورد بازنگری اساسی قرار داده و مدلی را تحت عنوان سناریوهای شناسایی دینامیکی مخاطرات طراحی نمودند. این مدل می تواند با روشهایی ساده، مخاطرات در پروسه های فرآیندی را شناسایی و دسته بندی کند. آنها در مطالعات خود از مطالعات تاثیرات محیط زیستی فرآیندها بر محیط زیست اطراف خود نیز استفاده کرده اند (Patenery, et al., 2015).

۸- Kim و همکاران (2015) در مطالعه ای تحت عنوان "ارزیابی ریسک حمل و نقل هیدرات گاز طبیعی:

<sup>1</sup> Toxic hazards of ammonia release and population vulnerability assessment using geographical information system

مطالعه موردی شناسایی مخاطرات با استفاده از تکنیک <sup>1</sup>HAZID<sup>1</sup> بیان می دارند که، حمل و نقل دریایی گاز طبیعی به شکل هیدرات یک فناوری و رویکرد جدید است. معرفی فناوری های جدید احتمال معرفی نا شناخته باعث خواهد شد تا ریسک های جدیدی به سیستم وارد شود. در ام مورد مطالعاتی، یک ارزیابی ایمنی از حامل های هیدرات گاز طبیعی جدید (حامل NGH) توسعه داده شد. هدف از این مطالعه، ارزیابی جنبه های ریسک برای اطمینان از اینکه سطح ریسک برای فناوری جدید توسعه یافته به همان اندازه پایین است. به منظور شناسایی همه مخاطرات احتمالی در سیستم و سپس افزایش ایمنی سیستم، شناسایی خطر (HAZID) مطالعه انجام شد. در این مطالعه، در مجموع ۸۰ مخاطره شناسایی، بررسی و رتبه بندی از نظر شاخص ریسک در یک ارزیابی ریسک نیمه کمی صورت پذیرفت. در میان مخاطرات شناسایی شده، سه خطر با سطح ریسک غیر قابل قبول و بیست و هشت مورد با سطح ریسک قابل قبول اما در منطقه ALARP دسته بندی شد (Kim, et al. 2015).

۹- Nascimento و همکاران (2015) در مقاله ای تحت عنوان "رویکرد چند وجهی به شناسایی مخاطرات در عملیاتهای چرخبال در ساعات شب در صنایع فراساحلی به روش <sup>2</sup>HAZID<sup>2</sup>" در مجله مهندسی قابلیت اطمینان و ایمنی سیستم، به این موضوع می پردازند که عملیات های پرواز با چرخبال در صنایع فراساحلی دارای مخاطرات بسیاری زیادی بوده که می تواند حوادث بسیاری را به همراه داشته باشد. این عملیات ها وقتی در شب هنگام انجام می شود می تواند ریسک بسیار زیادی را به سازمان تحمیل نماید. این مقاله بیشتر توجه خود را بر روی این موضوع متمرکز می کند که عملیات های پرواز در هنگام شب، دارای نرخ بالای مرگ و میر می باشند که بایستی مخاطرات آن شناسایی و پیشگیری شود. این مطالعه با بررسی این عملیات ها، با استفاده از روش هزید نسبت به شناسایی مخاطرات اقدام کرده و ریشه های حوادث ناشی از عملیات های پروازی بوسیله چرخبال در ساعات شب را مورد شناسایی و ارزیابی قرار می دهد. آنها در مطالعات خود از تعداد زیادی از خلبانان که در چنین عملیات هایی حضور داشته اند، مصاحبه کرده و ریشه های حوادث را با مصاحبه و پرسشنامه جمع آوری نمودند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد که مخاطراتی که می تواند باعث بروز حوادث در عملیات های چرخبال در هنگام شب شود، را می توان به پنج دسته کلی تقسیم بندی نمود. این دسته بندی می تواند به سازمان هایی که احتمال چنین عملیات هایی را داشته باشند، بسیار کمک نماید، تا با برنامه ریزی صحیح لایه های حفاظتی را جهت جلوگیری از حوادث بعدی استقرار دهند (Neskimonto, et al., 2012).

۱۰- Parvini و Kordostami (2014) در مقاله ای تحت عنوان "مدل سازی انفجاری در ایستگاه سوخت گیری گاز طبیعی آزاد شهر"<sup>3</sup> عنوان می دارند که، امنیت مردم از زمان شروع استفاده تجاری از گاز طبیعی فشرده (CNG) به عنوان نوع جدیدی از سوخت خودرو، مهم ترین نگرانی بوده است. در صورت وقوع انفجار یک مخزن سوخت خودرو، پیامدهای برگشتناپذیر ظاهر خواهند شد. مهم ترین خطری که مردم و اموال آنها را در ایستگاه های توزیع سی ان جی تهدید می کند، گاز طبیعی تحت فشار در مخازن ذخیره سازی در این

<sup>1</sup> Risk Assessment for Natural Gas Hydrate Carriers: A Hazard Identification (HAZID) Study

<sup>2</sup> Night-time offshore helicopter operation: a survey of risk levels per phase of flight, flying recency requirement and visual approach technique

<sup>3</sup> Consequence modeling of explosion at Azad-Shahr CNG refueling station

ایستگاه ها و مخازن خودرو است. مخازن ذخیره سازی دور از افراد هستند؛ با این حال، ممکن است به ویژگی های دیگری مانند لوله ها، شیرها، تجهیزات الکتریکی و غیره آسیب برسانند. با توجه به فاصله بین مخازن ذخیره سازی و جایگاه سوخت گیری، ریسک یک نگرانی بزرگ در نظر گرفته نمی شود؛ در مقابل، مخازن ذخیره سازی ماشین بسیار نزدیک به مسافرانی است که در ماشین نشسته اند و کسانی که در اطراف ماشین ایستاده اند. این نزدیکی خطر را افزایش می دهد زیرا عواقب ناشی از انفجار مخزن سوخت خودرو می تواند مصیبت بارتر از شرایط قبلی باشد. در مجموع، انفجار مخزن سی ان جی ممکن است به عنوان خطرناک ترین حادثه در مراکز توزیع سی ان جی در نظر گرفته شود. اعتقاد بر این است که مدل سازی رویدادهای ذکر شده می تواند شرایط ریسکی را نشان دهد. مطالعه حاضر به منظور مدل سازی یکی از این حوادث که در آذر شهر در زمستان ۲۰۱۰ رخ داد، تدوین شد. نتایج به دست آمده نقاط و توصیه های مفیدی مانند حداقل فاصله ایمن از مرکز گسیختگی را با توجه به نتایجی مانند فشار بیش از حد، انواع آتش و یا انتشار سمی ارائه می دهد. توصیه های ارائه شده توسط مطالعه حاضر می تواند مردم را از رویدادهای فاجعه بار پیش گیری کند و آن ها را می توان برای کاهش شدت رویدادهای ممکن به تصویب رساند (Parvini & Kordostami, 2014).

۱۱- Oyama و همکاران (2014) در مقاله ای تحت عنوان "شناسایی مخاطرات در سیستم های توزیع هیدروژن به روش HAZID" در سال در مجله مهندسی قابلیت اطمینان و ایمنی سیستم، در مورد شناسایی مخاطرات در سیستم های توزیع هیدروژن در صنایع فرآیندی می پردازند. ایشان در این مقاله خاطر نشان می کنند که با توجه به اینکه توزیع هیدروژن به سبب ریسک بالای خود می بایستی مورد ارزیابی و شناسایی مخاطرات قرار گیرند. این شناسایی و ارزیابی مخاطرات می بایستی قبل از طراحی این سیستم انجام پذیرد تا ریسک ایجاد تغییرات در آینده کاهش یابد. در این مقاله به راهکارهای لازم جهت شناسایی مخاطرات، دسته بندی آنها و به تبع آن راهکارهای کنترلی برای کاهش احتمال بروز رویداد در سیستم های فوق الذکر، اشاره می شود (Oyama, et al., 2014).

۱۲- B.J. Lowesmith و همکاران (2014) در مقاله ای تحت عنوان "بررسی موارد ایمنی در فرآیند مایع سازی، ذخیره سازی و انتقال هیدروژن مایع به روش HAZID" برای شناسایی خطرات ناشی از حمل گاز هیدروژن به عنوان سوخت برای خودروها از روش هزید از مرحله حمل تا انتقال آن استفاده کرده اند. در این مطالعه هزید در دو مرحله انجام شده است. اولی بررسی خطرات در مرکز تولید تا زمان تخلیه گاز در مرکز توزیع و دیگری در مرکز توزیع تا زمان ذخیره سازی گاز مایع. در طول این مطالعه ۶۰ سناریو هزید برای مرحله حمل و نقل و ۴۳ سناریو برای ذخیره سازی نوشته شده است. این تحقیق از بانک اطلاعاتی ناسا و پایگاه داده آمریکا برای بررسی علت حوادث ناشی از حمل هیدروژن استفاده کرده است. در مجموع ۷ علت حادثه در زمان حمل و انتقال و تخلیه گاز هیدروژن مشاهده شده است که بیشتر حوادث به یک علت و گاهی دو علت رخ می دهند. به عبارتی ۸۰ درصد حوادث مربوط به ۲۰ درصد علل می باشد. علت حوادث شامل نقص در طراحی، نقص در تجهیزات، کمبود رویه، تصادفات جاده ای، علل طبیعی، آلودگی ها و تشدید عوامل تاثیر گذار می باشد (B.J. Lowesmith و همکاران، 2014).

۱۳- Qu Fang و همکاران (2013) در مقاله ای تحت عنوان "کاربرد نرم افزار PHAST در مدل سازی پیامد در

انفجار بویلر<sup>۱</sup> چنین عنوان می دارند که انفجار بویلرها یکی از مخرب ترین حوادث احتمالی در صنعت فرآیند شیمیایی هستند که منجر به امواج ضربه ای و قطعات موشکی پاره شده می شود. پیش بینی انرژی انفجار دیگ و تأثیر آن برای پیشگیری و حفاظت از حوادث بسیار کارآمد و مفید می باشد. نرم افزار PHAST برای ارزیابی کمی پیامد BLEVE بویلر از طریق ایجاد مدل مربوطه در مقاله استفاده می شود که نتایج را در قالب نمودارهای شبیه سازی و گزارش هایی با فشار بیش از حد موج انفجار و شعاع اثر آن و فاز مثبت ارائه می دهد. تکانه نیز. برخلاف الگوریتم سنتی آدیاباتیک، نتیجه می تواند تحلیل کلی را برای پیش بینی چنین حوادثی با دقت بیشتری ارائه دهد، و همچنین به طبقه بندی و اتخاذ اقدامات ایمنی مربوطه برای مدیریت بویلرها اشاره می کند (Qu Fang et al., 2013).

۱۴- Kinmehr و همکاران (2013) در مطالعه ای با عنوان "رویکرد ارزیابی کیفی ریسک بر اساس روش HAZID در تاسیسات فشرده سازی و صادرات گاز جزیره سیری"<sup>۲</sup> عنوان می دارند که، امروزه شناسایی و کنترل مخاطرات در صنایع نفت ساحلی و فراساحلی یکی از دغدغه های اصلی مدیران صنعت نفت برای اکوسیستم های دریایی حساس آنها می باشد. روش های مختلفی برای پیش بینی، تشخیص و کنترل خطرات و ارزیابی ریسک های موجود مرتبط با این خطرات در صنایع نفت استفاده می شود. در مناطق ساحلی و فراساحلی به دلیل آب، آبریزان و محیط وسیع، اهمیت بیشتری به نظر می رسد. هدف از این مطالعه، شناسایی خطرات احتمالی در تاسیسات فشرده سازی و صادرات گاز سیری در جزیره سیری در خلیج فارس و ارزیابی خطرات موجود در این تاسیسات می باشد. برای دستیابی به این هدف از روش HAZID استفاده شده است. این رویکرد بر شناسایی خطرات در سیستم برای تعیین عواملی که می توانند خطر، رویدادها و پیامدهای آنها را آزاد کنند، تمرکز دارد. در نهایت ارزیابی کیفی ریسک بر اساس ماتریس ریسک در چهار دسته (افراد، محیط زیست، دارایی، شهرت) اجرا شد. ارزیابی ریسک در این مطالعه شامل دو مرحله بدون اقدامات کنترلی و با اقدامات کنترلی است. نتایج ارزیابی ریسک نشان می دهد که برای اقدامات قبل از کنترل، ۲۸۶ مورد ریسک کم، ۱۲۷ مورد ریسک متوسط و ۹۵ مورد ریسک بالا و برای ریسک کنترل، نتایج نشان داد که ۴۶۲ مورد ریسک کم، ۴۰ مورد ریسک متوسط و ۲ مورد ریسک بالا وجود داشته است. . بالاترین خروجی ریسک در گره "Pig Receiver" برای خطرات "میعانات" و "نفت و گاز تحت فشار" در دسته افراد شناسایی شد. کمترین خروجی ریسک در گره شهرت سازمانی بود. (Kianmehr, et al. 2013).

۱۵- Bhattecharjee و همکاران (2012) در مقاله ای تحت عنوان "نشت تصادفی آمونیاک از سردخانه و کارخانه تولید یخ در کلکته و اقدامات اصلاحی آن"<sup>۳</sup> حوادث ناشی تصادفی آمونیاک در سه موسسه صنعتی مختلف مورد بررسی قرار دادند. آنها معتقد بودند که خطاهای انسانی و خطاهای تعمیر و نگهداری عامل اصلی همه حوادث هستند. در این تحقیق به بررسی اینگونه خطاها و اشتباهات پرداخته و آنها را شناسایی کرده است. در نهایت نیز برخی توصیه های عمومی را پیشنهاد کرده است. همچنین با ارائه برخی اقدامات پیشگیرانه برای چنین حوادثی به تدوین یک برنامه واکنش در شرایط اضطراری پرداخته است

<sup>1</sup> Application of Phast in the Quantitative Consequence Analysis for the Boiler BLEVE

<sup>2</sup> Qualitative risk assessment approach based on HAZID method in Sirri Island gas compression and export facility

<sup>3</sup> Accidental Emission of Ammonia from Cold Storage and Ice Factory in Kolkata and its Remedial Action

(Bhattercharjee et.al., 2012).

۱۶- Lavasani و همکاران (2011) در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی ریسک در چاه‌های نفت و گاز مناطق فراساحلی با استفاده از روش HAZID فاز۱" علاوه بر ارزیابی ریسک در چاه‌های نفت و گاز در مناطق فراساحلی، نسبت به تعریف یک رویکرد سیستماتیک برای بکارگیری اطلاعات کمی و کیفی اقدام کرده و ضمن بررسی هر ریسک و تخصیص یک رتبه فازی به آنها و ترکیب احتمال و رویداد شکست با استفاده از مدل فرآیند تجزیه و تحلیل سلسه مراتبی برای تخمین وزن گروه‌های غیرهمگن، نسبت به شناسایی و کنترل آنها اقدام کرده‌اند. شواهد استدلالی برای یکپارچه کردن اطلاعات جدید برای بروز رسانی تخمین ریسک‌های موجود بکار می‌رود. این رویکرد می‌تواند بعنوان الگویی قابل قبول برای چنین ریسک‌های در نظر گرفته شود (Lavasani, et.al., 2011).

۱۷- Bubbico و Marchini (2007) در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی حادثه انفجار نشتی LPG: یک مورد واقعی<sup>۱</sup>" که در مجله مواد مخاطره آمیز<sup>۲</sup> به چاپ رسیده است، حادثه‌ای را که در هنگام بارگیری مخزن LPG رخ داده، در نظر گرفته و آنرا مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند. ایشان در مقاله خود عنوان می‌کنند که در هنگام انتقال سیال LPG از یک مخزن متحرک (تریلی) به یک مخزن ثابت LPG، یک حادثه نشت LPG از مخزن نگهدارنده آن می‌تواند منجر به چندین پیامد ناخواسته گردد. این حادثه طیف وسیعی از پیامدها، از حریق استخری<sup>۳</sup> گرفته تا آتش کروی<sup>۴</sup>، پارگی مخزن<sup>۵</sup>، اشتعال و انفجار محتویات داخل مخزن را در پی خواهد داشت. ایشان به بررسی یک حادثه واقعی پرداخته و زنجیره‌ای از حوادث بوقوع پیوسته در این حادثه را تشریح می‌کنند. ایشان زنجیره رویدادهای بوقوع پیوسته در این حادثه را توسط محاسبات مدلسازی پیامد مطابق با تجزیه و تحلیل ریسک و ریشه یابی حوادث مورد بررسی قرار دادند. نتایج ناشی از مطالعه نشان می‌دهد که از یک سو، این بررسی درک بهتری از پیوند بین رویدادهای مختلف در یک حادثه را به ما می‌دهد. از سوی دیگر مقایسه بین نتایج محاسبات و خسارات واقعی بعد از حادثه، صحت سنجی مدل پیش بینی و اعتبار آن را امکان پذیر می‌نماید. به خصوص اینکه نشان داده شده است که بیشترین عدم قطعیت مربوط به محاسبات انرژی درگیر در گسترش فیزیکی سیال (مایع و بخار) بعد از پارگی بزرگ مخزن می‌باشد (Marchini & Bubbico, 2007).

<sup>1</sup> Assessment of an explosive LPG release accident: A case study

<sup>2</sup> Journal of Hazardous Materials

<sup>3</sup> Pool Fire

<sup>4</sup> Fireball

<sup>5</sup> Rupture

## فصل ۳- روش تحقیق



### ۳-۱- مقدمه

فصل سوم از این پژوهش به دو بخش مطالعاتی زیر تقسیم می شود. در بخش اول به آشنایی با صنعت تصفیه فاضلاب پرداخته شده و در ادامه با توجه به اینکه این مطالعه در خصوص رهايش گاز سمی کلر از سیلندرهای مستقر در قسمت کلرزنی تصفیه خانه فلاب شماره ۲ کن می باشد به تشریح شرکت شهرها و شهرک های غرب استان تهران، تصفیه خانه آب شماره ۲ کن اشاره می گردد. سپس سیستم کلرزنی در تصفیه خانه آب مورد بحث و بررسی قرار می گیرد. در بخش دوم، از فصل سوم، موسوم به روش تحقیق، به تشریح متدلوژی انجام پژوهش پرداخته می شود. همچنین در این بخش به مروری بر روش ها و تکنیک ها و نرم افزارهای مورد استفاده در این مبحث می پردازد. تکنیک های مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از:

- تکنیک HAZID
- نرم افزار PHA-Pro 8.5
- نرم افزار PHAST 8.22

## ۳-۲- آشنایی با صنعت مورد مطالعه

### ۳-۲-۱- معرفی تصفیه آب به روش کلرزی

وجود آلاینده های مختلف شیمیایی و میکروارگانیسم ها در پساب های بهداشتی و صنعتی یکی از بزرگترین معضلات در دنیای امروز می باشد. هیچ یک از واحدهای تصفیه ی آب و فاضلاب قادر نخواهند بود به تنهایی یا به صورت مرکب، همه باکتری های بیماریزا را حذف کند. همچنین به دلیل خطر آلودگی مجدد در شبکه توزیع، افزودن یک ماده گندزدا به آب و فاضلاب که دارای باقیمانده نیز باشد تا آلودگی های ثانویه را از بین ببرد، ضروری می باشد. شیوه های مختلف تصفیه از قبیل تصفیه فیزیکی، شیمیایی و تصفیه بیولوژیکی فاضلاب برای حذف این موارد انجام می شود. یکی از مهمترین گام ها برای گندزدایی و حذف باکتری ها و قارچ های مضر در پساب ها، استفاده از کلر می باشد. کلرزی به استفاده از ترکیبات کلر در فرآیندهای تصفیه فاضلاب گفته می شود که منجر به اکسیداسیون و تجزیه میکروارگانیسم می گردد. با توجه به شرایط دمایی و اسیدی فاضلاب نوع کلر مورد نیاز و مقدار آن تعیین شده و در نهایت به کمک تجهیزات مختلف به تصفیه خانه تزریق می گردد. در این روش گندزدایی فاضلاب، در واقع کلر پس از ورود به تصفیه خانه و تماس با پساب ها به هیپوکلرو و یون اکسید کلر تبدیل می شود که فرآیند اکسیداسیون انجام می شود.

وجود باکتری های بیماریزا و شیوع بیماری های واگیردار از قبیل وبا باعث شد توجه به گندزدایی آب آشامیدنی مورد توجه قرار گیرد. به طوریکه در سال ۱۸۵۴ برای اولین بار استفاده از کلر برای گندزدایی آن توسط کمیسیون آب انگلیس انجام شد. پس از آزمایش های متوالی و بهبود روش های استفاده از کلر برای تصفیه آب، بالاخره در سال ۱۸۸۴ به مرور از کلر برای گندزدایی آب های آشامیدنی در انگلیس آغاز شد. پس از آن ایالت متحده آمریکا در سال ۱۹۱۰ به مرور آب مناطق و کشورهای مختلف را با استفاده از کلر گندزدایی کرد. علاوه بر تصفیه خانه های آب، بخش تصفیه فاضلاب نیز به مرور به استفاده از کلر برای کنترل رشد باکتری ها، حذف بو و حشرات مضر روی آوردند. بطوریکه در سال ۱۹۷۵ بیش از ۷۵ درصد از تصفیه خانه های فاضلاب از این شیوه برای گندزدایی استفاده کردند. با توجه به نوع فاضلاب و مواد آلاینده موجود در آنها و همچنین تجهیزات در دسترس از انواع مختلف کلر برای گندزدایی فاضلاب استفاده می شود. از جمله کلرهای مورد استفاده در کلرزی فاضلاب می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- هیپوکلریت سدیم

هیپوکلریت سدیم که به صورت مایع می باشد، یکی از گزینه های مناسب برای کریپتوسپوری دیوم می باشد که نه تنها در تصفیه فاضلاب، بلکه برای گندزدایی آب استخر نیز مورد استفاده قرار می گیرد. البته لازم به ذکر است که تماس هیپوکلریت سدیم با دست و پوست بسیار خطرناک بوده و به همین منظور از پکیج کلرزی و پکیج تهیه و تزریق مواد شیمیایی برای این منظور استفاده می گردد.

- هیپوکلریت کلسیم

پرکلرین یا هیپوکلریت کلسیم از دیگر مشتقات کلر می باشد که برای گندزدایی فاضلاب در پکیج های کلرزی به صورت مایع و جامد مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به قدرت بالای آن در اکسیدکنندگی، لذا لازم است در ظروفی نگهداری شوند که در برابر خوردگی مقاومت بالایی داشته باشند.

### • دی اکسید کلر $\text{ClO}_2$

این نوع کلر بیشتر برای تصفیه آب استخرها کاربرد داشته و برای تصفیه فاضلاب گزینه مناسبی نمی باشد. با توجه به قدرت اکسیدکنندگی بالا و عدم تشکیل کارآمین و کلروفرم، می تواند گزینه مناسبی برای کنترل فنل ها به شمار رود.

### • گاز کلر

گاز کلر از دیگر موارد مورد استفاده در کلرزنی فاضلاب می باشد که برخلاف هیپوکلریت سدیم و هیپوکلریت کلسیم، در تماس با پساب ها و انجام واکنش های شیمیایی، هیپوکلرو تولید نموده و منجر به اسیدی شدن محیط می گردد. مهم ترین دلیل کاربرد گاز کلر برای ضد عفونی کردن آب و اثربخشی آن در از بین بردن بیوارگانیک ها است. دیگر کاربردهای کلر شامل کنترل سولفید هیدروژن ( $\text{H}_2\text{S}$ ) و بوی آن، لجن فله و کنترل فوم، اکسیداسیون آمونیاک، کاهش  $\text{BOD}^1$ ، ضد عفونی کردن، سفید کردن و غیره است. این نوع سیستم کلرزنی، نسبت به سایر سیستم های کلرزنی در هزینه های نگهداری مقرون به صرفه تر است.

### ۳-۲-۲-۲-۲ اصول گندزدایی با مشتقات کلر

با ورود هر یک از مشتقات کلر و تماس با پساب منجر به ایجاد واکنش های شیمیایی شده و نتیجه این واکنش در نهایت هیپوکلرو و هیپوکلریت می باشد. PH پایین آب و قلیایی بودن محیط، شرایطی را فراهم می کند تا هیپوکلریت خنثی شده و یون های هیدروژن و هیپوکلریت از اسید هیپوکلرو تولید شوند. مقدار PH مورد نیاز برای انجام واکنش های شیمیایی صحیح کلر با آب، حدود ۷ می باشد و اگر این مقدار بیش از ۸/۵ باشد، کلرزنی فاضلاب به خوبی انجام نخواهد شد. با توجه به اینکه خاصیت گندزدایی اسید هیپوکلرو بیشتر از یون اکسید کلر می باشد، لذا باید به PH محیط و میزان اسیدی بودن آن و درجه فاضلاب توجه داشت. همچنین لازم به ذکر است که در فرآیند کلرزنی فاضلاب، برخی از فلزات نیز با کلر واکنش نشان داده و حذف می شوند. به عنوان مثال، آهن ۲ ظرفیتی و ۳ ظرفیتی در فرآیند کلرزنی تولید رسوب خواهند کرد.

### ۳-۲-۳ تجهیزات کلرزنی گازی در تصفیه فاضلاب

همان طور که اشاره شد، استفاده از مشتقات مختلف کلر برای گندزدایی خطرناک بوده و در صورت تماس با بدن یا استنشاق گاز آنها، موجب مسمومیت می گردد. به همین منظور تجهیزات مختلفی در این فرآیندها مورد استفاده قرار می گیرند که نه تنها ایمنی را افزایش می دهند، بلکه به اندازه مناسب و با توجه به شرایط پساب ها مقدار کافی از کلر تزریق می گردد. سیستم کلرزن گازی در تصفیه خانه فاضلاب از اجزای زیر تشکیل گردیده است:

### • کپسول گاز کلر

گاز کلر بسیار مخاطره آمیز بوده و در کپسول های تحت فشار نگهداری می شود و نشت گاز از آنها بسیار خطرناک است. استفاده از این گاز تنها با تجهیزات کاملاً ایمن در تصفیه خانه ها صورت گرفته و در اتاق های مخصوص نگهداری می شوند. تمامی قطعات کلرزن بایستی به صورت تراشکاری شده باشد. زیرا قطعاتی که به

<sup>1</sup> Biological Oxygen Demand (BOD)

صورت ریخته گری ساخته می شوند دارای ترک های ریزی می باشند که در مدت زمان کوتاهی دچار نشتی خواهند شد.

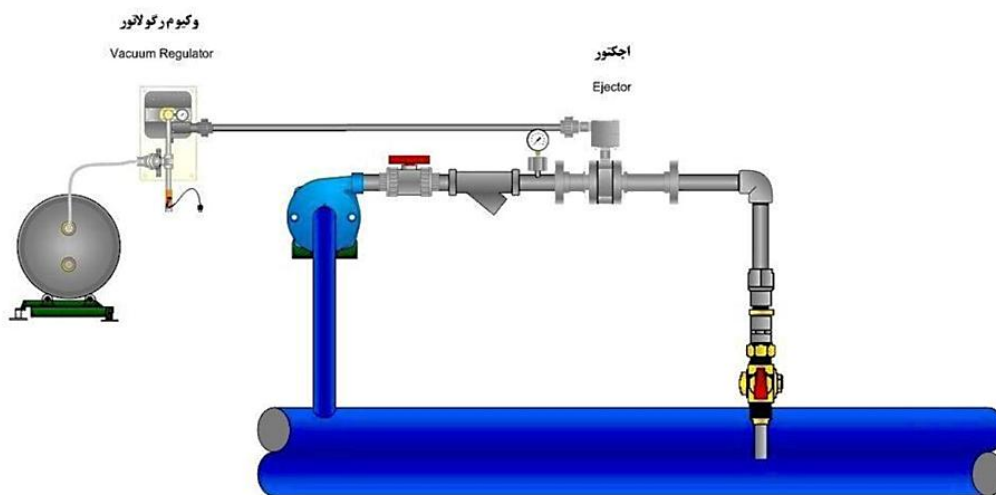
- شیر وکیوم رگلاتور گاز کلر

دستگاه وکیوم رگلاتور که هم به صورت سر سیلندری و هم دیواری وجود دارد، دستگاهی است که بعد از سیلندر گاز کلر قرار گرفته و باعث می شود، گاز کلر به صورت کنترل شده و ایمن به سیال مورد نظر هدایت شود. در واقع وکیوم رگلاتور در مقابل فشار گاز خروجی از سیلندر قرار گرفته و تنها در صورتی که بعد از این دستگاه ایجاد خلاء شده باشد، اجازه عبور گاز کلر را می دهد. وظیفه تولید این خلاء (وکیوم) بر عهده ایجکتور می باشد.

- لوله نقره ای گاز کلر جهت ارتباط کپسول کلر به ایجکتور

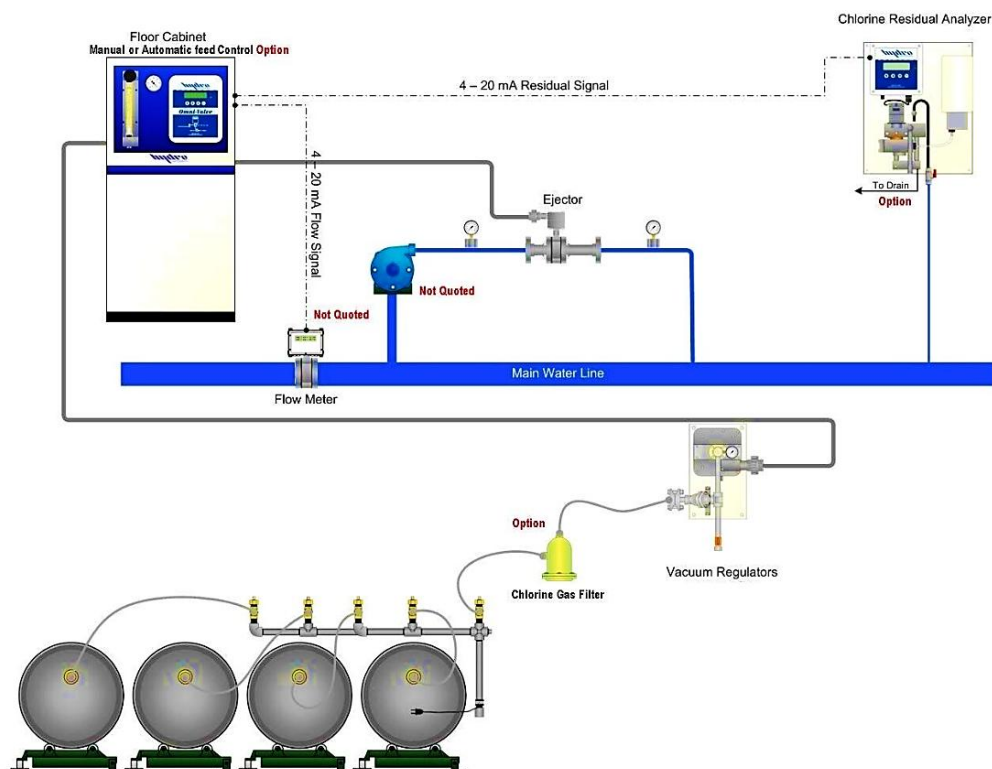
ایجکتور دستگاهی است که بر پایه سیستم ونتوری ساخته شده و با عبور آب از آن، تولید خلاء می نماید. حداقل فشار عبوری از ایجکتور حدود ۱/۵ بار بوده و با توجه به میزان تزریق، دبی و فشار مورد نیاز عبوری از ایجکتور و طبیعتاً سائز ایجکتور تغییر می نماید. با ایجاد خلاء توسط ایجکتور، دیافراگم وکیوم رگلاتور باز شده و گاز کلر از آن خارج می شود. حال برای تنظیم میزان گاز عبوری از سیستم دوزینگ یا روتامتر استفاده می شود. این سیستم برای کلرزن های پایین ۲ کیلوگرم در ساعت بر روی خود وکیوم رگلاتور قرار دارد ولی برای سائز های بالاتر به صورت مجزا می باشد.

در شکل (۱-۳) اجزا اصلی در سیستم تزریق گاز کلر در یک تصفیه خانه صنعتی آب نشان داده شده است.



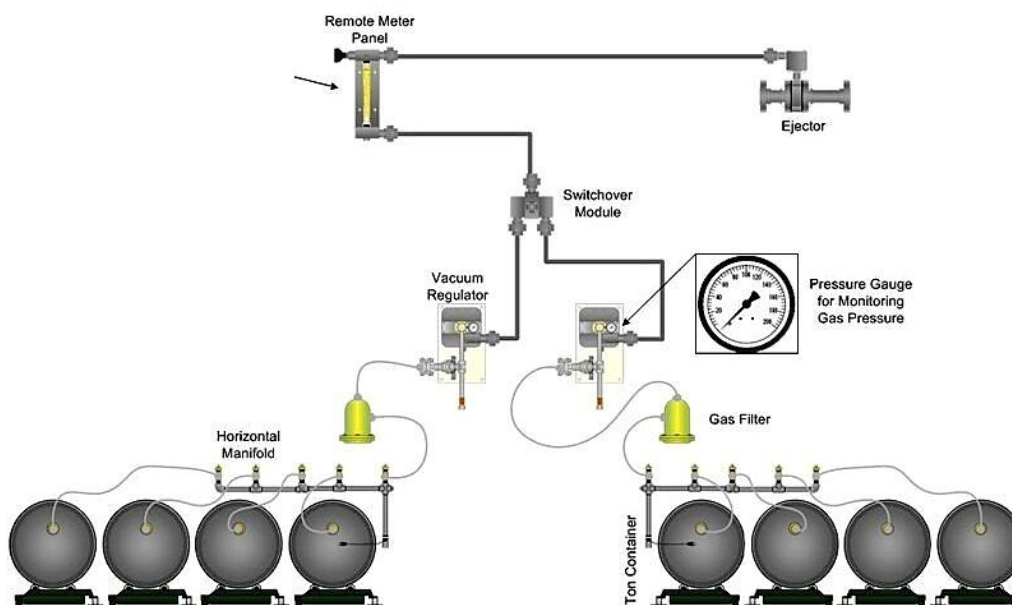
شکل (۱-۳) اجزا اصلی در سیستم تزریق گاز کلر در یک تصفیه خانه صنعتی آب

به منظور تزریق اتوماتیک گاز کلر ادوات دیگری باید به سیستم اضافه گردد. از جمله آنالایزر سنجش کلر باقیمانده و شیر برقی (کلریناتور برقی) که از آنالایزر فرمان گرفته و میزان تزریق را به صورت تناسبی کم و یا زیاد می کند. کلرزنی گازی، قبل و بعد از تصفیه فیزیکی آب انجام خواهد شد. در کلرزنی اولیه کاهش میکروارگانیسم ها و تبدیل آمونیاک و نیتريت آب خام به نیترات هدف اصلی است و کلرزنی ثانویه به منظور حذف کامل آلودگی های باقی مانده و سالم نگهداشتن آب صاف انجام می شود. همچنین در خروجی پساب های تصفیه شده در تصفیه خانه فاضلاب شهری جهت حذف بار میکروبی و از بین بردن کلیفرم استفاده می شود.



شکل (۲-۳) محل قرارگیری آنالایزر سنجش ابتدایی و ثانویه کلر در مسیر تصفیه فاضلاب

همچنین به منظور جلوگیری از قطع تزریق گاز کلر به هنگام اتمام سیلندر ذخیره گاز کلر و زمان لازم جهت جابجایی سیلندرهایی خالی با سیلندرهایی پر، از سویچ اور یا چنج اور استفاده می شود. به این که دو سری سیلندر گاز در نظر گرفته و به یک سویچ وصل می نماییم. به محض اتمام سیلندرهایی گاز سری اول، سویچ به طور اتوماتیک، بر روی سیلندرهایی سری دوم سویچ نموده و بدون قطع کلر زنی، اپراتور در فرصت مناسب سیلندرهایی خالی را تعویض می نماید.



شکل (۳-۳) قرارگیری Switchover Module در سیستم تزریق گاز کلر

این سیستم به صورت اتوماتیک به منظور تزریق دقیق گاز کلر و کاهش حداکثری خطاهای انسانی طراحی شده است. مبنای کارکرد این سیستم بر اساس اندازه گیری Online میزان کلر باقیمانده محلول در آب می باشد بدین صورت که پس از مقایسه میزان کلر محلول در آب با مقدار تعیین شده توسط بهره بردار، میزان تزریق گاز را افزایش و کاهش می دهد. شایان ذکر است سیستم کلر زنی اتوماتیک علاوه بر تزریق گاز به صورت اتوماتیک، ایمنی و کنترل نشت گاز کلر را بر عهده دارد.

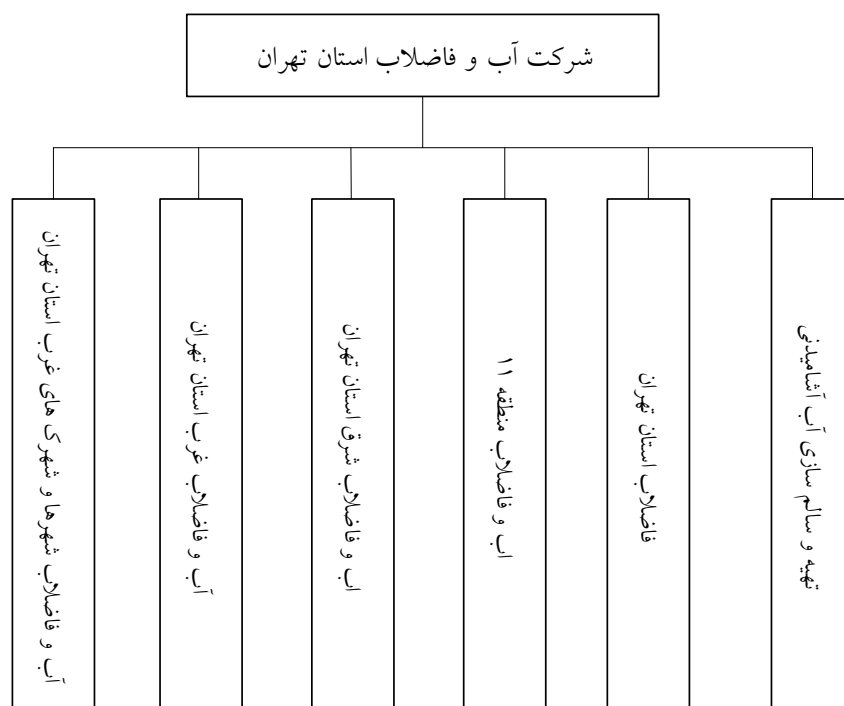


شکل (۳-۴) سیستم کلر زنی گاز کلر در تصفیه خانه فاضلاب

### ۳-۲-۴- شرکت آب و فاضلاب استان تهران

تهران به عنوان یکی از بزرگترین و پرجمعیت ترین استان های ایران محسوب می شود. این استان با داشتن ۱۸۹۰۰ کیلومتر مربع وسعت، در حدود ۱/۲ درصد از کل کشور ایران را به خود اختصاص داده است. همچنین استان تهران با داشتن جمعیتی بالغ بر ۱۴ میلیون نفر در روز در حدود ۲۰ درصد از کل جمعیت کشور را شامل می شود. این استان دارای ۱۳ شهر و ۵۴ شهر می باشد. یکی از موارد بسیار مهم در مورد تهران این است که این استان به تنهایی ۴۴ درصد صنایع مهم و استراتژیک را در خود جای داده است. میزان بارندگی در استان تهران بالغ بر ۲۰ میلی متر می باشد. جمعیت زیاد و همچنین کشاورزی و صنعت در این استان باعث شده تا به منابع آبی بسیار زیادی نیاز داشته باشد. بسیاری از این نیاز از منابعی مانند رودخانه جاجرود، لتیان و قنات ها و چاه های آب زیرزمینی تامین می گردد. وظیفه تامین آب مورد نیاز در استان تهران بر عهده سازمان آب و فاضلاب استان تهران (TPWWC)<sup>۱</sup> می باشد. این سازمان خود به ۷ بخش مختلف تقسیم بندی می گردد که شامل بر شرکت های زیر می شوند.

پشتیبانی و تصفیه، فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب ناحیه ۶ تهران، شرکت آب و فاضلاب شرق استان تهران، شرکت آب و فاضلاب جنوب شرق استان تهران، شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک های غرب استان تهران. در شکل (۳-۵) تقسیم بندی مناطق هفتگانه آب و فاضلاب استان تهران نشان داده شده است.



شکل (۳-۵) تقسیم بندی مناطق هفتگانه آب و فاضلاب استان تهران

### ۳-۲-۴-۲- شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک های غرب استان تهران

شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک های غرب تهران در بهمن ماه سال ۱۳۷۲ فعالیت خود را با

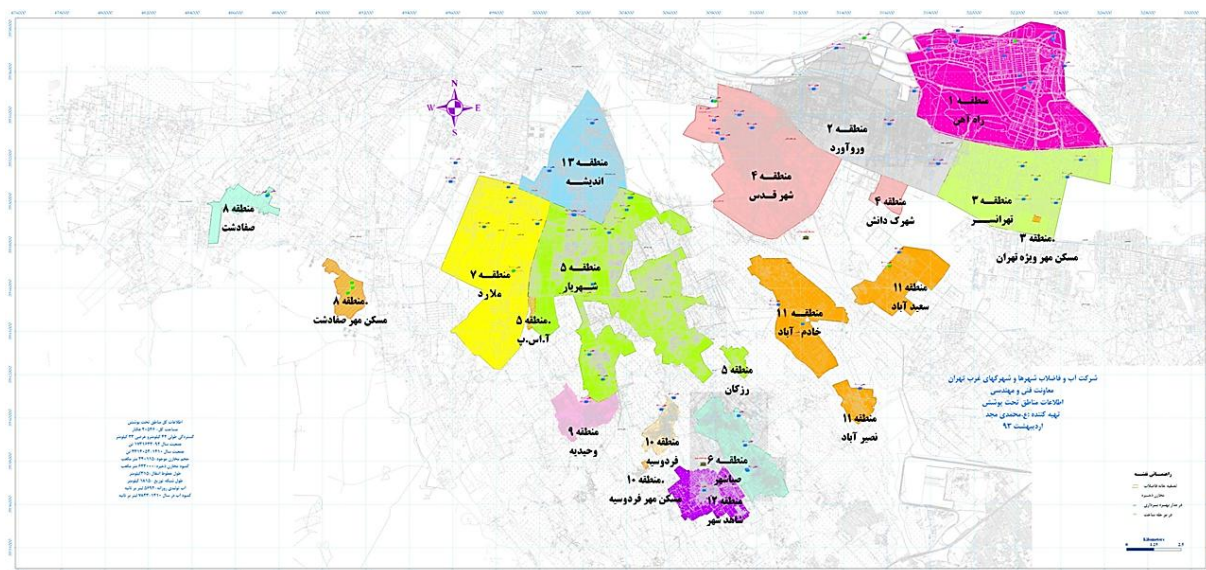
<sup>۱</sup> Tehran Province Water and Waste Water Company



تحويل گیری ۱۱ شهرک آغاز نمود و در حال حاضر مدیریت تامین، توزیع و ذخیره آب شرب ساکنین ۱۳ شهر، ۴۳ شهرک و ۴ فاز را با جمعیتی بالغ بر ۱۵۷۹۳۷۳ نفر را بر عهده دارد.

#### • محدوده فعالیت شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک های غرب استان تهران

در راستای اجرای سیاست یکپارچه سازی نظام خدمات رسانی در محدوده شهر تهران و با هدف ارتقاء و بهبود کمی و کیفی خدمات، تسهیل در پاسخگویی به مشترکین و نیز مراجع مختلف نظارتی و تعامل مناسب با سایر دستگاه های متصدی خدمات شهری بر اساس تصمیمات مجمع عمومی فوق العاده صاحبان سهام در تابستان ۱۳۹۶ انتزاع محدوده شهرداری های مناطق ۲۱ و ۲۲ شهر تهران شامل (امور آبفای تهرانسر، شهرک راه آهن و وردآورد) از حوزه استحفاظی خدماتی شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک های غرب استان تهران و الحاق آنها به شرکت های آب و فاضلاب مناطق ۳ و ۵ تهران انجام شد. هم اکنون این شرکت با ۱۰ شهر به وسعت ۱۱۶۰۶۰۰۰ متر مربع شامل شهرستان های قدس، شهریار، ملارد، صفادشت، صبا شهر، وحیدیه، فردوسیه، باغستان، شاهد شهر و اندیشه را با جمعیتی بالغ بر ۱۴۸۴۵۱۱ نفر تحت پوشش قرار می دهد.



شکل (۳-۶) محدوده فعالیت شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک های غرب استان تهران

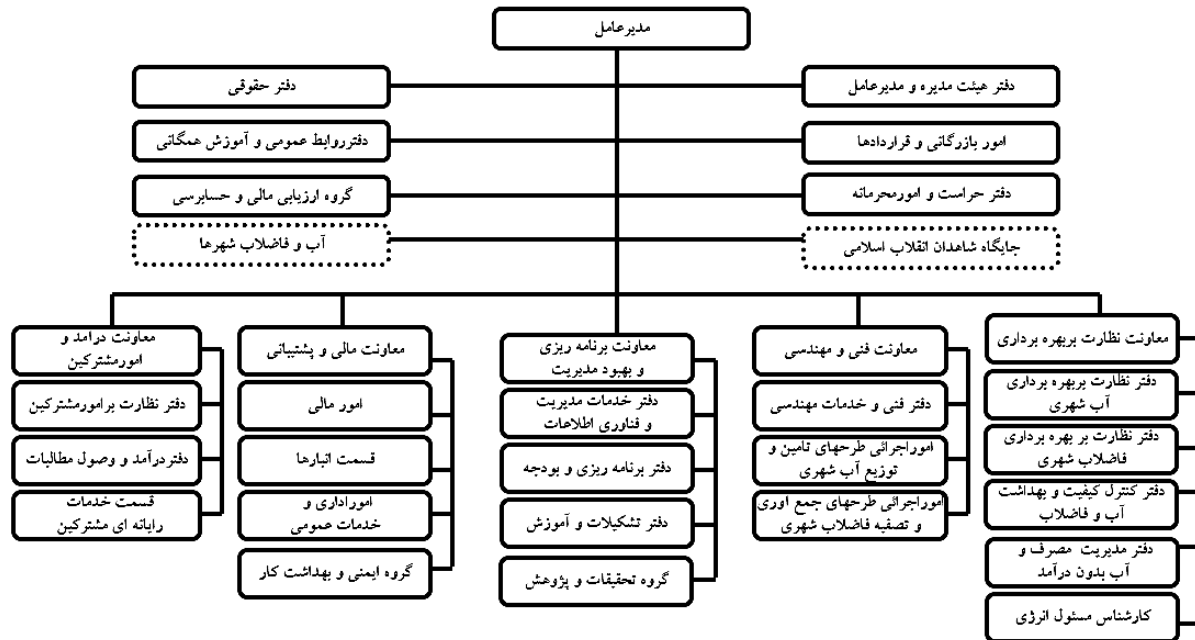
#### • هدف و مأموریت شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک های غرب استان تهران

شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک های غرب تهران با هدف ایجاد و بهره برداری از تاسیسات به منظور تامین و توزیع آب شرب بهداشتی برای ساکنین مناطق تحت پوشش در راستای تحقق به اهداف، مأموریت خود را کمک به ارتقاء سطح بهداشت و بهبود کیفیت زندگی شهروندان از طریق فراهم ساختن امکان برخورداری عادلانه، مستمر و پایدار آب آشامیدنی مورد نیاز مناطق تحت پوشش و دفع بهداشتی فاضلاب حاصله با رعایت موازین اقتصادی و حفظ سلامت محیط زیست و استفاده از فن آوریهای مناسب می داند و تلاش می نماید این مأموریت را با نوسازی یا ایجاد تاسیسات آب و فاضلاب شهری متناسب با نیازهای مناطق تحت پوشش بهره برداری درست از تاسیسات موجود و ارائه خدمات شایسته به مشترکین به انجام برساند.



