



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Studies

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta
Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Diplomová práce

Havarijní připravenost Nestlé Česko s.r.o., závodu Zora

Vypracoval: Bc. Pavlína Pupíková
Vedoucí práce: prof. RNDr. Jiří Patočka, DrSc.
České Budějovice 2016

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou havarijní připravenosti společnosti Nestlé Česko s.r.o., závodu Zora Olomouc. Podle zákona o prevenci závažných havárií je v areálu podniku množství amoniaku, které neodpovídá tabulkovým hodnotám, je tedy bráno jako podlimitní množství a nelze tak objekt zařadit do skupiny A nebo B. Na nezařazené zdroje se pak nevztahují některé povinnosti dle tohoto zákona, zejména se jedná o povinnost zpracování havarijní dokumentace. V České republice (a na celém světě) se nachází spousta podniků, kde je podlimitní množství nebezpečných látek, ovšem i tak tyto podniky představují jisté ohrožení jak pro své zaměstnance, tak pro civilní obyvatelstvo, které se nachází v nebezpečné zóně.

V areálu závodu Zora se nachází přes 6700kg amoniaku, což není zanedbatelné množství a je proto nutné počítat s opatřeními. Amoniak je považován za středně toxickou látku, která dráždí oči, sliznice a ve vysokých koncentracích může způsobit i smrt. Dalším nebezpečným účinkem kromě toxicity je jeho výbušnost a hořlavost. Dopadem nebezpečných koncentrací nejsou ohroženi jen lidé, ale také zvířata a životní prostředí.

Klíčová slova

Havarijní připravenost, Nebezpečné chemické látky, Amoniak, Analýza rizik, Ochrana obyvatelstva

Abstract

The thesis deals with the issue of emergency preparedness of Nestlé Česko, s.r.o, Zora Olomouc. According to the *Act. No. 224/2015 Coll., concerning prevention of major accidents caused by selected dangerous chemical substances or chemical preparations and concerning amendment* there is underlimit amount of hazardous chemical ammonia in the area and we cannot classify this as group A or B. On these not-classified resources there are not subject to some duties under this Act, especially the obligation to prepare an emergency documentation. There are a lot of factories like this in the Czech republic (and in the world) and there is certain danger for employees of this companies and for civilian population who is in the danger area.

There is more than 6700kg of ammonia in the factory Zora and it is quite a lot. We have to look at special precautions. Ammonia is taken as moderately toxic substance that irritates the eyes, mucous membranes, and in high concentrations can cause death. Another dangerous effect, except the toxicity is its explosiveness and flammability. Impacts of hazardous concentrations are not threat only for people but also for animals and the environment.

Key words

Emergency Preparedness, Hazardous chemicals, Ammonia, Risk Analysis, Protection of Inhabitants

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to – v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 11.5.2016

.....

Bc. Pavlína Pupíková

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat panu prof. Patočkovi za vedení diplomové práce, panu Ing. Líbalovi za pomoc a dohled při zpracování práce. Velký dík patří především bezpečnostním pracovníkům Nestlé Česko s.r.o., provozovny Zora Olomouc a strojníkům ze strojovny čpavku za poskytnutí cenných informací, rad a času. Také chci poděkovat rodičům a příteli za podporu při studiu.

Obsah

Úvod.....	11
1. TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1.1 Základní pojmy	13
1.2 Související legislativa.....	16
1.3 Nebezpečné chemické látky	19
1.3.1 Vlastnosti nebezpečných chemických látek	19
1.3.2 Označování a identifikace nebezpečných chemických látek	21
1.3.3 Dokumentace související s nebezpečnými chemickými látkami.....	23
1.3.4 Charakterizace úniku nebezpečné chemické látky	23
1.4 Amoniak.....	30
1.4.1 Výroba amoniaku.....	30
1.4.2 Fyzikální a chemické vlastnosti látky	31
1.4.3 Nepříznivé účinky na lidský organismus.....	33
1.4.5 První pomoc	34
1.4.4 Nepříznivé účinky na životní prostředí.....	35
1.5 Analýza rizik	36
1.5.1 Popis vybraných metod.....	37
1.6 Havarijní plánování.....	40
1.6.1 Zařazení objektu	40
1.6.3 Vnitřní havarijní plán	41
1.6.3 Vnější havarijní plán.....	41
1.6.4 Protokol o nezařazení.....	42
1.7 Evakuace	43
1.7.1 Doba evakuace	44
1.7.2 Objektová evakuace – setrvání osob v objektu.....	45
1.7.3 Analýza ochranných vlastností budov	46
1.8 Charakteristika podniku Nestlé Česko s.r.o.	48
1.8.1 Nestlé a bezpečnost.....	49
1.9 Chladicí zařízení s použitím amoniaku	50

1.9.1	Zařazení chladiva dle nebezpečnosti	51
1.9.2	Provozní náplně v chladicím zařízení	51
1.9.3	Funkční popis chladicího zařízení	53
1.9.4	Kontrola zařízení.....	55
1.9.5	Prostředky pro