### • چارت سازمانی شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک های غرب استان تهران

در نمودار (۱-۳) چارت سازمانی شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک های غرب استان تهران نشان داده شده است.



نمودار (۱-۳) چارت سازمانی شرکت آب و فاضلاب شهرها و شهرک های غرب استان تهران

### ۳-۴-۲-۳- تصفیه خانه آب شماره دو کن

در تصفیه خانه آب شماره دو کن، با استفاده از سیستم کلرزنی، عملیات کلرزنی جهت تصفیه خانه آب مطابق با موارد اشاره شده در بخش فوق الذکر (۳-۲-۱- معرفی تصفیه آب به روش کلرزنی) انجام می شود.

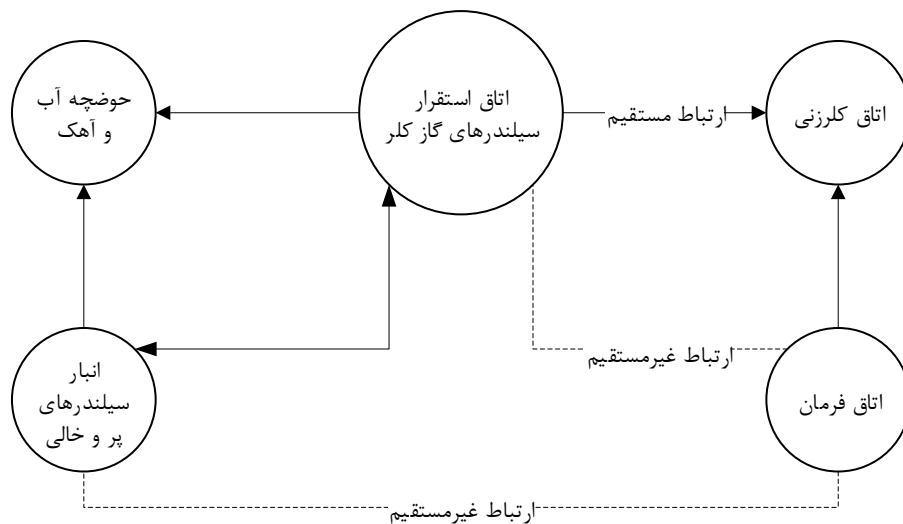


شکل (۳-۷) سیلندرهایی ۱ تنی تحت فشار مایع و گاز سمی کلر در اتاق کلرزنی تصفیه خانه فاضلاب ۲ کن

واحد کلرزی بخشی از سیستم تصفیه آب آشامیدنی و بهداشتی (برای گندزدایی شیمیایی آب) که شامل قسمت‌های زیر می‌باشد:

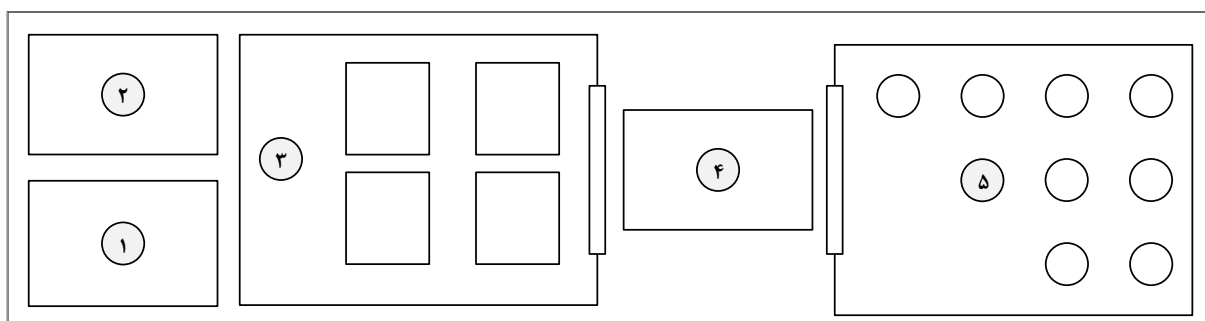
- (۱) اتاق فرمان و کنترل
- (۲) اتاق تزریق کلر (کلرزی)
- (۳) انبار نگهداری سیلندره‌های گاز کلر
- (۴) حوضچه خنثی سازی
- (۵) اتاق استقرار سیلندره‌های آماده مصرف

در نمودار (۲-۳) دیاگرام ارتباط عناصر تشکیل دهنده واحد کلرزی نشان داده شده است.



نمودار (۲-۳) دیاگرام ارتباط عناصر تشکیل دهنده واحد کلرزی

در شکل (۳-۸) استقرار واحد کلرزی سیلندره‌های یک تنی (تیپ A) در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن نشان داده شده است.



شکل (۳-۸) استقرار واحد کلرزی سیلندره‌های یک تنی (تیپ A) در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن

### ۳-۳- روش تحقیق

همانطور که در مقدمه فصل سوم ذکر شد بخش دوم از فصل سوم، موسوم به روش تحقیق، به دو بخش اصلی تقسیم می شود:

- بخش اول: متدولوژی انجام پژوهش

در قسمت اول از این بخش به مطالعه بر روی متدولوژی انجام تحقیق پرداخته شده و با استفاده از نمودار مربوطه تمامی مراحل انجام پروژه بصورت گام به گام تشریح گردید.

- بخش دوم: تکنیک ها و روش ها

در بخش دوم، روش ها و تکنیک های مورد استفاده در این مبحث می پردازد. تکنیک های مورد استفاده در این پژوهش تکنیک HAZID و نرم افزار PHAST می باشد که در ادامه به تفصیل در مورد آنها صحبت خواهد شد.

#### ۳-۳-۱- متدولوژی انجام پژوهش

متدولوژی انجام تحقیق با موضوع "تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره سازی کلر با تکنیک HAZID و مدل سازی پیامد رهائش کلر از مخازن نگهداری با استفاده از نرم افزار PHAST" به شرح ذیل می باشد:

گام اول پژوهش: در یک مطالعه HAZID مهمترین بخش آن، انتخاب رهبر تیم HAZID می باشد. در این مطالعه از یک نفر مهندس عمران (گرایش آب و فاضلاب) با سابقه کاری در حدود ۱۵ سال و تجربه بیش از ۱۰ پکیج مطالعاتی HAZID کمک گرفته خواهد شد. این فرد در ادامه فعالیت خود یک تیم پنج نفره شامل بر مهندس مکانیک (گرایش جامدات)، مهندس مکانیک (گرایش سیالات)، مهندس شیمی (گرایش فرآیند)، کارشناس ایمنی صنعتی و کارشناس بهداشت حرفه ای را برای تیم HAZID انتخاب خواهد نمود. اینجانب به عنوان دبیر جلسه و همچنین نفر مهندسی ایمنی بهداشت و محیط زیست (HSE) در جلسات حضور داشته و تمامی موارد مطروحه را یادداشت برداری و ثبت و ضبط نمودم.

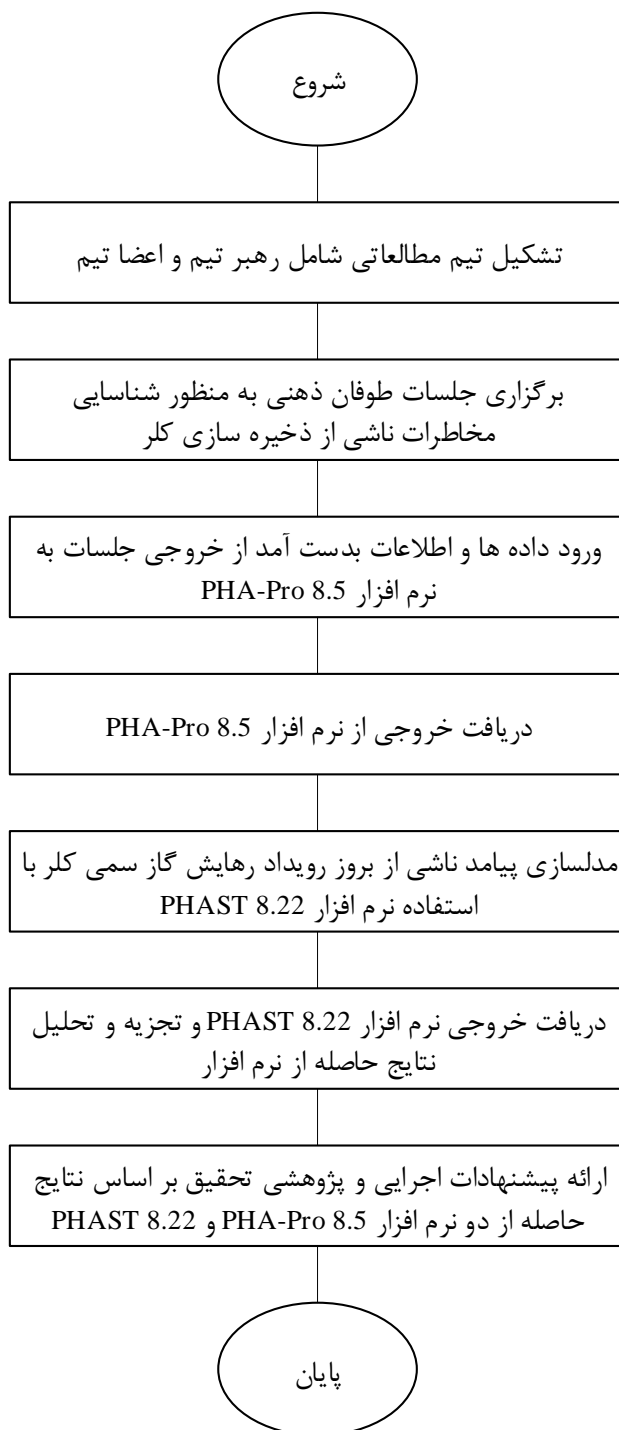
گام دوم پژوهش: در این گام، جلسه اول به منظور تبادل نظر و توافق بر سر مفاهیم برگزار شده و تمامی ورودی های فرآیند مشخص و تعیین می گردد. این ورودی ها مواردی همچون مطالعات مقدماتی بر روی فعالیت ها، شرح کارها و فعالیت ها، الزامات سازمانی، الزامات ملی و بین المللی و قوانین و مقررات می باشد.

گام سوم پژوهش: این مطالعه شامل بر برگزاری جلسات طوفانی ذهنی به منظور استخراج مخاطرات، علت ها، (با استفاده از چک لیست های مشخص شده) پیامدها و مشخص نمودن لایه های حفاظتی موجود و پیشنهادی می باشد. پیش بینی می گردد در کل تعداد ۲ جلسه طوفان ذهنی برگزار خواهد گردید که نتایج آن در کار برگ های تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5 وارد می گردد.

گام ششم پژوهش: در گام ششم از این پژوهش مدلسازی پیامد رهائش گاز کلر بر اساس سناریوهای احتمالی با استفاده از تکنیک PHAST 8.22 انجام شد.

گام هفتم پژوهش: ارائه پیشنهادات به منظور کاستن از احتمال بروز رهائش ناخواسته گاز کلر در محیط و همچنین ارائه پیشنهاداتی به منظور کاستن از شدت پیامد ناشی از رهائش گاز کلر در محیط

در نمودار (۳-۳) متدولوژی انجام پژوهش نشان داده شده است.



نمودار (۳-۳) متدولوژی انجام پژوهش

### ۳-۳-۲- تکنیک شناسایی مخاطرات هزید<sup>۱</sup>

تکنیک HAZID تکنیکی جهت شناسایی اولیه مخاطرات و تهدیدها می باشد. این تکنیک بیشتر در مورد شناسایی مخاطرات و به نسبت کمتر در مورد پیامدهای احتمالی و راه کارها صحبت می کند. این تکنیک ابزاری است که در جهت شناسایی مخاطرات، متکی به متدهای دیگری همچون برگزاری جلسات با افراد ذی صلاح و آگاه، جلسات طوفان ذهنی و چک لیست می باشد. تکنیک HAZID کاری تیمی می باشد. اعضاء این تیم بسته به حجم پروژه می توانند بین ۱ تا ۶ نفر انتخاب شوند. HAZID خود دارای استاندارد در سازمان ایزو به شماره ISO-17776 می باشد. گزارش حاصله از جلسات HAZID بعنوان اولین مدارک تولیدی در زمینه ایمنی، بهداشت و محیط زیست تلقی می شود. مزیت اصلی و نقطه قوت تکنیک HAZID در این است که با شناسایی مخاطرات و ارائه راههای کنترلی قبل از اجرای یک پروژه می تواند از هزینه های بعدی و تغییرات احتمالی در زمان ساخت و ساز و راه اندازی جلوگیری نموده و بدین سان هزینه و زمان پروژه را به میزان چشمگیری کاهش دهد. بطور خلاصه می توان گفت که تکنیک هزید:

- ابزاری سودمند به منظور شناسایی مخاطرات ایمنی، بهداشتی، محیط زیستی و فعالیتهای مرتبط با پروژه در همان روزهای اولیه آغاز پروژه می باشد. این تکنیک از مرحله امکان سنجی می تواند نسبت به شناسایی این مخاطرات اقدام نماید. از این روش جهت دسترسی سریع به نتایج مطالعات انجام شده و تصمیم گیری های پایه ای مرتبط با مخاطرات شناسایی شده و اقدامات کنترلی و لایه های حفاظتی در نظر گرفته شده با طرح توسعه در طی روزهای نخستین مطالعه طرح استفاده می شود.
- تکنیک HAZID مطالعه ای است در چارچوب جلساتی که متشکل از اعضاء از پیش تعیین شده و دارای صلاحیت و شایستگی لازم می باشند.
- تکنیک HAZID، با استفاده از تکنیک های دیگر همچون طوفان ذهنی و با استفاده از بکارگیری چک لیستی از پیش طراحی شده که دارای بخش های متعدد ایمنی، بهداشت و محیط زیستی و سایر عوامل می باشد، صورت می پذیرد. این چک لیست بر پایه نتایج مطالعات قبلی در زمینه شناسایی مخاطرات مرتبط با طرح و پروژه های پیشین و تجربیات سازمان و اعضاء سازمان طراحی شده و توسعه یافته است (Shell HSE Manual, 1995)

### ۳-۳-۲-۱- مزایای بکارگیری هزید و دلایل استفاده از آن

- بکارگیری تکنیک HAZID دارای دلایل و مزایایی متعددی می باشد که بخشی از آنها عبارت است از:
- درکی صحیح و درستی از مفاهیمی همچون اهمیت و همبستگی جنبه های مختلف ایمنی، بهداشت و محیط زیست در مراحل آغازین یک پروژه ایجاد می کند.
  - فرصتی را فراهم می کند تا مفاهیمی همچون ایمنی، بهداشت و محیط زیست، در خلال توسعه یک پروژه مد نظر قرار گرفته و گنجانیده شود.
  - باعث شناسایی تغییرات در طراحی جزییات تاسیسات و تجهیزات قبل از شروع مرحله ساخت و ساز

<sup>۱</sup> Hazard Identification (HAZID)

- و اجرای یک پروژه شده و می تواند تحولی را در مدیریت تغییرات<sup>۱</sup> ایجاد کند.
- تکنیک HAZID می تواند لیستی از مخاطرات را که می توانند تهدیدی برای پروژه باشند را شناسایی و معرفی کند.
- تکنیک HAZID می تواند آلاینده های ناشی از مراحل مختلف پروژه مانند اجرا، راه اندازی و تولید را شناسایی کرده و برای آنها چاره اندیشی کند.
- با استفاده از تکنیک هزید می توان لیستی از مواد شیمیایی که در پروژه بکارگیری خواهند شد را مشخص کرد تا با شناسایی مخاطرات آنها نسبت به کاهش تهدیدهای ناشی از آنها اقدام نمود.  
(Shell HSE Manual, 1995)

### ۳-۲-۲-۳- زمان بندی بهینه در فرآیند تکنیک هزید

مزیت اصلی در کاربرد روش HAZID از آنجایی ناشی می شود که این تکنیک در مراحل آغازین یک پروژه می تواند بکارگیری شود. اما موانع و محدودیت های زمانی برای انجام آن وجود دارد این محدودیت زمانی در انجام یک مطالعه هزید، بدلیل تعادلی است که می بایستی بین دستیابی و فراهم نمودن اطلاعات لازم برای انجام فرآیند HAZID و فرصت باقی مانده برای اجرای تغییرات حاصله از تصمیمات اتخاذ شده، برقرار شود. زیرا هر چه پروژه در مرحله اجرا پیشرفت بیشتری داشته باشد فرصت ما برای اعمال تصمیمات اتخاذ شده بیشتر کاهش می یابد. هدف اصلی از مطالعات هزید، شناسایی و مشخص کردن مخاطرات ناشی از اجرای پروژه می باشد. این تکنیک بیشتر بر روی شناسای متمرکز شده و به نسبت آن کمتر در مورد پیامدها، پیشنهادات و راه حل های پیشگیری از رویدادها صحبتی می کند (Shell HSE Manual, 1995).

مطالعات تکنیک هزید می بایستی مطابق با اطلاعات موجود انجام پذیرد. با توجه به محدودیت های زمانی و همچنین محدودیت های موجود در فراهم نمودن اطلاعات و منابع مطالعاتی، انجام فرآیند تکنیک هزید به سه سبک و یا روش هزید مفهومی<sup>۲</sup>، هزید جزئی<sup>۳</sup> و هزید ترکیبی<sup>۴</sup> صورت می پذیرد.

تکنیک شناسایی مخاطرات به روش هزید به همان میزان که برای مرحله مطالعات مقدماتی مفید و کاربردی می باشد برای پروژه های ساخته شده و بهره برداری شده نیز می تواند کاربردی باشد. تنها موردی که می تواند باعث ایجاد تفاوت هایی در اجرای آنها باشد حجم اطلاعات و جزییات اطلاعات ورودی به فرآیند تکنیک هزید می باشد. هر چه پروژه از لحاظ زمانی در مرحله جلوتری باشد به مراتب حجم و جزییات اطلاعات ورودی نیز بیشتر و بهتر خواهد بود و این می تواند فرآیند را به سمت انجام یک هزید جزئی سوق دهد اما هر چه از لحاظ زمانی در ابتدای پروژه قرار داشته باشیم و مدارک و مستندات موجود در کمترین حالت خود قرار داشته باشد، فرآیند تکنیک هزید به سمت انجام یک هزید مفهومی تمایل پیدا می کند. در جدول شماره ۳-۳ انجام فرآیند تکنیک هزید را در مراحل مختلف و تناسب آنها را نشان می دهد. این جدول نشان می دهد که تا هنگامیکه در مرحله مفهومی قرار داریم و هنوز وارد مرحله اجرا نشده ایم. تنها ایده های از کار وجود دارد. ایده را به هزید منتقل می کنیم و یک طرح ایده آل را از آن خارج می کنیم. (Shell HSE Manual, 1995)

<sup>1</sup> Management Of change (MOC)

<sup>2</sup> Conceptual HAZID

<sup>3</sup> Detailed HAZID

<sup>4</sup> Combined HAZID

جدول (۱-۳) کاربرد سبک های مختلف تکنیک HAZID

سبک تکنیک HAZID		طرح توسعه داده شده <sup>۲</sup>	مرحله اولیه طرح خام یک پروژه <sup>۱</sup>
جزیی	مفهومی		
		انجام تغییرات و اصلاحات در تاسیسات	<b>طرح جدید</b> طرح جدید با تجهیزات و وسایل دسته دوم اجرای یک طرح توسعه ای در طرحی از قبل توسعه یافته
			<b>مطالعات امکان پذیری در مرحله پیش اکتشافی و اکتشافی<sup>۳</sup></b> مطالعاتی ارزیابی در حوزه HSE مانند مطالعات ارزیابی اثرات محیط زیستی <sup>۴</sup> و یا مطالعات HAZID و HAZOP مطالعات و فعالیتهای اکتشافی، مطالعات لرزه نگاری <sup>۵</sup> ، فعالیتهای حفاری
		<b>طرح توسعه</b> مطالعات مفهومی گزینه های توسعه	<b>طرح توسعه</b> مطالعات مفهومی، گزینه های گسترش <sup>۶</sup> گزینه های توسعه <sup>۷</sup>
		<b>مطالعات اولیه</b> استراتژی ها و مطالعات چرخه عمر پروژه مطالعات مهندسی	<b>مطالعات اولیه</b> استراتژی ها و مطالعات چرخه عمر پروژه مطالعات مهندسی
		فصل مشترک با عملیات های قبلی عملیات های همزمان عملیات های تولید و ساخت و ساز بطور همزمان	

<sup>۱</sup> Greenfield Development<sup>۲</sup> Brownfield Development<sup>۳</sup> Pre-exploration and Exploration Viability Studies<sup>۴</sup> Environmental Impact Assessment<sup>۵</sup> Seismic Study<sup>۶</sup> Deployment Options<sup>۷</sup> Development Options

### ۳-۲-۳-۳- وظایف و مسولیت‌ها

مدیریت ارشد سازمان‌ها می‌بایستی قبل از طرح‌ریزی به منظور اجرای یک پروژه عمرانی و یا حتی خارج ساختن و برچیدن یک واحد صنعتی دستورالعملی را به منظور شناسایی مخاطرات تدوین نموده تا بدین وسیله بتوانند مخاطرات مرتبط با فعالیت خود را شناسایی کرده و نسبت به ارائه راهکارهای کنترلی آن‌ها اقدامات لازم را انجام دهند. این دستورالعمل می‌بایستی در اختیار تمامی واحدهای سازمان قرار گرفته و مدیران واحدهای مربوطه نسبت به آن دارای مسئولیت باشند.

مشابه با سایر روشهای مبتنی بر مطالعات مروری و روش‌هایی که در آنها از تکنیک‌هایی همچون دلفی و طوفان ذهنی کمک گرفته می‌شود، نقش رهبر تیم و یا رهبر جلسات، نقشی بسیار مهم و کلیدی در موفقیت این جلسات می‌باشد. در خصوص تکنیک شناسایی مخاطرات به روش هزید، مدیریت ارشد سازمان موظف است تا یک نفر را بعنوان رهبر و تشکیل دهنده تیم هزید انتخاب کرده تا این فرد بتواند بر اساس دستورالعمل و روش اجرایی هزید، نسبت به شناسایی مخاطرات اقدام نماید (زارعی، ۱۳۸۸).

رهبر تیم مطالعات HAZID، بایستی وظایف زیر را به انجام برساند:

- انتخاب اعضای تیم هزید مطابق با محدوده مطالعاتی انتخاب شده
- رهبری و هدایت تیم هزید در خلال جلسات برگزار شده به منظور شناسایی مخاطرات
- تهیج و برانگیختن روحیه مشارکت نفرات به منظور ایجاد یک طوفان ذهنی جهت شناسایی مخاطرات و تهدیدها
- مدیریت بحث‌ها و تبادل نظرانی که بین اعضای تیم صورت می‌گیرد. (اما همواره به این مساله بایستی توجه داشت که این مدیریت نبایستی سمت و سوی مذاکرات را عوض کرده و تأثیری از بابت اعمال علایق و سلیقه‌های شخصی داشته باشد).
- شناسایی موضوعات و مطالب کلیدی از بین بحث و گفتگوهای که بین اعضای حاضر در جلسه در حال تبادل می‌باشد.
- رهبر تیم بایستی مطالب و موارد و یافته‌های حاصله از جلسه را ضبط و ثبت کرده و از این مساله حصول اطمینان کند که مطالب ثبت شده به خوبی می‌تواند منعکس کننده نظرات جمع در خصوص مخاطرات شناسایی شده باشد.
- رهبر تیم بایستی مهارت ارتباطی و کلامی لازم را داشته باشد تا بتواند به درستی هر آن چیزی را که اعضای تیم طی جلسات مختلف هزید و یا دلفی در مورد آن به توافق و اتفاق نظر رسیده‌اند را با همان صحت و درستی در گزارشات خود منعکس نماید (زارعی، ۱۳۸۸).
- رهبر تیم بایستی این توانایی را داشته باشد تا بتواند خود را مستقل از بحث‌ها و مجادلات انجام شده در جلسات نگاه دارد و هیچ موضوع دیگری نتواند بر تصمیم‌گیری‌های او تأثیر منفی داشته باشد.
- رهبر تیم به سبب آن که در این جلسات با مباحث تکنیکال و فنی متعددی روبرو خواهد شد، لازم است در حوزه‌های مختلف صاحب نظر بوده و بتواند موانع و مشکلات فنی بوجود آمده را به راحتی



و با مدیریت حل و فصل نماید.

- برای اینکه جلسات هزید و به درستی مدیریت شوند رهبر تیم بایستی از قابلیت رهبری و هدایت بالایی برخوردار بوده و بتواند به درستی مدیریت جلسات، مدیریت زمان را انجام داده و این قابلیت را داشته باشد که به راحتی بتواند با اعضاء تیم ارتباطات برقرار کند.
- نکته ی بسیار مهم و کلیدی که نبایستی به هیچ وجه فراموش شود آن است که علاوه بر مطالب عنوان شده در بالا، رهبر تیم بایستی بر تکنیک هزید تسلط کامل داشته و دارای تجربیات متعدد در این مقوله باشد.

- رهبر تیم نبایستی نقش منشی (دبیر) جلسات را برعهده داشته باشد، دبیر جلسات بایستی شخصی باشد که از قبل انتخاب شده باشد و تنها در جلسات موضوعات مطرح شده را یادداشت کرده و به هیچ وجه نبایستی در جریان شناسایی مخاطرات و تهدیدها و بحث و تبادل نظرات دخالت کند تا بتواند به درستی و بطور کامل آن چیزی را که مورد توافق قرار گرفته منعکس نماید (زارعی، ۱۳۸۸).
- رهبر تیم شناسایی مخاطرات موظف است از کاربردی بودن برنامه های شناسایی خطرات در محدوده مطالعاتی از قبل انتخاب شده، اطمینان حاصل کرده و با توجه به محدودیتهای زمانی موجود در شناسایی و اعمال نظارتهای لازم، نتیجه نهایی را در قالب گزارش نهایی جهت اقدامات مدیریتی و دستورات لازم به مدیریت ارشد سازمان تحویل نمایند (زارعی، ۱۳۸۸).

تیم شناسایی مخاطرات می بایستی از تعداد محدودی از نفرات انتخاب گردد. در عین حال این نکته مهم را نیز نباید فراموش کرد که این تعداد از افراد در زمینه شناسایی مخاطرات مربوط به قسمت خود می بایستی دارای تجربه و تخصص لازم بوده و به اصطلاح در این حوزه صاحب نظر باشند. همچنین با نحوه شناسایی مخاطرات و تکنیک های آن آشنایی کامل را داشته باشند.

تیم هزید بسته به حجم و نوع پروژه معمولاً بین سه تا شش عضو داشته که رئیس واحد ایمنی بهداشت و محیط زیست سازمان بعنوان عضو اصلی و ثابت این تیم می باشد. سایر اعضاء تیم بر حسب صنعت مورد مطالع انتخاب و سازماندهی می شوند و این نکته را بایستی مد نظر داشت که اعضاء تیم هزید و ترکیب آنها بایستی با توجه به ماهیت و مطالب عنوان شده در جلسات هزید انتخاب، سازماندهی و ساماندهی شوند (Shell HSE Manual, 1995).

کلید موفقیت در انجام هزید و ارائه یک گزارش مفید و جامع انتخاب و چیدمانی درست و صحیح از اعضاء تیم هزید می باشد. این اعضاء می بایستی دارای صلاحیت عضویت در این تیم را داشته باشند. داشتن صلاحیت و شایستگی لازم برای عضویت در تیم هزید را می توان در مواردی همچون داشتن دانش فنی کافی و لازم در حوزه مورد مطالعه، داشتن مهارت و هوش کافی در درک مطالب عنوان شده و توانایی در اتخاذ تصمیمات مهم و داشتن پشتوانه تخصصی و تجربه در حوزه عملی و کاری را تعریف کرد. همچنین اگر اعضاء تیم قبلاً دارای تجربه در عضویت در هزیدهای قبلی در سازمان و خارج از سازمان را داشته باشند این می تواند به عنوان نکته ای مثبت و تاثیر گذار تلقی شود. رهبر تیم هزید باید بتواند از تجربیات نفرات حداکثر استفاده را داشته باشد (Shell HSE Manual, 1995).

چنانچه اعضاء تیم انتخابی برای فرآیند هزید از نظر دانش، تجربه و رده سازمانی در مقام های سازمانی بالاتری

قرار داشته باشند یک تیم ایده آل را تشکیل خواهند داد. تجربه نشان داده است که بدین نحو ایشان قادر خواهند بود تا در مواردی که محدودیت زمانی وجود دارد یک کار با کیفیت مورد نظر را با سرعت بیشتری ارائه نمایند. از سویی مناسب تر خواهد بود اگر اعضاء رده بالای تیم هزید بر روی مخاطرات کلی و مشکلات کلان پروژه متمرکز گردند و مطالعه جزییات بیشتر را به دیگر اعضاء تیم هزید بسپارند. به هر حال در هر یک از جلسات باید یک نفر رهبری تیم را بر عهده گیرد. رهبر تیم به سطح بالایی از تخصص و مهارت های مدیریتی نیاز دارد (زارعی، ۱۳۸۸).

### ۳-۲-۴- انواع سبک های تکنیک HAZID

ایجاد تعادلی بین سرعت دستیابی به نتایج و کاربرد آنها در پروژه که نتیجه ای جز تغییرات ندارد و اینکه چه میزان اطلاعات از مراحل مختلف پروژه، تجهیزات، نیروی انسانی و سایر عوامل در دسترس است باعث گردیده تا سبک های متفاوتی از هزید را شکل دهد. این سبک ها به سه صورت زیر خلاصه سازی می شوند که عبارتند از:

#### الف) تکنیک هزید مفهومی<sup>۱</sup>

این سبک از HAZID تنها در روزهای آغازین پروژه کاربرد داشته و مخاطرات مرتبط با توسعه پروژه را مورد ارزیابی قرار می دهد. هزید مفهومی با استفاده از چک لیست هایی از پیش طراحی شده، انجام شده و با توجه به افراد حاضر در جلسات هزید مخاطرات ناشی از محیط بر پروژه و پروژه بر محیط شناسایی می شوند. با توجه به اینکه مدارک مورد نیاز برای این مرحله کمتر از هزید جزیی و ترکیبی است لذا زمان اختصاص یافته برای آن نیز به مراتب کمتر خواهد بود. در جدول (۳-۲) مدارک و مستندات مورد استفاده در تکنیک هزید مفهومی آورده شده است (Shell HSE Manual, 1995).

جدول (۳-۲) مدارک و مستندات مورد استفاده در تکنیک هزید مفهومی

ردیف	نام مدرک
۱	یادداشت های اولیه مرتبط با پروژه
۲	مطالعات و برنامه های توسعه ملی در حوزه مورد نظر
۳	مطالعات امکان سنجی پروژه
۴	مستندات قوانین ملی و بین المللی
۵	مستندات جغرافیایی و مقررات محیط زیستی مرتبط با آن منطقه
۶	مطالعات بافت جمعیتی و همچنین کاربری قبلی منطقه
۷	خط مشی ها و اهداف
۸	الزامات و رویه های سازمانی

<sup>۱</sup> Conceptual HAZID

## ب) تکنیک هزید جزیی<sup>۱</sup>

این سبک از هزید زمانی قابلیت اجرا خواهد داشت که جزییات مستندات به مرحله ای رسیده است که توانایی استفاده از نقشه های فرآیندی وجود داشته باشد. در این مرحله اعضاء تیم هزید می توانند بر روی جزییات بیشتری مخصوصاً تجهیزات و ادوات متمرکز شده و نسبت به شناسایی مخاطرات ناشی از تاسیسات و تجهیزات بر روی یکدیگر و همچنین بر روی انسان و محیط زیست بررسی را انجام دهند. در این مرحله تصمیمات اتخاذ شده تاثیر بیشتر را بر روی آیتم های همچون فناوری فرآیندی، ظرفیت ها، مفاهیم عملیاتی و سایر موارد مشابه خواهند داشت. این روش در طراحی مهندسی فرآیند هنگامی مورد استفاده قرار می گیرد که شناسایی گزینه های طراحی شروع شده باشد ولی هنوز تصمیمات نهایی اتخاذ نشده باشد (Shell HSE Manual, 1995) در جدول (۳-۳) مدارک و مستندات مورد استفاده در تکنیک هزید جزیمدارک و مستندات مورد استفاده در تکنیک هزید جزیی آورده شده است.

جدول (۳-۳) مدارک و مستندات مورد استفاده در تکنیک هزید جزیی

ردیف	نام مدرک
۱	مدارک و مستندات مربوط به جانمایی تاسیسات و تجهیزات
۲	لیست کامل از مواد شیمیایی مورد استفاده و حجم انبارش آنها
۳	لیستی از منابع مصرفی همچون بخار، آب، برق، نیتروژن و سوخت
۴	نقشه های فرآیندی همچون PFD و PID
۵	لیست کاملی از تجهیزات و ادوات مورد استفاده به همراه نقشه های آنها
۶	اطلاعات مهندسی همچون محاسبات تبادل جرم و دما
۷	مدارک و مستندات مهندسی ایمنی فرآیند

البته مستندات و مدارکی که در این جداول به آنها اشاره شد تنها گوشه ای از مدارک و مستندات مورد نیاز بوده و این مدارک بسته به نوع و حجم پروژه می تواند متغیر باشد. همچنین این امکان وجود دارد که اطلاعات دیگری نیز از طریق مطالعه گزارش های بازدید از کارگاه و منطقه مورد مطالعه بدست آید و در فرآیند مورد استفاده قرار گیرد. به توجه به موارد عنوان شده در بالا، اعضاء تیم شناسایی مخاطرات، تصمیمات مهندسی پایه را از قبیل موارد تکنولوژی فرآیند، ظرفیت، فلسفه صرفه جویی، مفهوم عملیات اتخاذ می کنند که می تواند در مراحل مختلف طراحی پروژه مورد استفاده قرار گیرد.

## ج) تکنیک هزید ترکیبی<sup>۲</sup>

از ترکیب دو مدل مفهومی و جزیی هزید ترکیبی ایجاد می شود. که برای پروژه های کوچک با زمان کوتاه مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به کوچک بودن حجم و بازه زمانی اجرایی پروژه، از چنین هزید برای شناسایی مخاطرات استفاده می شود. (Shell HSE Manual, 1995) در جدول (۴-۳) مراحل کاربرد شناسایی مخاطرات آورده شده است.

<sup>۱</sup> Detailed HAZID

<sup>۲</sup> Combined HAZID

جدول (۳-۴) مراحل کاربرد شناسایی مخاطرات

مراحل	چک لیست	نوع مطالعه		
		کلی	جزیی	ترکیبی
بررسی موضوعات کلی	مخاطرات محیط زیستی و خارج از محوطه مخاطرات بهداشتی	✓	×	✓
بررسی موضوعات اجرایی	موضوعات اجرایی پروژه	✓	×	✓
بررسی موقعیت منطقه ای	مخاطرات ایمنی	✓	×	✓
بررسی گره های فرآیندی	مخاطرات ایمنی	×	✓	✓

اکثر موضوعات و مطالبی که در تکنیک هزید مطرح می شود و به موضوعاتی در مورد مخاطرات ایمنی، بهداشت و محیط زیست می پردازد و حالتی عمومی داشته و برای پروژه هایی توسعه ای قابل اجرا و کاربرد می باشند. و تنها مربوط به یک واحد تولیدی و یا موقعیتی خاص نمی باشند. لذا از این روش می تواند برای شناسایی مخاطرات یک پروژه در تمامی ابعاد آن مورد استفاده قرار گیرد.

### ۳-۲-۵- متدولوژی انجام مطالعات تکنیک هزید

شناسایی مخاطرات، فرآیندی شامل بر شناسایی عوامل بالقوه آسیب رسان می باشد که اولین قدم از فرآیند ارزیابی ریسک را شکل می دهد. بطور کلی دو هدف را می توان از این فرآیند برشمرد که عبارتند از:

- بدست آوردن لیستی از مخاطرات به منظور ارزشیابی های بعدی که در فرآیند ارزیابی ریسک کاربرد دارد که در اصلاح به آن گزینش موارد شکست<sup>۱</sup> می گویند. (جام گولد، ۲۰۰۰)
- انجام یک ارزشیابی کیفی از مخاطرات بارز و سنجشی برای کاستن از میزان ریسک آنها که در اصطلاح به آن ارزیابی مخاطرات<sup>۲</sup> می گویند. (جام گولد، ۲۰۰۰)

در خلال مرحله شناسایی مخاطرات، در ابتدا معیارهایی را برای شناسایی خطرات و به طبع آن معیارهایی را برای رویدادهای احتمالی مرتبط با هر خطر شناسایی و غربالگری کرده و مورد بازبینی قرار می دهیم. بدین منظور تجهیزات و یا تاسیسات مورد مطالعه را به چندین بخش کوچکتر تقسیم کرده، بعلاوه خطرات شناسایی شده در مرحله ابتدایی را به دو دسته مخاطرات بحرانی<sup>۳</sup> و غیر بحرانی<sup>۴</sup> طبقه بندی می کنیم. مرحله موسوم به "گزینش موارد شکست" بوسیله ابزارهایی همچون ایجاد چک لیست، جمع آوری مدارک و سوابق حوادث گذشته و آمار حوادث موجود در صنعت مربوطه به مرحله اجرا در خواهد آمد. پیش از اینکه موضوعات کلی به بحث گذاشته شود اعضاء تیم باید مطالعات خود را به طور متمرکز و دقیق بر روی نقطه یا منطقه ای خاص متمرکز نمایند. در طول مطالعه و به منظور تحلیل روشن تر، ممکن است طرح کلی یک پروژه به تعدادی منطقه و یا گره<sup>۵</sup> تقسیم گردد و برای هر منطقه مواد سمی و قابل احتراق را لیست می گردد (جام گولد، ۲۰۰۰).

<sup>۱</sup> Failure Case Selection

<sup>۲</sup> Hazard Assessment

<sup>۳</sup> Critical Hazards

<sup>۴</sup> Non-Critical Hazards

<sup>۵</sup> Plant Area Nodes

قبل از برگزاری جلسه HAZID بایستی تاسیسات و یا تجهیزات مورد نظر را به بخشهای قابل مطالعه تقسیم کنیم تا قابلیت مدیریت داشته باشند این تقسیم بندی علاوه بر تجهیزات می تواند شامل بر سیستم های نرم افزاری مانند سیستم های منطقی نیز باشد. محدوده این تقسیم بندی می تواند توسط مواردی همچون ایجاد تغییرات در فرآیند، تغییرات در مواد مصرفی، مکان و موارد دیگر مشخص گردد. تقسیم بندی متعارف و معقول برای تاسیسات پیچیده می تواند شامل بر تقسیم کردن آنها به واحدهای فرآیندی و یا تاسیساتی ساده باشد همچنین این تاسیسات را می توان با توجه به عملکرد هر واحد تقسیم بندی نمود. در جدول (۳-۵) تعیین محدوده مطالعاتی و جزییات آن مناطق قرار داده شده است.

جدول (۳-۵) تعیین محدوده مطالعاتی و جزییات آن مناطق

ردیف	محدوده معین شده	جزئیات	مواد قابل اشتعال / احتراق / سمی	مدارک، مستندات و نقشه ها

در شناسایی مخاطرات به روش جزیی، تیم قادر خواهد بود از منطقه یا نودهای کوچکتر استفاده نماید و خطرات را با جزییات بیشتری شناسایی نمایند. مخاطرات ویژه در هر گره می تواند بصورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. بعنوان مثال انبار کالاهای خریداری شده، برای یک پروژه می تواند بعنوان یک گره مطالعاتی در نظر گرفته شود. کلمات راهنما که در جداول به آنها اشاره شد، می تواند شامل بر اثرات کنترل یا نشت مواد، افزایش پتانسیل مرتبط با مخاطرات انبارش نامناسب باشد. مطالعه ممکن است کل یا بخش کوچکی از تاسیسات یک پروژه در حال توسعه را شامل شود. مطالعه هنگامی آغاز می شود که رهبر تیم هزید، گره ها را شناسایی کرده باشد، سپس هدف از انتخاب گره مورد بحث قرار گرفته و توسط تمامی اعضای تیم مورد موافقت قرار گیرد. روش هزید ترکیبی از شناسایی، تجزیه و تحلیل و طوفان ذهنی می باشد که بر پایه شناسایی مخاطرات از روی یک چک لیست از پیش طراحی شده که خود دارای چهار بخش<sup>۱</sup> اصلی می باشد تنظیم شده است. در جدول (۳-۶) بخش های مختلف در یک چک لیست هزید نشان داده شده است.

جدول (۳-۶) بخش های مختلف در یک چک لیست هزید

بخش	تقسیم بندی بخش ها
۱	مخاطرات خارجی و محیط زیستی External & Environmental Hazards
۲	مخاطرات ناشی از تاسیسات Facility Hazards
۳	مخاطرات سلامتی Health Hazards
۴	مخاطرات ناشی از اجرای پروژه Project Implementation Issues

این چهار بخش خود دارای شانزده طبقه<sup>۲</sup> یا قسمت می باشند. در جدول (۳-۷) قسمت ها / طبقات مختلف در یک چک لیست هزید آورده شده است.

<sup>۱</sup> Section

<sup>۲</sup> Category

جدول (۷-۳) قسمت ها / طبقات مختلف در یک چک لیست هزید

ردیف	تقسیم بندی طبقات
۱	مخاطرات طبیعی و محیط زیستی Natural and Environmental Hazards
۲	مخاطرات انسان ساز Man Made Hazards
۳	تأثیرات ناشی از تجهیزات و تاسیسات محیطی Effect of the Facility on the Surroundings
۴	زیر ساختها Infrastructure
۵	آلودگی و تخریب محیط زیستی Environmental Damage
۶	روش های کنترلی Control methods / Philosophy
۷	مخاطرات ناشی از حریق و انفجار Fire & Explosion Hazards
۸	مخاطرات فرآیندی Process Hazards
۹	مخاطرات ناشی از سیستم های چند منظوره (آب، برق، بخار، فاضلاب و ...) Utility Systems
۱۰	مخاطرات ناشی از تعمیر و نگهداری Maintenance Hazards
۱۱	عملیات ساخت و ساز / تاسیسات موجود Construction / Existing Facilities
۱۲	مخاطرات سلامتی Health Hazards
۱۳	استراتژی های پیمانکاری Contracting Strategy
۱۴	مخاطرات فاز شناخت و مدیریتی Hazards Recognition and Management
۱۵	برنامه پیشگیری برای تغییراتی خاص Contingency Planning
۱۶	صلاحیت Competency

هر کدام از طبقات اشاره شده در جدول (۷-۳) مربوط به بخش های زیر می باشد، که ترتیب آنها به قرار

- جدول (۸-۳) قسمتهای مربوط به بخش اول: مخاطرات خارجی و محیط زیستی،
- جدول (۹-۳) قسمتهای مربوط به بخش دوم: مخاطرات ناشی از تاسیسات و تجهیزات،
- جدول (۱۰-۳) قسمتهای مربوط به بخش سوم: مخاطرات سلامتی
- و جدول (۱۱-۳) قسمتهای مربوط به بخش چهارم: مخاطرات ناشی از اجرای پروژه

می باشد.

جدول (۸-۳) قسمتهای مربوط به بخش اول: مخاطرات خارجی و محیط زیستی<sup>۱</sup>

Natural & Environmental Hazard	مخاطرات طبیعی و محیط زیستی
Created Hazard	مخاطرات توریستی و خرابکاری
Effect of the facility on the surrounding	تأثیرات تاسیسات در محیط اطراف
Infrastructure	زیر ساختهای منطقه
Environmental Damage	خسارات و آسیبهای محیط زیستی

<sup>۱</sup> Section 1: External & Environmental Hazard

جدول (۹-۳) قسمتهای مربوط به بخش دوم: مخاطرات ناشی از تاسیسات و تجهیزات<sup>۱</sup>

Control methods / Philosophy	روشهای کنترلی
Fire & Explosion Hazards	مخاطرات حریق و انفجار
Process Hazards	مخاطرات فرآیندی
Utility Systems	سیستمهای چند منظوره
Maintenance Hazards	مخاطرات تعمیر و نگهداری
Construction / Existing Facilities	ساخت و ساز و تاسیسات موجود

جدول (۱۰-۳) قسمتهای مربوط به بخش سوم: مخاطرات سلامتی<sup>۲</sup>

Health Hazards	مخاطرات سلامتی
----------------	----------------

جدول (۱۱-۳) قسمتهای مربوط به بخش چهارم: مخاطرات ناشی از اجرای پروژه<sup>۳</sup>

Contracting Strategy	استراتژی های پیمانکاری
Hazards Recognition and Management	مخاطرات فاز شناخت و مدیریتی
Contingency Planning	برنامه پیشگیری برای تغییراتی خاص
Competency	صلاحیت

این طبقات یا قسمت ها به نوبه خود دارای کلماتی راهنما<sup>۴</sup> به منظور درک بهتر موضوعات و موارد عنوان شده می باشند. همچنین این کلمات راهنما دارای بسط دهنده هایی<sup>۵</sup> به منظور مثال هایی از کلمات راهنما می باشند. این روند باعث می گردد تا درک موضوعات برای مخاطب راحت تر و سهل تر شده و زمان اجرای کل فرآیند را بصورت چشمگیری کاهش می دهند. کل مراحل عنوان شده در بالا به صورت جداول زیر نشان داده شده است.

در جدول (۱۲-۳) بخش اول: مخاطرات خارجی و محیط زیستی، جدول (۱۳-۳) بخش دوم: مخاطرات ناشی از تاسیسات و تجهیزات جدول (۱۴-۳) بخش سوم: مخاطرات سلامتی و جدول (۱۵-۳) بخش چهارم: مخاطرات ناشی از اجرای پروژه مخاطرات مهم و بارز، که با توجه به تجربیات مختلف و پروژه های مختلف به دست آمده قرار داده شده است.

البته این نکته نبایستی فراموش شود که تکنیک HAZID روش جامع است ولی کامل نیست یعنی می توان آیتم های لحاظ شده در جداول زیر را توسعه و بسط داد و آیتم های دیگری را با توجه به نیاز سازمان و پروژه به آن اضافه کرد. (Shell HSE Manual, 1995)

<sup>1</sup> Section 2: Facility Hazard

<sup>2</sup> Section 3: Health Hazards

<sup>3</sup> Section 4: Project Implementation Issue

<sup>4</sup> Guide Words

<sup>5</sup> Expanders

جدول (۱۲-۳) بخش اول: مخاطرات خارجی و محیط زیستی

طبقه بندی <sup>۱</sup>	کلمات راهنما <sup>۲</sup>	بسط دهنده ها <sup>۳</sup>
مخاطرات طبیعی و محیط زیستی <sup>۴</sup>	تغییرات شدید آب و هوایی رعد و برق زلزله فرسایش تدریجی و فرونشست تدریجی زمین	دما، موج، باد، گرد و غبار، سیل، طوفان شن، یخبندان، باد شدید توام با برف و کولاک شدید زلزله ساختار زمین، فندانیسیون، نشست و خالی شدن مخازن زیر زمینی
مخاطرات انسان ساز <sup>۵</sup>	مخاطرات امنیتی مخاطرات تروریستی	تهدیدهای امنیتی از داخل و خارج سازمان اعتصابات اجتماعی، جنگ و حمله های نظامی، ناآرامی ها و آشفتگی های سیاسی
تاثیرات ناشی از تجهیزات و تاسیسات محیطی <sup>۶</sup>	تاسیسات در محدوده جغرافیایی مجاورت با مناطق مسکونی مجاورت با جاده های دسترسی و کریدورهای عبور و مرور موضوعات محیط زیستی موضوعات اجتماعی	موقعیت مکانی طرح، چیدمان طرح، محل عبور خط لوله، کاهش در محدوده منطقه منطقه سوزاندن زباله ها، فرودگاه، کمپ های مسکونی شاهراه های کشتیرانی و ایرلاین ها، جاده ها کاربری قبلی زمین، تاثیرات واضح بر روی منطقه جمعیت مردم بومی منطقه، ساختارهای فرهنگی و اجتماعی مردم بومی
زیر ساختها <sup>۷</sup>	ارتباطات در زمان عادی و ارتباطات برای مواقع اضطراری	ارتباطات زمین ، هوایی و آبی
خسارات و آسیب های محیط زیستی <sup>۸</sup>	انتشار مستمر آلودگی به هوا، آب و خاک انتشار آلودگی در مواقع اضطراری تاثیرات ناشی از تاسیسات زمان اجرای پروژه	فلرها، دودکش ها، آلودگی ناشی از مواد فرار تاسیسات تخلیه فاضلاب آبی و روغنی فلرها، دودکش ها، تخلیه فاضلاب خط لوله فصول مختلف سال، طول زمان تاثیرات محیط زیستی ناشی از آلودگی

<sup>1</sup> Category

<sup>2</sup> Guide words

<sup>3</sup> Expanders

<sup>4</sup> Natural and Environmental Hazards

<sup>5</sup> Man Made Hazards

<sup>6</sup> Effect of the Facility on the Surroundings

<sup>7</sup> Infrastructure

<sup>8</sup> Environmental Damage



جدول (۳-۱۳) بخش دوم: مخاطرات ناشی از تاسیسات و تجهیزات

طبقه بندی <sup>۱</sup>	کلمات راهنما <sup>۲</sup>	بسط دهنده ها <sup>۳</sup>
روشهای کنترلی	فلسفه فعالیتها و عملیاتها مفهوم کلی فعالیتها و عملیاتها فلسفه تعمیرات و نگهداری فلسفه کنترل در عملیاتهای مختلف  واکنش به شرایط اضطراری عملیاتهای همزمان راه اندازی / توقف تولید	تاثرات طراحی، تاثیرات ناشی از موقعیتهای (مکانهای طراحی شده جهت حضور و یا عدم حضور انسان و مکانهای قابل بازدید)  پروژه های دارای یک یا چند واحد مجزا، ساده سازی فرایندها تاسیسات، واحدها، تجهیزات، باربرداری های سنگین، دسترسی ها، لغو و یا صرفه نظر گرفتن از قوانین، کنار گذاشتن دستورالعمل ها و نادیده گرفتن آنها، یکی کردن تجهیزات، نقل و انتقالات و جابه جایی ها  تکنولوژی های مناسب، اقامتگاه ها، مسافرت ها، تجهیزات پشتیبانی کننده، سازگاری با عملیاتهای و تعمیرات،  ایزولاسیون ها، سیستم های قطع کننده خودکار در شرایط اضطراری، فورانگیرها، نیازمندی های سیستم های فلرینینگ تولید، تعمیرات و نگهداری
مخاطرات ناشی از حریق و انفجار	ذخیره سازی مواد قابل اشتعال      منابع تولید جرقه   جانمایی تجهیزات	انبارش نامناسب، خطای اپراتور، نقص، تاثیرات سایر اجزاء، آتش ( اقدامات کاهنده شامل بر: جایگزینی مواد غیر قابل اشتعال، کاهش در حجم و یا جداسازی مواد قابل اشتعال از یکدیگر) الکتریسیسته، فلرها، جرقه ها، سطوح داغ (اقدامات کاهنده شامل بر: شناسایی، حذف کردن و جداسازی) محصور سازی، کاهش در حجم مواد آزاد سازی شده، جانمایی تجهیزات و تاسیسات (اقدامات کاهنده شامل بر: محصور سازی و محدود نمودن تجهیزات، جانمایی صحیح تجهیزات و تاسیسات بصورتی که فضای کافی و لازم بین آنها وجود داشته باشد تا از یکدیگر جداسازی شوند) عایق کردن بصورت فعال و پیگیری کننده <sup>۴</sup> ، شناساگرها آتش، دود و گاز <sup>۵</sup> ، سیستم های کاهش دهنده حجم و فشار در مواقع اضطراری <sup>۶</sup> ، تجهیزات و ادوات اطفاء حریق

<sup>۱</sup> Category

<sup>۲</sup> Guide words

<sup>۳</sup> Expanders

<sup>۴</sup> Passive & Active Insulation

<sup>۵</sup> Fire & Gas Detection

<sup>۶</sup> Blowdown & Relief System

طبقه بندی <sup>۱</sup>	کلمات راهنما <sup>۲</sup>	بسط دهنده ها <sup>۳</sup>
	پیشگیری از حریق و واکنش در برابر حریق  حفاظت از اپراتورها	راه های فرار و نجات، وسایل ارتباطی، واکنش در شرایط اضطراری، پاسخ به شرایط اضطراری، تخلیه واحد عملیاتی در شرایط اضطراری
مخاطرات فرآیندی	انبارش مواد شیمیایی خطرناک  آزاد شدن و نشست مواد شیمیایی  افزایش فشار، کاهش و افزایش دما  کاهش / افزایش سطح مواد ترکیب اشتباه و نادرست مواد و یا اشتباه در فاز مورد نیاز	انبارش مواد خطرناک بیش از اندازه مورد نیاز و در حجم زیاد (اقدامات کنترلی شامل بر کاهش حجم مواد شیمیایی خطرناک، استفاده و جایگزینی از مواد کم خطرتر)  استرس های فرآیندی بیش از اندازه، تاثیرات سایر اجزا بر روی یکدیگر، نقص و اشتباه در سیستم های کنترلی، نقص و شکست در سازه ها، خوردگی و ساییدگی (اقدامات کنترلی شامل بر طراحی مناسب، طراحی سیستم های ذاتاً ایمن)  بسته شدن مسیرهای جریان مواد، بالا رفتن بیش از اندازه و نرمال دما در سیستم های فرآیندی، اتصال سیستم های فرآیندی به سیستم های چند منظوره، واکنش های شیمیایی  سر ریز شدن مخازن نگهداری سیالات، فوران های ناگهانی  نقص و اشتباه در سیستم های جداسازی، ترکیب فازهای عملیاتی، مواد شیمیایی
مخاطرات ناشی از سیستم های چند منظوره ( آب، برق، بخار، فاضلاب و سایر موارد)	سیستم های آب آتش نشانی سیستم سوخت گازی سوخت تولید کننده انرژی حرارتی سوخت دیزل تامین کننده نیروی برق فاضلابها گازهای خنثی ذخیره سازی و تصفیه مواد بازیافتی	

طبقه بندی <sup>۱</sup>	کلمات راهنما <sup>۲</sup>	بسط دهنده ها <sup>۳</sup>
	ذخیره سازی سوخت و مواد شیمیایی آب قابل شرب	
مخاطرات ناشی از تعمیر و نگهداری	دسترسی برخورد با / به تجهیزات سقوط ابزار و اشیاء از ارتفاع جابه جایی تجهیزات و ماشین آلات وسایل و ادوات و ابزار نوک تیز ادوات و قسمت های گردنده و دوار ماشین آلات جابه جایی های سنگین حمل و نقل	
عملیات ساخت و ساز / تاسیسات و تجهیزات موجود	اتصال خطوط جدید به یکدیگر (که نیازمند توقف تولید باشد) عملیات های همزمان استفاده دوباره از مواد و تجهیزات سیستم های قطع کن در مواقع اضطراری آلودگی خاک به سبب نشت مواد	

جدول (۳-۱۴) بخش سوم: مخاطرات سلامتی

طبقه بندی <sup>۱</sup>	کلمات راهنما <sup>۲</sup>	بسط دهنده ها <sup>۳</sup>
مخاطرات سلامتی	مخاطرات بیماریها	بیماریهای همه گیر، عفونت، مالاریا، پشه ها، بهداشت انسانها و یا سیستم غذایی، غذا و آب آلوده، بیماریهای اجتماعی همانند ایدز، آب گندیده، شرایط بد زندگی
	مخاطرات خفگی	اتمسفر خفه کننده، خطا و نقص در استفاده صحیح از وسایل حفاظت فردی، ورود به فضاهای بسته، کار در فضاهای بسته، دود، کار در کنار آگزوز خروجی ماشین آلات
	سرطانزایی	استفاده از مواد شیمیایی سرطانزا
	مسمومیت	اتمسفر مخاطره آور، اتمسفر خفگان آور، استفاده از مواد شیمیایی
	جسمانی	سروصدا، پرتوزایی (یونیزه کننده و غیر یونیزه کننده مانند فلرها، اشعه ماوراء بنفش، نور خورشید)، موارد ارگونومی
	روانی	شیفت کاری، همکاران نامناسب، سرپرست بد
	مخاطرات کاری و شغلی	غواصی، کار در آب، کار در ارتفاع، کار با تجهیزات مخاطره آور، کار در سطوح مخاطره انگیز، کار با تجهیزات و ادوات الکتریکی
	حمل و نقل	مسافرتها طولانی مدت، آب و هوای بد، کیفیت جاده های مورد استفاده در سفر

(Shell HSE Manual, 1995)

<sup>۱</sup> Category

<sup>۲</sup> Guide words

<sup>۳</sup> Expanders

جدول (۳-۱۵) بخش چهارم: مخاطرات ناشی از اجرای پروژه

طبقه بندی <sup>۱</sup>	کلمات راهنما <sup>۲</sup>	بسط دهنده ها <sup>۳</sup>
استراتژی های قراردادی	تأثیرات عمومی قوانین و مقررات استانداردهای ملی و بین المللی محدودیت های محیط زیستی	میزان ثبات در شرایط عمومی قرارداد، نیازمندی های دولتی (ملی) در زمینه قراردادهای استانداردهای ملی و بین المللی نیازمندی ها و قوانین ملی در زمینه محیط زیستی
مخاطرات شناخت پروژه و مدیریت آن	مطالعات شناسایی و ارزیابی مخاطرات گزارش موارد ایمنی در پروژه های خشکی و فراساحلی <sup>۴</sup> ثبت تأثیرات و مخاطرات کنترل های پروژه	مطالعات هزوپ <sup>۵</sup> و ارزیابی کمی ریسک <sup>۶</sup> (این گزارشات مورد مربوط به کشور انگلستان می باشد) تضمین کیفیت (کنترل تغییرات، سطوح مشترک بین واحدی)
طرح عملیات های اضطراری و احتمالی	ساختارهای جغرافیایی اقدامات امداد و نجات، بازبانی	موقعیت جغرافیایی پروژه، چیدمان تجهیزات و تاسیسات پشتیبانی پزشکی، پشتیبانی آتش نشانی، پشتیبانی در هنگام سرریز مواد شیمیایی و نفتی، پشتیبانی های نظامی و انتظامی، تخلیه
صلاحیت ها	سطح زندگی منطقه ای آموزش نیازمندی های آموزش سطح تکنولوژی	سطح کیفی نیروی های محلی و منطقه ای

هدف تمامی مطالعات فوق شناسایی و توصیف پتانسیل مخاطرات بهداشتی، ایمنی و محیط زیستی می باشد. در طی فرآیند مطالعه، تیم شناسایی از یک سیستم کیفی عمومی جهت ارائه ساده و رتبه بندی ریسک های احتمالی مرتبط با مخاطرات شناسایی شده، استفاده نماید. سازمانها می توانند از این ماتریس و یا ماتریس های مشابه جهت تعیین احتمال بروز یک رویداد و یا شدت پیامد حاصله از این رویداد کمک بگیرند. در جدول (۳-۱۷) ماتریس سطوح ریسک (Shell HSE Manual, 1995) نمونه ای از این ماتریس طراحی شده قرار داده شده است. با توجه به مطالب قبلی ارزیابی ریسک می بایستی برای چهار گروه آسیب پذیر یعنی انسان، محیط زیست، تجهیزات و شهرت سازمان انجام می شود. در این مطالعه ارزشیابی ریسک توسط ماتریس ریسک ۵×۵ شرکت بین المللی شل انجام می پذیرد.

<sup>1</sup> Category

<sup>2</sup> Guide words

<sup>3</sup> Expanders

<sup>4</sup> Safety Case & Safety Report

<sup>5</sup> Hazard & Operability Study (HAZOP)

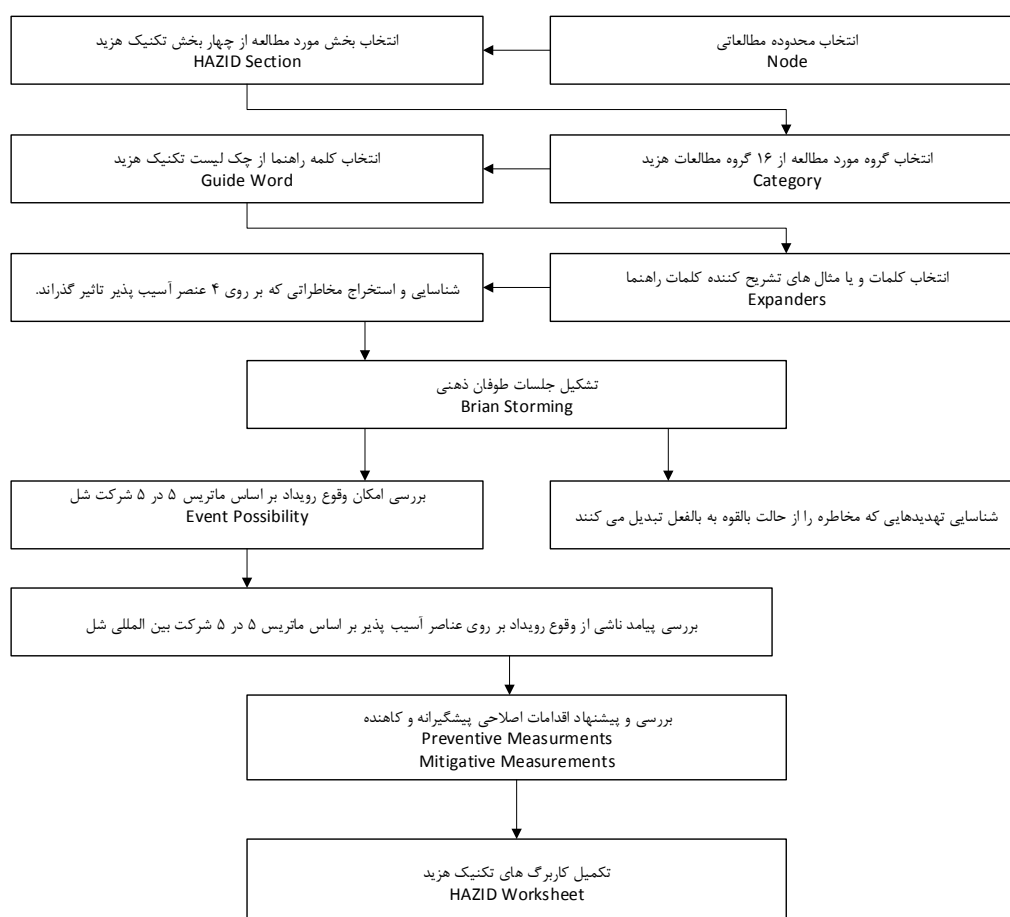
<sup>6</sup> Quantitative Risk Assessment (QRA)

در پایان تمامی موارد یافته شده جمع بندی گردیده و در کار برگ شناسایی مخاطرات به روش HAZID گنجانیده می شود. در جدول (۳-۱۶) کار برگ شناسایی مخاطرات به روش تکنیک در نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است.

جدول (۳-۱۶) کار برگ شناسایی مخاطرات به روش تکنیک HAZID

رویدادها	علل بروز رویداد	پیامدهای ناشی از بروز رویداد	لایه های حفاظتی موجود	ارزیابی ریسک اولیه			لایه های حفاظتی پیشنهادی			ارزیابی ریسک ثانویه		
				RR	P	S	RR	P	S	RR	P	S

تمامی موارد عنوان شده در بالا بصورت نمودار (۳-۴) متدولوژی انجام تکنیک HAZID به نمایش گذارده شده است.



نمودار (۳-۴) متدولوژی انجام تکنیک HAZID

موارد مرتبط با راهنمای امتیازدهی در جدول (۳-۱۸) راهنمای امتیازدهی احتمال، جدول (۳-۱۹) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه محیط زیستی، جدول (۳-۲۰) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه جانی، جدول (۳-۲۱) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه مالی جدول (۳-۲۲) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه جانی، آورده شده است.

جدول (۳-۱۷) ماتریس سطوح ریسک (Shell HSE Manual, 1995)

پیامد حاصل از بروز رویداد (Consequences)				امکان وقوع رویداد (Possibility)					شدت پیامد حاصله از وقوع رویداد (Severity)
شهرت	اموال / دارایی	محیط زیست	انسان	E خیلی زیاد	D زیاد	C متوسط	B کم	A خیلی کم	
بی تاثیر	بدون خسارت	بی تاثیر	بدون آسیب	شبه حادثه (Nearmiss)					۰
بدون اثر	بدون خسارت	بدون اثر محیط زیستی	بدون جراحت / بیماری	کم	کم	کم	کم	کم	۱ خیلی کم
تاثیرات ناچیز	خسارت جزئی	با اثر کم محیط زیستی	جراحت / بیماری جزئی	متوسط	متوسط	کم	کم	کم	۲ کم
اثر قابل توجه	خسارت متوسط	با اثر منطقه ای	جراحت / بیماری بارز	بالا	متوسط	متوسط	کم	کم	۳ متوسط
تاثیرات ملی	خسارت عمده	اثرات شدید محیط زیستی	یک مرگ	بالا	بالا	متوسط	متوسط	کم	۴ زیاد
تاثرات بین المللی	از دست رفتن سرمایه	اثر بسیار شدید	چندین مرگ	بالا	بالا	بالا	متوسط	متوسط	۵ خیلی زیاد

جدول (۱۸-۳) راهنمای امتیازدهی احتمال

رتبه	نسبت تعداد حادثه به تعداد دفعات انجام کار	بیماری (میزان بروز)	احتمال وقوع (تواتر رخداد)	احتمال وقوع
E	بیش از ۱ به ۵	حداقل یکبار در ماه و بیشتر	وقوع روزانه (تقریباً همیشگی) ۷۰ تا ۱۰۰٪ زمان شیفت	چندین بار در زیر مجموعه سازمان یا شرکت مورد نظر اتفاق افتاده است
D	۱ تا ۵	حداقل یکبار در سال و بیشتر	وقوع روزانه (تقریباً همیشگی) ۳۰ تا ۷۰٪ زمان شیفت	چند بار در سازمان یا شرکت مورد نظر اتفاق افتاده است
C	۱ تا ۱۵۰	یکبار در ۵ سال و بیشتر	وقوع ماهیانه	یکبار در سازمان یا شرکت مورد نظر اتفاق افتاده است
B	۱ تا ۱۰۰۰	یکبار در ۱۰ سال و بیشتر	وقوع سالیانه	هرگز در سازمان مورد نظر اتفاق نیافتاده است ولی در دیگر سازمانهای زیر مجموعه اتفاق افتاده است.
A	کمتر از ۱۰۰۰۰	یکبار در ۲۰ سال و بیشتر	هیچگاه اتفاق نمی افتد یا سیستم نسبت به تلاف خطا ناپذیر است	هرگز در دیگر سازمانهای زیر مجموعه اتفاق نیفتاده است

جدول (۱۹-۳) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه محیط زیستی

سطح	پیامدهای محیط زیستی (آلودگی)	پیامدهای زیست محیطی
۰	بدون تاثیر	مصرف قابل توجه نیست
۱	اثرات خفیف: خسارت به محیط زیست ناچیز است. بعنوان مثال نشستی به میزانی است که در محیط کاری که بلافاصله تبخیر می شود.	مصرف استاندارد (بهینه)
۲	اثرات جزئی: میزان صدمه به محیط زیست جزئی است اما بعد از مدتی اثری از آن باقی نمی ماند. مانند نشست هایی جزئی خارج از محدوده که به تدریج جذب زمین می شود. آلودگی آبهای زیر زمینی داخل محدوده است.	میزان مصرف بالاست اما امکان صرفه جویی وجود دارد
۳	اثرات موضعی: میزان خسارت به محیط زیست بصورتی است که نیاز به پاک سازی دارد. مانند نشست آلودگی به زمین که نیازمند جداسازی و دفن مقدار زیادی خاک دارد. باعث آلودگی آبهای زیر زمینی گردد.	مصرف بالاتر از حد استاندارد هزینه های سربار به سازمان
۴	اثرات عمده: اثرات محیط زیستی شدید که نیاز به اندازه گیری و سیع به منظور ترمیم و حفظ ذخایر محیط زیستی دارد. مانند آلودگی آبهای زیر زمینی در یک ناحیه وسیع.	مصرف بحرانی (بسیار بالاتر از حد استاندارد)
۵	اثرات وسیع عبارت است از خسارات محیط زیستی شدید و دائمی که منجر به بین رفتن منابع طبیعی در یک ناحیه وسیع شود. مانند آلودگی شدید آبهای زیر زمینی که نیازمند پاکسازی وسیع و اقدامات اصلاحی است.	مصرف فوق بحرانی اختلال اساسی در عملکرد و طول عمر تجهیزات علاوه بر هزینه های هنگفت



جدول (۲۰-۳) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه جانی

سطح	تعریف
۰	بدون جراحت و آسیب
۱	جراحات یا اثرات بهداشتی خفیف: بر عملکرد کاری فرد و همچنین بر زندگی روزانه فرد تاثیر نمی گذارد. مانند مواردی در حد کمکهای اولیه و یا درمانهای پزشکی
۲	جراحات یا اثرات جزئی: بر عملکرد کاری فرد تاثیر می گذارد. مواردی که منجر به محدود شدن کار شده و یا حوادثی که متعاقباً آن فرد باید حداکثر پنج روز استراحت نماید.
۳	جراحات یا اثرات بهداشتی عمده: بر عملکرد کاری فرد تاثیر می گذارد. مواردی نظیر ناتوانی های طولانی مدت بیماری هایی مانند حساسیت، کاهش میزان شنوایی و کمر دردهای مزمن
۴	مرگ و ناتوانی دائمی در اثر مصدومیت و بیماری شغلی. مواردی مانند سوختگی شدید، سرطان
۵	مرگ و میر متعدد

جدول (۲۱-۳) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه مالی

سطح	تعریف
۰	بدون آسیب
۱	آسیب اندک، میزان خسارت کمتر از ۱۰۰۰۰۰۰۰ ریال است
۲	آسیب جزئی، میزان خسارت بین ۱۰۰۰۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال است
۳	آسیب موضعی، بین ۱۰۰۰۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال است
۴	آسیب شدید، میزان خسارت بین ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال است
۵	آسیب گسترده، میزان خسارت بیش از ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال است

جدول (۲۲-۳) راهنمای امتیازدهی شدت از دیدگاه جانی

سطح	تعریف
۰	بی تاثیر
۱	اثرات خفیف (به اطلاع جامعه محلی رسیده است ولی توسط رسانه ها پوشش داده نشده است)
۲	اثرات جزئی (موضوع حادثه برای جامعه شهری حائز اهمیت بوده و تاثیر آن بر شهر یا حتی همان استان مهم است)
۳	اثرات قابل توجه: موضوع حادثه برای جامعه شهری حائز اهمیت بوده و تاثیر آن بر شهر یا حتی همان استان مهم است. طرفهای ذینفع، سازمانهای غیردولتی، صنایع و سازمانهای دولتی محلی مطلع هستند. موضوع حادثه توسط شبکه های صدا و سیما مخصوصاً شبکه های استانی پوشش داده شده است.
۴	اثرات ملی: موضوع حادثه برای کل جامعه حائز اهمیت بوده و تاثیر آن بر کشور است. طرفهای ذینفع، سازمانهای غیردولتی، صنایع و سازمانهای دولتی مطلع هستند. توسط رسانه ها شدیداً پوشش داده شده و نیز در برخی رسانه های بین المللی عنوان گردیده است. احتمال برخورد از جانب سازمانهای دولتی برای توقف عملیات وجود دارد.
۵	اثرات بین المللی: موضوع حادثه برای کل جهان حائز اهمیت بوده و دولت نیز شدیداً درگیر می باشد.

### ۳-۳-۳-۳- تکنیک طوفان ذهنی<sup>۱</sup>

طوفان ذهنی عبارت است از یک گفتگوی دو ستانه ما بین اعضاء یک تیم به منظور مشخص نمودن احتمال حالت‌های شکست و مخاطرات مرتبط و ریسک مرتبط آن شکست و همچنین تصمیم گیری در مورد اقدامات کنترلی به منظور آنکه این مخاطرات از حالت‌های بالقوه به بالفعل تبدیل نشوند. واژه طوفان ذهنی معمولاً به انواع گروه‌های که مذاکره آزاد را انجام می‌دهند اطلاق می‌شود. هر چند که طوفان ذهنی به مذاکرات گروهی اطلاق می‌شود که در آن تصورات و تفکرات افراد در خلال یک مذاکره و همفکری با یکدیگر گره خورده و منجر به گره‌گشایی از یک مشکل و ارائه راه حل برای یک مشکل می‌شود (IEC/FDIS 31010:2009).

### ۳-۳-۳-۱- کاربرد تکنیک طوفان ذهنی

طوفان ذهنی تاثیر بسیار زیاد در ایده پردازی افراد دارد این متد قابلیت بسیار زیادی برای شناسایی مخاطرات در تکنولوژی‌ها نوین دارد در جایی که مخاطرات سیستم مشخص نبوده و ارائه راه‌حل‌ها و اقدامات کنترلی به منظور جلوگیری از بروز یک رویداد. طوفان ذهنی، تکنیکی بسیار مفید برای کمک به گروهی از افراد است، تا به کمک آن، تعداد زیادی ایده را در زمانی اندک خلق کنند. در ابتدا، گروه‌های کیفیت از این تکنیک برای خلق ایده‌هایی جهت ارائه راه‌حل‌های ممکنه استفاده می‌کردند ولی امروزه، علاوه بر آن، در سایر وضعیت‌های مختلف مناسب نیز، از این تکنیک استفاده می‌شود. (IEC/FDIS 31010:2009)

در جدول (۳-۲۳) قابلیت‌های تکنیک طوفان ذهنی (IEC/FDIS 31010:2009) مشخصات کاربردی این تکنیک توسط سازمان ایزو ترسیم شده است.

جدول (۳-۲۳) قابلیت‌های تکنیک طوفان ذهنی (IEC/FDIS 31010:2009)

نوع متد		این متد از دسته متد های پشتیبانی کننده می باشد	
توضیحات		تکنیک طوفان ذهنی ابزاری به منظور جمع‌آوری نظرات و ایده‌های افراد در یک فرآیند گفتگو تبادل نظرات و عقاید است، پس از جمع‌آوری ایده‌ها، آنها بوسیله تیم مورد ارزیابی و اولویت بندی قرار می‌گیرند. تکنیک طوفان ذهنی ممکن است بین دو نفر یا تعداد بیشتری از افراد انجام شود.	
منابع و قابلیت‌ها		منابع و قابلیت‌های این روش نسبت به سایر روشها بسیار کمتر می‌باشد.	
درجه عدم قطعیت روش		درجه عدم قطعیت این روش بالا است. و ایده‌ها و نظرات ارائه شده دارای عدم قطعیت بالایی هستند لذا قابلیت اطمینان این تکنیک پایین می‌باشد.	
پیچیدگی روش		درجه پیچیدگی تکنیک طوفان ذهنی پایین می‌باشد.	
آیا این متد قابلیت کمی سازی را دارد؟		این تکنیک قابلیت کمی سازی را ندارد.	
فرآیند ارزیابی ریسک	شناسایی مخاطرات تجزیه و تحلیل	قابلیت و کاربرد زیادی دارد.	
		کاربردی ندارد.	
		کاربردی ندارد.	
		کاربردی ندارد.	

<sup>۱</sup> Brain Storming

### ۳-۳-۳-۲- ورودی های فرآیند طوفان ذهنی<sup>۱</sup>

ورودیهای فرآیند طوفان ذهنی در واقع افراد و یا گروهی از افراد هستند که در مورد سیستم، کارایی سیستم، فرآیندها و کاربرد اجزاء مختلف سیستم دارای آگاهی می باشند (IEC/FDIS 31010:2009).

### ۳-۳-۳-۳- فرآیند بکارگیری طوفان ذهنی

فرآیند طوفان ذهنی می تواند بصورت کاملاً رسمی و یا غیر رسمی برگزار شود. در فرآیند طوفان ذهنی بصورت رسمی یک ساختار نظام یافته برای این فرآیند تعریف می شود که در آن افراد مشارکت کننده کاملاً مشخص و از پیش تعیین شده می باشند در این فرآیند رسمی تمامی ورودی و خروجی ها کاملاً مشخص و معین بوده و هدف از برگزاری جلسات از پیش مشخص می گردد. همچنین در این فرآیند تمامی خروجی ها مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج جلسات مورد تحلیل قرار می گیرند.

(IEC/FDIS 31010:2009)

در این فرآیند رسمی، فردی که به عنوان آسان کننده<sup>۲</sup> در نظر گرفته شده است از اینکه افراد مورد چپیزی یا موضوعی نظرات خود را ابراز نمایند نسبت به روش سازی موضوع و تمرکز اذهان مطالب را روشن سازی می کند.

تمامی موضوعات جلسه، اهداف و نقش ها و مسوولیتها مرور می گردد.

فرد فسیلیتور شروع به آغاز جلسه نموده و نظر هر شخصی را در مورد موضوعات مورد بحث یادداشت می کند شخصی که نظر از او سوال می شود نمی تواند در مورد بودن یا نبودن مساله مورد بحث سوال کند تنها بایستی نظر خود در مورد موضوعی خاص بیان کند و تمامی نظرات در این جلسات پذیرفته و یادداشت می شود. فرد فسیلیتور می تواند فردی یا افرادی را به سبب طولانی شدن جلسات و یا پرت شدن از موضوع اصلی از گردونه سوال و نظر خواهی خارج کند و تنها نظرات افرادی که به سوالات پاسخ داده و نظرات خود را ابراز داشته اند را بعنوان خروجی جلسات گردآوری و مورد ارزیابی و تحلیل قرار دهد (IEC/FDIS 31010:2009).

### ۳-۳-۳-۴- خروجی های فرآیند طوفان ذهنی<sup>۳</sup>

خروجی های فرآیند طوفان ذهنی بسته به نوع ارزیابی ریسک انجام شده و سطح آن می تواند متفاوت باشد. گاهی از طوفان ذهنی برای شناسایی مخاطرات و گاهی نیز برای رتبه بندی ریسک ها مورد استفاده قرار می گیرد. (IEC/FDIS 31010:2009)

### ۳-۳-۳-۵- اصول و قواعد اصلی در تکنیک طوفان ذهنی

قواعد اصلی طوفان ذهنی عبارت است از:

- موضوعی که طوفان ذهنی می شود بایستی بصورتی نوشته شود که تمامی اعضاء آن را ببینند.
- شروع به ایده پردازی کرده و عقاید و ایده های خود را بیان کنید.
- همه پیشنهادات را ثبت کنید هر چند که برخی از آنها به نظر مضحک باشند.

<sup>1</sup> Inputs

<sup>2</sup> Facilitator

<sup>3</sup> Outputs

- ایده‌ها را پرورش دهید.
- پس از جمع‌آوری ایده‌ها آن‌ها را مورد ارزیابی قرار دهید.
- همچنین این تکنیک دارای اصولی اساسی می‌باشد که بایستی توسط تمامی اعضا مخصوصاً رهبر تیم رعایت شود که مهمترین آنها عبارتند از:
- به اندیشه‌ها و نظرات انتقاد نکنید.
- آن چیزی را که توسط اعضا حاضر در جلسه مطرح می‌شود اصلاح نکنید.
- ایده‌های ناآشنا، افراطی و اغراق آمیز را تشویق کنید.
- نظرها را بر پایه نظرات سایر اعضا تقویت و حمایت کنید.
- کلیه نظرات و ایده‌های ارائه شده در جلسات را یادداشت کرده و آنها را ثبت و ضبط نمایید.

### ۳-۳-۶- نکات مهم در اجرای تکنیک طوفان ذهنی

- در مرحله ابتدایی و قبل از برگزاری جلسات می‌بایستی تکنیک طوفان ذهنی را به نفرات آموزش داده شود تا افراد دیدی یکسان از این تکنیک داشته باشند.
- از این تکنیک بایستی در مورد موضوعاتی که نیازمند به ایده یابی می‌باشد استفاده شود.
- موضوعاتی که دو یا سه راه حل دارا می‌باشند برای این تکنیک مناسب نمی‌باشند.
- جلسات طوفان ذهنی با سؤالاتی که محرک ایده‌پردازی می‌باشند شروع شوند.
- سؤالات را در معرض دید تمامی افراد حاضر در جلسه قرار داده شود.
- با مطرح کردن مسائل یا نشان دادن عکس و یا هر موضوعی چه می‌تواند تهییج و ترغیب را در نفرات ایجاد کند روحیه ایده‌پردازی و تهییج ذهنی را در آنها بالا ببرید.
- به تمامی افراد به یک میزان اجازه ایراد نظرات و اعقاد داده شود و افراد را تشویق به مشارکت نمایید.
- افراد خجالتی و کم حرف را که قدرت بیان کمتری دارند تشویق نمایید و اجازه ندهید که تنها چند نفر اداره جلسات را به دست گیرند.
- سعی شود تا جلسات جدی برگزار شود و میزان شوخی را به صفر کاهش پیدا کند زیرا نفرات که دارای ایده‌های نو و بکر می‌باشند از بیان نظرات و ایده‌های خود خودداری می‌کنند.
- در مقابل افراد خود محور و پر حرف صبور باشید و بطور خصوصی موارد را به آنها گوشزد کنید.
- سعی شود تا افراد حاضر در جلسات از یک سطح انتخاب شوند.
- جلسات ارزیابی ایده‌ها می‌بایستی با تاخیر چند ساعته و یا چند روزه از جلسه طوفان ذهنی برگزار شود.
- نظرات و ایده‌ها را معطوف به فرآیندها کنید نه افراد.

### ۳-۴- مدل سازی پیامد

#### ۳-۴-۱- مراحل انجام مدل سازی پیامد

حوادث واحدهای فرآیندی همواره با یک واقعه آغاز می شوند. چنین وقایعی می تواند شامل ترکیدن و یا شکستن خطوط لوله، سوراخ در مخازن ذخیره و یا واکنش های غیرقابل کنترل باشد. این وقایع علاوه بر اینکه با از دست رفتن مواد از منبع ذخیره همراه است، منجر به پخش و گسترش مواد در محیط اطراف محل حادثه می گردند. این مواد غالباً دارای خصوصیات مخاطره آمیزی مانند سمیت و یا اشتعال پذیری می باشند که با انتشار آنها احتمال بروز حوادث ثانویه ای مانند آتش سوزی، مسمومیت و انفجار وجود دارد. لذا پیش بینی رفتار سیال بعد از رهايش و انتشار به منظور تخمین پیامدها و صدمات احتمالی امری ضروری است.

مدلسازی پیامد عبارتست از پیش بینی اثرات و عواقب ناشی از رهايش و پخش یک ماده در محیط بوسیله مدل های ریاضی با استفاده از روش های مدل سازی ریاضی. می توان اثرات حوادث را به صورت آسیب به سرمایه، تجهیزات و اثرات سوء بر سلامت انسانها و محیط زیست ارزیابی کرد. پیامدهای اصلی رهايش مواد قابل اشتعال و سمی در محیط، آتش سوزی، انفجار و نشر مواد سمی می باشد.

مهمترین تاثیرات 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.

مهمترین کاربرد مدل سازی پیامد در واحدهای صنعتی، تعیین محدوده اثرگذاری حوادث بر تجهیزات فرآیندی و افراد (پرسنل شاغل در واحد صنعتی مورد نظر و افراد مستقر در خارج از واحد) می باشد. برای انجام ارزیابی پیامد روش های متنوعی وجود دارد، که ساختار و خروجی های تقریباً مشابهی دارند. اما در جزئیات و تقسیم بندی مراحل، تفاوت هایی در آنها وجود دارد و بعنوان روشی مناسب برای ارزیابی پیامدهای ناشی از حوادث محتمل در یک واحد شیمیایی، الگوی چهار مرحله ای زیر پیشنهاد شده است.

#### ۳-۴-۱-۱- مرحله اول: انتخاب سناریو بروز رویداد

در مرحله اول سناریوها یا حوادثی که عواقب آنها مورد توجه است، انتخاب می شوند. سناریو، حادثه یا ترکیبی از حوادث است که وقوع آن منجر به تولید مخاطرات فرآیندی چون آتش، انفجار یا رهايش مواد سمی می شود. کلیدی ترین مرحله در ارزیابی پیامد، همین گام نخست است. چرا که برگزیدن سناریوهای قابل اعتنا از بین تعداد زیادی گزینه، باعث کاهش زمان و حجم محاسبات می گردد. مقصود از سناریوی قابل اعتنا، حادثه یا ترکیبی از حوادث است که

- اولاً محتمل باشد، یعنی حوادث نادر بررسی نمی شوند.

- دوم اینکه، عواقب حادثه مورد نظر باید دارای شدت و تاثیر کافی باشد.

تعیین اعتبار سناریوها معمولاً به صورت کیفی و بنا بر تجربه، دانش و سابقه حوادث مشابه در گذشته، صورت می گیرد. برخی حوادث مانند نشت ماده شیمیایی از درزگیرها محتمل هستند اما چون حجم ماده رها شده در این حالت کم است، نمی توان آن را به عنوان یک سناریو قابل اعتنا قلمداد کرد.

### ۳-۴-۱-۲- مرحله دوم: تحلیل شرایط

در این مرحله سعی می شود تمام شرایط فیزیکی تاثیرگذار بر حادثه شناسایی شود. برای هر یک از سناریوها بطور جداگانه، عواملی که بر چگونگی شکل گیری و پیشرفت آن موثرند، باید مشخص شوند. برای مثال اگر سناریو مورد مطالعه نشت ماده شیمیایی از سوراخ ایجاد شده در جداره یک مخزن نگهداری باشد، قبل از سعی در پیش بینی چگونگی رهائش و اثرات آن باید تمامی عوامل تاثیرگذار در این فرآیند بررسی شود. در این سناریو چگالی ماده رها شده نسبت به هوا، دمای انتشار، دمای محیط و نیز سرعت رهائش از جمله عوامل موثر هستند. کشف و در نظر گرفتن این عوامل، کمک به برگزیدن مدل مناسب برای شبیه سازی حادثه در مرحله بعد می کند.

### ۳-۴-۱-۳- مرحله سوم: مدلسازی حادثه

پس از در نظر گرفتن تمامی عوامل موثر در حادثه، اقدام به شبیه سازی می شود. در این مرحله بوسیله مدل های ریاضی، توالی رخدادهای پس از وقوع یک سناریو پیش بینی می شوند. از نتایج حاصل در این مرحله در مرحله بعد می توان برای تخمین پیامدها و خسارت استفاده کرد. پس از انتخاب سناریوهای منطقی، مهمترین عامل در انجام صحیح ارزیابی پیامد، برگزیدن مدلی صحیح است که بتواند تا حد امکان، حادثه را نزدیک به حالتی که در واقعیت رخ می دهد شبیه سازی کند. اکثر سناریوها به صورت خروج یک ماده خطرناک از یک منبع در اثر ایجاد یک نشتی و یا پارگی در نظر گرفته می شوند. بنابراین در ابتدا و با توجه به شرایط حاکم، مدلی برای پیش بینی چگونگی رهائش آن از منبع باید انتخاب شود. پس از رهائش، انتشار صورت می گیرد. برای شبیه سازی این مرحله نیز مدل های شناخته شده ای وجود دارد. در این مدل ها تاثیر عواملی چون پایداری جو، وزش باد و سایر موارد مشابه منظور می شوند. بوسیله این مدل ها توزیع غلظت ماده رها شده نسبت به مسافت از منبع انتشار محاسبه می شود. اکثر مدل های موجود پیچیده و شامل محاسباتی بسیار زمان بر هستند لذا در این مرحله تمایل بسیاری نسبت به استفاده از نرم افزارهای موجود برای مدلسازی وجود دارد. از جمله این نرم افزار PHAST<sup>۱</sup> اشاره کرد که توانایی مدلسازی رهائش مواد و حوادث ناشی از آنها را دارند.

### ۳-۴-۱-۴- مرحله چهارم: ارزیابی خسارات

بر اساس نتایج خروجی از مدل و سنجش آنها با معیارهای موجود، شدت آسیب رسانی حادثه مورد بررسی، مشخص می شوند. برای مثال فشار ایجاد شده در اثر انفجار یا میزان تشعشع حرارتی رسیده در 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 می شود. همچنین در صورتیکه 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 می شود.

<sup>۱</sup> Process Hazard Analysis Software Tool (PHAST)

### ۳-۴-۲- مدل سازی پیامد به کمک نرم افزار PHAST

مدلسازی پیامد شامل مدل سازی رهائش مواد در محیط و به دنبال آن مدل سازی پیامدهای ناشی از سمیت، اشتعال یا انفجار این مواد می باشد. امروزه این کار به دلیل پیچیدگی معادلات و زمان بر بودن حل آنها، توسط نرم افزارهای کامپیوتری انجام می گیرد. در بخش مدل سازی، تعدادی از نرم افزارهایی که قادر به محاسبه پخش مواد می باشند و قادر به مدل سازی پیامدهای آتش و انفجار نیستند. امروزه تعداد زیادی از این نرم افزارها موجود هستند که برخی از آنها عبارتند از:

- PHAST (DNV, Det Nerske Veritas Inc.)
- QRA Work (Primatch, Cloumbus, OH)
- SAFETI (DNV, Det Norske Veritas Inc.)
- SUPERCHEMS (Arthur D. Little, Cambridge, MA)
- TRACE (Safer System, Westlake Village, CA)

در بین موارد اشاره شده، PHAST یکی از قویترین و مشهورترین نرم افزارهای موجود است. این نرم افزار یکی از چندین محصولی است که توسط شرکت نرم افزاری DNV، از پیشگامان ارزیابی مخاطرات و حوادث صنعتی، تهیه شده است. در نتیجه، این نرم افزار به عنوان یکی از ابزارهای تصمیم گیری شرکت ها و دولت ها در امر مخاطرات صنعتی و ایمنی عمومی شناخته شده است. نرم افزار PHAST به صورت گسترده ای مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. علاوه بر آن، نتایج حاصله از مطالعه جداگانه مدل جامع پیامد UDM<sup>۱</sup> که توسط DNV ارائه شده است، بیانگر آن است که هم تئوری و هم توانایی این مدل در پیش بینی حوادث بسیار کارا است. برخی از فوائد استفاده از نرم افزار PHAST عبارت است از:

- سازگاری کامل با بسیاری از نرم افزارهای دفتری، صفحات گسترده و پایگاه داده ای
- سازگاری کامل با سیستم عامل Windows
- راهنمای جامع همراه با نرم افزار
- کتابخانه کاملی از مدل های پیامد و تئوری آنها
- ارتقای تحلیل مهندسان از پتانسیل های مخاطرات

نرم افزار PHAST با بسیاری از قوانین و مقررات بین المللی از جمله RMP<sup>۲</sup> و COMAH<sup>۳</sup> همخوانی دارد

<sup>۱</sup> Unified Dispersion Model (UDM)

<sup>۲</sup> Risk Management Plan (RMP)

<sup>۳</sup> Control Of Major Accident Hazards (COMAH)

## فصل ۴- نتایج و تفسیر آنها



#### ۴-۱- مقدمه

فرآیند تصفیه آب در تصفیه خانه صنعتی نیز همانند سایر محیط های صنعتی به دلیل ماهیت فعالیت ها با مخاطرات مختلفی از نظر سلامت، بهداشت و محیط زیست همراه می باشد. در نتیجه امکان آسیب به کارکنان سازمان و ساکنین محلی، در صورت بروز رویدادهای ناخواسته، وجود دارد. از این رو با توجه به رویکرد مدیریت ریسک های HSE در شرکت آب و فاضلاب استان تهران، شناسایی مخاطرات و به تبع آن برآورد احتمال بروز رویدادها و شدت پیامد ناشی از این رویدادها جهت حفاظت از سلامت کارکنان و ساکنین محلی از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد. در این پژوهش سعی گردیده با استفاده از تکنیک HAZID، مخاطرات ناشی از ذخیره سازی گاز کلر شناسایی شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. سپس با استفاده از نرم افزار PHAST 8.22 نسبت به مدلسازی شدت پیامد ناشی از بروز رویداد اقدام شد. در این فصل از پژوهش، با استفاده از داده های بدست آمده از مراحل قبل، در ابتدا مخاطرات ناشی از ذخیره سازی، نگهداری، انتقال و استفاده از گاز سمی کلر در تصفیه خانه فاضلاب شماره ۲ کن با استفاده از تکنیک HAZID در قالب نرم افزار PHA-Pro 8.5 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و عامل بروز رویداد رهائش مشخص گردید. سپس رهائش گاز سمی کلر با استفاده از نرم افزار مدلسازی پیامد PHAST 8.22، مدلسازی گردیده و نتایج حاصله تحلیل شد.

## ۲-۴-۲-۴ نرم افزار PHA-Pro 8.5

این نرم افزار یکی از مهمترین نرم افزارهای در حوزه مدیریت اسناد و مدارک مرتبط با ارزیابی ریسک می باشد.

### ۱-۲-۴-۲ ویژگی های نرم افزار PHA-Pro

این نرم افزار دارای ویژگی های بارزی برای کاربر می باشد که از مهمترین آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- امکان مستند کردن چندین روش ارزیابی ریسک از جمله تجزیه و تحلیل لایه های حفاظتی<sup>۱</sup> (LOPA)، آنالیز ایمنی شغلی<sup>۲</sup> (JSA)، تکنیک مطالعات خطر و راهبری عملیات<sup>۳</sup> (HAZOP)، تکنیک What If و سایر مواد مشابه.
- ایجاد کتابخانه هایی متناسب با تکنیک و روش مورد استفاده
- امکان اضافه نمودن تجربیات قبلی به نرم افزار برای استفاده در مطالعات آینده
- امکان بهبود کتابخانه های موجود
- امکان تعریف ماتریس ریسک متناسب با نیاز کاربر
- امکان دریافت خروجی از نرم افزار بصورت فایل متنی (Word) و فایل Excel

## ۲-۲-۴-۲ مراحل انجام تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5 بر اساس متدولوژی

### ۱-۲-۲-۴-۲ ایجاد کتابخانه تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5

نرم افزار PHA-Pro 8.5 دارای کتابخانه ای مختلفی می باشد. البته برخی از کتابخانه ها با توجه به نیاز به تکنیکی خاص طراحی می شود. کتابخانه های موجود به قرار زیر می باشد:

جدول (۱-۴) کتابخانه های موجود در نرم افزار PHA-Pro 8.5

EFMEA Library	PHA Library	PHA Revalidation Step Library
FMEA Library	LOPA Library	PHA Standard & Protocol Library
HACCP Library	Knowledge Base Library	Process Safety Information Library
HAZID Library	Job Safety Analysis (JSA) Library	RPM Library
HAZOP Library	Management Of Change Library	What IF Library
PFMEA Library	PHA Quality Review Library	William Fine Library

برای این کار در قسمت Workspace بر روی گزینه Active Libraries گزینه Add Active Library را انتخاب کرده و در فولدر باز شدن یکی از کتابخانه های موجود را انتخاب کرده و فایل مورد نظر را Copy کرده و سپس Paste کرده و نام فولدر ایجاد شده را به HAZID Library تغییر می دهیم. حال تغییرات مورد نیاز را مطابق با کاربرگ های طراحی شده برای تکنیک HAZID بر روی این کتابخانه جدید اعمال می کنیم. در شکل (۱-۴) ساخت کتابخانه برای تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است.

<sup>۱</sup> Layer Of Protection Analysis (LOPA)

<sup>۲</sup> Job Safety Analysis (JSA)

<sup>۳</sup> Hazard and Operability Technique (HAZOP)



پس از ساخت کتابخانه مربوط به کاربرد تکنیک HAZID، حال بایستی اطلاعات عمومی مورد مطالعاتی در نرم‌افزار PHA-Pro 8.5 بارگزاری و تنظیم گردد. در این قسمت اطلاعات عمومی مورد مطالعاتی (تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره‌سازی کلر با تکنیک HAZID و مدلسازی پیامد رهایش کلر از مخازن نگهداری با استفاده از نرم‌افزار PHAST (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه شماره ۲ کن)) به نرم‌افزار PHA-Pro 8.5 معرفی می‌گردد. این اطلاعات شامل بر اطلاعات زیر می‌باشد:

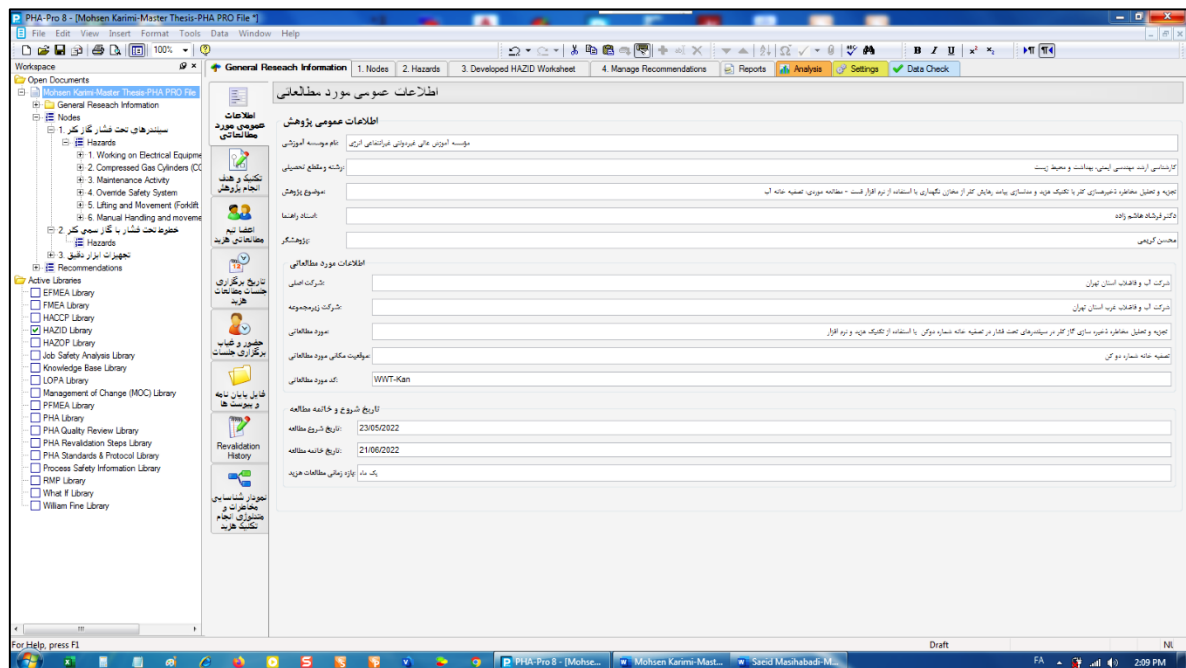
- موضوع پژوهش: تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره‌سازی کلر با تکنیک HAZID و مدلسازی پیامد رهایش کلر از مخازن نگهداری با استفاده از نرم‌افزار PHAST - مطالعه موردی: تصفیه‌خانه آب

- نام شرکت اصلی: شرکت آب و فاضلاب استان تهران
- نام شرکت فرعی: شرکت آب و فاضلاب غرب استان تهران
- مورد مطالعاتی: تجزیه و تحلیل مخاطرات ذخیره سازی کلر با تکنیک HAZID
- محل قرارگیری مورد مطالعاتی: تصفیه خانه شماره ۲ کن
- کد مورد مطالعاتی: WWT-Kan
- تاریخ شروع طرح مطالعاتی: ۰۱ خرداد ماه ۱۴۰۱ – 23.May.2022
- تاریخ خاتمه طرح مطالعاتی: ۳۱ خرداد ماه ۱۴۰۱ – 21.June.2022
- کل (۲-۴) پنجره ورود اطلاعات عمومی مورد مطالعاتی نشان داده شده است.

۱۴

تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره سازی کلر با تکنیک HAZID و مداسازی پیامد رهاش  
کلر از مخازن نگهداری با استفاده از نرم افزار PHAST (مطالعه موردی: تصفیه خانه آب)

نتایج و تفسیر آنها

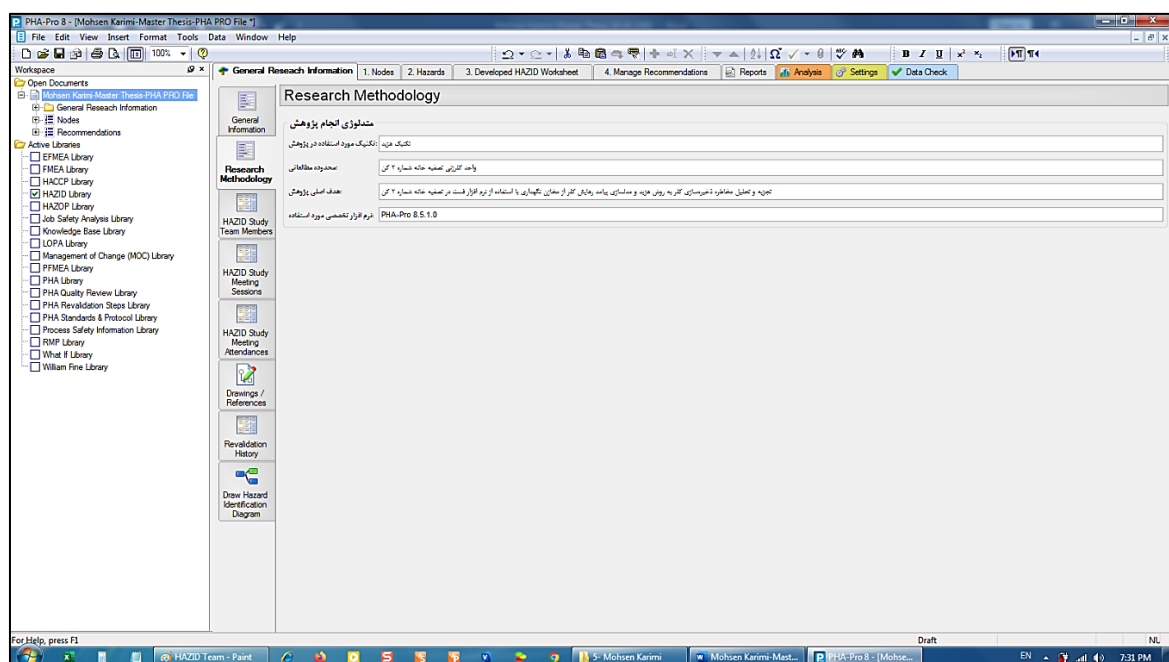


شکل (۴-۲) پنجره ورود اطلاعات عمومی مورد مطالعاتی

## ب) متدلوژی انجام پژوهش

در این قسمت، متدلوژی انجام مطالعه درج می گردد. این اطلاعات شامل بر موارد زیر می باشد:

- تکنیک مورد استفاده در پژوهش: تکنیک HAZID
- محدوده مطالعاتی: واحد کلر زنی تصفیه خانه شماره ۲ کن
- هدف اصلی پژوهش: تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره سازی کلر به روش HAZID و مداسازی پیامد رهاش کلر از مخازن نگهداری با استفاده از نرم افزار PHAST در تصفیه خانه شماره ۲ کن



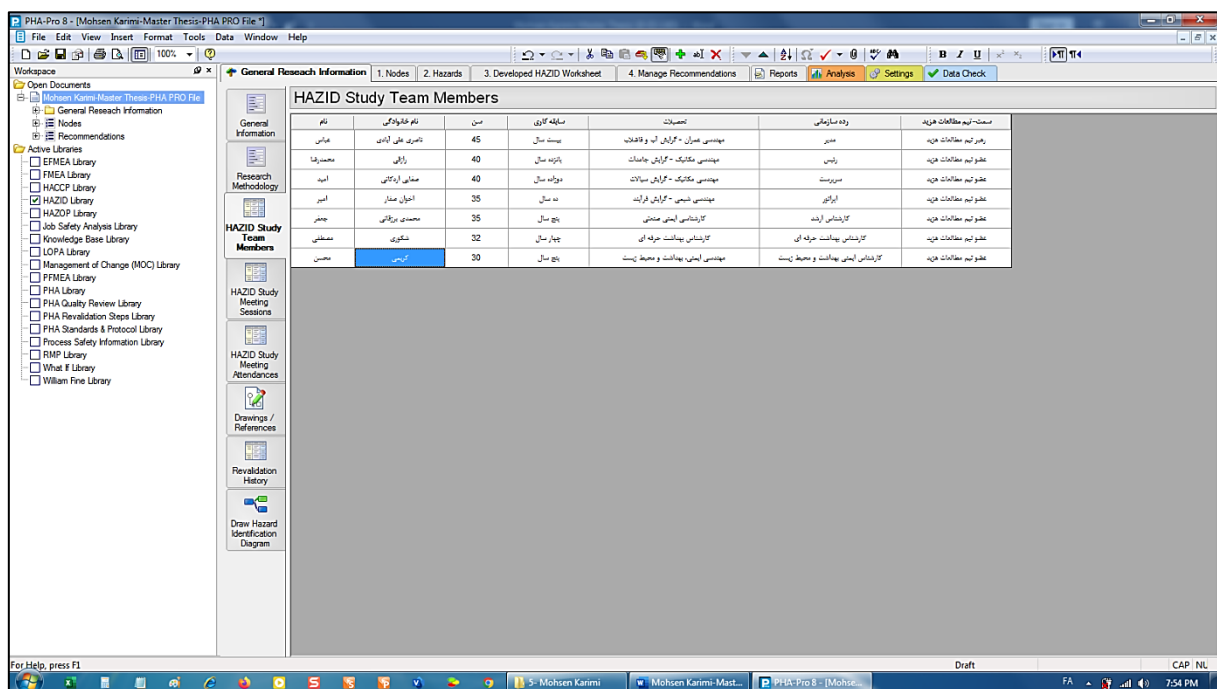
شکل (۴-۳) پنجره ورود متدلوژی انجام پژوهش بر روی مورد مطالعاتی

## ج) معرفی اعضای تیم مطالعاتی<sup>۱</sup> HAZID

همانطور که در فصل سوم در قسمت ۳-۳-۱- متدولوژی انجام پژوهش ذکر گردید، در یک مطالعه HAZID مهمترین بخش آن، انتخاب رهبر تیم HAZID می باشد. در این مطالعه از یک نفر مهندس عمران (گرایش آب و فاضلاب) جهت رهبری مطالعات HAZID کمک گرفته شد. سایر اعضای تیم عبارتند از:

- مهندس مکانیک (گرایش جامدات)
- مهندس مکانیک (گرایش سیالات)
- مهندس شیمی (گرایش فرآیند)
- کارشناس ایمنی صنعتی
- کارشناس بهداشت حرفه ای

اینجانب به عنوان دبیر جلسه و همچنین نفر مهندس ایمنی بهداشت و محیط زیست (HSE) در جلسات حضور داشته و تمامی موارد مطروحه را یادداشت برداری و ثبت و ضبط نمودم. این افراد به قرار شکل (۴-۴) تنظیم اعضای تیم مطالعاتی HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5 جهت انجام مطالعات انتخاب شدند.



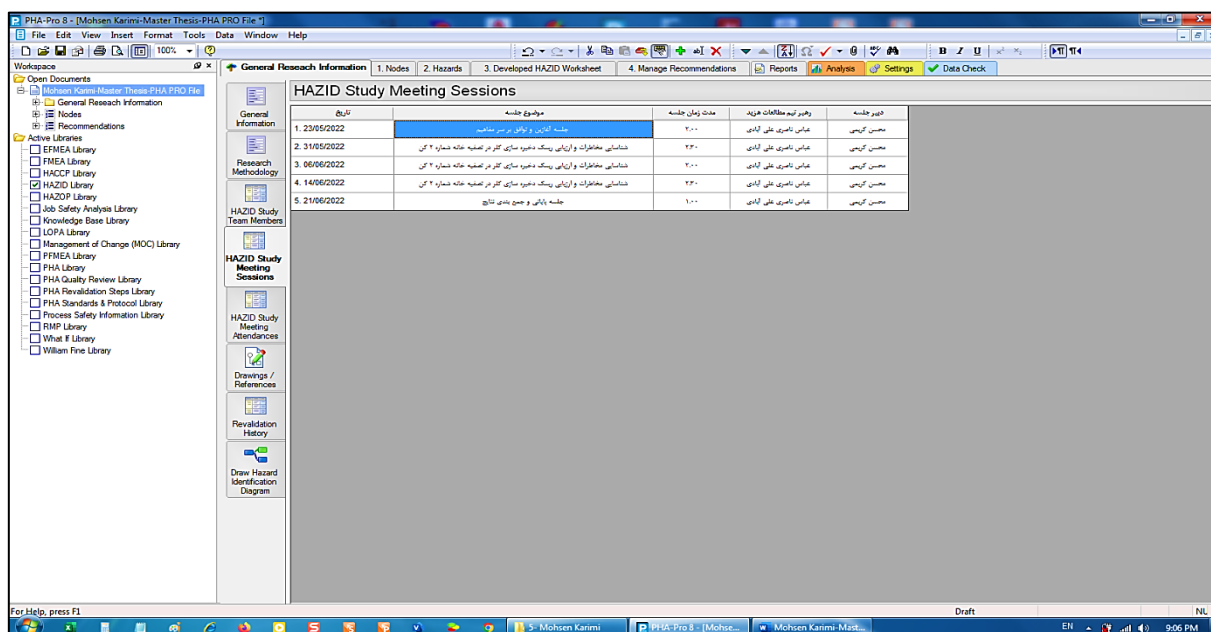
نام	نام خانوادگی	سن	مسلقه کاری	تحصیلات	رده سازمانی	سمت-تیم مطالعات هزید
عباس	ناصری علی آبادی	45	بیست سال	مهندسی عمران - گرایش آب و فاضلاب	مدیر	رهبر تیم مطالعات هزید
محمدرضا	رازقی	40	پانزده سال	مهندسی مکانیک - گرایش جامدات	رئیس	عضو تیم مطالعات هزید
امید	مغای اردکانی	40	دوازده سال	مهندسی مکانیک - گرایش سیالات	سرپرست	عضو تیم مطالعات هزید
امیر	اخوان مغار	35	ده سال	مهندسی شیمی - گرایش فرایند	اپراتور	عضو تیم مطالعات هزید
جعفر	محمدی بزرگانی	35	پنج سال	کارشناسی ایمنی صنعتی	کارشناس ارشد	عضو تیم مطالعات هزید
مصطفی	شکری	32	چهار سال	کارشناس بهداشت حرفه ای	کارشناس بهداشت حرفه ای	عضو تیم مطالعات هزید
محسن	کریمی	30	پنج سال	مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست	کارشناس ایمنی، بهداشت و محیط زیست	عضو تیم مطالعات هزید

شکل (۴-۴) تنظیم اعضای تیم مطالعاتی HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5

<sup>۱</sup> HAZID Study Team Members

#### د) تنظیم جلسات مطالعات HAZID<sup>۱</sup>

جلسات مطالعات HAZID به منظور تبادل نظر و توافق بر سر مفاهیم برگزار شده و مشخص نمودن ورودی های فرآیند، تعیین فعالیت ها، عملیات ها و تجهیزاتی را که در مراحل مختلف پروژه برای انسان، محیط زیست و تجهیزات و در مجموع بر روی شهرت سازمان ایجاد خسارت و جراحت می کنند و استخراج مخاطرات، تهدیدها و علت های تهدید (با استفاده از چک لیست های مشخص شده)، پیامدها و مشخص نمودن لایه های حفاظتی موجود و پیشنهادی می باشد. در کل تعداد ۱۲ جلسه طوفان ذهنی برگزار خواهد گردید. در شکل (۴-۵) تنظیم جلسات مطالعات HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است.



تاریخ	موضوع جلسه	مدت زمان جلسه	رهبر تیم مطالعات هزید	حاضرین
1. 23/05/2022	جلسه آغازین و توافق بر سر مفاهیم	۲.۰۰	عباس ناصری علی آبادی	محسن کریمی
2. 31/05/2022	شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک ذخیره سازی کلر در تصفیه خانه شماره ۲ کن	۲.۳۰	عباس ناصری علی آبادی	محسن کریمی
3. 06/06/2022	شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک ذخیره سازی کلر در تصفیه خانه شماره ۲ کن	۲.۰۰	عباس ناصری علی آبادی	محسن کریمی
4. 14/06/2022	شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک ذخیره سازی کلر در تصفیه خانه شماره ۲ کن	۲.۳۰	عباس ناصری علی آبادی	محسن کریمی
5. 21/06/2022	جلسه پایانی و جمع بندی نتایج	۱.۰۰	عباس ناصری علی آبادی	محسن کریمی

شکل (۴-۵) تنظیم جلسات مطالعات HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5

#### ه) حضور و غیاب نفرات تیم HAZID در خلال مطالعات<sup>۲</sup>

با توجه به جلساتی که در شکل (۴-۵) تنظیم جلسات مطالعات HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5 به آنها اشاره شد، جدولی در خصوص حضور و غیاب نفرات در خلال جلسات تنظیم می گردد. در این جدول با توجه به روز برگزاری جلسات، میزان ساعت حضور نفرات و همچنین حضور نفرات، عدم حضور نفرات و یا حضور موقتی آنها در این برگه ثبت گردیده است.

<sup>1</sup> Sessions

<sup>2</sup> Attendance

اعضا تیم مطالعات هزید	1. 23/05/2022		2. 31/05/2022		3. 06/06/2022		4. 14/06/2022		5. 21/06/2022	
	حضور	غیاب	حضور	غیاب	حضور	غیاب	حضور	غیاب	حضور	غیاب
عباس ناصری علی آبادی	P	2	P	2.5	P	2	P	2.5	P	1
محمدرضا رازقی	P	2	A	0	P	2	Pr	2	P	1
امید صفایی اردکانی	P	2	P	2.5	P	2	P	2	P	1
امیر اخوان سنار	P	2	P	2.5	A	0	P	2	P	1
چندر محمدی بزرگانی	P	2	Pr	2	P	2	A	0	P	1
مصطفی شکوری	P	2	P	2.5	Pr	1	Pr	1	P	1
محسن کریمی	P	2	P	2.5	P	2	P	2.5	P	1

شکل (۴-۶) حضور و غیاب اعضای تیم مطالعاتی HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5

## و) بارگزاری مدارک و مستندات پروژه مطالعاتی<sup>۱</sup>

در این قسمت مستنداتی که در ارتباط با پروژه مطالعاتی می باشد در نرم افزار PHA-Pro 8.5 بارگزاری می شود. این مدارک و مستندات در جلسه اول مطالعات مشخص می شود. این مدارک بعنوان ورودی فرآیند مطالعاتی می باشد که در نمودار (۳-۳) متدولوژی انجام پژوهش نشان داده شد.

## ز) سابقه اعتبار سنجی مجدد<sup>۲</sup>

در این قسمت اعتبار تاریخی در نظر گرفته شده برای زمان مطالعه صحه گذاری می گردد.

## ح) ترسیم نمودار اولویت بندی و متدولوژی انجام مطالعات در نرم افزار<sup>۳</sup>

در مرحله آخر از تنظیمات اطلاعات عمومی در نرم افزار PHA-Pro 8.5 ، نمودار اولویت بندی و متدولوژی انجام

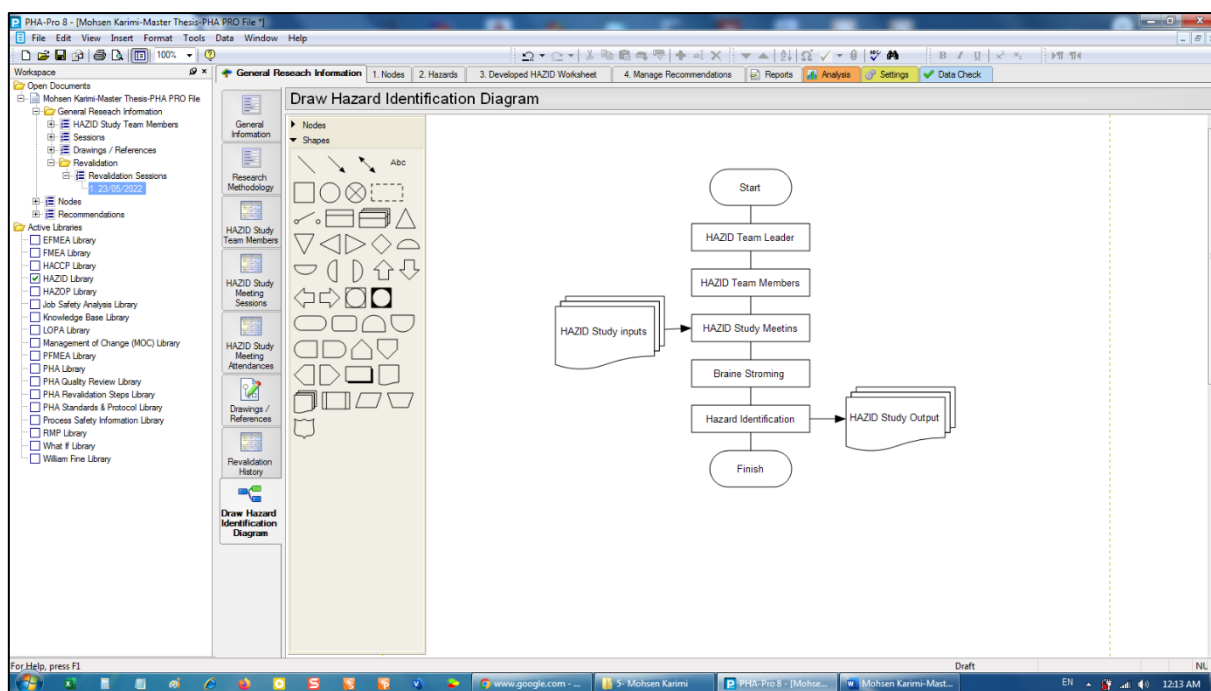
<sup>۱</sup> Drawing and References

<sup>۲</sup> Revalidation History

<sup>۳</sup> Draw Hazard Identification Diagram



پژوهش در نرم افزار مذکور ترسیم می گردد. این نمودار بر اساس نمودار (۳-۴) متدولوژی انجام تکنیک HAZID در فصل سوم از این پژوهش ترسیم شده است.



شکل (۴-۷) ترسیم نمودار اولویت بندی و متدولوژی انجام مطالعات در نرم افزار PHA-Pro 8.5

#### ۴-۲-۲-۴-۳- گره بندی مطالعاتی تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5

با توجه به مطالبی که در فصل سوم در قسمت ۳-۳-۲-۵- متدولوژی انجام مطالعات تکنیک هزید و نمودار (۳-۴) متدولوژی انجام تکنیک HAZID، ذکر گردید، جهت دقت در انجام مطالعات HAZID، فرآیند مطالعه به قسمت های مختلف شکسته شده و مطالعه هزید بر روی آنها انجام می شود. سه روش تداول برای نود بندی و یا گره بندی مطالعاتی وجود دارد، در روش اول قسمت ها و یا عملیات های مهم به تنهایی به عنوان یک نود شناسایی می شوند. در روش دوم می توان چند فعالیت را بعنوان یک نود انتخاب کرد و در روش سوم می توان تمامی فرآیند، فعالیت و یا عملیات را به عنوان یک نود مطالعاتی در نظر گرفت. این مطالعه به دو سمت تقسیم می شود که عبارتند از:

جدول (۴-۲) گره بندی مطالعاتی تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5

ردیف	گره مطالعاتی / Node
۱	عملیات کلر زنی در تصفیه خانه آب شماره دو کن
۲	تعمیر و نگهداری از تجهیزات و تاسیسات

#### ۴-۲-۲-۴-۴- مشخص نمودن مخاطرات در هر گره مطالعاتی

پس از مشخص شدن دو گره مطالعاتی، حال در هر گره بایستی مخاطرات آن گره مشخص شود. جهت انجام تکنیک شناسایی مخاطرات به روش HAZID ابتدا تمامی مخاطراتی را که در مراحل مختلف پروژه برای



انسان، محیط زیست و تجهیزات و در مجموع بر روی شهرت سازمان ایجاد خسارت و جراحت می کنند، شناسایی می شوند. در جدول (۳-۴) مخاطرات مشخص شده در هر نود مطالعاتی در نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است.

جدول (۳-۴) مخاطرات مشخص شده در هر نود مطالعاتی در نرم افزار PHA-Pro 8.5

گره مطالعاتی / Node	مخاطرات / Hazards
عملیات کلرزی	سیلندرها و خطوط تحت فشار با گاز سمی کلر
در تصفیه خانه آب شماره دو کن	تعویض سیلندرها و خالی و جابه جایی آنها با سیلندرها تحت فشار گاز کلر
تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم کلرزی	خارج کردن تجهیزات شناساگر حریق، دود، گاز سمی کلر از مدار اصلی
	عملیات تعمیر و نگهداری بر روی تجهیزات و ادوات کلرزی

#### ۴-۲-۵- طراحی کاربرگ های<sup>۱</sup> تکنیک HAZID در نرم افزار

پس از تعیین مخاطرات، حال بایستی این مخاطرات را در کاربرگ طراحی شده وارد کرد و نسبت به تجزیه و تحلیل آنها اقدام نمود. برای تکمیل برگه های HAZID ابتدا محدوده مطالعاتی را مشخص کرده سپس بسته به اینکه در کدام فاز مطالعاتی و وضعیت عملیاتی قرار دارد بخش ها و طبقه بندی مربوط به آنها از چک لیست HAZID استخراج می گردد. که با استفاده از کلمات راهنمای تعیین شده در آن چک لیست مخاطرات و تهدیدها و پیامدهای هر یک مشخص شده و با روش طوفان ذهنی به امکان وقوع و شدت پیامد ناشی از وقوع رویداد انجام شده که در نهایت رتبه ریسک برای هر یک از کلمات راهنما بدست آمد. در همان جلسات راههای کنترلی نیز تعیین و مورد بحث و تبادل نظر قرار گرفت. که نتایج حاصله در ستون مربوطه در هر یک از برگه های HAZID وارد گردید. پس از این مرحله رتبه ریسک با امکان رخداد و شدت جدید محاسبه می گردد. نتایج حاصله در نهایت در قالب ماتریس ریسک شامل مولفه های امکان وقوع و شدت پیامد ناشی از رویداد ارزیابی می شود و سه سطح حادثه شناسایی شده که می توان از آن در تصمیم گیری جهت ارائه راه کار کنترلی استفاده نمود. در جدول (۴-۴) کاربرگ های طراحی شده در نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است.

جدول (۴-۴) کاربرگ های طراحی شده در نرم افزار PHA-Pro 8.5

رویدادها	علل بروز رویداد	پیامدهای ناشی از بروز رویداد	لایه های حفاظتی موجود	ارزیابی ریسک اولیه			لایه های حفاظتی پیشنهادی			ارزیابی ریسک ثانویه		
				RR	P	S	RR	P	S	RR	P	S

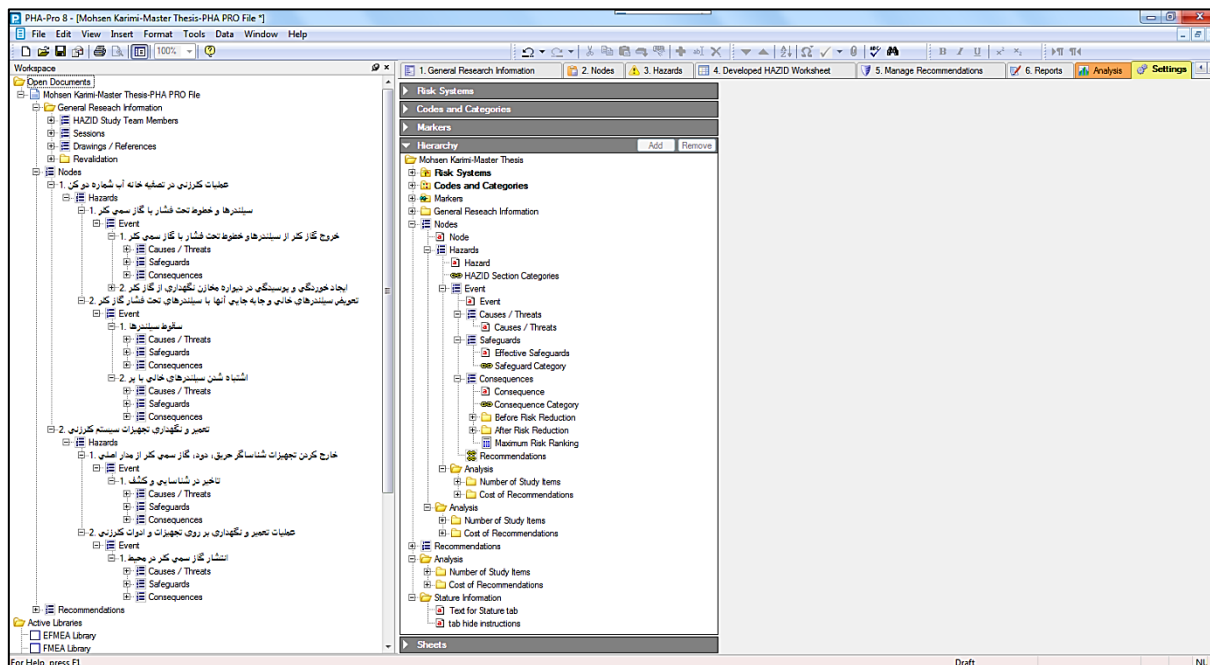
<sup>۱</sup> HAZID Work Sheet on PHA-Pro 8.5

#### ۴-۲-۶-۲-۴-۴ تنظیمات سلسله مراتبی<sup>۱</sup> در نرم افزار PHA-Pro 8.5

یکی از مهمترین موارد و تنظیمات در نرم افزار PHA-Pro 8.5 تنظیم سلسله مراتب انجام مطالعات و اجزاء کاربرگها و در نتایج حاصل از مطالعات می باشد. در این مطالعه مراتب تنظیمات در نرم افزار به ترتیب زیر می باشد.

- ردیف اول: Risk System
  - ردیف دوم: Code and Categories
  - ردیف سوم: Markers
  - ردیف چهارم: General Research Information
    - زیر ردیف ۴-۱: Nodesدر این ردیف نودهای مطالعاتی قرار داده شده است.
  - زیر ردیف ۴-۲: Hazards
  - زیر ردیف ۴-۳: Events
  - زیر ردیف ۴-۴: Cause & Threats
- علل و تهدیدهایی که باعث بروز رویداد می شود. این تهدیدها در واقع عواملی هستند که مخاطره را از حالت بالقوه به بالفعل تبدیل کرده تا رویداد بروز نماید.
- زیر ردیف ۴-۵: Consequences
- در این ردیف پیامدهای ناشی از بروز رویداد مشخص می گردد.
- زیر ردیف ۴-۶: Before Risk Reduction
- این ردیف خود به سه ردیف مجزا برای Severity، Possibility و Risk Reduction تقسیم می شود.
- زیر ردیف ۴-۷: Effect Safeguards
- در این قسمت با توجه به Cause / Threat لایه های حفاظتی بصورت پیشگیرانه و کاهنده معرفی می گردد.
- زیر ردیف ۴-۸: Recommendations
- در این قسمت پیشنهاداتی به منظور کاستن از احتمال بروز رویداد و کاستن از شدت پیامدهای ناشی از بروز رویداد قرار داده می شود.
- زیر ردیف ۴-۹: After Risk Reduction
- در شکل (۴-۸) تنظیم سلسله مراتب مطالعاتی HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است.

<sup>۱</sup> Hierarchy Process



شکل (۴-۸) تنظیم سلسله مراتب مطالعاتی HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5

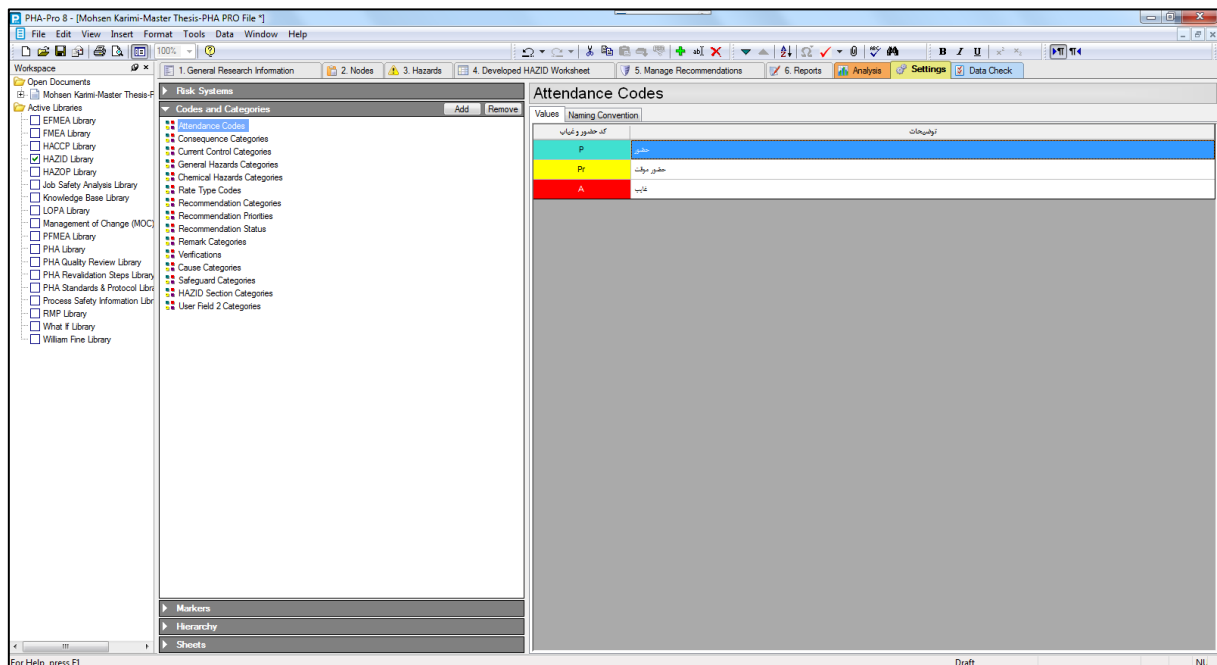
#### ۴-۲-۷- کد گذاری<sup>۱</sup> در نرم افزار PHA-Pro 8.5

در این قسمت کد گذاری برای انجام مطالعات انجام می پذیرد. قسمتهای اولیه قرار گرفته در این قسمت عبارتند از:

- Attendance Codes
- General Hazards Categories
- Chemical Hazards Categories
- Cause Categories
- Cause Categories
- Consequences Categories
- Current Control Categories
- Rate Type Codes
- Safeguard Categories
- Recommendation Categories
- Recommendation Priorities
- Recommendation Status
- Remark Categories
- Verifications
- User Filed 1 Categories
- User Field 2 Categories

بطور نمونه در این مطالعه آیتم Attendance Code جهت حضور و غیاب نفرات در جلسات ارزیابی ریسک به دلخواه تغییر داده شد. در شکل (۴-۹) صفحه کد گذاری در نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است.

<sup>۱</sup> Codes and Categories in PHA-Pro 8.5



شکل (۴-۹) صفحه کد گذاری در نرم افزار PHA-Pro 8.5

#### ۴-۲-۸- تنظیم ماتریس ریسک در نرم افزار PHA-Pro 8.5

جهت تنظیم ماتریس ریسک در نرم افزار PHA-Pro 8.5 در Tab تنظیمات (Setting) ماتریس ریسک (Risk Matrix) رفته و آنرا بر اساس ماتریس ریسک شرکت بین المللی SHELL تغییر می دهیم. در شکل (۴-۱۰) ماتریس ریسک طراحی شده در نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است.

General Matrix									
Severity	Consequence Description				Risk Matrix				
	People	Asset	Environment	Reputation					
0	No Injury	No Damage	No Effect	No Impact	0A	0B	0C	0D	0E
1	Slight Injury	Slight Damage	Slight Effect	Slight Impact	1A	1B	1C	1D	1E
2	Minor Injury	Minor Damage	Minor Effect	Limited Impact	2A	2B	2C	2D	2E
3	Major Injury	Localised Damage	Localised Effect	Considerable Impact	3A	3B	3C	3D	3E
4	Single Fatality	Major Damage	Major Effect	National Impact	4A	4B	4C	4D	4E
5	Multiple Fatalities	Extensive Damage	Massive Effect	International Impact	5A	5B	5C	5D	5E
Possibility Description:					Never Heard in Industry	Has Occurred in industry	incident has occurred in Company	happens several times per year	Happened several times in location
Possibility					A	B	C	D	E

شکل (۴-۱۰) ماتریس ریسک طراحی شده در نرم افزار PHA-Pro 8.5

همانطور که در فصل سوم از این پژوهش در قسمت جدول (۳-۱۷) ماتریس سطوح ریسک (Shell HSE Manual, 1995) توضیح داده شد، این ماتریس یک ماتریس ریسک ۶ در ۵ می باشد. در این ماتریس قسمت مربوط به شدت پیامدهای ناشی از بروز رویداد (Severity) دارای ۶ ردیف در یک ستون می باشد. که ردیف اول آن در حقیقت شبه حوادث<sup>۱</sup> می باشد که اتفاق بروز نموده ولی دارای اثری بر روی عناصر آسیب پذیر نبوده است. در ردیف های بعدی، به سمت عدد بزرگتر، شدت پیامد نیز افزایش پیدا می کند. همچنین در این

<sup>۱</sup> Nearmiss

ماتریس در خصوص پیامدهای ناشی از بروز رویداد نیز، شدت پیامد ناشی از بروز رویداد بر روی چهار موضوع انسان<sup>۱</sup>، محیط زیست<sup>۲</sup>، تجهیزات<sup>۳</sup> و شهرت سازمان<sup>۴</sup> مورد بررسی قرار گرفته و تشریح شده است (Consequence Description). در قسمت امکان بروز رویداد (Possibility) نیز یک ردیف با ۵ سلول در نظر گرفته شده است. در این سلول ها از حرف A تا حرف E به مراتب امکان بروز رویداد افزایش پیدا می کند. همچنین هر کدام از این حروف در خصوص امکان بروز رویداد مورد بررسی قرار گرفته و تشریح شده است (Possibility Description).

#### ۹-۲-۲-۴- خروجی نرم افزار PHA-Pro 8.5

تمامی کاربرگ های تکمیل شده و نتایج حاصل از مطالعات HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5 در ادامه آورده شده است. خروجی حاصل از نرم افزار شامل بر موارد زیر می باشد:

- General Information
- Research Methodology
- Hazid Team Members
- HAZID Study Meeting Sessions
- HAZID Study Meeting Attendances
- HAZID Study Meeting Attendances
- Nodes
- Hazards
- Develop HAZID Worksheet
- Manage Recommendations
- HAZID Study Overview
- Breakdown by Nodes
- Breakdown by Hazards
- Before Risk Reduction Graph
- After Risk Reduction Graph

#### ۱۰-۲-۲-۴- کنترل داده ها در PHA-Pro 8.5

پس از ورود اطلاعات به نرم افزار PHA-Pro 8.5 در مرحله آخر داده ها توسط نرم افزار کنترل شده و اگر خطایی در ورود اطلاعات باشد، مورد بررسی قرار می گیرد. در این مطالعه هیچ خطایی در ورود اطلاعات و داده ها مشاهده نشد.

#### ۳-۲-۴- شناسایی مخاطرات در بستر نرم افزار PHA-PRO 8.5

در جدول (۴-۵) خروجی نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است.

<sup>1</sup> People

<sup>2</sup> Environment

<sup>3</sup> Asset

<sup>4</sup> Reputation

## جدول (۴-۵) خروجی نرم افزار PHA-Pro 8.5

## اطلاعات عمومی مورد مطالعاتی

نام موسسه آموزشی: مؤسسه آموزش عالی غیردولتی غیرانتفاعی انرژی
رشته و مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست
موضوع پژوهش: تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره‌سازی کلر با تکنیک هزید و مدلسازی پیامد رهایش کلر از مخازن نگهداری با استفاده از نرم افزار فست - مطالعه موردی: تصفیه خانه آب
استاد راهنما: دکتر فرشاد هاشم زاده
پژوهشگر: محسن کریمی
شرکت اصلی: شرکت آب و فاضلاب استان تهران
شرکت زیرمجموعه: شرکت آب و فاضلاب غرب استان تهران
مورد مطالعاتی: تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره سازی گاز کلر در سیلندرهای تحت فشار در تصفیه خانه شماره دوکن با استفاده از تکنیک هزید و نرم افزار موقعیت مکانی مورد مطالعاتی: تصفیه خانه شماره دو کن
WWT-Kan: کد مورد مطالعاتی
تاریخ شروع و خاتمه مطالعه
تاریخ شروع مطالعه: 23/05/2022
تاریخ خاتمه مطالعه: 21/06/2022
بازه زمانی مطالعات هزید: یک ماه

## تکنیک و هدف انجام پژوهش

تکنیک مورد استفاده در پژوهش: تکنیک هزید
محدوده مطالعاتی: واحد کلرزنی تصفیه خانه شماره ۲ کن
هدف اصلی پژوهش: تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره‌سازی کلر به روش هزید و مدلسازی پیامد رهایش کلر از مخازن نگهداری با استفاده از نرم افزار فست در تصفیه خانه شماره ۲ کن
اهداف فرعی پژوهش: برگزاری جلسات طوفان ذهنی با حضور کارشناسان صنعت مورد مطالعه
تجزیه تحلیل مخاطره ناشی از نگهداری و ذخیره سازی گاز سمی کلر در تصفیه خانه شماره دو کن
شناسایی پیامدهای ناشی از بروز رویداد رهایش کلر
شناسایی لایه های حفاظتی موجود برای کاهش احتمال بروز رویداد و کاهش شدت پیامد ناشی از بروز رویداد
جمع آوری نظرات کارشناسان در مورد برآورد احتمال وقوع رویداد
جمع آوری نظرات کارشناسان در مورد برآورد شدت پیامد ناشی از رویداد
محاسبه عدد ریسک ناشی از حاصلضرب میزان احتمال وقوع رویداد در میزان شدت پیامد
تجزیه و تحلیل و مدلسازی پیامد ناشی از بروز رویداد رهایش کلر با استفاده از نرم افزار فست
هدف کاربردی پژوهش: این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره‌سازی گاز سمی کلر و مدلسازی پیامد رهایش این ماده سمی در تصفیه‌خانه شماره دو کن انجام شد. از نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان برای سایر تصفیه خانه های مشابه نیز استفاده نمود.
PHA-Pro 8.5: نرم افزار تخصصی مورد استفاده

## اعضا تیم مطالعاتی هزید

سمت-تیم مطالعات هزید	رده سازمانی	تحصیلات	سابقه کاری	سن	نام خانوادگی	نام
رهبر تیم مطالعات هزید	مدیر	مهندسی عمران - گرایش آب و فاضلاب	بیست سال	45	ناصری علی آبادی	عباس
عضو تیم مطالعات هزید	رئیس	مهندسی مکانیک - گرایش جامدات	پانزده سال	40	رازقی	محمدرضا
عضو تیم مطالعات هزید	سرپرست	مهندسی مکانیک - گرایش سیالات	دوزاده سال	40	صفایی اردکانی	امید
عضو تیم مطالعات هزید	اپراتور	مهندسی شیمی - گرایش فرآیند	ده سال	35	اخوان صفار	امیر
عضو تیم مطالعات هزید	کارشناس ارشد	کارشناسی ایمنی صنعتی	پنج سال	35	محمدی برزقانی	جعفر
عضو تیم مطالعات هزید	کارشناس بهداشت حرفه ای	کارشناس بهداشت حرفه ای	چهار سال	32	شکوری	مصطفی
عضو تیم مطالعات هزید	کارشناس ایمنی بهداشت و محیط زیست	مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست	پنج سال	30	کریمی	محسن

## تاریخ برگزاری جلسات مطالعات هزید

دبیر جلسه	رهبر تیم مطالعات هزید	مدت زمان جلسه	موضوع جلسه	تاریخ
محسن کریمی	عباس ناصری علی آبادی	۲.۰۰	جلسه آغازین و توافق بر سر مفاهیم	1. 23/05/2022
محسن کریمی	عباس ناصری علی آبادی	۲.۳۰	شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک ذخیره سازی کلر در تصفیه خانه شماره ۲ کن	2. 31/05/2022
محسن کریمی	عباس ناصری علی آبادی	۲.۰۰	شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک ذخیره سازی کلر در تصفیه خانه شماره ۲ کن	3. 06/06/2022
محسن کریمی	عباس ناصری علی آبادی	۲.۳۰	شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک ذخیره سازی کلر در تصفیه خانه شماره ۲ کن	4. 14/06/2022
محسن کریمی	عباس ناصری علی آبادی	۱.۰۰	جلسه پایانی و جمع بندی نتایج	5. 21/06/2022

## حضور و غیاب برگزاری جلسات

اعضا تیم مطالعات هزید	1. 23/05/2022		2. 31/05/2022		3. 06/06/2022		4. 14/06/2022		5. 21/06/2022	
	حضور و غیاب	میزان حضور	حضور و غیاب	میزان حضور	حضور و غیاب	میزان حضور	حضور و غیاب	میزان حضور	حضور و غیاب	میزان حضور
عباس ناصری علی آبادی	P	2	P	2.5	P	2	P	2.5	P	1
محمدرضا رازقی	P	2	A	0	P	2	Pr	2	P	1
امید صفایی اردکانی	P	2	P	2.5	P	2	P	2	P	1
امیر اخوان صفار	P	2	P	2.5	A	0	P	2	P	1
جعفر محمدی برزقانی	P	2	Pr	2	P	2	A	0	P	1
مصطفی شکوری	P	2	P	2.5	Pr	1	Pr	1	P	1
محسن کریمی	P	2	P	2.5	P	2	P	2.5	P	1

## 1. Revalidation History

تاریخ شروع مطالعات هزید	تاریخ خاتمه مطالعات هزید	توضیحات
23/05/2022	21/06/2022	

## 2. Nodes

گره مطالعاتی
عملیات کلرزی در تصفیه خانه آب شماره دو کن
تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم کلرزی

## 3. Hazards

Node: ۱۰. عملیات کلرزی در تصفیه خانه آب شماره دو کن

مخاطرات	تجزیه و تحلیل				
	رویدادها	علل بروز رویداد	پیامدها	لایه های حفاظتی موجود	لایه های حفاظتی پیشنهادی
سیلندرها و خطوط تحت فشار با گاز سمی کلر	۲	۱۰	۴	۵	۹
تعویض سیلندره‌های خالی و جابه جایی آنها با سیلندره‌های تحت فشار گاز کلر	۲	۳	۲	۲	۴

Node: ۲۰. تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم کلرزی

مخاطرات	تجزیه و تحلیل				
	رویدادها	علل بروز رویداد	پیامدها	لایه های حفاظتی موجود	لایه های حفاظتی پیشنهادی
خارج کردن تجهیزات شناساگر حریق، دود، گاز سمی کلر از مدار اصلی	۱	۲	۱	۱	۳
عملیات تعمیر و نگهداری بر روی تجهیزات و ادوات کلرزی	۱	۳	۳	۲	۲

## 4. Developed HAZID Worksheet

Node: ۱۰. عملیات کلرزی در تصفیه خانه آب شماره دو کن

Hazard: ۱۰. سیلندرها و خطوط تحت فشار با گاز سمی کلر

ارزیابی ریسک ثانویه			لایه های حفاظتی پیشنهادی	ارزیابی ریسک اولیه			لایه های حفاظتی موجود	پیامدهای ناشی از بروز رویداد	علل بروز رویداد	رویدادها
RR	P	S		RR	P	S				
3C	C	3	تهیه و طراحی دستورالعمل بازرسی از تجهیزات و ادوات کلرزی در تصفیه خانه شماره دو کن	4D	D	4	تعمیرات تجهیزات و ادوات بر حسب لزوم و در هنگام بروز مشکل و مشاهده نقص در سیستم کلرزی	مسمومیت و مرگ نفرات		خروج گاز کلر از سیلندرها و خطوط تحت فشار با گاز سمی کلر خطای انسانی
4C	C	4	تهیه و طراحی دستورالعمل و برنامه منظم تعمیرات و نگهداری از تجهیزات و ادوات کلرزی در تصفیه خانه شماره دو کن	3D	D	3	بازرسی منظم از تجهیزات و ادوات شامل بر مخازن، لوله بازرسی های بر حسب ضرورت انجام می شود.	متوقف شدن عملیات تصفیه آب	خوردگی و پوسیدگی در دیواره مخازن و لوله های مسیر کلرزی	



عملیات کلرزی در تصفیه خانه آب شماره دو کن ۱: Node:

Hazard: سیلندرها و خطوط تحت فشار با گاز سمی کلر ۱:

رویدادها	علل بروز رویداد	پیامدهای ناشی از بروز رویداد	لایه های حفاظتی موجود	ارزیابی ریسک اولیه			لایه های حفاظتی پیشنهادی	ارزیابی ریسک ثانویه		
				RR	P	S		RR	P	S
	نقص و خرابی در بست ها و واشرهای آبندی	مخدوش شدن شهرت سازمان	محل قرارگیری سیلندرها و سیستم انتقال گاز کلر به محل کلرزی خارج محدوده تردد ماشین آلات می باشد که این موضوع خطر برخورد ماشین آلات و ایجاد خسارت را به سفر می رساند.	4	D	4D	طراحی و استقرار سیستم های شناساگر آنلاین به منظور کشف و شناسایی هرگونه نشتی گاز سمی کلر از سیستم کلرزی آموزش منظم، برنامه ریزی شده و مستمر به کارکنان به منظور ارتقاء سیستم نظارت دائمی و محافظت از سیلندرها و لوله در برابر برخورد اشیاء عایق کاری سقف و بدنه اتاق استقرار سیلندرها به منظور کنترل دمایی بهتر	3	B	3B
	نداشتن برنامه منظم تعمیرات و نگهداری از تجهیزات و ادوات									
	عدم بازرسی منظم و برنامه ریزی شده از تجهیزات و ادوات									
	بالا رفتن فشار غیرعادی مخازن									
	سوراخ شدن دیواره سیلندرها و لوله ها ناشی از برخورد اشیاء با آنها									
ایجاد خوردگی و پوسیدگی در دیواره مخازن نگهداری از گاز کلر	ضربه به دیواره مخازن و ایجاد خراش و رنگ پریدگی در دیواره سیلندهای حاوی گاز کلر	سوراخ شدگی در دیواره سیلندرها و خروج گاز از آنها	سیلندرها و لوله های حاوی گاز سمی کلر در اتاق مجزا قرار دارند محل قرارگیری سیلندرها و سیستم انتقال گاز کلر به محل کلرزی خارج محدوده تردد ماشین آلات می باشد که این موضوع خطر برخورد ماشین آلات و ایجاد خسارت را به سفر می رساند.	5	B	5B	محافظت از سیلندرها و لوله های تحت فشار حاوی گاز سمی گاز با ایجاد موانع فیزیکی به منظور کاهش احتمال وارد آمدن ضربه و ایجاد خسارت در آنها سطح قرارگیری تمامی مخازن بایستی بالاتر از سطح زمین باشد تا رطوبت به دیواره مخازن نرسد. تمامی لوله ها بایستی دارای عایق محافظتی باشند.	4	A	4A
	محیط مرطوب									
	محیط خورنده									

عملیات کلرزی در تصفیه خانه آب شماره دو کن ۱: Node:

Hazard: تعویض سیلندرها و جابه جایی آنها با سیلندرها و تحت فشار گاز کلر ۲: Hazard:

رویدادها	علل بروز رویداد	پیامدهای ناشی از بروز رویداد	لایه های حفاظتی موجود	ارزیابی ریسک اولیه			لایه های حفاظتی پیشنهادی	ارزیابی ریسک ثانویه		
				RR	P	S		RR	P	S
سقوط سیلندرها	استفاده از وسایل باربرداری نالایمن	ضربه به سیلندر و شیر سیلندر و احتمال خروج گاز سمی کلر	بازرسی چشمی از تجهیزات باربرداری در هنگام باربرداری سیلندرها و تحت فشار	5	C	5C	تهیه و طراحی دستورالعمل و برنامه منظم تعمیرات و نگهداری از تجهیزات و ادوات باربرداری در تصفیه خانه شماره دو کن تهیه و طراحی دستورالعمل بازرسی از تجهیزات و ادوات باربرداری در تصفیه خانه شماره دو کن اجرای سیستم کدگذاری رنگی (کالر کدینگ) برای تمامی تجهیزات باربرداری به منظور حصول اطمینان از سلامت فنی تجهیزات مورد استفاده	4	B	4B
	خطای اپراتور									
اشتباه شدن سیلندرها و خالی با پر	عدم مشخص نمودن سیلندرها و خالی به وسیله پرچسب	توقف در فرآیند تصفیه آب در تصفیه خانه شماره ۲ کن	برای تفکیک سیلندرها و خالی از پر تنها با ضربه زدن به آنها استفاده می شود.	3	C	3C	استفاده از سیستم کد گذاری و پرچسب گذاری برای جداسازی سیلندرها و پر از سیلندرها و خالی	2	B	2B

عملیات کلرزی در تصفیه خانه آب شماره دو کن. Node: ۱۰

Hazard: سیلندرها و خطوط تحت فشار با گاز سمی کلر. ۱۰

ارزیابی ریسک ثانویه	لایه های حفاظتی پیشنهادی		ارزیابی ریسک اولیه			لایه های حفاظتی موجود	پیامدهای ناشی از بروز رویداد	علل بروز رویداد	رویدادها
			RR	P	S				

تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم کلرزی. Node: ۲۰

Hazard: خارج کردن تجهیزات شناساگر حریق، دود، گاز سمی کلر از مدار اصلی. ۱۰

ارزیابی ریسک ثانویه			ارزیابی ریسک اولیه			لایه های حفاظتی موجود	پیامدهای ناشی از بروز رویداد	علل بروز رویداد	رویدادها
RR	P	S							
3C	C	3	4D	D	4	استفاده از دستگاه های گازسنج دستی	مسمومیت و مرگ نفرات	انجام فعالیتهای تعمیرات بر روی تجهیزات و اجبار به از مدار خارج کردن تجهیزات شناساگر و کاشف خروج گاز از سیستم کلرزی و عدم شناسایی و کشف آ»	تأخیر در شناسایی و کشف
			تهیه و طراحی دستورالعمل و برنامه منظم تعمیرات و نگهداری از تجهیزات و ادوات کلرزی در تصفیه خانه شماره دو کن						
			آموزش منظم، برنامه ریزی شده و مستمر به کارکنان به منظور ارتقاء سیستم						
			تهیه و طراحی سیستم مجوز کار						

تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم کلرزی. Node: ۲۰

Hazard: عملیات تعمیر و نگهداری بر روی تجهیزات و ادوات کلرزی. ۲۰

ارزیابی ریسک ثانویه	لایه های حفاظتی پیشنهادی		ارزیابی ریسک اولیه			لایه های حفاظتی موجود	پیامدهای ناشی از بروز رویداد	علل بروز رویداد	رویدادها
			RR	P	S				
4C	C	4	4D	D	4	تعمیرات تجهیزات و ادوات بر حسب لزوم و در هنگام بروز مشکل و مشاهده نقص در سیستم کلرزی	مسمومیت و مرگ نفرات	باز نمودن مسیرهای پرفشار بدون تخلیه فشار ناشی از گاز کلر در آنها	انتشار گاز سمی کلر در محیط
3C	C	3	3D	D	3	حصول اطمینان از برطرف شدن نشتی ها و عدم وجود نشتی با محلول صابون و آب	متوقف شدن عملیات تصفیه آب	شکسته شدن لوله ها و یا شیرها	شکسته شدن لوله ها و یا شیرها
3C	C	3	4D	D	4	مخدوش شدن شهرت سازمان	عدم اطمینان از برطرف شدن نشتی در مسیر لوله ها، شیرها و فلنج ها	عدم اطمینان از برطرف شدن نشتی در مسیر لوله ها، شیرها و فلنج ها	

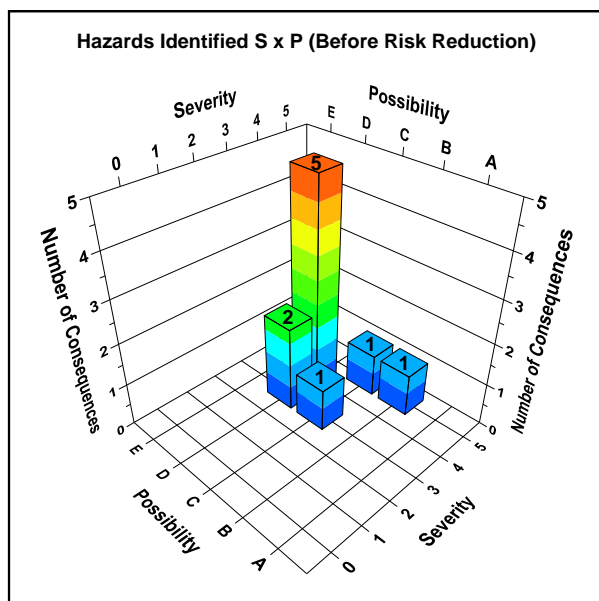
## HAZID Study Overview Breakdown by Nodes

تجزیه و تحلیل						گره های مطالعاتی
مخاطرات	رویدادها	علل بروز رویداد	پیامدهای ناشی از بروز رویداد	لایه های حفاظتی پیشنهادی	لایه های حفاظتی پیشنهادی	
۲	۴	۱۳	۶	۷	۱۳	عملیات کلرزی در تصفیه خانه آب شماره دو کن
۲	۲	۵	۴	۳	۵	تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم کلرزی

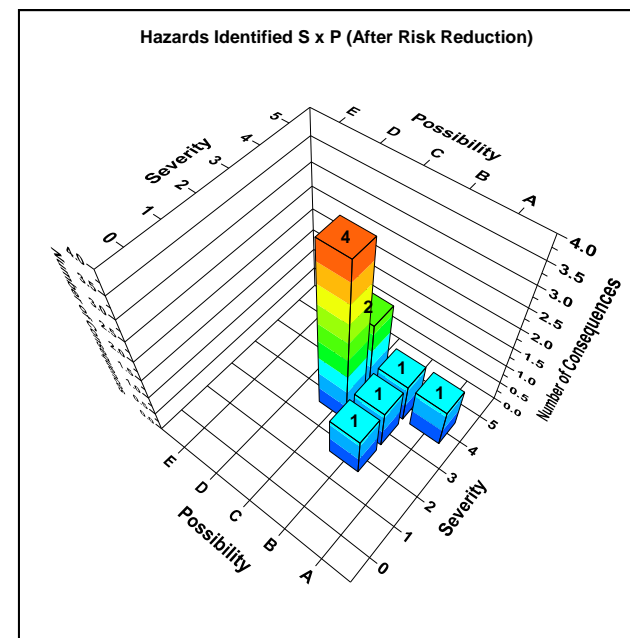
## Breakdown by Hazard

گره های مطالعاتی	تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده						مخاطرات	تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده				
	مخاطرات	رویدادها	علل بروز رویداد	پیامدها	لایه های حفاظتی موجود	لایه های حفاظتی پیشنهادی		رویدادها	علل بروز رویداد	پیامدها	لایه های حفاظتی موجود	لایه های حفاظتی پیشنهادی
عملیات کلرزی در تصفیه خانه آب شماره دو کن	۲	۴	۱۳	۶	۷	۱۳	سیلندرها و خطوط تحت فشار با گاز سمی کلر	۲	۱۰	۴	۵	۹
							تعویض سیلندرهایی خالی و جابه جایی آنها با سیلندرهایی تحت فشار گاز کلر	۲	۳	۲	۲	۴
تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم کلرزی	۲	۲	۵	۴	۳	۵	خارج کردن تجهیزات شناساگر حریق، دود، گاز سمی کلر از مدار اصلی	۱	۲	۱	۱	۳
							عملیات تعمیر و نگهداری بر روی تجهیزات و ادوات کلرزی	۱	۳	۳	۲	۲

## نمودار ارزیابی ریسک اولیه



## نمودار ارزیابی ریسک ثانویه



### ۳-۴- مدل سازی پیامد رهاش گاز سمی کلر با استفاده از نرم افزار PHAST 8.22

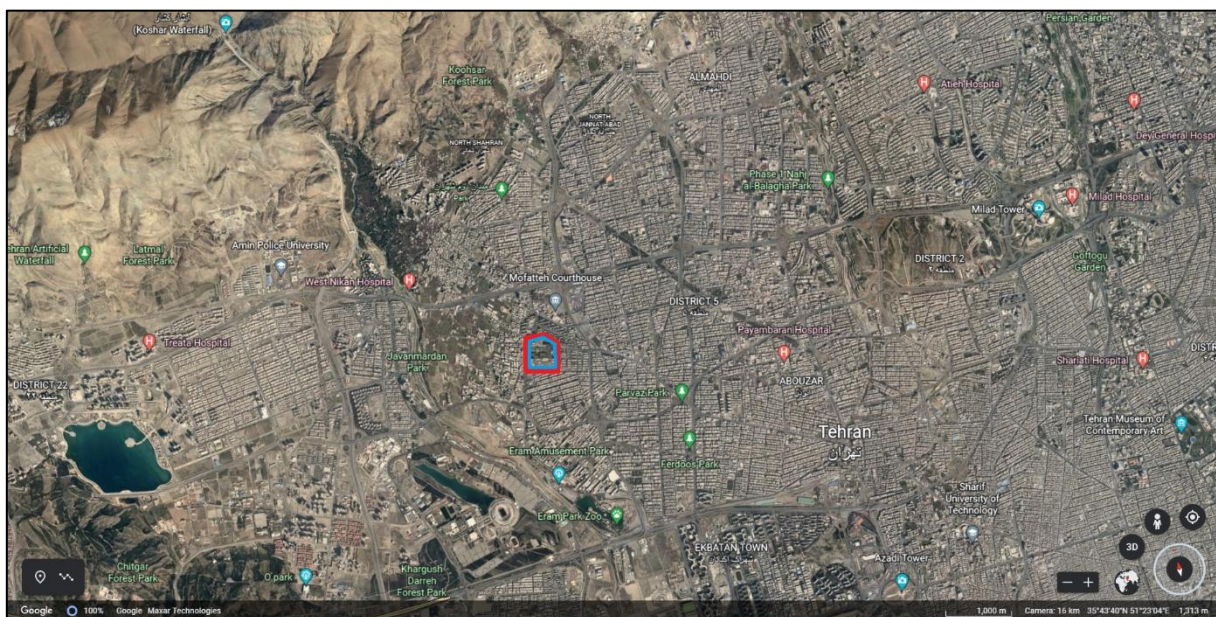
همانطور که در جدول (۴-۵) خروجی نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است یکی از مهمترین موارد ایمنی در تصفیه خانه های آب و فاضلاب، احتمال رهاش ناخواسته گاز کلر در محیط می باشد. آزاد شدن گاز کلر باعث بروز آسیب به نفرات و پرسنل خواهد شد لذا در ادامه این مطالعه، به بررسی شدت پیامد ناشی از بروز رویداد رهاش گاز سمی کلر از سیلندر تحت فشار با توجه به سناریوهای احتمالی، پرداخته شد.

به منظور مدل سازی پیامد با کمک نرم افزار PHAST 8.22 مراحل ذیل طی شده است. این مراحل عبارتند از:

- وارد کردن نقشه جغرافیایی محل مورد مطالعه، مقیاس بندی و تنظیمات تجهیز بر روی نقشه
- تعریف ماده (گاز سمی کلر) به نرم افزار PHAST 8.22 و قرار دادن تجهیز مورد نظر (سیلندر ۱۰۰۰ کیلوگرمی تحت فشار گاز سمی کلر) بر روی نقشه جغرافیایی
- تعریف سناریوهای بروز رویداد
- تنظیم شرایط آب و هوایی که رویداد در آن شرایط احتمال بروز دارد.
- انتخاب حالت حل مساله
- تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از مدل سازی پیامد و تفسیر آنها

### ۴-۳-۱- وارد کردن نقشه به نرم افزار، مقیاس بندی نقشه و قرار دادن مخزن رسیور بر روی آن

تصفیه خانه آب شماره ۲ کن در بلوار آیت الله کاشانی در محدوده منطقه ۵ شهرداری تهران واقع شده است. در این پژوهش جهت دریافت نقشه، مشخص نمودن تصفیه خانه آب مورد مطالعه و جانمایی تجهیز (مخزن تحت فشار گاز سمی کلر) از نرم افزار اینترنتی Google Earth-2022 استفاده شده است. در تصویر زیر شمایی کلی منطقه ۵ تهران و جانمایی تصفیه خانه آب بر روی آن نشان داده شده است.



شکل (۴-۱۱) منطقه ۵ شهرداری تهران و جانمایی تصفیه خانه آب شماره ۲ کن در این منطقه



در شکل (۴-۱۲) نمای هوایی تصفیه خانه شماره ۲ کن در منطقه ۵ شهرداری تهران نشان داده شده است.



شکل (۴-۱۲) نمای هوایی تصفیه خانه شماره ۲ کن در منطقه ۵ شهرداری تهران

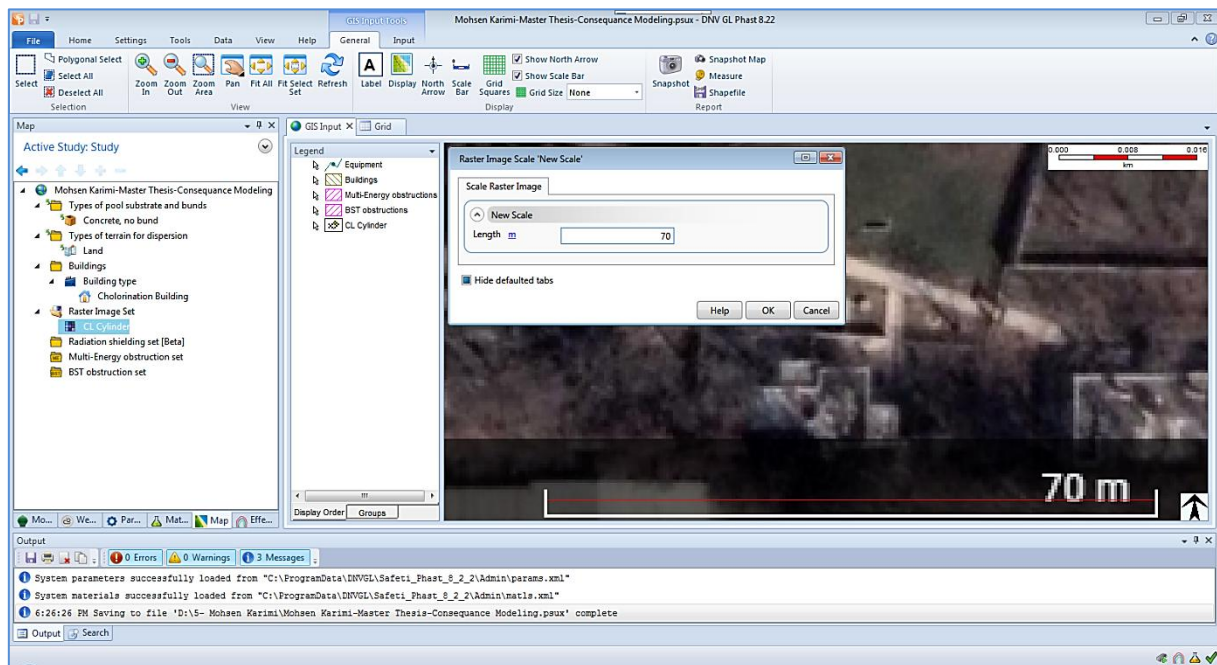


شکل (۴-۱۳) ساختمان نگهداری سیلندر گاز سمی کلر در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن

پس از دریافت نقشه مورد نظر، مقیاس بندی بر اساس مقیاس بندی خود نرم افزار Google Earth-2022 انجام پذیرفت. مقیاس بندی در شکل (۴-۱۴) مقیاس بندی نقشه هوایی تصفیه خانه آب شماره ۲ کن در نرم افزار PHAST 8.22 نشان داده شده است.

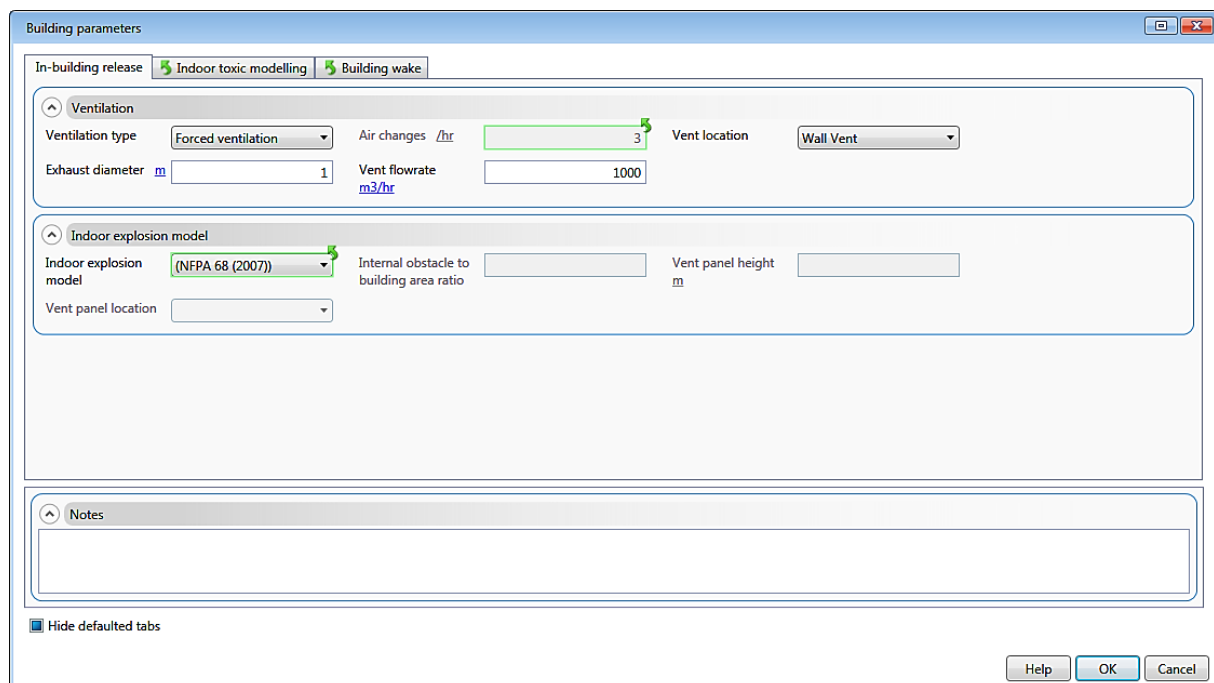
کلیه مراحل وارد کردن نقشه مورد نظر در نرم افزار PHAST 8.22 در زیر نشان داده شده است.

Map ⇒ Raster Image ⇒ Right Click ⇒ Insert ⇒ Raster Image ⇒ Path ⇒ Browse ⇒ Select Pic ⇒ Insert ⇒ Drag ⇒ Right Click ⇒ Set Scale ⇒ Scale Bar ⇒ Fit All



شکل (۴-۱۴) مقیاس بندی نقشه هوایی تصفیه خانه آب شماره ۲ کن در نرم افزار PHAST 8.22

سیلندرهای در ساختمان قرار دارد که دارای تهویه در سقف می باشد. با توجه به مشخصات فن دمنده هوا کارگزاری شده در این ساختمان، نرخ تخلیه هوا از داخل ساختمان  $1000 \frac{m^3}{hr}$  در نظر گرفته شده است.



شکل (۴-۱۵) جانمایی ساختمان کلرزی بر روی نقشه در نرم افزار PHAST 8.22

پس از قراردادن نقشه و مقیاس بندی آن در نرم افزار PHAST 8.22 در ابتدا نوع ساختمان را بر روی نقشه مورد نظر قرار می دهیم. برای قرارگیری ساختمان مورد نظر مسیر زیر در نرم افزار طی می شود.

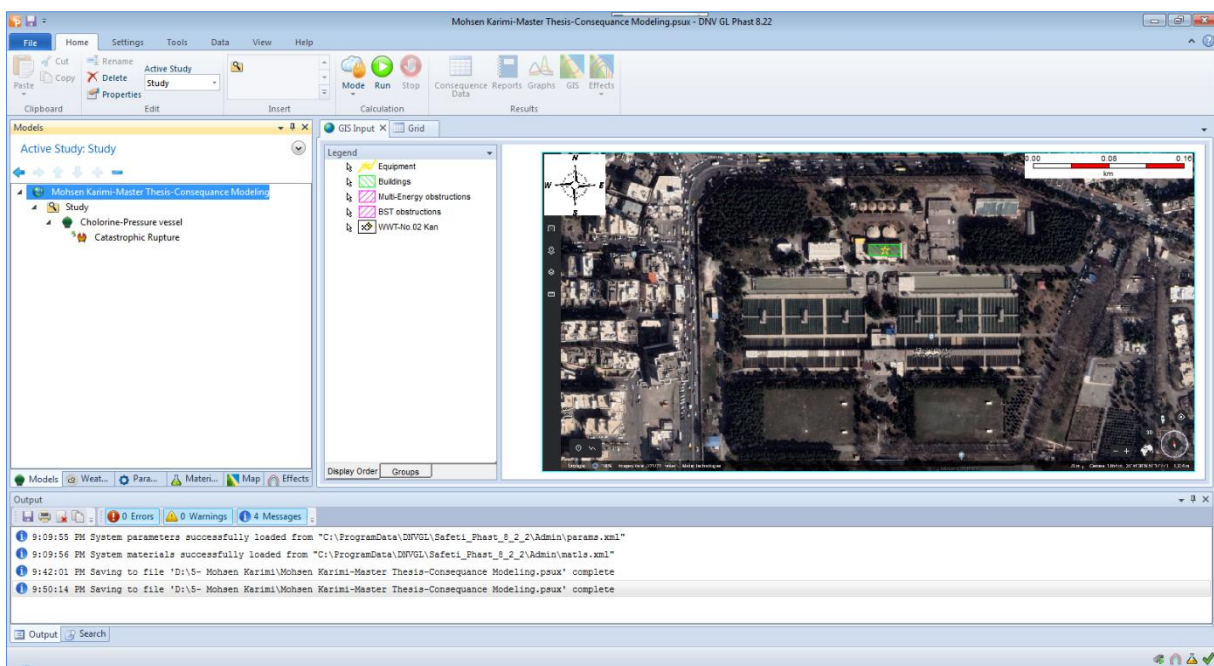
Home ⇒ Map ⇒ Buildings ⇒ Building Type ⇒ Chlorination Building



پس از معرفی نقشه، تجهیز مورد نظر که همان سیلندر ۱۰۰۰ کیلوگرمی حاوی گاز سمی کلر می باشد بر روی نقشه قرار داده شد. در نقشه بالا محل قرارگیری مخزن با علامت ستاره ★ نشان داده شده است. سپس تجهیز مورد مطالعه (سیلندر ۱۰۰۰ کیلوگرمی تحت فشار گاز سمی کلر) بر روی نقشه تعریف شده، جانمایی شود. جهت جانمایی تجهیز مسیر زیر بایستی طی شود.

Setting ⇒ Insert Equipment on GIS ⇒ Models ⇒ Study ⇒ Insert ⇒ Pressure Vessel ⇒ Insert Pressure Vessel on WWT No.02 CL Cylinder-Map

با توجه به اینکه در این مطالعه تجهیز مورد مطالعه، سیلندر گاز تحت فشار کلر می باشد از مدل Pressure Vessel استفاده می گردد.



شکل (۴-۱۶) جانمایی ساختمان کلرزی و سیلندر ۱۰۰۰ کیلوگرمی کلر بر روی نقشه در نرم افزار PHAST 8.22

#### ۴-۳-۲- تعریف ماده به نرم افزار PHAST 8.22

پس از قراردادن نقشه، مقیاس بندی و قراردادن سیلندر گاز کلر در نرم افزار PHAST 8.22، در این مرحله ماده سمی کلر بعنوان مورد مطالعاتی به نرم افزار معرفی می گردد. مشخصات ماده معرفی شده در جدول (۴-۶) خصوصیات ماده معرفی شده نرم افزار آورده شده است.

جدول (۴-۶) خصوصیات ماده معرفی شده نرم افزار PHAST 8.22

ماده	خصوصیات بارز	حالت ماده	فشار (Bar)	دما $C^{\circ}$	میزان ماده ذخیره شده
کلر	سمیت	مایع تحت فشار درون سیلندر با فشار بخار اشباع	میانگین فشار بین ۳ تا ۷ بار بسته به دمای محیط 5.75 Bar/gauge	19.82 $C^{\circ}$	0.8 m <sup>3</sup> 800 Lit

مشخصات اشاره شده در جدول بالا، از طریق مسیر زیر به نرم افزار PHAST 8.22 وارد می گردد.

Models ⇒ Chlorine-Pressure vessel ⇒ Double Click ⇒ Material Tab (Chlorine / 5.75 Bar)  
⇒ Phase ⇒ Dispersion Tab

با توجه به اینکه گاز سمی کلر تحت فشار و به صورت مایع در سیلندرها ذخیره سازی می گردد

- Specific Condition: Bubble Point
- Temperature: 19.82 C
- Concentration of Interest: 1 ppm
- Average Time for concentration of interest: Toxic

با توجه به اینکه مخزن در داخل ساختمان قرار داده شده است قرارگیری مخزن ریسور در داخل ساختمان بایستی در نرم افزار تعریف گردد. لذا برای تعریف ساختمان طراحی شده از مسیر زیر استفاده می شود.

Models ⇒ Chlorine-Pressure Cylinder ⇒ Double Click ⇒ Bund, Building and Terrain ⇒ Building Definitions ⇒ ☒ Specify a Release Building

#### ۳-۳-۴- تعریف سناریو بروز رویداد<sup>۱</sup>

برای تعریف سناریو در این مطالعه، از دو سناریو به شرح زیر استفاده شده است:

- رهاش ناگهانی (Catastrophic Rupture)

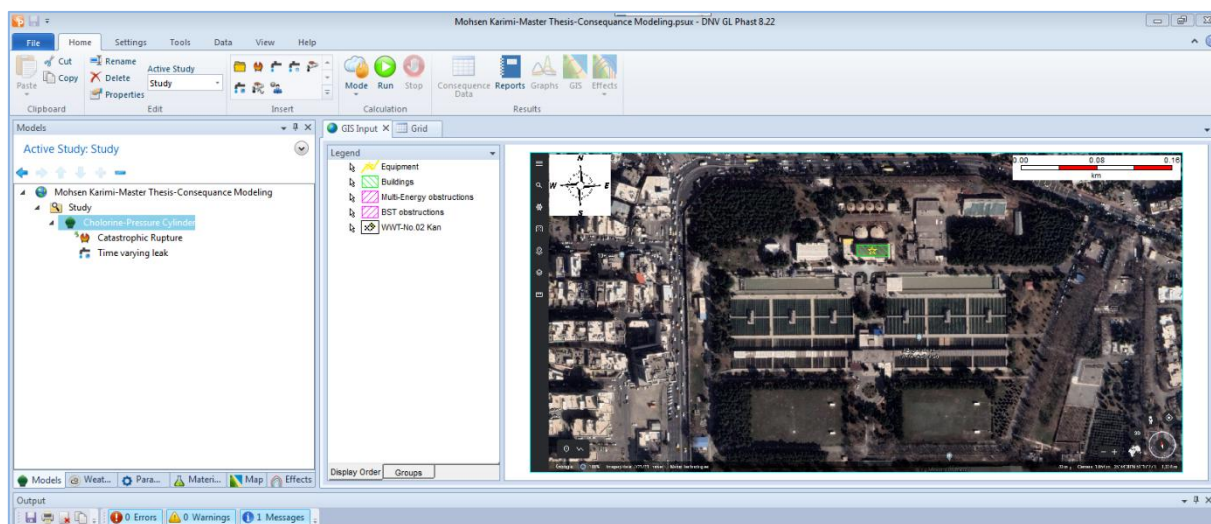
در این سناریو رهاش محتویات یکی از سیلندرهایی کلر در تصفیه خانه شماره ۲ کن، به صورت یکباره و با فشار داخل سیلندر (5.75 Bar) صورت می گیرد و کل محتویات داخل سیلندر به بیرون از مخزن پرتاب می گردد. برای وارد کردن این سناریو به نرم افزار PHAST 8.22 مسیر زیر طی می شود:

Models ⇒ Study (Mohsen Karimi-Master Thesis-Consequence Modeling) ⇒ Chlorine - Pressure Cylinder ⇒ Right Click ⇒ Insert ⇒ Catastrophic Rupture

- نشت تابع زمان (Time Varying Leak)

در این سناریو رهاش گاز سمی از لوله های انتقال دهنده گاز کلر تا محل کلرزی و یا از بدنه یا شیر سیلندر تحت فشار سیلندر کلر تابعی از زمان بوده و خروج سیال کلر از سیلندر تحت فشار با کم شدن فشار کاهش می یابد. برای وارد کردن این سناریو به نرم افزار PHAST 8.22 مسیر زیر طی می شود:

Models ⇒ Study (Mohsen Karimi-Master Thesis-Consequence Modeling) ⇒ Chlorine - Pressure Cylinder ⇒ Right Click ⇒ Insert ⇒ Time Varying Leak



شکل (۴-۱۷) تعریف سناریو Catastrophic Rupture و Time Varying Leak در مدل سازی پیامد رهاش گاز کلر

<sup>۱</sup> Events Scenarios



#### ۴-۳-۴- تعیین سناریوهای آب و هوایی<sup>۱</sup> در نرم افزار PHAST 8.22

برای انجام مطالعات پیامد ناشی از رهاش کلر از سیلندرهای تحت فشار در تصفیه خانه شماره ۲ کن بایستی به نرم افزار PHAST سناریوهای آب و هوایی منطقه مورد مطالعه (منطقه ۵ شهرداری تهران- بلوار آیت الله کاشانی) معرفی شود. لذا لازم است تا ویژگی های آب و هوایی منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گیرد.

#### ۴-۳-۴-۱- اقلیم شناسی استان تهران

نواحی مختلف استان تهران به علت موقعیت ویژه جغرافیایی، آب و هوای متفاوتی شکل گرفته است. سه عامل جغرافیایی در ساخت کلی اقلیم استان تهران نقش مؤثری دارند:

- کویر یا دشت کویر

مناطق خشکی مانند دشت قزوین، کویر قم و مناطق خشک استان سمنان که مجاور استان تهران قرار دارند، از عوامل منفی تأثیرگذار بر آب و هوای استان تهران هستند و موجب گرما و خشکی هوا، همراه با گرد و غبار می شوند.

- مناطق مرتفع رشته کوه های البرز

رشته کوه های البرز در اطراف تهران موجب تعدیل آب و هوایی می شود.

- بادهای مرطوب و باران زای غربی

این بادهای نقش مؤثری در تعدیل گرمای سوزان بخش کویری دارند، ولی تأثیر آن را خنثی نمی کنند. با توجه به سه عامل تأثیرگذار فوق الذکر، استان تهران را می توان به سه بخش اقلیمی زیر تقسیم کرد:

- اقلیم ارتفاعات شمالی

اقلیم ارتفاعات شمالی بر دامنه های جنوبی، بلندی های البرز مرکزی، در ارتفاعی بالای ۳۰۰۰ متر قرار گرفته و آب و هوایی مرطوب و نیمه مرطوب و سردسیر با زمستان های بسیار سرد و طولانی دارد. بارزترین نقاط این اقلیم، دماوند، فیروزکوه، کلون بستک (در لواسانات) و توچال است.

- اقلیم کوهپایه یی

اقلیم کوهپایه یی در ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته و دارای آب و هوایی نیمه مرطوب و سردسیر و زمستان هایی به نسبت طولانی است. آبدلی، شهرستان فیروزکوه، شهرستان دماوند، لواسانات (شامل شهر لواسان، دهستان لواسان بزرگ، دهستان لواسان کوچک، منطقه حفاظت شده ورجین، دشت لار و سد لتیان)، همچنین سد امیرکبیر و دره طالقان در این اقلیم قرار دارند.

- اقلیم نیمه خشک و خشک

با زمستان های کوتاه و تابستان های گرم، در ارتفاعات کمتر از ۲۰۰۰ متر واقع شده است. هر چه ارتفاع کاهش می یابد، خشکی محیط نیز بیشتر می شود. ورامین، شهریار و جنوب شهرستان کرج در این اقلیم قرار گرفته اند.

استان تهران در مرز شرایط آب و هوایی بری و اقیانوسی قرار گرفته و تمایل آن به موقعیت بری بیشتر از وضعیت اقیانوسی است، لذا آب و هوای استان تهران در مناطق کوهستانی دارای شرایط آب و هوای معتدل و

<sup>۱</sup> Weather Scenarios

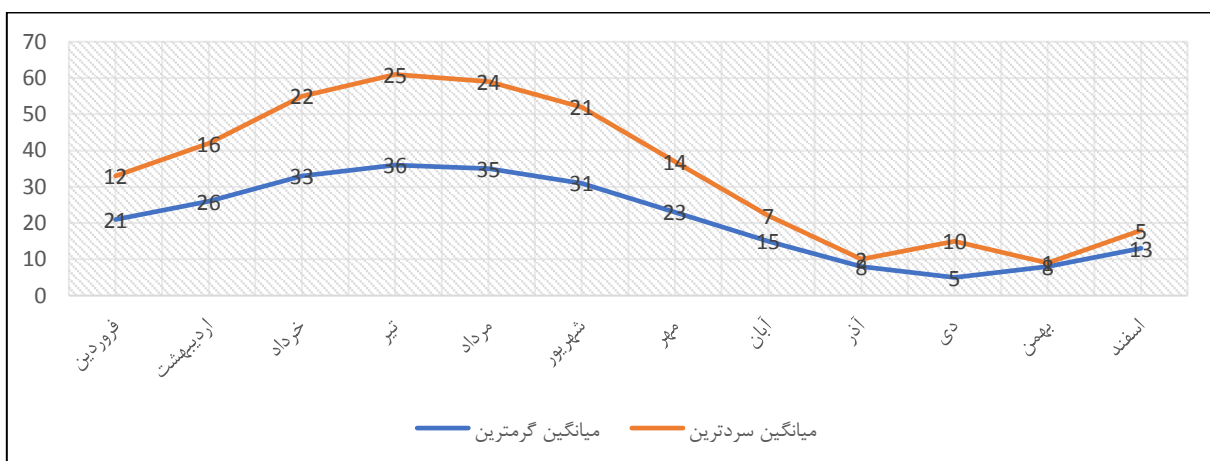
در مناطق دشت، دارای شرایط آب و هوایی نیمه بیابانی می باشد.

### • میانگین دما در استان تهران

میانگین دمای تهران ۱۷ درجه سانتیگراد است این میانگین به ۲۲/۶ درجه در تابستان و در زمستان به ۱۱/۵ درجه سانتیگراد می رسد. حداکثر حداقل دما ۴۴ درجه در تابستان و ۱۴/۸ درجه سانتیگراد زیر صفر در زمستان است. در جدول (۷-۴) بررسی ۱۰ ساله دمای استان تهران از ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ نشان داده شده است.

جدول (۷-۴) بررسی ۱۰ ساله دمای استان تهران از ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰

ماه	میانگین گرمترین	میانگین سردترین	گرمترین	سردترین	میانگین گرمترین	میانگین سردترین	گرمترین	سردترین	میانگین گرمترین	میانگین سردترین	گرمترین	سردترین
فروردین	۲۵	۱۷	۲۱	۱۳	۲۱	۱۷	۲۱	۱۳	۲۱	۱۷	۲۱	۱۳
اردیبهشت	۲۵	۱۷	۲۱	۱۳	۲۱	۱۷	۲۱	۱۳	۲۱	۱۷	۲۱	۱۳
خرداد	۳۱	۲۳	۳۷	۱۱	۳۱	۲۳	۳۷	۱۱	۳۱	۲۳	۳۷	۱۱
تیر	۴۰	۳۵	۴۲	۱۲	۴۰	۳۵	۴۲	۱۲	۴۰	۳۵	۴۲	۱۲
مرداد	۴۰	۳۳	۴۰	۲۲	۴۰	۳۳	۴۰	۲۲	۴۰	۳۳	۴۰	۲۲
شهریور	۳۶	۲۶	۳۶	۱۶	۳۶	۲۶	۳۶	۱۶	۳۶	۲۶	۳۶	۱۶
مهر	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲
آبان	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲
آذر	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲
دی	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲
بهمن	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲
اسفند	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲	۳۰	۲۱	۳۰	۱۲

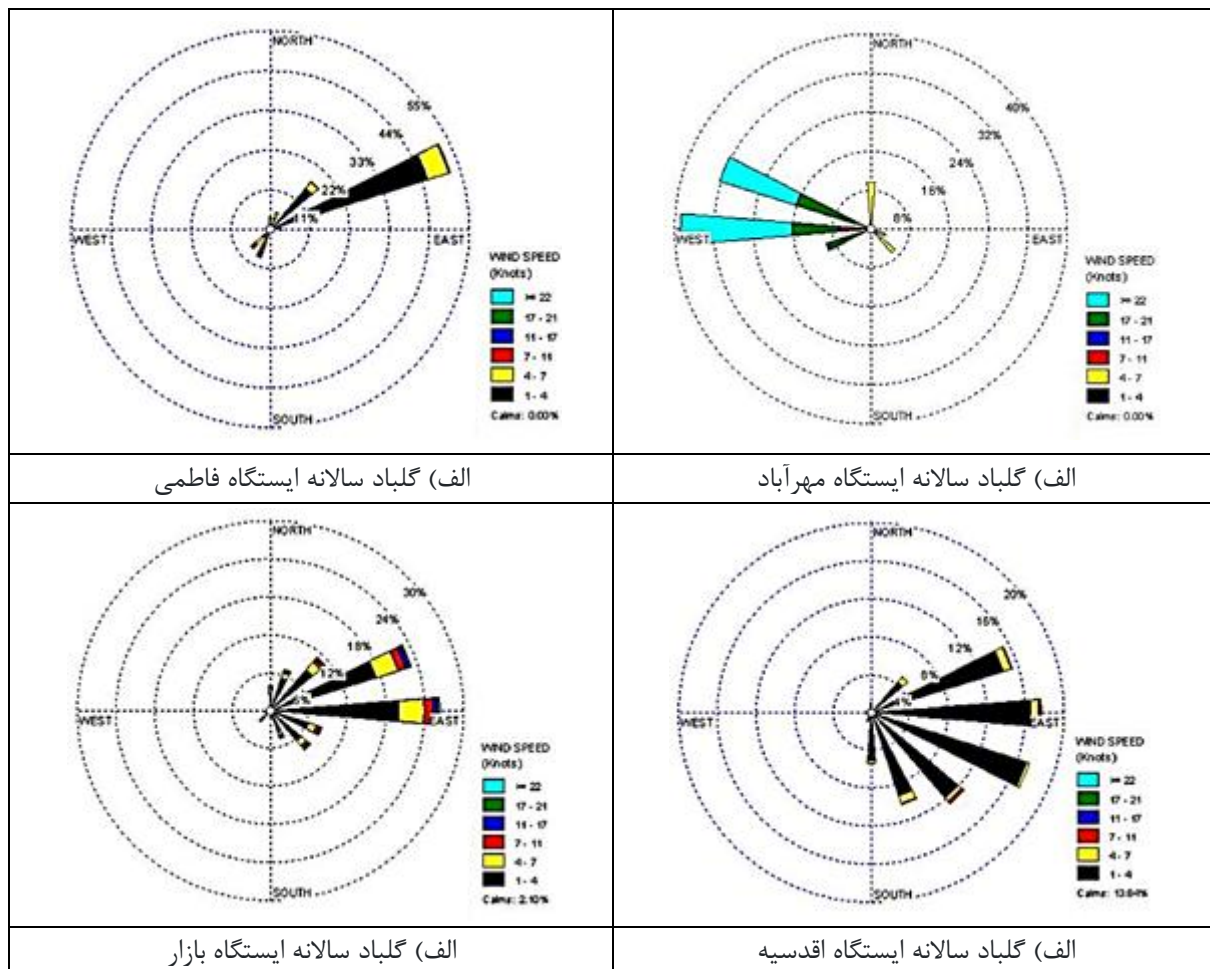


نمودار (۷-۴) میانگین گرمترین و سردترین روزهای سال در استان تهران

### • سرعت و جهت باد غالب در استان تهران

باد غالب در استان تهران بادهای غربی است. هرگاه این بادهای غربی را از تهران خارج می کنند البته امتداد کوه های البرز که در میان تهران و کرج واقع شده، تا حدود زیادی بادهای غربی را به سمت شهریار منحرف می سازد و مانع از تخلیه کامل آلودگی می شود (مگر آن که شدت باد زیاد باشد). پس از باد غربی مهم ترین باد در فصل تابستان از سمت جنوب و از داخل کویر به سمت شهر تهران می وزد و هنگام وزش، موجب انتقال گرمای هوای کویر و حمل گرد و غبار به سمت شهرهای استان می شود. جریان هوای دیگری که در محدوده استان تهران می وزد، نسیم کوه به دشت و برعکس (دشت به کوه) است. این بادهای ملایم و آرام می وزند و قدرت پراکنده نمودن مواد آلاینده را ندارند فقط می توانند در ساعات روز که باد از دشت به کوه می وزد، این مواد را با خود به طرف شمال تهران منتقل نمایند. مواد آلاینده پس از برخورد با

کوه های بخش شمالی استان، در آنجا می مانند و شب ها با وزش نسیم کوه به سمت دشت، از شمال به جنوب سرازیر می شوند. در شکل (۴-۱۸) گلباد استان تهران در ایستگاه های مختلف نشان داده شده است.



شکل (۴-۱۸) گلباد استان تهران در ایستگاه های مختلف

با توجه به مطالب عنوان شده برای فصول مختلف سال سرعت و جهت وزش باد غالب بصورت جدول زیر در نظر گرفته شده است.

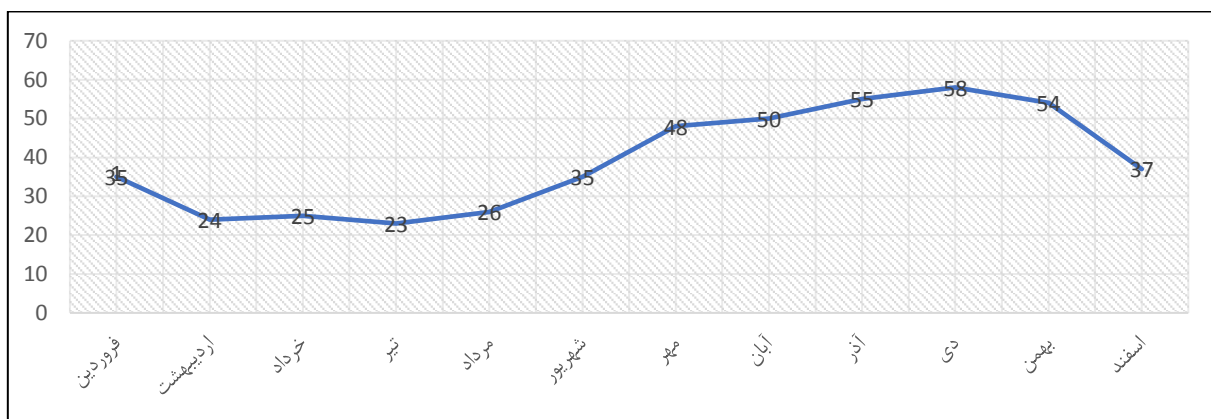
جدول (۴-۸) بررسی سرعت و جهت باد غالب در استان تهران - منطقه ۵ شهرداری تهران (تصفیه خانه شماره ۲ کن)

زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
شمال غرب به جنوب شرق	شمال غرب به جنوب شرق	جنوب غرب به شمال شرق	غرب به شرق	جهت وزش باد غالب
۵	۴/۵	۲/۵	۳/۵	سرعت وزش باد m/s

#### • میانگین رطوبت نسبی هوای تهران

منظور از رطوبت هوا، مقدار آبی است که به صورت بخار در هوا وجود دارد. بخار آب از طریق تبخیر آب سطح اقیانوس ها و دریاها، همچنین سطوح مرطوبی چون گیاهان وارد هوا می شود. این بخار آب به وسیله جریان

هوا و باد به بقیه قسمت های سطوح زمین منتقل می شود. هرچه هوا گرم تر باشد، بخار آب بیشتری را در خود نگه می دارد. حداکثر میزان رطوبت هوا در نواحی خط استواست که با حرکت به طرف قطبین کاهش می یابد. بر اساس داده های ۳۰ ساله ایستگاه سینوپتیک تهران، متوسط بارندگی سالیانه در استان ۲۶۳/۹ میلی متر است. با توجه به شرایط توپوگرافی خاص استان تهران میزان بارندگی در مناطق شمالی به دلیل کوهستانی بودن بیشتر از سایر نقاط است بطوریکه بر اساس آمار دراز مدت، میانگین بارندگی سالانه هومند آب سرد ۳۳۱/۵ میلیمتر و تجریش ۴۲۲/۶ میلیمتر می باشد. در مناطقی جنوبی استان نیز به دلیل شرایط خاص منطقه که پایین ترین ارتفاع از سطح دریا را داراست و هم جوارری با کویر مرکزی، کمترین میزان بارندگی نازل می شود بطوریکه مقدار آن در ایستگاه ابردژ در جنوب ورامین ۱۲۶/۳ میلیمتر در سال و در امین آباد شهر ری ۲۰۱/۷ میلیمتر می باشد.



نمودار (۲-۴) میانگین رطوبت نسبی در استان تهران

جدول (۹-۴) بررسی میزان بارش و رطوبت نسبی استان تهران

توضیحات	ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
بارش mm	۳۳	۱۵	۳	۲	۲	۳	۲۵	۱۰	۲۵	۴۳	۳۸	۳۸	۳۸
میانگین رطوبت نسبی	۲۸٪	۲۸٪	۲۸٪	۴۸٪	۴۸٪	۴۸٪	۴۸٪	۴۸٪	۴۸٪	۴۸٪	۴۸٪	۴۸٪	۴۸٪

### • تابش آفتاب

بطور متوسط سالیانه بین ۲۸۰ تا ۳۰۰ (حدوداً ۱۰ ماه) روز آفتابی در استان تهران وجود دارد. زاویه تابش آفتاب در تهران در روز اول تیر ۷۸ درجه و در روز اول دی ۳۲ درجه است. میزان تابش نور خورشید باتوجه به فصول مختلف سال متفاوت می باشد.

جدول (۱۰-۴) بررسی میزان تابش نور خورشید بر حسب کیلووات بر متر مربع در استان تهران

زمستان	پاییز	تابستان	بهار	میانگین تابش خورشید $kw/m^2$
۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۵۵	۰/۴۵	

#### ۴-۳-۴-۲- جمع بندی آیت های سناریوهای آب و هوایی

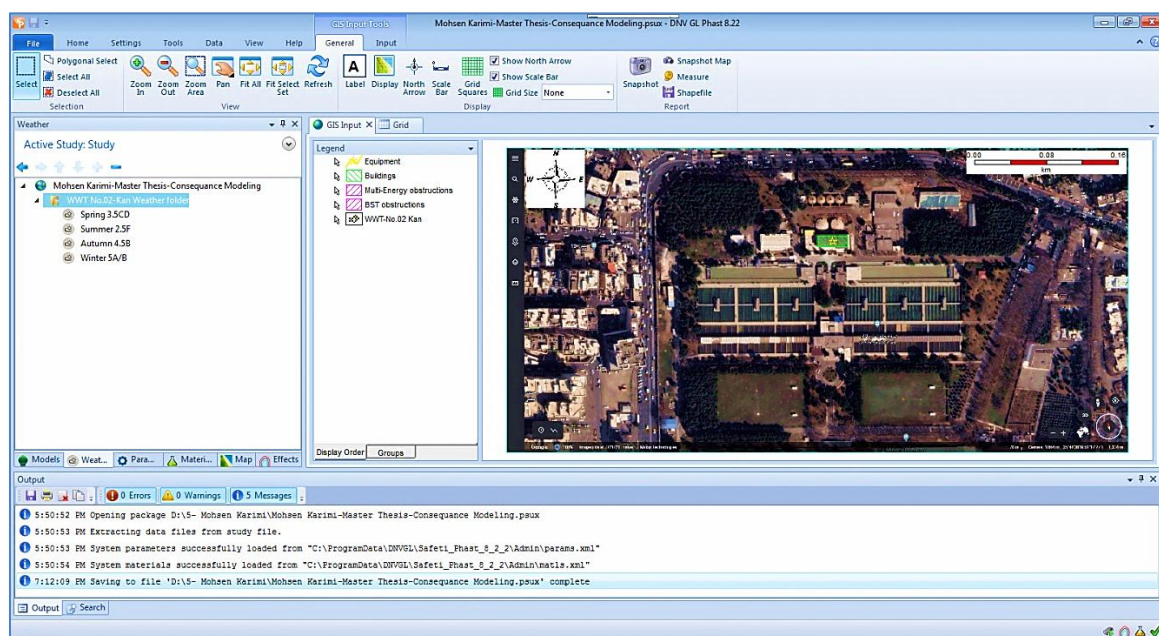
با توجه به مطالب ارائه شده در بالا، مشخصات و ویژگی های آب و هوایی شهر نظرآباد عبارت است از:

- بیشترین درصد فراوانی سرعت بادهای شهر تهران در منطقه ۵ شهرداری تهران با سرعت ۵/۵ - ۴ (نات) می وزند. جهت باد غالب غرب به شرق و میانگین سرعت آن ۵ متر بر ثانیه می باشد.
  - رطوبت نسبی در شهر تهران در منطقه ۵ شهرداری تهران در فصل بهار ۱۵٪، در فصل تابستان ۱۰٪، در فصل پاییز ۱۰٪ و در فصل زمستان در حدود ۷۵٪ می باشد.
  - گرم ترین ماه سال تیر ماه و سردترین ماه سال دی ماه است. متوسط گرم ترین روز در تیر ماه ۲۸/۹ درجه سانتیگراد و متوسط دما در دی ماه ۵/۷- درجه سانتیگراد است.
- در این مطالعه شرایط آب و هوایی برای چهار فصل بهار، تابستان، زمستان و پاییز لحاظ شده است. که به قرار جدول (۴-۱۱) شرایط آب و هوایی در نظر گرفته شده برای مدل سازی پیامد رهائش می باشد.

جدول (۴-۱۱) شرایط آب و هوایی در نظر گرفته شده برای مدل سازی پیامد رهائش کلر در تصفیه خانه شماره ۲ کن

CAT.	فصول سال	میانگین دما $C^{\circ}$	میانگین رطوبت %	سرعت وزش باد $m/s$	جهت وزش باد	تابش نور خورشید $kw/m^2$
3.5CD	بهار	26.00 $C^{\circ}$	28%	۳/۵	270°	۰/۴۵
4.5 F	تابستان	31.50 $C^{\circ}$	28%	۲/۵	225°	۰/۵۵
4.5 B	پاییز	16.67 $C^{\circ}$	48.33%	۴/۵	45°	۰/۳۸
5 A/B	زمستان	13.50 $C^{\circ}$	49.67%	۵	45°	۰/۳۲

در شکل (۴-۱۹) تنظیم چهار سناریو آب و هوایی در منطقه ۵ شهرداری تهران - تصفیه خانه شماره ۲ کن نشان داده شده است.



شکل (۴-۱۹) تنظیم چهار سناریو آب و هوایی در منطقه ۵ شهرداری تهران - تصفیه خانه شماره ۲ کن

#### ۴-۳-۵- انتخاب حالت حل مساله

جهت مدلسازی پیامد بایستی حالتی که نرم افزار براساس آنها فرضیات مساله را حل می کند مشخص شود. در نرم افزار PHAST 8.22 سه حالت مختلف برای حل مساله در نظر گرفته شده است:

- Discharge
- Consequence
- Effect

#### ۴-۳-۶- تفسیر نتایج حاصل از مدلسازی با نرم افزار PHAST 8.22

با توجه به اینکه گاز کلر رها شده در محیط تنها دارای خطر سمیت می باشد لذا نتایج تنها بر اساس سمیت این ماده دریافت گردید. به چند روش می توان سمیت را مورد مطالعه قرار دارد. این موارد عبارتند از:

- ERPG: Emergency Response Planning Guidelines
- IDLH: Immediately Dangerous to Life or Health
- STEL: Short-Term Exposure Limit
- TLV: Threshold Limit Value
- TWA: Time weighted Average

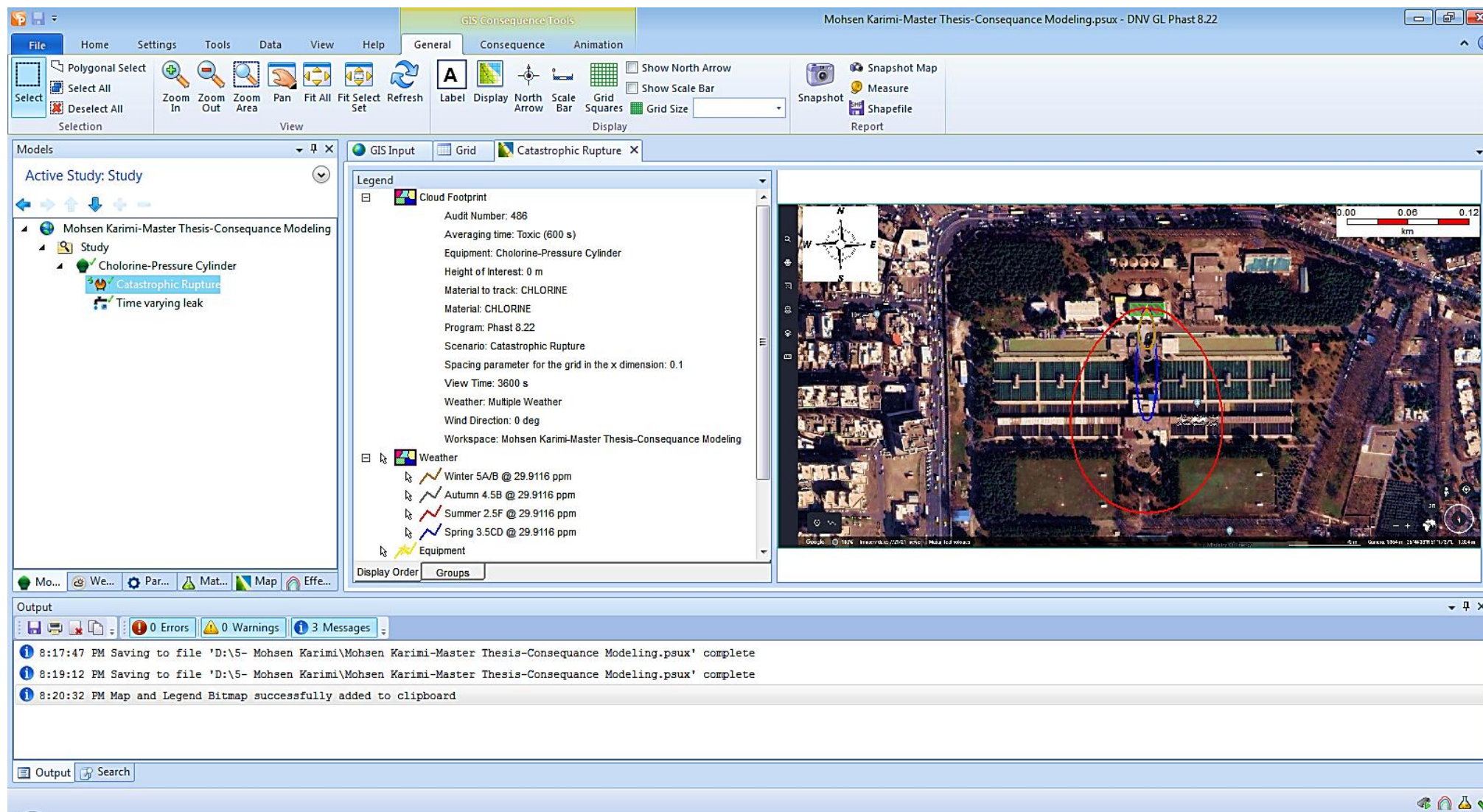
در ERPG سه سطح برای آسیب رسانی به انسان ناشی از سمیت آمونیاک وجود دارد. در جدول (۴-۱۲) سطوح سمیت برای نشان داده شده است.

جدول (۴-۱۲) سطوح سمیت برای گاز سمی کلر بر اساس ERPG

غلظت	تأثیرات	سطوح
۱ PPM	بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هوای محیط است که همه افراد می توانند به مدت یک ساعت در معرض آن قرار گیرند بدون این که مزاحمتی برای آن ها ایجاد کند یا بوی ناخوشایندی داشته باشد. بر اساس این تعریف یک شخص عادی می تواند این میزان از غلظت ماده سمی را به مدت یک ساعت تحمل کند و دچار مشکل خاصی نشود.	ERPG-1
۳ PPM	بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هوای محیط است که همه افراد می توانند به مدت یک ساعت در معرض آن قرار گیرند بدون این که آسیبی جدی ببینند که آن ها را از انجام دادن اقدامات ایمنی باز دارد. این سطح از غلظت، توانایی افراد را در انجام اقدامات ایمنی در هنگام نشت مواد سمی، معیار قرار داده است و بر این اساس یک شخص می تواند این غلظت را به مدت یک ساعت تحمل کند بدون این که ماده سمی اثری بر بدن شخص بگذارد (مثلاً سرگیجه شدید) که نتواند به راحتی از محل دور شود یا مثلاً ماسک ضد گاز را بر صورت خود بگذارد.	ERPG-2
۲۰ PPM	بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هوای محیط است که همه افراد می توانند به مدت یک ساعت در معرض آن قرار گیرند بدون این که صدمات جانی به افراد وارد کند. این سطح از غلظت، آسیب های ناشی از مواد سمی که می تواند باعث فوت افراد شود را معیار قرار داده است و مقدار آن از دو سطح قبلی بیشتر است.	ERPG-3

با توجه به مطالب ارائه شده در جدول بالا، در مطالعه پیش رو برای حل مساله از سه معیار بالا استفاده گردیده است. در شکل (۴-۲۰) حل مساله مدلسازی رهائش ماده سمی کلر در نرم افزار PHAST 8.22 با دو سناریو گسست ناگهانی و نشت بر حسب زمان در چهار سناریو آب و هوایی در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن نشان داده شده است.



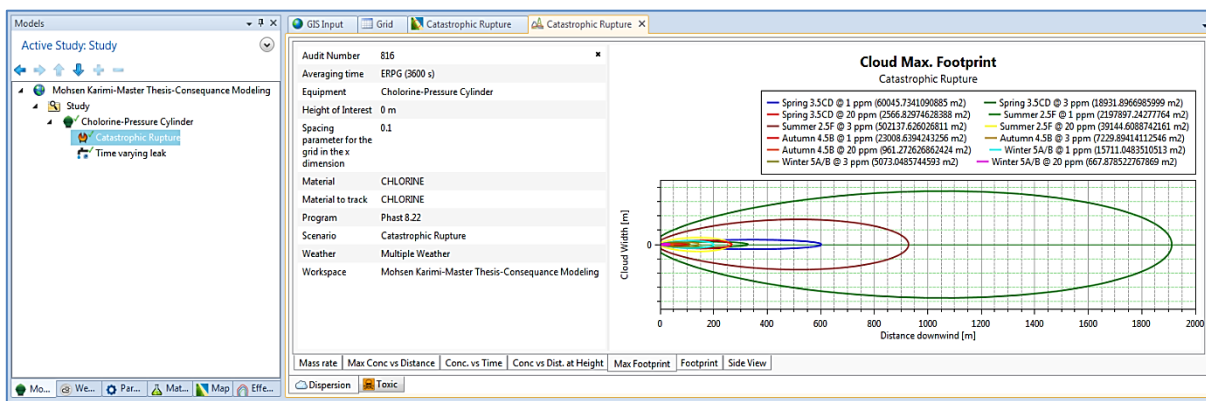


شکل (۴-۲۰) حل مساله مدل‌سازی رهائش ماده سمی کلر در نرم‌افزار PHAST 8.22 با دو سناریو گسست ناگهانی و نشت بر حسب زمان در چهار سناریو آب و هوایی در تصفیه‌خانه آب شماره ۲ کن

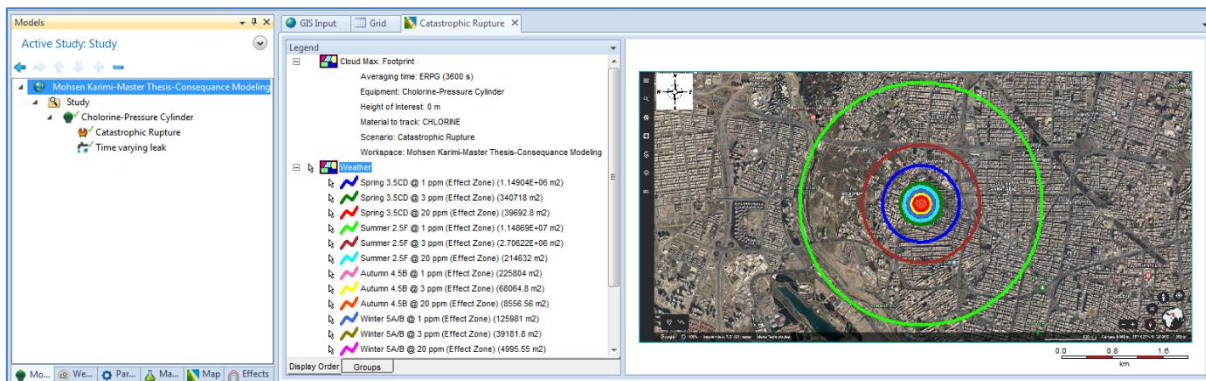
#### ۴-۳-۷- تفسیر نتایج حاصل از مدل سازی پیامد رهائش ماده سمی کلر از سیلندر تحت فشار

##### ۴-۳-۷-۱- بررسی انتشار ماده سمی کلر

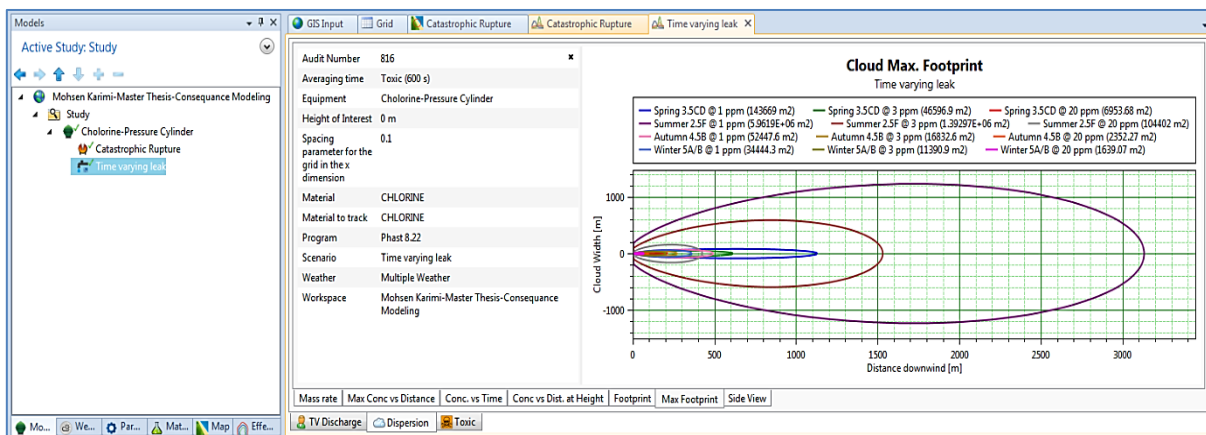
همانطور که در شکل های زیر نشان داده شده است، انتشار گاز سمی کلر در حالت Maximum Concentration Footprint در دو سناریو Catastrophic Rupture و Time Varying Leak بر اساس سه سطح ERPG-1، ERPG-2 و ERPG-3 در غلظت های ۱ ppm، ۳ ppm و ۲۰ ppm مورد بررسی قرار گرفت.



شکل (۴-۲۱) بررسی Max Concentration Foot Print در سناریو Catastrophic Rupture بر اساس سطوح ERPG

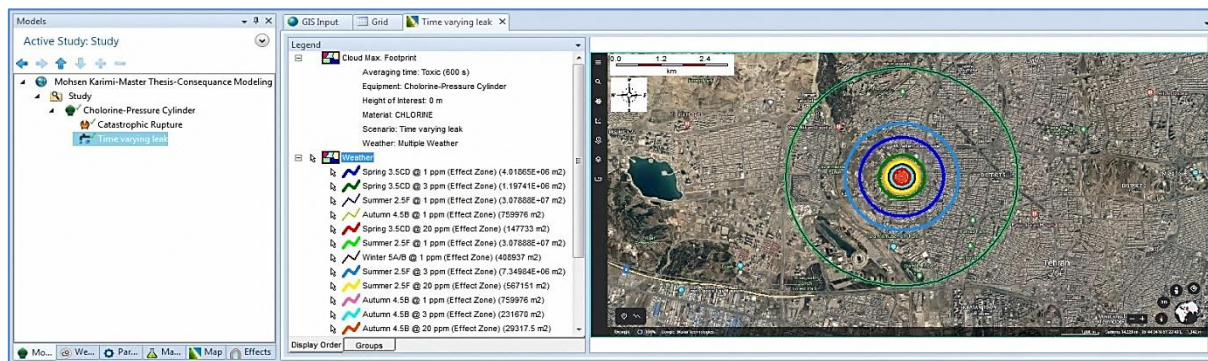


شکل (۴-۲۲) بررسی Max Concentration در سناریو Catastrophic Rupture بر اساس سطوح ERPG در GIS



شکل (۴-۲۳) بررسی Max Concentration در سناریو Time Varying Leak بر اساس سطوح ERPG



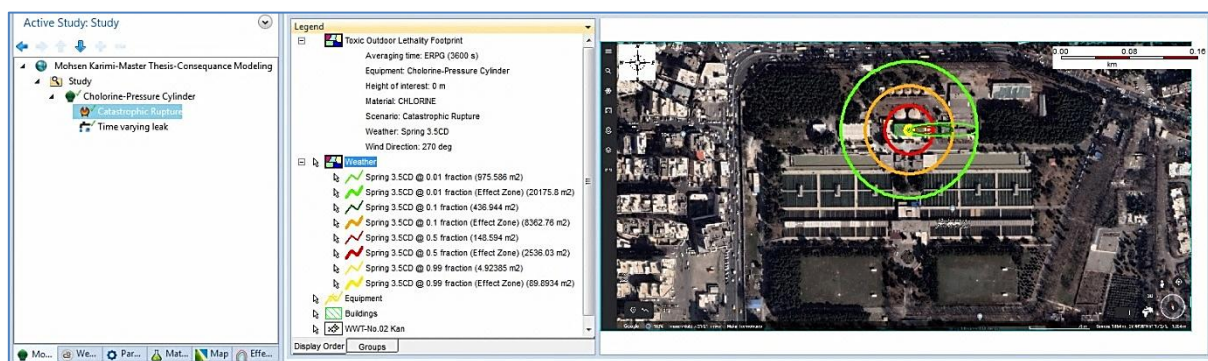


شکل (۴-۲۴) بررسی Max Concentration در سناریو Time Varying Leak بر اساس سطوح ERPG در GIS

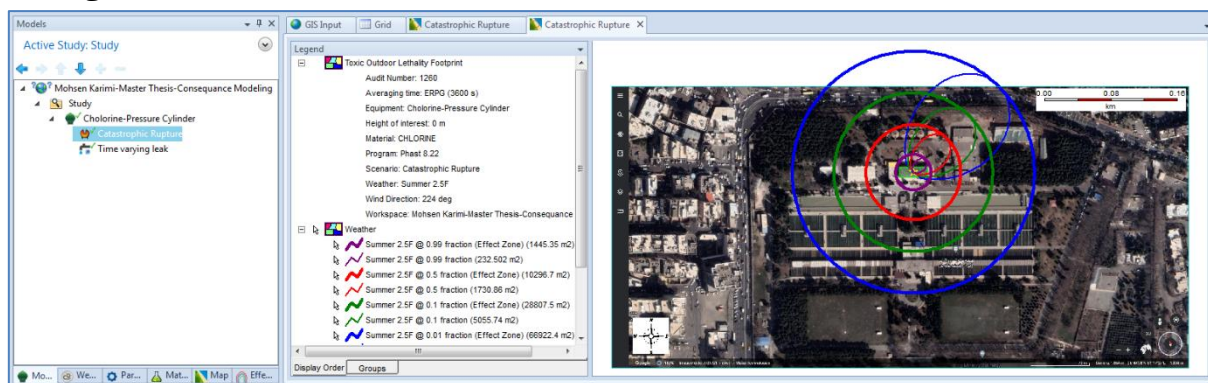
نکته قابل توجه در این مطالعه این می باشد که Maximum Concentration Footprint در دو سناریو Catastrophic Rapture و Time Varying Leak بر اساس Worst Case Scenario محاسبه شده و باد منطقه در نظر گرفته شده است.

#### ۴-۳-۷-۲- بررسی احتمال مرگ و میر نفرات بر اثر انتشار ماده سمی کلر (Toxicity)

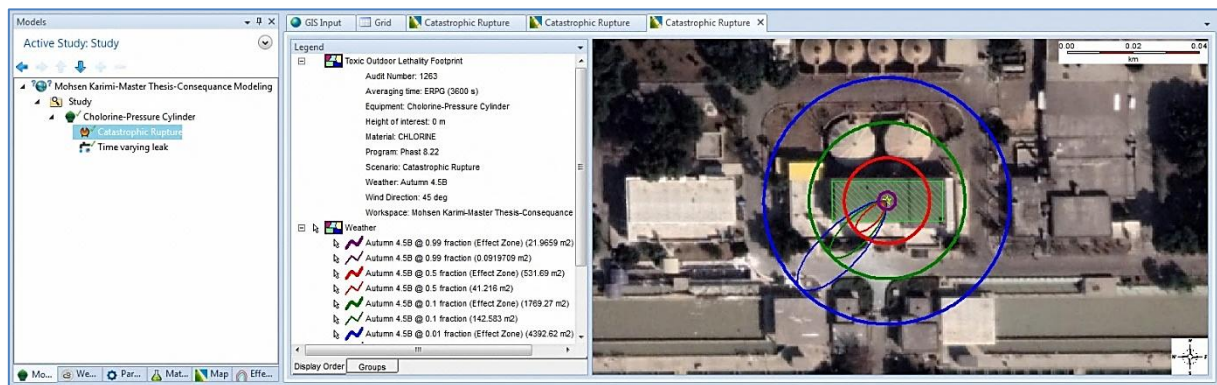
در این قسمت درصد احتمال مرگ و میر نفرات در چهار سناریو آب و هوایی (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) با توجه به مقادیر در نظر گرفته شده در جدول (۴-۱۱) شرایط آب و هوایی در نظر گرفته شده برای مدلسازی پیامد رهايش کلر در تصفیه خانه شماره ۲ کن در سناریو گسست ناگهانی (Catastrophic Rapture) به تفکیک احتمال ۱٪، ۱۰٪، ۵۰٪ و ۹۹٪ مورد بررسی قرار گرفته است.



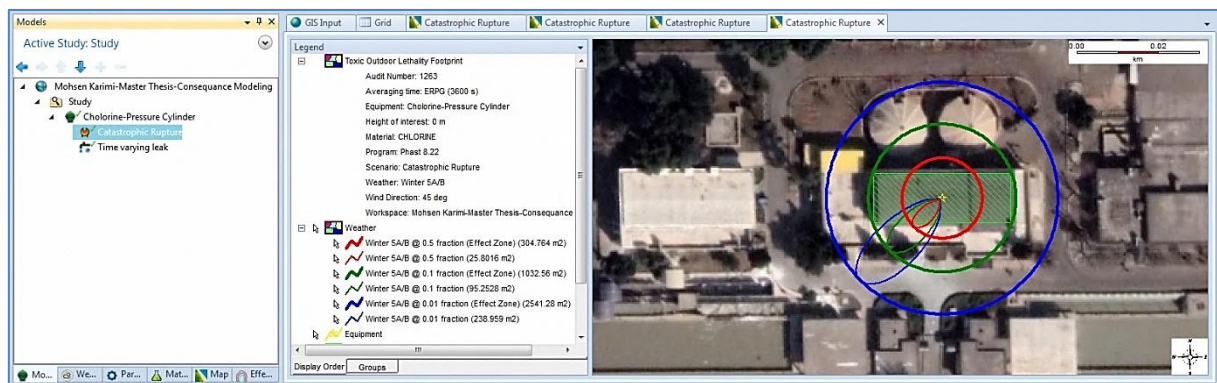
شکل (۴-۲۵) درصد احتمال مرگ و میر نفرات در اثر رهايش گاز کلر در فصل بهار برای سناریو گسست ناگهانی



شکل (۴-۲۶) درصد احتمال مرگ و میر نفرات در اثر رهايش گاز کلر در فصل تابستان برای سناریو گسست ناگهانی

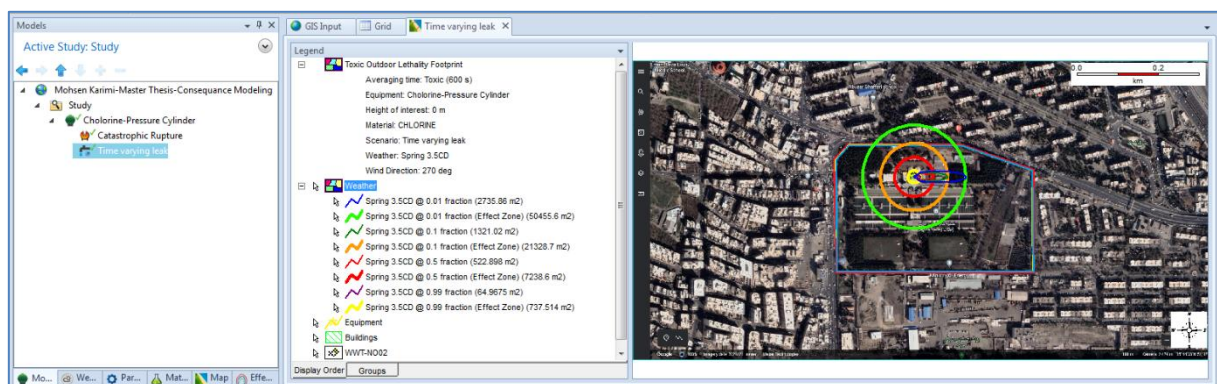


شکل (۴-۲۷) درصد احتمال مرگ و میر نفرات در اثر رهاش گاز کلر در فصل پاییز برای سناریو گسست ناگهانی



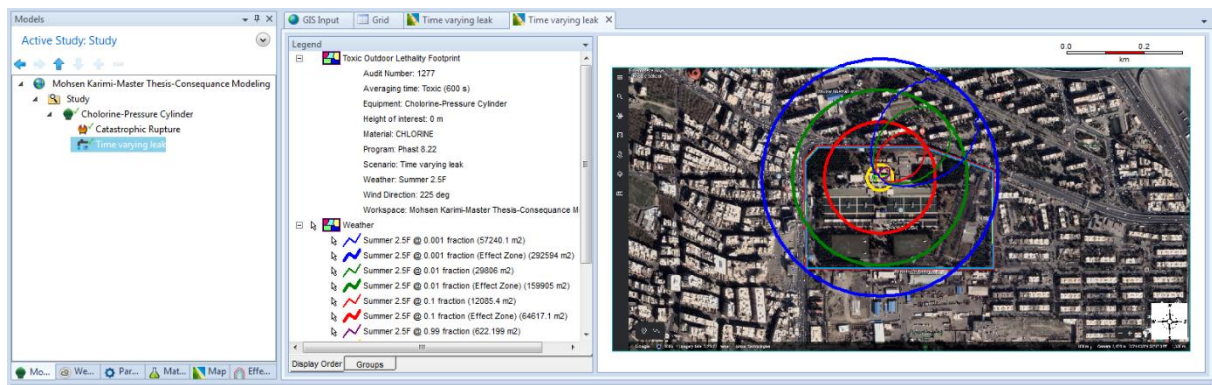
شکل (۴-۲۸) درصد احتمال مرگ و میر نفرات در اثر رهاش گاز کلر در فصل زمستان برای سناریو گسست ناگهانی

در این قسمت درصد احتمال مرگ و میر نفرات در چهار سناریو آب و هوایی (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) با توجه به مقادیر در نظر گرفته شده در جدول (۴-۱۱) شرایط آب و هوایی در نظر گرفته شده برای مدل سازی پیامد رهاش کلر در تصفیه خانه شماره ۲ کن در سناریو نشت بر حسب زمان (Time Varying Leak) به تفکیک احتمال ۱٪، ۱۰٪، ۵۰٪ و ۹۹٪ مورد بررسی قرار گرفته است.

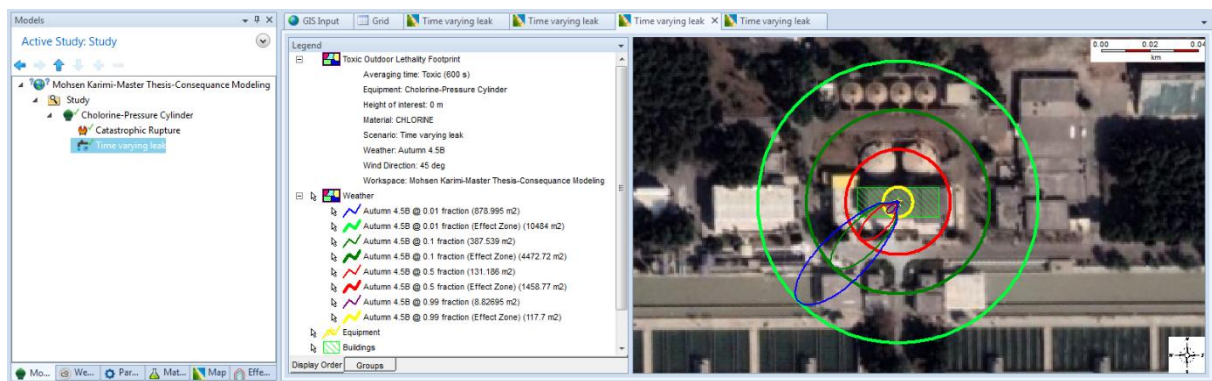


شکل (۴-۲۹) درصد احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار رهاش گاز کلر در فصل بهار برای سناریو نشت بر حسب زمان

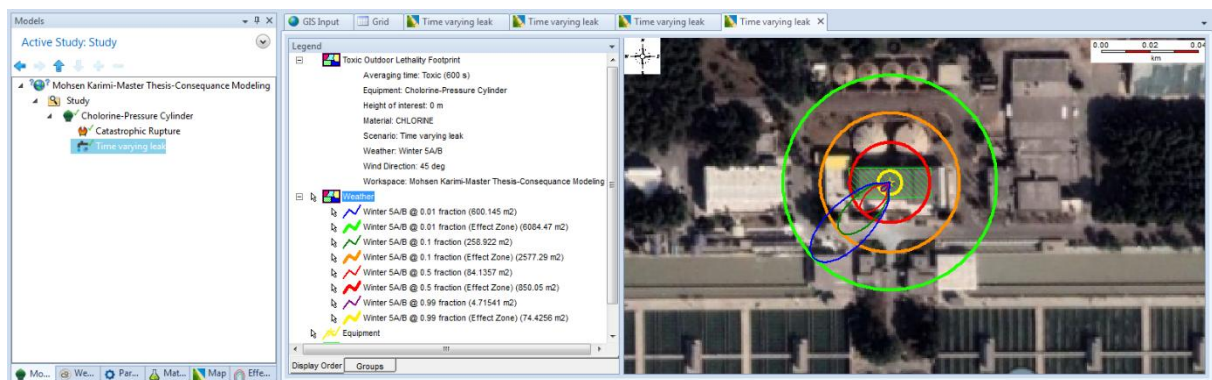




شکل (۴-۳۰) احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار رهائش گاز کلر در فصل تابستان برای سناریو نشت بر حسب زمان



شکل (۴-۳۱) احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار رهائش گاز کلر در فصل پاییز برای سناریو نشت بر حسب زمان



شکل (۴-۳۲) احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار رهائش گاز کلر در فصل زمستان برای سناریو نشت بر حسب زمان

همانطور که در شکل‌های بالا نشان داده شده است تغییرات شرایط آب و هوایی بر روی گسترش رهائش کلر آزاد شده از سیلندرهای مستقر در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن تاثیر بسزایی خواهد داشت و شعاع پراکنش را تحت تاثیر قرار می دهد.

در جدول (۴-۱۳) جمع بندی احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار کلر در ۴ فصل مختلف سال برای سناریو گسست ناگهانی (Catastrophic Rapture) جدول (۴-۱۳) جمع بندی احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار کلر در ۴ فصل مختلف سال برای سناریو گسست ناگهانی (Catastrophic Rapture) نشان داده شده است.

جدول (۴-۱۳) جمع‌بندی احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار کلر در ۴ فصل مختلف سال برای سناریو گسست ناگهانی (Catastrophic Rupture)

فصول سال	دسته بندی آب و هوایی	میانگین دما $C^{\circ}$	میانگین رطوبت %	سرعت وزش باد $m/s$	جهت وزش باد	تابش نور خورشید $kw/m^2$	سناریوی رهایش ماده سمی کلر	درصد احتمال مرگ و میر بر اساس فاصله (متر)			
								٪۱	٪۱۰	٪۵۰	٪۹۹
بهار	3.5 C/D	26.00 $C^{\circ}$	28%	۳/۵	270°	۰/۴۵	رهایش گاز سمی ناشی از گسست ناگهانی Catastrophic Rupture	۷۹/۹۹	۵۱/۶۱	۲۸/۰۲	۵/۳۵
تابستان	2.5 F	31.50 $C^{\circ}$	28%	۲/۵	225°	۰/۵۵		۱۴۴/۲۳	۹۶/۷۶	۵۶/۵۹	۲۱/۰۱
پاییز	4.5 B	16.67 $C^{\circ}$	48.33%	۴/۵	45°	۰/۳۸		۳۷/۴۷	۲۳/۴۶	۱۲/۶۵	۲/۴۳
زمستان	5 A/B	13.50 $C^{\circ}$	49.67%	۵	45°	۰/۳۲		۲۸	۱۷/۶۲	۹/۹۳	۱

جدول (۴-۱۴) جمع‌بندی احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار کلر در ۴ فصل مختلف سال برای سناریو نشت بر حسب زمان (Time Varying Leak)

فصول سال	دسته بندی آب و هوایی	میانگین دما $C^{\circ}$	میانگین رطوبت %	سرعت وزش باد $m/s$	جهت وزش باد	تابش نور خورشید $kw/m^2$	سناریوی رهایش ماده سمی کلر	درصد احتمال مرگ و میر بر اساس فاصله (متر)			
								٪۱	٪۱۰	٪۵۰	٪۹۹
بهار	3.5 C/D	26.00 $C^{\circ}$	28%	۳/۵	270°	۰/۴۵	رهایش گاز سمی ناشی از نشت بر حسب زمان Time Varying Leak	۱۲۶/۳۵	۸۲/۲۸	۴۷/۸۶	۱۵/۰۶
تابستان	2.5 F	31.50 $C^{\circ}$	28%	۲/۵	225°	۰/۵۵		۳۱۰/۸۴	۲۲۲/۹۷	۱۴۴/۲۵	۳۳/۷۳
پاییز	4.5 B	16.67 $C^{\circ}$	48.33%	۴/۵	45°	۰/۳۸		۵۷/۹۲	۳۷/۹۹	۲۱/۸۲	۵/۵۱
زمستان	5 A/B	13.50 $C^{\circ}$	49.67%	۵	45°	۰/۳۲		۴۴/۰۱	۲۸/۴۲	۱۶/۴۱	۴/۴۳

## **فصل ۵- جمع‌بندی و پیشنهادها**

## ۵-۱- مقدمه

در فصل پنجم از این مطالعه به بحث و نتیجه گیری در خصوص نتایج حاصل از مطالعات انجام شده پرداخته شده است. همچنین در این فصل به سوالات و فرض های ارائه شده در فصل اول از این تحقیق پاسخ داده شده است. در ادامه پیشنهادات اجرایی و پژوهشی تحقیق و محدودیت موجود در راه تحقیق، مطرح گردیده است.

## ۵-۲- بحث و نتیجه گیری

این پژوهش با هدف کلی تجزیه و تحلیل مخاطره ذخیره سازی، نگهداری، انتقال و مصرف ماده سمی کلر به روش HAZID در قالب نرم افزار PHA-Pro 8.5 و مدل سازی پیامد رهائش کلر از سیلندره های تحت فشار یک تنی با استفاده از نرم افزار مدل سازی پیامد PHAST 8.22 در تصفیه خانه شماره ۲ کن انجام شده است.

آب ماده حیاتی است که حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد وزن بدن انسان بالغ را تشکیل می دهد و بعد از اکسیژن مهمترین ماده برای زیستن می باشد و بهداشت همگانی اجتماعات انسانی در درجه اول به وجود و فراوانی و در دسترس بودن آب سالم بستگی دارد. آلاینده هایی که ممکن است در منابع آب موجود باشند شامل مواد معدنی و آبی، گازهای محلول و باکتری های بیماری زا می باشند که بایستی با توجه به نتایج آزمایش آب خام منبع مورد استفاده، عمل تصفیه فیزیکی و شیمیایی مناسب برای آن پیش بینی شود. اگر چه در تصفیه فیزیکی (ته نشینی و صاف کردن) ذرات معلف و تعدادی از باکتری ها از سالم بودن آب برای آشامیدن و مصارف بهداشتی و تفریحی و ورزشی، گندزدایی آن یک ضرورت است. مقصود از گندزدایی آب آشامیدنی، از بین بردن عوامل بیماریزا (پاتوژن) و جلوگیری از شیوه بیماری های قابل انتقال بوسیله آب است. در حال حاضر استفاده از کلر برای گندزدایی به دلیل ارزان بودن و قدرت میکروب کشی و اثر ابقایی نسبتاً خوب آن، متداولترین روش در دنیا واز جمله کشور ما می باشد. کلر را می توان به صورت گاز کلر (CL<sub>2</sub>) و یا بصورت ترکیب هیپوکلریت کلسیم CaOCL و یا هیپوکلریت سدیم NaOCl در گندزدایی آب بکار برد. در تصفیه آب آشامیدنی شهرها و مصارف صنایع بزرگ، کلر زنی غالباً بصورت گاز کلر انجام می شود. کلر گازی است خطرناک و کار با آن نیاز به احتیاط های لازم دارد. از آنجایی که کلر، گازی جذب شونده، محرک و خفه کننده برای انسان است. حد مجاز آستانه (TLV) آن در هوای استنشاقی معادل ۳ میلی گرم در متر مکعب تعیین شده است. تنفس گاز کلر به مقدار زیاد باعث مسمومیت بسیار شدید شده و گاهی مرگ آور است (ISIRI 5015).

گاز کلر اساساً یک محرک دستگاه تنفسی است. این گاز در غلظت های کم، بویی شبیه به سفیدکننده ی خانگی دارد. با افزایش غلظت این ماده به بیش از حد تشخیص بویایی، نشانه های بیماری در افرادی که در معرض آن قرار می گیرند، ظاهر می شوند. در غلظت های بیش از ۵ ppm گاز کلر بسیار تحریک کننده است. در جدول (۵-۱) آستانه های قرار گرفتن در معرض کلر و واکنش های گزارش شده در انسان نشان داده شده است.

جدول (۵-۱) آستانه های قرار گرفتن در معرض کلر و واکنش های گزارش شده در انسان

غلظت گاز کلر در هوا بر حسب (PPM)	اثرات بالینی ماده سمی کلر بر روی ارگانهای بدن انسان
۰/۲ - ۰/۴	آستانه تشخیص بو
۱-۳	تحریک غشایی و پوستی ملایم در مخاط که تا ۱ ساعت قابل تحمل است
۵-۱۵	تحریک متوسط در دستگاه تنفسی
۳۰	درد سریع در قفسه ی سینه، استفراغ، تنگی نفس، سرفه
۴۰-۶۰	احتقان و تورم شدید و سمی ریوی و ادم ریه ها
۴۳۰	کشنده پس از ۳۰ دقیقه
۱۰۰۰	کشنده در عرض چند دقیقه

هر چند عبارت "چند دقیقه" نشان از خطر بالای کلر در این غلظت دارد اما از دیگر سو بیان کننده مرگ آنی نبوده و افراد فرصت فرار دارند. البته حین فرار، فرد باید تنفس را قطع کرده و تنها از هوای محبوس شده و ذخیره ی داخل ریه ها استفاده نماید.

#### • اثرات تنفسی، قلبی و ریوی

قرار گرفتن در معرض غلظت های کم گاز سمی کلر، تحریک بینی و همچنین تحریک غشاهای مخاطی دستگاه تنفسی را به دنبال دارد. با افزایش غلظت کلر، تاثیرات تحریک آمیز آن در قسمت های ابتدایی و همچنین عمیق دستگاه تنفسی افزایش می یابد که با سرفه و سختی احتمالی در تنفس آشکار می شوند. استنشاق گاز کلر (بیشتر از ۱۵ ppm) ممکن است منجر به تنگی نفس ناشی از انقباض و تنگی مجرای هوا و جمع شدن مایع در ریه ها گردد (ادم ریوی). با افزایش طول مدت تماس و یا افزایش غلظت کلر، فرد ممکن است به سرعت شروع به تنفس سریع، خس خس کردن نفس، تنفس غیرعادی یا (دفع) خلط خونی نماید. در موارد شدید تر، مشکل تنفسی می تواند با از کار انداختن سیستم قلبی-ریوی ناشی از نارسایی تنفسی، موجب مرگ گردد. شخص قرار گرفته در معرض کلر با سابقه نارسایی تنفسی، ممکن است دارای واکنشی بیش از حد (خطرناک) باشد.

#### • اثرات پوستی و جلدی

کلر مایع در تماس با پوست، موجب سوختگی های گرمایی یا شیمیایی موضعی (سرما زدگی شیمیایی) خواهد شد. کلر گازی شکل در تماس با پوست می تواند در رطوبت بدن (عرق) حل شده و احساس سوختگی و تحریک پوست در اثر قرار گرفتن در معرض کلر را ایجاد نماید.

#### • چشم ها

غلظت های کم ماده سمی کلر در هوا می توانند موجب تحریک چشمی به همراه ناراحتی های سوزش، پلک زدن اسپاسمی، قرمزی، آماس ملتحمه و اشک ریزی چشم گردند. تماس با غلظت های زیاد تر کلر به آسیب های شدیدتر منجر می شود. کلر مایع در تماس با چشم ها موجب سوختگی های گرمایی و یا شیمیایی جدی خواهد شد.

واحد کلرزنی بخشی از سیستم تصفیه آب آشامیدنی و بهداشتی (برای گندزدایی شیمیایی آب) که شامل قسمت های زیر می باشد:

- اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف
- اتاق کلرزنی
- انبار نگهداری سیلندرهای گاز کلر
- اتاق فرمان و کنترل
- حوضچه خنثی سازی

همانطور که در فصل سوم از این پژوهش در نمودار (۳-۲) دیاگرام ارتباط عناصر تشکیل دهنده واحد کلرزنی اشاره شده، هر کدام از این عناصر در ارتباط مستقیم و غیرمستقیم با یکدیگر قرار دارند. لذا بر طبق اصول مهندسی این ارتباط در ساخت و ساز نیز لحاظ می گردد. در شکل (۳-۷) سیلندرهای ۱ تنی تحت فشار



مایع و گاز سمی کلر در اتاق کلرزنی تصفیه خانه فاضلاب ۲ کن نشان داده شده است. با توجه به موارد متعددی که در خصوص سمیت ماده کلر ذکر گردید، لازم است تا نگهداری، ذخیره سازی، انتقال، مصرف و رهائش این ماده خطرناک بسیار سمی مورد بررسی قرار گرفته و در خصوص مخاطرات آن مطالعه شده و پیامدهای ناشی از پراکنش آن مدل سازی پیامد انجام شود. در این مطالعه ابتدا با استفاده از تکنیک HAZID مخاطرات ناشی از ذخیره سازی، نگهداری، انتقال و مصرف ماده سمی کلر در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن شناسایی گردید.

در روش شناسایی مخاطرات به روش HAZID، ابتدا گره بندی مطالعات انجام شده و شناسایی مخاطرات و تهدیدها در جلسات کارگروهی از پیش تعیین شده به رهبری یک نفر خبره انجام می پذیرد. در این روش نحوه امتیازدهی پارامترهای شدت پیامدهای ناشی از بروز رویداد، امکان وقوع رویداد بدین صورت است که برای پارامتر شدت با توجه به جدول رتبه بندی شدت امتیازدهی از ۱ تا ۵ می باشد که عدد ۵ شدیدترین حالات امتیاز و عدد ۱ کمترین حالات امتیاز می باشد و همچنین نیز برای احتمال وقوع پارامترها از A تا E نمره دهی می شوند بعد از امتیازدهی عدد ریسک اولیه از حاصل ضرب دو پارامتر شدت و احتمال وقوع بدست می آید. بعد از ارزیابی اولیه اقدامات اصلاحی صورت می گیرد و بعد از اقدام اصلاحی جنبه ها، مجدداً مورد ارزیابی قرار می گیرند و عدد اولویت ریسک ثانویه بدست می آید و در انتها سطح ریسک محاسبه شد. در این مطالعه، تصفیه خانه شماره دو کن به دو گره مطالعاتی به زیر تقسیم گردید:

- عملیات کلرزنی در تصفیه خانه آب شماره دو کن
- تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم کلرزنی
- در گره مطالعاتی شماره (۱) دو عدد مخاطره
  - سیلندرها و خطوط تحت فشار با گاز سمی کلر
  - تعویض سیلندرها و خالی و جابه جایی آنها با سیلندرها تحت فشار گاز کلر
- و در گره مطالعاتی شماره (۲) نیز دو عدد مخاطره
  - خارج کردن تجهیزات شناساگر حریق، دود، گاز سمی کلر از مدار اصلی
  - عملیات تعمیر و نگهداری بر روی تجهیزات و ادوات کلرزنی
- مورد بررسی قرار گرفت. سپس در هر مخاطره رویدادها، علل بروز رویداد، پیامدها، لایه های حفاظتی موجود و لایه های حفاظتی پیشنهادی مورد ارزیابی قرار گرفت. همانطور که در جدول (۵-۲) نتایج مطالعات شناسایی مخاطرات با استفاده از تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است:

- ۲ گره مطالعاتی / Node
- ۴ مخاطره / Hazard
- ۶ رویداد / Event
- ۱۰ پیامد / Consequence
- ۱۰ لایه حفاظتی موجود / Existing Barrier
- ۱۸ لایه حفاظتی پیشنهادی / Recommendation

شناسایی شده و مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

در جدول (۵-۲) نتایج مطالعات شناسایی مخاطرات با استفاده از تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است.

جدول (۵-۲) نتایج مطالعات شناسایی مخاطرات با استفاده از تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5

تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده					مخاطرات	گروه های مطالعاتی
رویدادها	علل بروز رویداد	پیامدها	لایه های حفاظتی موجود	لایه های حفاظتی پیشنهادی		
۲	۱۰	۴	۵	۹	سیلندرها و خطوط تحت فشار با گاز سمی کلر	عملیات کلرزی در تصفیه خانه آب شماره دو کن
۲	۳	۲	۲	۴	تعویض سیلندرهایی خالی و جابه جایی آنها با سیلندرهایی تحت فشار گاز کلر	
۱	۲	۱	۱	۳	خارج کردن تجهیزات شناساگر حریق، دود، گاز سمی کلر از مدار اصلی	تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم کلرزی
۱	۳	۳	۲	۲	عملیات تعمیر و نگهداری بر روی تجهیزات و ادوات کلرزی	

در این مطالعه همانطور که گفته شد ریسک ها بر اساس ماتریس ریسک شل دسته و اولویت بندی شدند.

جدول (۵-۳) نتایج مطالعات ارزیابی ریسک با استفاده از تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5

ارزیابی ریسک ثانویه			ارزیابی ریسک اولیه			مخاطرات	گروه های مطالعاتی
RR	P	S	RR	P	S		
3C	C	3	4D	D	4	سیلندرها و خطوط تحت فشار با گاز سمی کلر	عملیات کلرزی در تصفیه خانه آب شماره دو کن
4C	C	4	3D	D	3		
3B	B	3	4D	D	4		
4A	A	4	5B	B	5		
4B	B	4	5C	C	5		
2B	B	2	3C	C	3	تعویض سیلندره‌های خالی و جابه جایی آنها با سیلندره‌های تحت فشار گاز کلر	
3C	C	3	4D	D	4	خارج کردن تجهیزات شناساگر حریق، دود، گاز سمی کلر از مدار اصلی	
4C	C	4	4D	D	4	عملیات تعمیر و نگهداری بر روی تجهیزات و ادوات کلرزی	تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم کلرزی
3C	C	3	3D	D	3		
3C	C	3	4D	D	4		

پس از شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک، با استفاده از تکنیک HAZID در بستر نرم افزار PHA-Pro 8.5، سپس با استفاده از نرم افزار PHAST 8.22 مدل سازی پیامد ناشی از بروز رویداد رهائش ماده سمی کلر از سیلندرهایی تحت فشار در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن، انجام شد.

برای مدلسازی پیامد رهائش ماده سمی کلر در ابتدا داده های اولیه شامل بر:

- نقشه جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (استان تهران، منطقه ۵ شهرداری تهران، بلوار آیت اله کاشانی، تصفیه خانه شماره دو کن
  - مشخصات ساختمان نگهداری از سیلندرهایی تحت فشار
  - مشخصات سیلندرهایی تحت فشار
  - مشخصات ماده سمی کلر
  - مشخصات سیستم آب و هوایی منطقه مورد مطالعه در ۴ فصل سال
- به نرم افزار وارد شده و سپس بر اساس دو سناریو پیامد زیر:
- گسست ناگهانی (Catastrophic Rupture)

• نشت بر حسب زمان (Time Varying Leak)

نرم افزار PHAST 8.22 داده های وارده را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. با توجه به اینکه ماده کلر، یک ماده سمی بوده و قابلیت انفجار و آتش سوزی را ندارد، لذا تنها سناریو محتمل برای کاده کلر، اثرات سمیت این ماده بر روی انسان می باشد. لذا تنها سناریو انتشار ناخواسته کلر و پراکنش آن مورد بررسی قرار گرفت. بررسی و تحلیل نمودارها و گرافهای دریافتی از نرم افزار PHAST 8.22 نشان می دهد در صورتیکه اتاق حاوی سیلندرهای تحت فشار ماه سمی کلر بطور کامل ایزوله نشده باشد و پنجره ای به بیرون باز باشد و سیرکولیشن هوا صورت گیرد ماده سمی کلر به محیط اطراف پخش شده و تا مسافتی که ساکنین محلی حضور دارند گسترش پیدا خواهد کرد لذا بایستی این اتاق کاملاً ایزوله شده و با محیط بیرون نبایستی هیچ ارتباطی داشته باشد. آیتم های ایمنی لحاظ شده در خصوص اتاق مخصوص نگهداری از سیلندرهای یک تنی ماده سمی کلر در قسمت پیشنهادات آورده شده است.

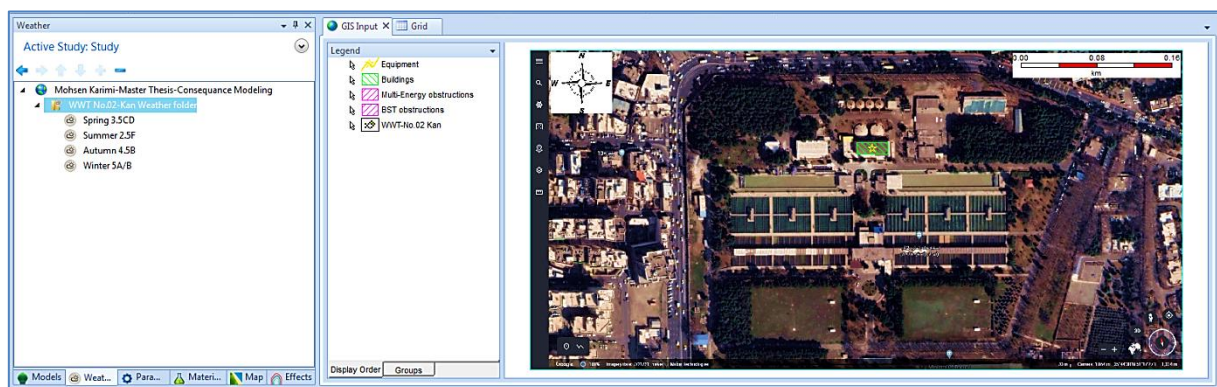
### ۵-۳- پاسخ به فرضیات تحقیق

**فرض شماره (۱)** به نظر می رسد ریسک های شناسایی شده در ذخیره سازی کلر به مراتب از ریسک های مرحله تعمیر و نگهداری از رتبه بالاتری برخوردار باشد.  
با توجه نتایج بدست آمده از جدول (۵-۴) نتایج اولویت بندی ریسک با استفاده از تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5، می توان نتیجه گرفت که ریسک های شناسایی شده در گره مطالعاتی اول دارای تعداد بیشتری نسبت به گره دوم مطالعاتی می باشند.

جدول (۵-۴) نتایج اولویت بندی ریسک با استفاده از تکنیک HAZID در نرم افزار PHA-Pro 8.5

گره های مطالعاتی	مخاطرات	ارزیابی ریسک اولیه			کم	متوسط	زیاد	ارزیابی ریسک ثانویه			کم	متوسط	زیاد
		RR	P	S				RR	P	S			
عملیات کلرزی در تصفیه خانه آب شماره دو کن	سیلندرها و خطوط تحت فشار با گاز سمی کلر	4D	D	4	۰	۲	۲	3C	C	3	۱	۲	۰
		3D	D	3				4C	C	4			
		4D	D	4				3B	B	3			
	تعویض سیلندره‌های خالی و جابه جایی آنها با سیلندره‌های تحت فشار گاز کلر	5B	B	5	۰	۱	۱	4A	A	4	۰	۱	۱
		5C	C	5				4B	B	4			
		3C	C	3				2B	B	2			
تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم کلرزی	خارج کردن تجهیزات شناساگر حریق دود، گاز سمی کلر از مدار اصلی	4D	D	4	۰	۰	۱	3C	C	3	۰	۱	۰
		4D	D	4				4C	C	4			
	عملیات تعمیر و نگهداری بر روی تجهیزات و ادوات کلرزی	3D	D	3	۰	۱	۲	3C	C	3	۰	۳	۰
		4D	D	4				3C	C	3			
	مجموع					۰	۴	۶				۳	۷

**فرض شماره (۲)** به نظر می رسد شرایط آب و هوایی مکان مورد مطالعه می تواند بر روی میزان شدت پیامدهای ناشی از بروز رویداد رهائش گاز کلر تاثیرگذار باشد.  
همانطور که در مدلسازی پیامد نشان داده شده است، یکی از مهمترین قسمت ها در مدلسازی پیامد رهائش ماده سمی کلر، تعریف سناریوهای آب و هوایی در نرم افزار PHAST 8.22 می باشد.



شکل (۵-۱) تنظیم چهار سناریو آب و هوایی در تصفیه خانه شماره ۲ کن

در تنظیمات آب و هوایی آیتم هایی مانند رطوبت، دما، سرعت وزش باد، جهت وزش باد، میزان تابش نور خورشید مداخله دارد که تاثیر بسیار زیادی بر روی پراکنش انتشار خواهد داشت.

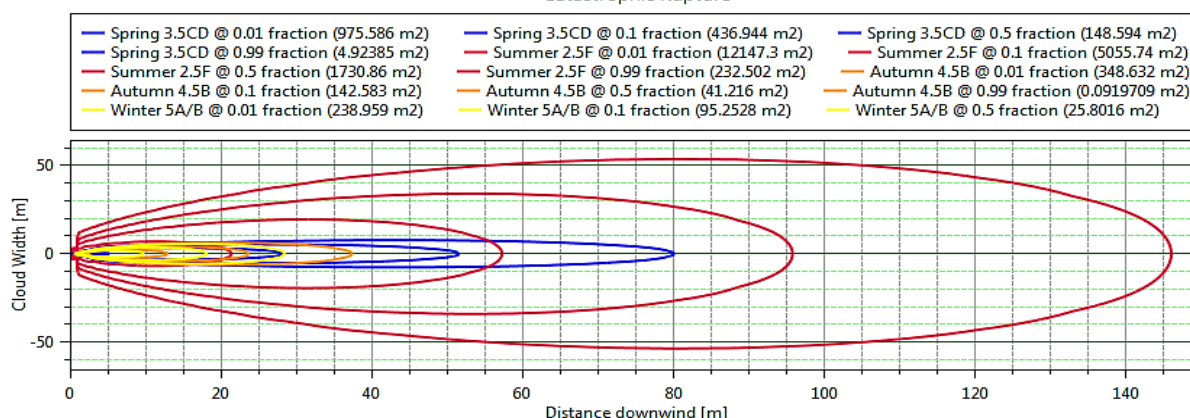
**فرض شماره (۳)** این طور به نظر می رسد که شعاع پراکنش گاز سمی کلر بر اساس احتمال مرگ و میر در فصل تابستان نسبت به سایر فصول، بیشتر است.

همانطور که در جدول (۵-۵) مساحت اثر انتشار کلر در فصول مختلف سال بر اساس درصد مرگ و میر برای سناریو گسست ناگهانی، جدول (۵-۶) احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار کلر در ۴ فصل مختلف سال برای سناریو نشت بر حسب زمان، شکل (۵-۲) ترسیم نمودارهای مساحت انتشار کلر در فصول مختلف بر اساس درصد مرگ و میر برای سناریو گسست ناگهانی و شکل (۵-۳) ترسیم نمودارهای مساحت انتشار کلر در فصول مختلف بر اساس درصد مرگ و میر برای نشت بر حسب زمان، به وضوح نشان داده شده است، مساحت جغرافیایی تحت تاثیر گاز سمی کلر در فصل تابستان در هر دو سناریو Catastrophic Rupture و Time Varying Leak به مراتب بیشتر از سایر فصول می باشد.

جدول (۵-۵) مساحت اثر انتشار کلر در فصول مختلف سال بر اساس درصد مرگ و میر برای سناریو گسست ناگهانی

درصد احتمال مرگ و میر بر اساس فاصله (متر)				
٪۱	٪۱۰	٪۵۰	٪۹۹	
۷۹/۹۹	۵۱/۶۱	۲۸/۰۲	۵/۳۵	فصل بهار
۹۷۵/۵۹	۴۳۶/۹۴	۱۴۸/۵۹	۴/۹۲	مساحت (متر مربع)
۱۴۴/۲۳	۹۶/۷۶	۵۶/۵۹	۲۱/۰۱	فصل تابستان
۱۲۱۴۷/۳	۵۰۵۵/۷۴	۱۷۳۰/۸۶	۲۳۲/۵۰	مساحت (متر مربع)
۳۷/۴۷	۲۳/۴۶	۱۲/۶۵	۲/۴۳	فصل پاییز
۳۴۸/۶۳	۱۴۲/۵۸	۴۱/۲۲	۰/۰۹۱	مساحت (متر مربع)
۲۸	۱۷/۶۲	۹/۹۳	۱	فصل زمستان
۲۳۸/۹۶	۹۵/۲۵	۲۵/۸۰	۱	مساحت (متر مربع)

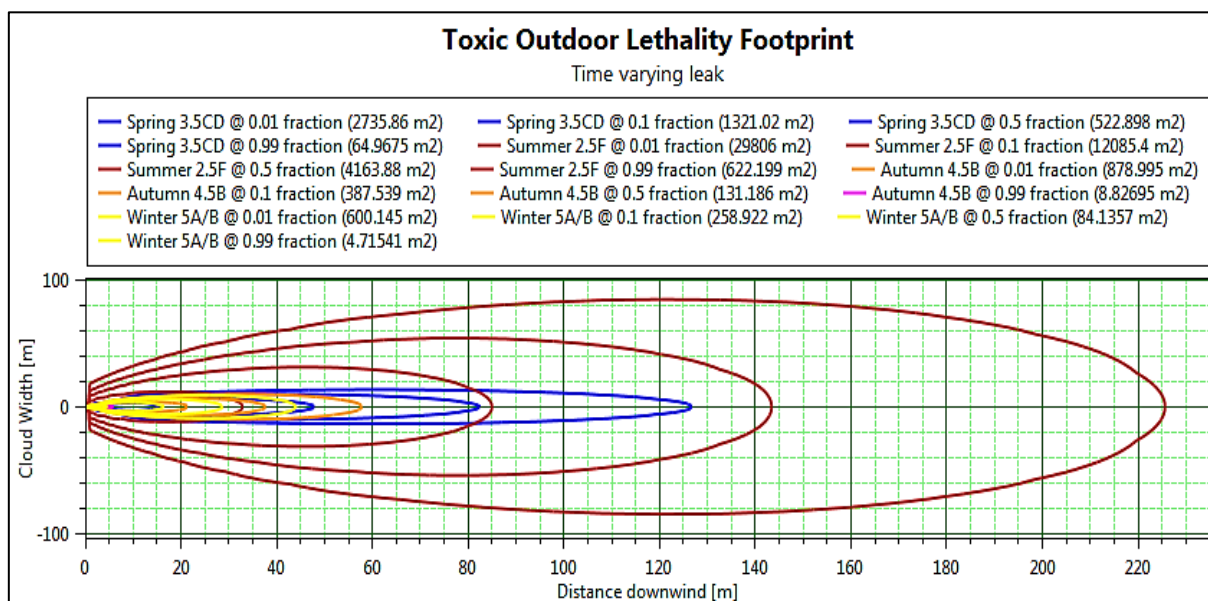
**Toxic Outdoor Lethality Footprint**  
Catastrophic Rupture



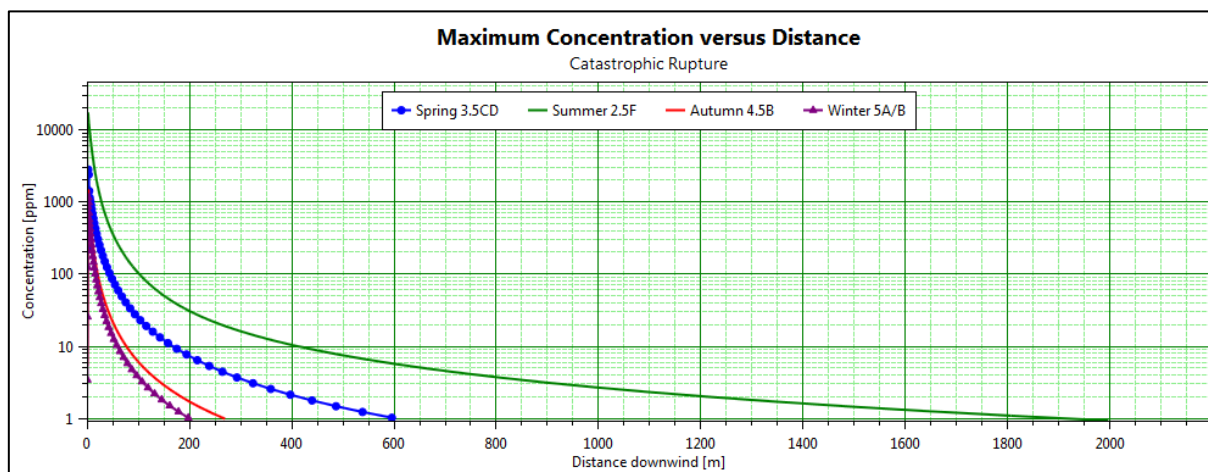
شکل (۵-۲) ترسیم نمودارهای مساحت انتشار کلر در فصول مختلف بر اساس درصد مرگ و میر برای سناریو گسست ناگهانی

جدول (۵-۶) احتمال مرگ و میر نفرات در اثر انتشار کلر در ۴ فصل مختلف سال برای سناریو نشت بر حسب زمان

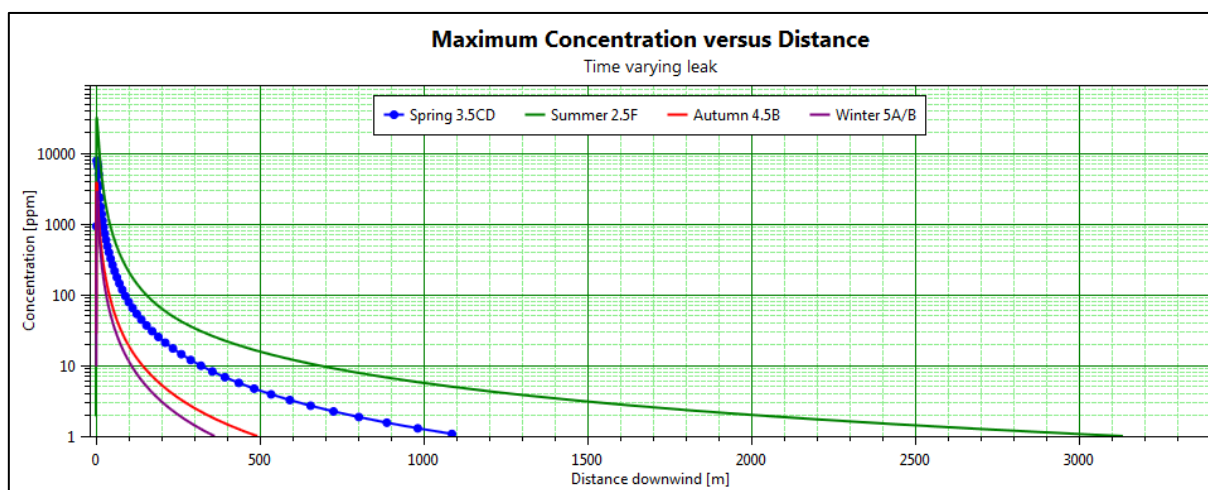
درصد احتمال مرگ و میر بر اساس فاصله (متر)				فصول سال
٪۱	٪۱۰	٪۵۰	٪۹۹	
۱۲۶/۳۵	۸۲/۲۸	۴۷/۸۶	۱۵/۰۶	فصل بهار
۲۷۳۵/۸۶	۱۳۲۱/۰۲	۵۲۲/۹۰	۶۴/۹۷	مساحت (متر مربع)
۳۱۰/۸۴	۲۲۲/۹۷	۱۴۴/۲۵	۳۳/۷۳	فصل تابستان
۲۹۸۰/۶	۱۲۰۸۵/۴۰	۳۸۷/۵۴	۱۳۱/۱۹	مساحت (متر مربع)
۵۷/۹۲	۳۷/۹۹	۲۱/۸۲	۵/۵۱	فصل پاییز
۸۷۸/۹۹	۶۰۰/۱۴	۱۳۱/۱۹	۸/۸۳	مساحت (متر مربع)
۴۴/۰۱	۲۸/۴۲	۱۶/۴۱	۴/۴۳	فصل زمستان
۶۰۰/۱۴	۲۵۸/۹۲	۸۴/۱۴	۴/۷۲	مساحت (متر مربع)



شکل (۵-۳) ترسیم نمودارهای مساحت انتشار کلر در فصول مختلف بر اساس درصد مرگ و میر برای نشت بر حسب زمان  
همچنین در شکل (۵-۴) بیشتر غلظت انتشار گاز سمی کلر در مقایسه با مسافت طی شده برای سناریو  
گسیست ناگهانی Catastrophic Rupture و شکل (۵-۵) بیشتر غلظت انتشار گاز سمی کلر در مقایسه با  
مسافت طی شده برای نشت بر حسب زمان Time Varying Leak نشان داده شده است که در فصل تابستان  
گاز سمی کلر مسیر بیشتری را نسبت به فصول دیگر طی می کند.



شکل (۴-۵) بیشتر غلظت انتشار گاز سمی کلر در مقایسه با مسافت طی شده برای سناریو گسست ناگهانی



شکل (۵-۵) بیشتر غلظت انتشار گاز سمی کلر در مقایسه با مسافت طی شده برای نشت بر حسب زمان

**فرض شماره (۴)** به نظر می رسد که ایزولاسیون کلی اتاق نگهداری سیلندره های کلر می تواند شدت پیامد ناشی از بروز رویداد را کاهش دهد.

حذف تمامی منافذ موجود و ایزولاسیون کامل اعث خواهد گردید تا احتمال مرگ و میر در خارج از ساختمان نگهداری سیلندرها به صفر کاهش پیدا کند. مدل سازی رهائش در یک ساختمان ایزوله شده و با سناریو trapped نشان می دهد که در خارج از ساختمان احتمال مرگ و میر صفر است.

**فرض شماره (۵)** رهائش گاز سمی کلر از سیلندره های ذخیره سازی تصفیه خانه آب شماره ۲ کن، می تواند بر روی سلامت ساکنین محلی نیز تاثیرگذار باشد.

همانطور که در نتایج حاصل از مدل سازی نشان داده شده است، رهائش ناخواسته کلر از سیلنده های تحت فشار در تصفیه خانه شماره ۲ کن، اگر اتاق نگهداری کاملاً ایزوله نباشد می تواند بر روی ساکنین محلی تاثیرگذار باشد.

## ۵-۴- نوآوری تحقیق

موارد اشاره شده در عبارات زیر می تواند جنبه ای از نوع آوری در این پژوهش را نشان دهد:

- شناسایی مخاطرات و ارزیابی آنها با استفاده از تکنیک HAZID در صنایع نفت و گاز بیشتر معمول می باشد، استفاده از این روش در صنعت آب و فاضلاب می تواند یک نوع آوری محسوب شود. با استفاده از تکنیک HAZID مخاطره نگهداری و ذخیره سازی گاز کلر در تصفیه خانه آب مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد تا بتوان ریشه های اصلی رویداد رهائش را پیدا کرده و برای رفع آنها برنامه ریزی مدیریتی را انجام داد.
- انجام شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک در بستر نرم افزاری یکی دیگر از نوع آوری های این تحقیق می باشد. با توجه به اینکه در نرم افزار PHA-Pro 8.5 کتابخانه ای برای تکنیک hazid بصورت By Default وجود ندارد، طراحی کاربرگ و کتابخانه HAZID علاوه بر نوآوری، توانست مطالعات انجام شده را بسیار سیستماتیک و منظم نماید.
- استفاده از تکنیک های مدلسازی پس از شناسایی مخاطرات و ارزیابی آنها نیز می توانند بر اعتبار مطالعات بیافزاید. در این پژوهش سعی گردید همچنین استفاده از نرم افزار PHAST به منظور مدلسازی پیامد به منظور تعیین شدت بروز رویداد رویداد نیز یکی از جنبه های نوآوری و جدید بودن تحقیق به شمار می رود.

## ۵-۵- پیشنهادات تحقیق

### ۵-۵-۱- پیشنهادات پژوهشی تحقیقی

- پیشنهاد می گردد با توجه به اینکه روش شناسایی مخاطرات به روش HAZID یک روش کاملاً کیفی است و دارای عدم قطعیت بالایی می باشد از روشهای کم سازی مانند HAZID فازی استفاده گردد تا بدین ترتیب عدم قطعیت ناشی از تکنیک های کیفی کاهش پیدا کند و نتیجه و ماحصل کار قابلیت اطمینان بیشتری داشته باشد.
- با توجه به اینکه ایزولاسیون اتاق نگهداری سیلندرهای تحت فشار ماده سمی کلر باعث خواهد گردید تا عملاً تاثیر سناریوهای آب و هوایی بر پراکنش و انتشار گاز سمی کلر از مطالعه خارج شود، لذا پیشنهاد می گردد برای مدلسازی پراکنش ماده سمی کلر از مدل های ریاضی CFD برای مدلسازی پیامد انتشار کلر استفاده شود.
- پیشنهاد می شود تا در مطالعه ای دیگر با استفاده از تکنیک هایی مانند تکنیک تجزیه و تحلیل درخت خطای فازی<sup>۱</sup> (FFTA) احتمال بروز رویداد رهائش ماده سمی کلر از سیلندرهای محاسبه شده و عوامل موثر در بروز رویداد رهائش شناسایی و احتمال آنها نیز محاسبه شود.
- پیشنهاد می شود تا در مطالعه ای دیگر با استفاده از تکنیک هایی مانند تکنیک تجزیه و تحلیل درخت

<sup>۱</sup> Fuzzy Fault Tree Analysis (FFTA)



رویداد فازی<sup>۱</sup> (FETA) احتمال بروز پیامدهای مختلف ناشی از بروز رویداد رهائش ماده سمی کلر از سیلندرهای محاسبه شود.

- پیشنهاد می شود تا با استفاده از تکنیک های آنالیز لایه های حفاظتی مانند تکنیک Bow-Tie و تکنیک LOPA<sup>۲</sup> قابلیت اطمینان در لایه های حفاظتی مورد مطالعه قرار گیرد.

#### ۵-۵-۲- پیشنهادات اجرایی تحقیق

- همانطور که در خروجی نرم افزار PHA-Pro 8.5 نشان داده شده است، تعداد ۱۸ پیشنهاد (Recommendation) در این مطالعه ارائه شده است. پیشنهاد می گردد به منظور اولویت بندی اجرای این اقدامات مطالعاتی صورت پذیرد تا اجرای این پیشنهادات بر اساس موارد زیر انجام شود:
  - ضرورت اجرا پیشنهادات
  - میزان تاثیر پیشنهادات در کاهش احتمال بروز رویداد
  - میزان تاثیر پیشنهادات در کاهش شدت پیامد ناشی از بروز رویداد
  - میزان هزینه ناشی از اجرای پیشنهادات
  - میزان زمان مورد نیاز برای اجرای پیشنهادات
- پیشنهاد می شود در تمامی ساختمان های مستقر در تصفیه خانه آب شماره ۲ کن که احتمال ورود گاز سمی کلر به داخل آنها وجود دارد از سیستم فشار مثبت هوا استفاده شود تا در صورت بروز رویداد رهائش کلر و خروج این گاز از اتاق ایزوله، از ورود گاز بسیار خطرناک و سمی به فضای داخلی این ساختمان ها جلوگیری گردد.
- پیشنهاد می شود در کلیه اتاق های سیستم کلر زنی بایستی درب اتاق کاملاً، قالب درگاه باشد و درب کاملاً رو به بیرون باز شود و چنانچه درب به درون ساختمان راه دارد بایستی به نحوی طراحی شود که خود به خود بسته شود.
- پیشنهاد می شود تا بصورت مداوم میزان ایزوله بودن اتاق نگهداری سیلندرهای تحت فشار کلر، در تصفیه خانه شماره ۲ کن، مورد بررسی قرار گرفته و عدم نشت گاز کلر به بیرون از اتاق، در صورت رهائش کلر از سیلندرها جلوگیری بعمل آید.
- با توجه به احتمال آلودگی اپراتورها و تعمیرکاران با مایع کلر، پیشنهاد می شود تا در محل کلر زنی و همچنین محوطه تصفیه خانه آب شماره ۲ کن، چشم شور و دوش اضطراری نصب گردد تا در مواقع ضروری به سرعت از آنها استفاده شود.
- پیشنهاد می شود که دستورالعمل مقابله با شرایط اضطراری<sup>۳</sup> (ERP) جهت پاسخ مناسب به شرایط اضطراری تهیه و طراحی شده و به نفرات آموزش های لازم در این خصوص داده شود. در این دستورالعمل بایستی بر اساس ارزیابی ریسک انجام شده موارد گنجانیده شود.

<sup>۱</sup> Fuzzy Event Tree Analysis (FETA)

<sup>۲</sup> Layer Of Protection Analysis (LOPA)

<sup>۳</sup> Emergency Response Plan (ERP)

- پیشنهاد می شود تا مطابق با دستورالعمل مقابله با شرایط اضطراری (ERP) نموداری از نفرات و وظایف آنها آماده شده و نقاط مختلف نصب گردد تا نفرات و پرسنل شاغل در تصفیه خانه آب شماره دو کن، با نفرات تیم واکنش در شرایط اضطراری آشنا شده و همچنین نفرات تیم نیز وظایف خود را یادآوری نمایند.
- پیشنهاد می شود سیستم های شناساگر گاز سمی کلر که در اتاق سیلندرهای تحت فشار کلر نصب گردیده دائما مورد بازرسی قرار گرفته و از کالیبره بودن آنها اطمینان حاصل شود. در اتاق نگهداری سیلندرهای تحت فشار کلر، در تصفیه خانه شماره ۲ کن، تعداد ۴ عدد دتکتورهای شناساگر گاز کلر نصب شده که در شکل (۵-۶) سیستم ابزار دقیق شناساگر گاز کلر در اتاق نگهداری سیلندرها در تصفیه خانه شماره دو کن نشان داده شده است.



- شکل (۵-۶) سیستم ابزار دقیق شناساگر گاز کلر در اتاق نگهداری سیلندرها در تصفیه خانه شماره دو کن
- با توجه به حجم سیستم های شناساگر و خنثی ساز و تجهیزات ابزار دقیق ایمنی<sup>۱</sup> (SIS) که در این اتاق نگهداری سیلندرهای تحت فشار در تصفیه خانه آب شماره دو کن بکارگیری شده است، پیشنهاد می شود تا مطالعات دقیقی در خصوص قابلیت اطمینان تجهیزات ابزار دقیق مورد استفاده با تکنیک های قابلیت اطمینان مانند مطالعات سطوح یکپارچگی ایمنی<sup>۲</sup> (SIL) انجام شود.
  - یکی از مهمترین پیشنهادها در این پژوهش، پیاده سازی برنامه جامع مدیریت بحران در تصفیه خانه آب شماره دو کن می باشد. شرکت آب و فاضلاب غرب استان تهران بایستی این برنامه را تدوین نموده و بر نتایج حاصل از ارزیابی ریسک انجام شده را در این برنامه در نظر داشته باشد. فعالیتهای مدیریت بحران در چهار مرحله پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازسازی قابل دسته بندی هستند.
    - کاهش احتمال بروز رویداد و پیشگیری از بروز بحران
    - آمادگی در برابر بروز رویداد و ایجاد بحران
    - مقابله با بحران
    - بازسازی و بهبود خسارات ناشی از بحران
  - یکی از سیستم های بسیار مهم و موثر در خصوص مقابله با شرایط اضطراری سیستم خنثی ساز و یا

<sup>۱</sup> Safety Instrument System (SIS)

<sup>۲</sup> Safety Integrity Level (SIL) Study

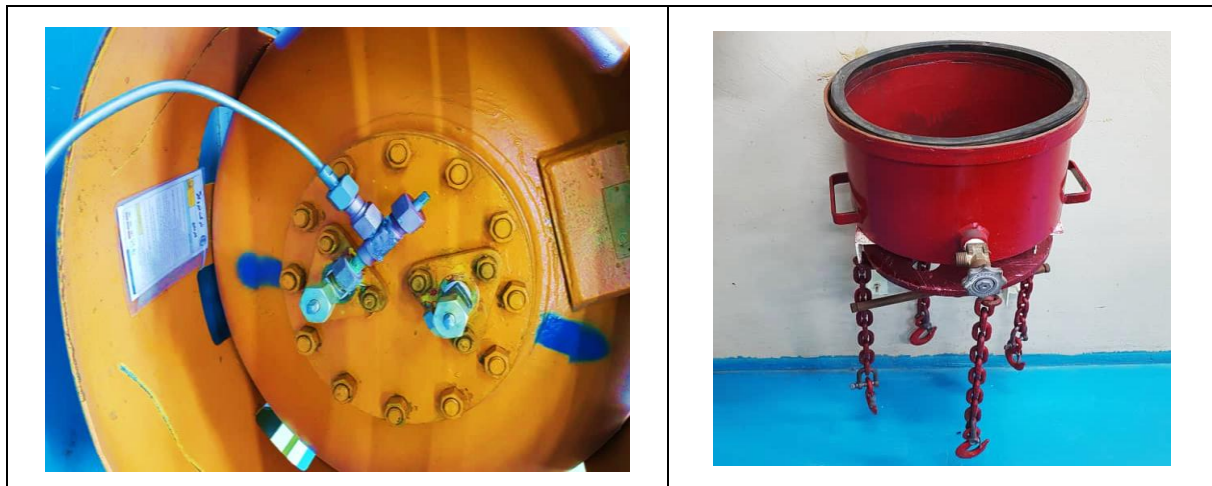
به اصطلاح Scrubber می باشد که کار خنثی سازی گاز در مواقع اضطراری رهائش ناخواسته را برعهده دارد. این سیستم توانایی خنثی سازی برابر ۸۰۰ کیلوگرم از ماده سمی کلر آزاد شده را دارا می باشد. این سیستم دارای یک مکش در پایین ترین سطح (با توجه به سنگینی گاز کلر) و یک دمش در سقف اتاق نگهداری سیلندرهای تحت فشار کلر می باشد.



شکل (۷-۵) سیستم خنثی ساز / Scrubber در سالن نگهداری سیلندرهای تحت فشار ماده سمی کلر

- پیشنهاد می شود تا دائما این سیستم تحت نظارت دقیق قرار داشته و برنامه منظم بررسی و تعمیر و نگهداری برای آن مجزا تهیه و تدوین گردد. همچنین چگونگی کار دستگاه و نحوه کارکرد آن به تیم اطفاء آموزش داده شود.

- پیشنهاد می گردد تا با برگزاری مانورهای مختلف آمادگی تیم اطفاء را در برابر رهايش ناخواسته گاز کلر بالا برد. یکی از واسیل مهم در عملیات اطفاء، درپوش یا CAP می باشد. از این وسیله در هنگامیکه شیرها و یا فلنچ دچار مشکل شده باشد استفاده می گردد. استفاده از این وسیله بایستی بقدری آموزش داده شود که نفرات به راحتی بتوانند با این وسیله کار کنند



- شکل (۵-۸) درپوش / CAP مخصوص استفاده در زمان نشت کلر از شیر و یا فلنچ سیلندر یک تنی تحت فشار
- پیشنهاد می شود درب اتاق اصلی نگهداری سیلندرهاى تحت فشار و همچنین اتاق کلرژنی در تصفیه خانه آب شماره دو کن مجهز به سیستم Castle Key باشد. سیستم Castle Key عبارت است از یک سیستم امنیتی حفاظتی که تنها به افراد مجاز اجازه عبور از درب ورود را می دهد و افراد دیگر اجازه ورود به محوطه کلرژنی را نخواهند داد. به این ترتیب احتمال خطای انسانی ناشی از ورود نفرات غیرمجاز و دستکاری در سیستم حذف خواهد شد.
  - با توجه به وجود سیستمهای برقی و ابزار دقیقی در اتاق نگهداری سیلندرهاى ۱ تنی تحت فشار با ماده سمی کلر، پیشنهاد می شود تا نسبت به تامین سیستم برق اضطراری برای این اتاق اقدام شود. این موضوع باعث می شود تا در هنگام قطع برق، این سیستم ها از مدار نشود.
  - پیشنهاد می گردد تا تمامی تجهیزات تزریق ماده سمی کلر به سیستم کلرژنی بایستی در هنگام مواقع اضطراری، قطع گردد. به اصطلاح به این روش Failed to Close گفته می شود.

#### ۵-۲-۲-۵-۵ اقدامات لازم و ضروری در هنگام بروز رویداد رهايش ناخواسته کلر

- به جز امداد رسانان و افراد مسئول بقیه افراد باید تخلیه شده و به سرعت از محل دور شوند.
- مردم باید به سرعت از محل وقوع حادثه تخلیه و در صورت عدم امکان تخلیه، در محیطی محبوس (ترجیحاً در طبقات بالای ساختمان ها) محافظت گردند. باید تمام منافذ ورودی هوا نظیر درب و پنجره ها، کانال های کولر و منافذ بسته شده و کولر، فن و هر سیستم تهویه دیگر خاموش شود این کار می تواند تا حدودی از ورود گاز سمی کلر به داخل ساختمان ها جلوگیری کند.
- محل امنی که نفرات در آن پناه گرفته اند باید بطور مداوم کنترل گردد زیرا ممکن است با تغییر

- جهت وزش باد یا افزایش مقدار نشست گاز، حضور در این مکان نیز خطرناک گردد.
- افراد باید در خلاف جهت وزش باد و تا حد ممکن از محل دور شوند. تجهیزاتی نظیر بادنا کمک میکنند تا مردم به سمت مکان های ایمن تخلیه شوند. همیشه تخلیه و دور شدن از محل وقوع حادثه در خلاف جهت جریان باد، ایمنی بیشتری را به همراه دارد. در صورت عدم امکان فرار و با توجه به سنگین تر بودن گاز کلر نسبت به هوا، نقاط مرتفع نسبتاً، و نه قطعاً، امن تر هستند.
- در حوادث فقط باید افراد مسئول آموزش دیده، مجهز به تجهیزات ایمنی فردی (PPE) کامل و لوازم مورد نیاز برای اطفاء حضور داشته باشند. هیچ فرد مسئولی نباید بدون تجهیزات PPE وارد محل نشت و محدوده اطراف آن گردد.

#### ۵-۲-۳-۵-۵- کمک های اولیه و مراقبت های پزشکی

- عملکرد فوری و سریع در انجام کمک های اولیه، ضروری است.
- در مواقع بروز حوادث، ایجاد آرامش به کم کردن نگرانی افراد کمک خواهد کرد.
- به سرعت از مراکز فوریت های پزشکی و اورژانس درخواست کمک شود.
- اگر فرد بیهوش باشد، باید مسیرهای هوایی باز نگه داشته شده و مانع از انسداد آنها شد.
- هرگز نباید به شخص غیرهوشیار، بیهوش یا دچار تشنج، ماده ای خوراند.
- فرد قرار گرفته در معرض کلر باید از لحاظ سالم بودن مسیرهای جریان هوا و تنفس، بررسی و معاینه شود.
- اگر تنفس مصدوم قطع شده باشد، باید به سرعت مورد احیای قلبی-ریوی (CPR) قرار گیرد.
- اگر چشم ها در اثر تماس با کلر تحریک شدند باید به سرعت با مقدار فراوانی آب ولرم به مدت حداقل ۱۵ دقیقه شسته شوند. (در این حالت) هرگز سعی نشود از خنثی سازهای شیمیایی استفاده شود. پلک ها باید در حین انجام شستشو (با استفاده از انگشتان دست) باز نگه داشته شوند تا اطمینان حاصل شود که تماس با آب در تمام بافت های قابل دسترسی چشم ها و پلک ها انجام گرفته است. کمک های پزشکی باید هرچه سریع تر درخواست گردند. اگر چنین کمک های به سرعت در دسترس نبودند شستشوی چشم ها باید به مدت ۱۵ دقیقه ی دیگر ادامه یابد و هیچ چیز به جز آب نباید در شستشو به کار رود مگر این که توسط امدادگر یا تکنسین مجرب کمک های اولیه تجویز شود.
- اگر کلر، لباس ها و یا پوست شخص در معرض نشت قرار گرفته را آغشته و اشباع کرده باشد، باید لباس های آلوده بیرون آورده شوند. در ادامه لازم است که فرد به طور مناسب و صحیح زیر دوش آب قرار داده شده و شستشوی کامل بدن وی انجام گردد.
- اگر کلر مایع، پوست یا لباس را آلوده کند، باید از دوش اضطراری استفاده شده و لباس آلوده شده در زیر دوش آب از بدن خارج شود. پوست ملتهب آلوده شده باید با مقادیر فراوانی از آب ولرم به مدت ۱۵ دقیقه یا بیشتر شسته شود. سوختگی های گرمایی ناشی از دمای سرد کلر مایع، ممکن است از هر نوع واکنش شیمیایی دیگر، بین کلر و پوست، آسیب رسان تر باشند. قرارگیری در معرض

گاز کلر می تواند پو ست را تحریک کند برای پو ست آسیب دیده، هیچ خنثی ساز شیمیایی یا هیچ گونه مرهم یا پمادی را استعمال نشود. در صورتیکه تحریکات پو ستی پس از شستشو با آب ادامه یافتند یا اگر پو ست پاره شد یا تاول زد، به یک امدادگر یا تکنسین مجرب کمک های اولیه مراجعه شود. لازم به ذکر است که عدم استفاده از مرهم، پماد و ... دستوری برای مرحله ی کمک های اولیه بوده و متفاوت از مرحله ی درمان زیر نظر پزشک است.

- افراد کمک کننده باید احتیاطات لازم جهت حفاظت خود از هر گونه تماس با کلر در حین اجرای کمک های اولیه را به کار برند و هرچه سریع تر، فرد مصدوم را از محدوده آلوده دور کنند.
- در تماس های حاد یا کوتاه با کلر، هیچ پادزهر خاصی شناخته نشده است. ارزیابی سریع پزشکی و اقدامات پشتیبانی، در رسیدن به نتایج مناسب درمانی، لازم هستند.
- به فرد مصدوم توصیه شود که آرام و عمیق تنفس کند.
- تمامی افرادی که در اثر تماس حاد و بیش از حد با گاز کلر از طریق استنشاق آن، علائم بیماری را نشان داده اند، باید تحت نظارت امدادگر یا تکنسین مجرب کمک های اولیه قرار بگیرند.
- با ارتباط برقرار کردن با بیمار، نگرانی او را تسکین دهید. به ویژه به هنگام انجام اقدامات تنفسی، به کمک روش های مختلف، از خود او کمک بخواهید.
- اگر تنفس قطع نشده باشد، فرد قرار گرفته در معرض (کلر) باید در یک موقعیت راحت و آسوده قرار داده شود. این شخص باید در حالت نشسته کامل (با پاهای دراز شده روی زمین) و با زاویه ۴۵ تا ۶۰ درجه در سر و بالا تنه (نسبت به خط عمود بر زمین) قرار داده شود (مگر اینکه مشکلی پزشکی وجود داشته باشد).
- تجهیزات اکسیژن دهی پزشکی باید در محل یا ساختمانی نزدیک به سامانه های کلرزی وجود داشته باشند.
- چنین تجهیزاتی باید به صورت دوره ای تست و بررسی شوند. لازم به ذکر است که تجهیزات اکسیژن دهی پزشکی متفاوت با سیستم های تنفسی هوای فشرده هستند.
- از لحاظ تاریخی، اکسیژن درمانی به ویژه اکسیژن مرطوب، به عنوان درمان اولیه در زمان استنشاق کلر در نظر گرفته شده است. چون رطوبت، تحریک های ناشی از کلر در غشاهای مخاطی را تسکین می دهد لذا اکسیژن مرطوب ترجیح داده می شود. اکسیژن بدون رطوبت، می تواند دارای تاثیر خشک کننده باشد، بنابراین به شکل بالقوه، علائم تحریک و سوزش را شدید تر می کند با این حال اگر اکسیژن مرطوب در دسترس نباشد، نباید از اکسیژن بدون رطوبت در صورتی که اکسیژن درمانی لازم شناخته شده، پرهیز نمود. با پیشرفت در تکنولوژی، هم اکنون تجهیزاتی در دسترس قرار گرفته اند، که می توانند به سرعت اشباعیت اکسیژن در یک فرد را ارزیابی و تعیین کنند (پالس اکسی متری). این ارزیابی و سنجش ممکن است در تعیین اینکه آیا اکسیژن تکمیلی پس از تنفس و استنشاق کلر مورد نیاز هست یا خیر، کمک کننده باشد.
- ممکن است در تمامی موارد استنشاق کلر، اکسیژن درمانی لازم نباشد. با این حال در مواردی که فردی کلر استنشاق کرده است و (حتی) پس از ترک محل آلوده به کلر، باز هم علائم بیماری را

- نشان می دهد، اکسیژن درمانی توصیه می شود، مگر اینکه بتوان تشخیص داد به این درمان نیازی نیست. به عبارت دیگر اکسیژن درمانی لازم است مگر اینکه خلاف آن ثابت شود.
- شرایطی که در آنها نیازی به اکسیژن درمانی وجود ندارد، باید به طور کامل توسط یک پزشک و بر اساس یافته های پزشکی و بررسی مورد به مورد توسط امدادگر یا تکنسین مجرب کمک های اولیه که به طور ویژه در این حوزه آموزش دیده، معین شوند.
  - استفاده از اکسیژن باید توسط امدادگر یا تکنسین مجرب کمک های اولیه، که در زمینه استفاده از تجهیزات ویژه ی اکسیژن رسانی، تحت راهنمایی یک فرد متخصص و دارای مجوز در حوزه مراقبت بهداشتی، آموزش دیده باشد، انجام شود.

## ۵-۶- محدودیت های تحقیق

محدودیت های این پژوهش شامل بر موارد زیر می باشد:

- یکی از مهمترین چالش ها در این مطالعه عدم دسترسی به نرم افزارهای PHA-PRO 8.5 و PHAST 8.22 شده می باشد. استفاده از نرم افزارهای قفل شکسته کار را برای پژوهشگر مشکل می سازد.
- جلسات طوفان ذهنی در مطالعات HAZID از دیگر محدودیت های موجود در این مطالعه می باشد. از آنجایی که تنظیم قرار جلسات و فراخوان تمامی نفرات بسیار مشکل می باشد این موضوع نیز می تواند یکی از چالش های پیش روی پژوهشگران در این نوع از مطالعات باشد.
- یکی از محدودیت های مهم در این پژوهش، امکان دسترسی به محل کلر زنی تصفیه خانه شماره ۲ کن می باشد. برای دسترسی به این تحت مطالعه می بایستی مجوزهای لازم به منظور بازدید دریافت می گردید که یکی از مهمترین چالش های اصلی در این تحقیق بود.

## مراجع



## فهرست مراجع فارسی

- امیدوار، محسن. نیرومند، فرشته. ۱۳۹۴. جدول ارزیابی ایمنی مخازن شارژ آمونیاک با استفاده از روش آنالیز لایه های حفاظتی فازی. مجله مهندسی بهداشت حرفه ای. دوره ۲. شماره ۴. زمستان ۱۳۹۴. صفحات ۱۴-۲۴.
- امینی، علیرضا. ۱۳۸۴. آنالیز ریسک پذیری مخازن نگهداری آمونیاک و محاسبه ریسک مناطق مسکونی. اولین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE. ۹ - ۱۱ اسفند ماه ۱۳۹۴. شرکت نفت مناطق مرکزی ایران. شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی. امور HSE.
- بازرگان، ناصر. اعظم واقفی، کوشیار. آقابییگی، آذرمیدخت. جزایری، علی. حناچی، سیمین. سادات منصوی، عباس. کریمدادی، مهوش. کارونی، رضا. لک مظاهری، حسام الدین. مرادی، جعفر. صداری شاملو، حسن. آیین کار اصول طراحی ایمنی و بهداشت ساختمان واحد کلرzeni در تصفیه آب آشامیدنی. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. شماره استاندارد ایران ۵۰۱۵.
- باقری، حسن. فاطمی، فرین. بختیاری، ندا. ۱۳۹۹. بررسی سناریوهای انتشار ناگهانی گاز کلر در تصفیه خانه آب جلالیه تهران با نرم افزار ALOHA. فصلنامه مدیریت بحران و وضعیت های اضطراری. دوره ۱۲. شماره ۳. پاییز ۱۳۹۹. صفحه ۵۹-۳۱.
- بهشتی، محمد حسین. موسویان اصل، زینب. تاج پور، علی. حاجی زاده، روح الله. ۱۳۹۶. بررسی محدوده پیامدهای انفجار، اشتعال و نشت گاز در کپسول های ۲۶/۲ لیتری گاز مایع با رویکرد پدافند غیرعامل. مجله طب نظامی. دوره ۱۹. شماره ۶. بهمن و اسفند ۱۳۹۶. صفحات ۵۵۱ تا ۵۶۱.
- بیت لفته، محمد. سفیانیان، علیرضا. مرادی، حسین. پورمنافی، سعید. ۱۳۹۵. ارائه روشی برای ارزیابی آسیب پذیری کاربری های انسانی اطراف تاسیسات مخاطره آمیز صنعتی. کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت. تهران. دبیرخانه دائمی.
- پناهی، سودا. کریمی، علی. پوربابکی. ۱۳۹۸. مدلسازی پیامد و تحلیل خطرات انفجار و آتش سوزی ناشی از انتشار ناشی از انتشار گاز متان در یک پالایشگاه گاز به تفکیک فصول سرد و گرم سال. مجله فصلنامه بهداشت در عرصه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی - دانشگاه بهداشت و ایمنی، دوره ۷. شماره ۴. زمستان ۱۳۹۸. صفحات ۳۴ تا ۴۶.
- جعفرنیا، افشین. خرم بخت، احمد علی. قنبری، عبدالرسول. ۱۳۹۷. بررسی جغرافیایی مخاطره انتشار گاز کلر در ایستگاه کلرzeni شرکت آبفا با استفاده از نرم افزار ALOHA (مطالعه موردی: ایستگاه لار). مدیریت مخاطره محیطی (دانش مخاطرات سابق). دوره ۵. شماره ۴. زمستان ۱۳۹۷. صفحات ۴۳۵ تا ۴۴۸.
- خرم، رسول. ۱۳۹۹. مدلسازی پیامد انتشار گاز کلر بر اساس مقادیر طرح ریزی واکنش در شرایط اضطراری طی یک دوره زمانی ۲۴ ساعته توسط نرم افزار PHAST (مطالعه موردی حریم نیروگاه اتمی بوشهر). مجله طب نظامی. دوره ۲۲. شماره ۵. مرداد ۱۳۹۹. صفحات ۴۹۲-۵۰۱.
- دشتی، ع. ۱۳۹۹. بررسی و شبیه سازی آنالیز پیامد و ریسک انتشار گاز سمی در صورت بروز حادثه در تصفیه خانه های منتخب شرکت آبفا مشهد. مجله پژوهش نامه، سال ششم. شماره سوم. آبان ماه ۱۳۹۹.

- رشتچیان، د. لک، ا. ۱۳۸۶. تحلیل ریسک پذیری مخازن آمونیاک، نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران. دوره ۲۶، شماره ۴. زمستان ۱۳۸۶.
- رشتچیان، داود. لک، احمد. ۱۳۸۶. تحلیل ریسک پذیری مخازن آمونیاک. نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران. دوره ۲۶، شماره ۴. زمستان ۱۳۸۶. صفحات ۱۹-۲۸.
- رشتچیان، داود. لک، احمد. هاشمی. وحید. ۱۳۸۴. روش های ارزیابی ریسک و نمونه ای از مراحل انجام آن در یک مجتمع پتروشیمی. دهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران. زاهدان. دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ستاره شناس، نعیمه. علوی نژاد، سید حامد. شهرکی، فرهاد. ۱۳۸۹. مدل سازی و ارزیابی پیامد رهائش گاز آمونیاک در پتروشیمی شیراز. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست. تهران. دانشگاه تهران. دانشکده محیط زیست.
- سیدآبادی، نفیسه. نادرپور، نوید. جیرسرای، علیرضا. ارزیابی کیفی مخاطرات فرآیندی قسمت حذف گاز دی اکسید کربن واحد آمونیاک بر اساس روش HAZOP و به کمک نرم افزار PHA-PRO. دومین کنفرانس بین المللی کارشناسان HSE صنایع نفت، گاز پتروشیمی، فولاد و سیمان و پروژه های عمرانی، یزد، ۱۳۹۶.
- شکری، ثنا. قلعه نوی، مهران. ۱۳۹۴. بکارگیری نرم افزار PHA-Pro در ارزیابی ایمنی شغلی یک شرکت تولید قطعات خودرو. نهمین همایش سراسری بهداشت و ایمنی کار.
- شیرالی، غلام عباس. موسویان اصل، زینب. فرشته، جهانی. سیاهی آهنگر، عاطفه. اعتماد، صلاح الدین. ۱۳۹۷. مدل سازی پیامد نشت آمونیاک از مخازن آن با استفاده از نرم افزار ALOHA و تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری در یکی از صنایع فرآیندی. مجله بهداشت حرفه ای. دوره ۵. شماره ۲. صفحات ۱۲ تا ۱۹.
- صادقی یارندی، محسن. کریمی، علی. ۱۳۹۷. ارزیابی پیامد حریق و انفجار مخازن گاز متان در یک جایگاه توزیع گاز طبیعی فشرده. مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت. دوره ۶. شماره ۴. زمستان ۱۳۹۷. صفحات ۲۳۷ تا ۲۴۶.
- صالحی آرتیمانی، جواد. شامی زاده، هادی. علی نژاد شهابی، رامین. ارجمند، مهدی. ۱۳۹۰. مدل سازی و ارزیابی ریسک انتشار گاز کلر در تصفیه خانه های آب. مجله علمی پژوهشی کاربرد شیمی در محیط زیست. زمستان ۱۳۹۰. دوره ۳. شماره ۹. صفحات ۳۹-۵۰.
- عدل، ج. محمد فام، ا. نظام الدینی، ز. ارزیابی خطر نشت گاز کلر در ایستگاه های کلر زنی سیستم آب آشامیدنی شهر تهران با روش تجزیه و تحلیل درخت خطا. مجله علمی پژوهشی. دوره ۶. شماره ۴. زمستان ۱۳۸۶.
- عروجی، ع. حسینی نیا، س. س. ۱۳۹۱. بررسی حادثه آسیب دیدگی و نشت گاز آمونیاک از یک تانک نگهداری آمونیاک مایع. سومین همایش بازرسی و ایمنی در صنایع نفت و انرژی. تهران. هم اندیشان انرژی کیمیا.
- عظیمی، سعید. امیرنژاد، رضا. ۱۳۹۰. آموزش HSE (بهداشت، ایمنی و محیط زیست) برای همه. انتشارات فدک ایستاتیس. تهران. شابک ۹۳-۶۰۳-۵۲۰۳-۶۰۰-۹۷۸.
- غلامرضا، علیرضا. جلالی، سروش. ۱۳۸۸. چگونگی اجرای پروژه HAZOP در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی

- توسط نرم افزار PHA-Pro (مطالعه موردی در واحد دیوکس Dewaxing Unit پالایشگاه نفت پارس). دومین کنفرانس بین المللی جایگاه ایمنی، بهداشت و محیط زیست در سازمان ها، اصفهان، ۱۳۸۸.
- فرزانیان، پریسا. ارجمند، مهدی. محمدی، مهنوش. ۱۳۹۲. مدل سازی انتشار مواد سمی و بررسی پارامترهای رهايش و نشت از واحد آمونیاک یک مجتمع پتروشیمی. سومین همایش ملی مدیریت انرژی و محیط زیست. تهران. هم اندیشان انرژی کیمیا.
- کبیری، صدیقه. خسروی، حسین. شیر، حسن. رشیدی، حسین. ۱۳۹۳. ارزیابی ریسک پروژه تعویض کلاس خط دوم سراسری به روش JSA در محیط نرم افزاری PHA-Pro 6. سومین همایش علمی مهندسی فرآیند (نفت، گاز پالایش و پتروشیمی). تهران. ۱۳۹۳.
- کمائی، محمد. علیزاده، سید شمس الدین. کشوری، عبدالرحمن. خیرخواه، زینب. مشعشعی، 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. تابستان ۱۳۹۵.
- کیان مهر و همکاران، ۱۳۹۱، ارزیابی کیفی ریسکهای محیط زیستی برای شناسایی خطرات در واحد تقویت فشار گاز جزیره سیری با استفاده از تکنیک هزید.
- کیان مهر، علی. نبهانی، نادر. جادری، فرشته. ۱۳۹۲. ارزیابی کیفی ریسکهای زیست محیطی بر اساس روش شناسایی خطرات HAZID در واحد تقویت فشار گاز جزیره سیری. سومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست. تهران.
- گوهررخی، مهدی. ا. سعدی، سیده زینب. شناسایی مخاطرات و ارزیابی کیفی ریسک HAZOP Study در واحد کاهش گرانیوی پالایشگاه تهران توسط نرم افزار PHA-Pro 7. اولین همایش ملی بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)، ماهشهر. ۱۳۹۰.
- لتحری جزئی، ندا. ناصر، ایرج. ارزیابی کیفی مخاطرات فرآیندی بخش تامین دی اکسید کربن واحد اوره بر اساس روش HAZOP و با بهره گیری از برنامه PHA-Pro 6. هشتمین کنفرانس مبدل های گرمایی چیلر و برج خنک کن، تهران. ۱۳۹۵.
- محسن زاده، حانیه. رزم آرا، ح. سام. دشتی، علی. روستا، هادی. مخعی فدافن، هادی. توکلی امینیان، ثمانه. روحبخش، مسعود. فضائی ترابی، علی. ۱۳۹۹. ارزیابی ریسک در واحدهای کلرzeni تصفیه آب و فاضلاب به روش FMEA. نشریه علمی علوم و مهندسی آب و فاضلاب. سال پنجم. شماره ۴. صفحات ۳۱-۴۰. زمستان ۱۳۹۹.
- محمد فام ایرج، ۱۳۸۹، مهندسی ایمنی، انتشارات فن آوران.
- مرتضوی، سید باقر. پارسا راد، مجید. اصیلان مهابادی، حسن. خوانین، علی. ۱۳۹۰. انتشار گاز کلر از مخازن ذخیره به منظور تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری در یک صنعت پتروشیمی. فصلنامه سلامت کار ایران. دوره ۸. شماره ۳. پاییز ۱۳۹۰. صفحات ۶۸-۷۷.
- موسوی، سید محمد. عصاره، مصطفی. ۱۳۹۳. مدیریت ریسک صنایع با استفاده از روشهای مختلف ارزیابی خطرات. دومین همایش علمی مهندسی فرآیند. هم اندیشان انرژی کیمیا.
- مولایی، فرهاد. رشتچیان، داود. ۱۳۸۸. بررسی و تحلیل پیامد حادثه انتشار آمونیاک از مخازن آمونیاک،

سومین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE. تهران. دانشگاه صنعتی شریف.

نریمان نژاد، علی رضا، عتابی، فریبا. خوشگردد، احمد. معطر، فرامز. ۱۳۸۸. مدلسازی انتشار نشت آمونیاک از مخازن ذخیره در مجتمع های پتروشیمی و تهیه طرح واکنش در شرایط اضطراری. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست. آلودگی هوا. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. دانشکده محیط زیست و انرژی. اسفند ماه ۱۳۸۸.

نصرآبادی، امیرمحمد. پیرزاده، محسن. هوایی، مهسا. رضوی، سید مجتبی. ۱۳۹۰. شناسایی مخاطرات وارزیابی کیفی ریسک (HAZOP Study) در واحد کاهش گرانش پالایشگاه بندرعباس توسط نرم افزار PHA-Pro 7. دومین همایش بازرسی و ایمنی در صنایع نفت و گاز. تهران. ۱۳۹۰.

## فهرست مراجع غیرفارسی

- Dadgar, Parisa. (2021). Risk Assessment and Analysis in Health, Safety and Environmental (HSE) Hazards of Bitumenous Waterproofing Industry Using HAZID Technique. Mapta Journal of Mechanical and Industrial Engineering (MJMIE). Vol. 5, No. 1, June, 2021.
- Kianmehr, Ali. Nabahani, Nader. Jaderi, Fereshteh. (2013). Qualitative risk assessment approach based on HAZID method in Sirri Island gas compression and export facility. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 2013 TJEAS Journal-2013-3-23/3405-3409.
- Kim, Kipyoungh. Kang, Hokeun. Kim, Youtaek. (2015). Risk Assessment for Natural Gas Hydrate Carriers: A Hazard Identification (HAZID) Study. Energies. 2015, 8, 3142-3164.
- Ataollahi, E. Shadizadeh, S. R. (2015). Fuzzy consequence modeling of blowouts in Iranian drilling operations; HSE consideration. Safety Science. 77. 2015. 152-159.
- EN ISO 17776: 2009- Petroleum and Natural Gas Industries – Offshore production Installations- Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment
- ISO 31000.2009 Standard, Risk Management – Principles and guidelines
- ISO 31010.2009 Standard, Risk Management – Risk assessment Techniques
- Orozco, J.L. Cneghem, J. Van. Hen, L. Gozalez, L. Lugo, R. Diaz, S. Pedroseo, I. (2019). assessment of the human and environmental impact of an ammonia incident in the industrial area of matanzas (cuba). Journal of Cleaner Production.
- Parvini, Mehdi. Kordrostami. (2014). Consequence modeling of explosion at Azad-Shahr CNG refueling station. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 19 April 2014.
- Shell international Exploration and Production. HSE Manual. Volume 3. HAZID. EP 95-0312 Revision 0. 26 September 1995.
- Witlox, Henk. Fernandez, M. Haper, Mike. Oke, Adeyemi. (2018). verification and validation of phast consequence models for accidental releases of toxic or flammable chemicals to the atmosphere. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 23 July 2018.
- EN ISO 17776: 2009- Petroleum and Natural Gas Industries – Offshore production Installations- Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment.
- Shell international Exploration and Production. HSE Manual. Volume 3. HAZID. EP 95-0312 Revision 0. 26 September 1995.
- Nascimento, F.A.C. Majumdar, A. Ochieng, W.Y. Schuster, W. 2015. Night-time offshore helicopter operation: a survey of risk levels per phase of flight, flying recency requiement and visual approach techniqe. The Aeronautical journal. December 2015. Volume 119. No. 1222. PP: 1475-1498.

*Lowesmith, B.J. Hankinson, G. Chynweth, S. 2013. Safety issues of the liquefaction, Storage and transportation of liquid hydrogen: studies in the idealhy project. International conference on Hydrogen Safety. 9-11 September 2013. Brussels. Begium. PP: 1-14.*

*Muhlbauer, W.K. 2004. Pipeline risk management Manual, Gulf professional publishing, United State of America, Third Edition: 572 PP.*

## پیوست‌ها

## پیوست (۱) آئین کار اصول طراحی ایمنی و بهداشت ساختمان واحد کلرزنی در تصفیه آب آشامیدنی (ISIRI-5015)

### اصول و ضوابط طراحی ایمنی و بهداشت ساختمان واحد کلرزنی و انبار سیلندر گاز

- ساختمان واحد کلرزنی بایستی مستقل از دیگر واحدها و ترجیحاً هم سطح زمین باشد.
- ابعاد اتاق استقرار سیلندرهاى آبی آماده مصرف حداقل  $5 \times 4 \times 3$  (طول، عرض و ارتفاع) متر باشد تا فضای کافی برای اپراتور جهت انجام تعمیرات یا تعویض سیلندر موجود باشد.
- پی ستونها استقرار سیلندرهاى گاز دارای استحکام کافی باشد.
- دیوارهای جانبی اتاق استقرار سیلندرهاى گاز و اتاق کلرزنی حداقل به ضخامت ۴۰ سانتیمتر و مجهز به یک لایه عایق حرارتی با ضخامت حداقل ۲/۵ سانتیمتر گردد.
- سقف اتاق استقرار سیلندرهاى آماده مصرف و اتاق کلرزنی به صورت شیب دار اجرا شود تا آب باران و برف در آب رو به راحتی تخلیه گردد، هدف از این امر آن است که هیچگونه رطوبتی بر روی کپسولهای گاز کلر اثرگذار نباشد.
- سقف اتاقها استقرار سیلندرهاى گاز و کلرزنی باید دارای عایق حرارتی باشد.
- در سقف اتاق استقرار سیلندرهاى گاز آماده مصرف افشانک مناسب تعبیه شود تا در مواقع اضطراری به منظور شستشوی گاز عمل نماید.
- مصالح ساختمانی مورد استفاده برای پوشش دیوارها، کف و سقف اتاق استقرار سیلندرهاى آماده مصرف، کلرزنی و انبار سیلندرهاى گاز می بایستی در برابر خوردگی و آتش سوزی مقاوم باشد.
- در ورودی برای حمل سیلندر به داخل و خارج انبار می تواند از نوع کشویی یا ریلی باشد ولی درب خروج عادی و اضطراری کارکنان باید از نوع لولایی و به طرف بیرون باز شود.
- سیستم جمع اوری و دفع فاضلاب واحد کلرزنی برای مواقع اضطراری پیش بینی شود.
- پیش بینی حوضچه آهک در حد اشباع و یا سود خارج از اتاق کلرزنی با ابعاد حداقل  $1/5 \times 3 \times 3$  (طول، عرض و عمق) متر که همواره باید دارای آب آهک در حد اشباع باشد (برای غوطه ور کردن دو سیلندر یک تنی)
- محل انبار سیلندرهاى کلر باید دور از محل رفت و آمد وسایل نقلیه عمومی باشد.
- محل نگهداری و استقرار سیلندرهاى کلر بایستی دور از منابع تولید حرارت و تابش مستقیم نور خورشید باشد.
- سیلندرهاى گاز دور از لوله‌های بخار آب، رادیاتور، اجاق گاز و یا بویلرها نگهداری شوند.
- اتاق نگهداری سیلندرهاى کلر و واحد کلرزنی باید دارای دیوارهای بدون درز و شکاف باشد تا امکان نشت احتمالی گاز به اتاق های دیگر وجود نداشته باشد.
- اتاق استقرار سیلندرهاى آماده مصرف و انبار باید مجهز به جرثقیل سقفی از نوع هیدرولیکی و الکتریکی چهار حالته باشد و تیری که جرثقیل بر روی آن نصب می گردد به گونه ای باشد که سیلندرهاى اتاق استقرار سیلندرهاى آماده مصرف و انبار را پوشش دهد. ضمناً اتصال بازوهای جرثقیل به کمر بند سیلندرها باید به طور خودکار طراحی شود.



- دسته کنترل جرثقیل در خارج از اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف و انبار و در کنار حوضچه آب آهک و درون محفظه مناسب قرار گیرد (طول کابل دسته کنترل به گونه ای انتخاب شود که اپراتور قادر به کار کردن با آن از فاصله دور باشد)
- حوضچه خنثی سازی ترجیحاً در مقابل اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف و در مجاورت انبار سیلندرها طراحی و ساخته شود.
- سیستم لوله کشی، ساده و دارای حداقل اتصالات و عایق در مقابل حرارت زیاد باشد و هرگز از لوله کشی طویل استفاده نشود.
- تابلو برق و کلید قطع و وصل (تهویه و روشنایی) اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف و در خارج از آن نصب گردد. همچنین تجهیزات ایمنی مناسب برای تابلوهای برق شامل سیم ارت، کف پوش عایق، فیوز، کنتور فاز و غیره منظور گردد.

### نکات ایمنی سیلندرهای گاز کلر

- سیلندرهای کلر بایستی مجزا از مواد شیمیایی یا ترکیباتی مانند آمونیاک، اکسیژن، روغن و مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی و هیدروکربنهای گازی و مایع نگهداری شوند.
- شیر سیلندرها، مخازن، ظروف گاز کلر در انبار بایستی دارای کلاهک ایمنی مخصوص باشد و فقط هنگام استفاده می بایست کلاهک باز شود.
- سیلندرها و دیگر مخازن گاز کلر بایستی از لحاظ خوردگی و نشت مورد بازدیدهای منظم و مستمر قرار گیرند.
- در زمان اتصال یا باز کردن سیلندرها یا مخازن نبایستی کارکنان به تنهایی اقدام نمایند.
- سیلندرها و دیگر ظروف گاز کلر نبایستی به حالتی قرار گیرند که خطر سقوط داشته باشند و یا خطر سقوط جسمی بر روی آنها وجود داشته باشد.
- تجهیزات سیستم کلر زنی در تمام اوقات بایستی از رطوبت عاری باشند.
- استفاده از گریسهای معمولی برای روغنکاری قطعات کلر زنی مجاز نمی باشد و بایستی از گریسهای مقاوم در برابر کلر که بنیان فلئوئور یا کلروفلوئور مناسب داشته باشد، استفاده گردد.
- آموزش افرادی که در ارتباط با دریافت، انبار کردن یا استفاده از کلر و نگهداری آن می باشند در زمینه مسایل بهداشت و ایمنی کار با کلر و نحوه نصب، چگونگی کشف ردیابی نشت گاز، تعمیر و نگهداری و چگونگی استفاده از وسایل ایمنی و رعایت نکات بهداشتی ضروری است.
- اطمینان از قرارگیری کارکنان در مورد مطالب آموزش داده شده حاصل شود.

### ضوابط نگهداری و انبار سیلندرهای گاز کلر

- مخازن بزرگ باید روی پایه های محکم فولادی یا بتنی قرار داده شود و مخازن با حجم معمولی روی سطح محکم و پایدار قرار داده شود.
- از فضای زیرزمین یا زیر همکف نبایستی برای انبار گاز کلر استفاده کرد.
- سیلندرها و دیگر ظروف گاز نبایستی در نزدیکی آسانسورها یا سیستمهای تهویه و دیگر باز شوها

- قرار گیرد تا از خطر نشست و پخش گاز به سایر قسمتهای ساختمان جلوگیری شود.
- سیلندرهای یا مخازنی که در محوطه باز انبار می‌شوند بایستی بر روی کف بتونی یا مقاوم رد برابر حریق قرار گیرند.
- چنانچه از سیلندرهای گاز کلر در محل های دور بست و سرپوشیده نگهداری می شود می‌بایست حتماً به سیستم آگزوز فن مثبت مجهز باشند. فاصله بین دو سیلندر در محل انبار محل ۱ متر و حداقل ۳۰ سانتیمتر باشد.
- مخازن یک تنی گاز کلر بایستی مطابق دستور العمل سازنده انبار شوند.
- سیلندرهای گاز کلر ترجیحاً به صورت عمومی انبار شوند.
- سیلندرهای کمی بالاتر از سطح زمین قرار گیرند و برای جلوگیری از غلتیدن باید آنها را مهار کرد.
- سیلندرهای پر و خالی باید جدا از هم نگهداری شوند و با برچسب پر و خالی مشخص گردند.
- سیلندرهای و دیگر ظروف قابل حمل بایستی به نحوی انبار شوند که به راحتی قابل دسترسی باشند.
- برای دسترسی آسان به سیلندرهای باید یک راه باز و بدون مانع با عرض حداقل یک متر برای دسترسی و بازرسی به هر نقطه از مخازن در انبار وجود داشته باشند.
- یک مسیر با عرض حداقل یک متر از در ورودی تا محل استقرار سیلندرهای وجود داشته باشد.
- برای هر سیلندر گاز، شناسنامه ای حاوی اطلاعات شماره سری، نام ایستگاه، تاریخ رسوب زدایی، تاریخ تست فشار و تاریخ پر کردن سیلندر تهیه گردد
- در انبار سیلندر گاز، وسایل ایمنی مناسب از قبیل کپسول آتش نشانی، ماسک، کپسول اکسیژن، زنگ خطر، دماسنج و تلفن در محل مناسب و در دسترس فوری قرار داده شود.
- مکان تخلیه و بارگیری باید مجهز به وسایل و تجهیزات ایمنی باشد.
- نصب تجهیزات الکتریکی از قبیل و سایل اندازه‌گیری برقی، جعبه فیوزهای برق و امثالهم در انبار و محل نگهداری سیلندرهای گاز کلر ممنوع است.
- داخل انبار باید همواره تمیز، خنک و عاری از بخارات خورنده بوده و از تهویه مناسب برخوردار باشد.
- کنترل روزانه تجهیزات ایمنی واحد کلر زنی و انبار از قبیل ماسک، سیستم تهویه، زنگ خطر، دوش آب، چشم‌شوی، کپسول آتش‌نشانی و کپسول اکسیژن و اطمینان از صحت و کارایی آنها انجام گیرد.
- کنترل و اندازه‌گیری روزانه دمای انبار و واحد کلر زنی ضروری است.
- ورود افراد متفرقه به انبار اکیداً ممنوع است.
- پوشش درهای انبار باید از جنس مقاوم در برابر آتش باشد.
- محوطه خارجی اطراف انبار بایستی عاری از گیاه و علف‌های هرز خشک و یا ضایعات قابل اشتعال باشد.

### ضوابط حمل و نقل سیلندرهای گاز کلر

- برای حرکت دادن سیلندرهای و دیگر مخازن گاز کلر بایستی تجهیزات مناسب وجود داشته باشد.
- سیلندرهای گاز کلر هنگام حمل بایستی به صورت عمودی بارگیری شوند و کاملاً مهار شوند.
- برای بارگیری سیلندرهای گاز کلر باید از جرثقیل یا بالابرهای مغناطیسی استفاده شود.

- در هنگام حمل و نقل باید کلاهک محافظه شیر تخلیه بر روی آن قرار داده شود.
- برای بلند کردن سیلندر هرگز از کلاهک محافظ روی شیر کیسول استفاده نگردد.
- ارابه دستی حمل سیلندرهاى کوچک بایستی مجهز به بست یا زنجیر جهت مهار کردن سیلندر در جای خود باشد و یا طراحی آن به گونه ای صورت پذیرد که حمل این مخازن و سیلندرها با ایمن انجام گیرد.
- از انداختن سیلندر از ارتفاع بر روی زمین و یا غلطاندن آن بر سطح زمین و ضربه زدن به آن جدا خودداری شود.
- از قرار دادن سیلندرهاى گاز کلر پر در معرض تابش مستقیم آفتاب اکیدا خودداری شود.
- در محل بارگیری و تخلیه سیلندرهاى گاز، پیش بینی حوضچه خنثی سازی (حوضچه آب آهک) پیش بینی گردد.
- ترجیحاً بارگیری و حمل و نقل سیلندرهاى گاز در ساعاتی از شبانه روز انجام گیرد که رفت و آمد کمتر است.
- در مبداء و قبل از حمل سیلندرهاى گاز پر، از شیرهاى سیلندر بازدید کامل بعمل آید.
- افرادی که با حمل و نقل سیلندرهاى گاز سروکار دارند باید آموزش‌هاى لازم در زمینه پیشگیری و مقابله با خطرات احتمالی را فرا گیرند.
- وسیله نقلیه حمل کننده سیلندر باید به وسایل هشدار دهنده مجهز بوده و دارای فلاشر و علامت حمل گاز خطرناک باشد.
- راننده وسیله نقلیه و افراد همراه می‌بایست ماسک ضد گاز کلر برای مواقع اضطراری در اختیار داشته باشند.

### روش‌های تشخیص نشت گاز و مقابله با آن

- تشخیص گاز کلر در هوا از طریق حس بویایی
- تشخیص بو سیله معرف‌های شیمیایی، عملی‌ترین روش استفاده از یک پارچه آغشته به آمونیاک و قرار دادن آن سر یک چوب که با آن محل نشت گاز کلر را در مسیر اولیه و اتصالات می‌توان پیدا کرد (آمونیاک در مقابل گاز کلر تولید دود سفید رنگ می‌کند)
- استفاده از کاغذ آغشته به یدور پتاسیم و نشاسته. (در صورت وجود کلر رنگ کاغذ آبی می‌شود)
- در صورت گاز کلر، اپراتور مجاز خواهد بود که دوش آب را بر روی سیلندر باز نماید، بدلیل کاهش حرارت بدنه سیلندر گاز کمتری از آن خارج شود.
- ایجاد سیستم خودکار نشت‌یاب در واحد کلرزنی و انبار و کنترل مداوم آن توسط اپراتور و انبار دارد.
- در موقع بروز خطر نشت گاز، ضمن رعایت اصول موارد ایمنی اولیه باید به سازمان آتش‌نشانی اطلاع داده شود.
- در صورت نشت گاز کلر استفاده از حوضچه‌ها آب آهک برای خنثی‌سازی گاز کلر مناسب‌ترین اقدام است.
- در صورت نشت گاز باید برای دور کردن افراد از محل خطر با به صدا درآوردن زنگ خطر اقدام گردد.

- در صورت نشت مایع کلر، کپسول را به نحوی قرار دهید که کلر به صورت گاز کلر خارج شود در هر صورت هنگام خروج گاز مایع، از پاشیدن آب بر روی سیلندر جدا خودداری گردد.
- در زمان انجام تعمیرات، سیستم کلر زنی تماماً از مدار خارج شود، سپس اقدام به تعمیر گردد.

### اقدامات بهداشتی و امداد در هنگام بروز خطر نشت گاز

- بدون استفاده از ماسک مخصوص گاز کلر از ناحیه‌ای که آلودگی گاز وجود دارد عبور ننمائید.
- برای دور شدن از محیط آلوده به گاز مبادرت به دویدن نکنید، بلکه آهسته قدم بردارید در صورت نداشتن ماسک، دهان و بینی خود را با یک دستمال یا پارچه مرطوب بپوشانید.
- در محیط آلوده به گاز خطرناک در جای پست و گود قرار نگیرید.
- برای دور شدن از محیط آلوده به گاز خلاف مسیر جریان باد حرکت کنید (به عنوان مثال چنانچه باد از غرب به شرق می باشد به طرف شمال یا جنوب حرکت کنید)
- از محل آلوده به گاز دور شوید و قبل از اینکه راه طولانی طی کنید در یک محل برای مدت کوتاهی استراحت کنید.
- افراد مسموم شده از گاز را فوراً از محل آلوده خارج کنید.
- افراد مسموم شده از گاز را به اولین مرکز پزشکی برسانید.
- از تکان دادن فرد مسموم خودداری شود و سعی شود برای انتقال مسموم از برانکار یا وسیله مشابه استفاده شود.
- برای خارج نمودن شخص آسیب دیده از محل آلوده بایستی از ماسک مخصوص گاز استفاده شود.
- در صورت نبودن ماسک مخصوص، گذاشتن دستمال یا پارچه مرطوب روی دهان و بینی فرد آسیب دیده و امدادگر توصیه می شود.
- فقط در موردی که تنفس فرد مسموم قطع شده باشد، تنفس مصنوعی بدهید.
- مسموم را طوری بخوابانید که قسمت فوقانی بدن (سر و گردن) به طرف بالا قرار گیرد.
- تا رسیدن پزشک مسموم را به حالت استراحت نگهدارید و از صحبت کردن با او خودداری گردد.
- روی بدن مسموم را بپوشانید، زیرا خنک کردن بدن مسموم ممکن است باعث شدت مسمومیت او شود.
- در صورتیکه فرد مسموم برای تنفس کردن مشکل دارد می‌توان از کپسول اکسیژن با مصرف پزشکی استفاده کرد، در غیر این صورت از این کار باید جدا خودداری شود.
- در صورت پاشیده شدن کلر مایع به سطح بدن، شستشوی محل آلوده شده با آب فراوان بسیار مفید خواهد بود.

### تجهیزات و وسایل حفاظت فردی

- بارانی یا روپوش مخصوص گاز
- دستکش از جنس مقاوم در برابر اسید و آتش

- کلاه ایمنی از جنس مقاوم در برابر اسید و آتش
- ماسک تنفسی (ماسک حذف کننده گازهای خطرناک)
- وسایل حفاظت فردی بایستی در یک ویتترین مخصوص و در دسترس فوری قرار داده شود.
- برای نزدیک شدن به سیلندر گاز دارای نشتی و یا محل آلوده به گاز کلر، افراد بایستی از دستگاه‌های تنفسی فشار مثبت استفاده نمایند.

### تجهیزات و اتصالات کلرزنهای گازی

- حتی‌الامکان لوله کشی کوتاه و دارای حداقل اتصالات باشد.
- لوله کشی از سیلندرها بطرف کلریناتور با شیب ملایمی ( جهت شیب بطرف سیلندر ) در نظر گرفته شود تا در صورت فرار کلر نوزاد مجدداً به سیلندر بازگشت داده شود تا (Head Line) اختلالی در کلریناتور ایجاد ننماید.
- برای آب بندی اتصالات از بکار بردن واشرهای لاستیکی پرهیز شود بهتر است از فیبرهای فشرده آریست برای این منظور استفاده گردد.
- جنس لوله کشی از سیلندر تا محل ورود آب باید از لوله فشار قوی یا آلیاژ مس (یا استیل و یا نقره) بوده بنحوی که قابل انعطاف باشد.
- در زمان تعویض سیلندر و قبل از برقراری جریان گاز کلر بهتر است لوله کشی و اتصالات با عبور دادن گاز نیتروژن از سیستم و کنترل نشت توسط کف صابون، از عدم وجود نشت اطمینان حاصل شود و پس از تخلیه نیتروژن در آب، جریان گاز کلر برقرار گردد.
- نصب دو فیلتر یکی قبل از کلریناتور (مانع ورود ناخالصی گاز کلر) و یکی قبل از بوستر پمپ (مانع ورود شن و ماسه و مواد معلق آب بدون دیفیوزر) مناسب خواهد بود.
- دیفیوزر (پخش‌کن) باید به نحوی در لوله آب یا کانال آب تعبیه گردد که کاملاً در آب غوطه ور باشد و امکان خروج راحت گاز کلر وجود داشته باشد.
- در زمان نصب انژکتور در مسیر ورودی آب باید اطمینان حاصل شود که لوله کاملاً در جای خود قرار گرفته و امکان مکش هوا وجود ندارد.
- در صورت عدم وجود دبی سنج، آنالایزر و کلر باقی مانده در سیستم بهتر است سیلندرها بر روی با سکول قرار داده شوند تا اپراتور با محاسبه کاهش وزن سیلندر میزان کلر تزریقی در آب را دقیقاً محاسبه نماید.

## **Abstract**

Water is a vital substance that is the most important biological substance after oxygen, and public health depends on the existence, abundance and availability of healthy water. Contaminants containing pathogenic bacteria may be present in water sources, so disinfection is a necessity. At present, the use of chlorine for disinfection is the most common method in the world due to its cheapness and microbicidal power and its relatively good retention effect. In the treatment of drinking water of cities and large industrial uses, chlorination is often done in the form of chlorine gas. Chlorine is a dangerous gas and it is necessary to take precautions with it. Because chlorine is an absorbable, stimulant and suffocating gas for humans. Inhalation of chlorine gas causes severe poisoning and is sometimes fatal. In this research, we first tried to study and analyze the hazards caused by storage, storage, transfer and use of chlorine toxin in storage cylinders (1 ton) for water purification using HAZID technique in PHA-Pro 8.5 software platform. And then using PHAST 8.22 outcome modeling software, the distribution and release of toxic chlorine gas caused by leakage scenarios (Catastrophic Rupture and Time Varying Leak) to be done in Ken No. 2 water treatment plant to model the extent and distribution of this toxic substance And its impact on the staff working in the water treatment plant and other people outside the complex to be studied and analyzed. In hazard identification and risk assessment studies with HAZID technique in PHA-Pro 8.5 software, 2 study Node, 4 hazards, 6 events, 10 consequences, 10 existing protection layers and 18 recommendations were identified and discussed. In this study, 10 risks were identified that in the initial risk assessment, 40% are in the medium risk level and 60% are in the high risk level. By applying protective layers, 30% of the risks are in the low risk area and 70% in the medium risk area. The results of HAZID studies also show that the risks identified in the first study node are more than the second study node. As shown in the outcome modeling, one of the most important parts in consequence modeling the outcome of the release of toxic chlorine is the definition of climatic scenarios in PHAST 8.22 software and can change the results of studies so that the geographical area affected by the toxic gas chlorine In summer, in both scenarios, (Catastrophic Rupture and Time Varying Leak) is much higher than in other seasons. Release modeling in an isolated building with a trapped scenario shows that removing all existing pores and complete insulation will reduce the risk of mortality outside the cylinder storage building to zero. Unintentional release of chlorine from pressurized cylinders in treatment plant No. 2, if the storage room is not completely insulated, can affect local residents.

## **Keywords;**

Tehran Province Water and Waste Water Company, Kan No. 02 Water Treatment Plant, Water Treatment, Chlorine Storage Cylinder, Hazard Analysis, Risk Assessment, Hazid Technique, PHA-Pro Software, Consequence Modeling, PHAST 8.22 Software.



**Energy Institute of Higher Education**

# **Hazard Analysis of chlorine storage through HAZID Technique and Consequence modeling the chlorine release outcome from storage tanks by using PHAST software (Case study: Water Treatment Plant)**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Science in Health, Safety and Environment Eng.**

**By:**

**Mohsen Karimi**

**Supervisor:**

**Dr. Farshad Hashemzadeh**

**September 2022**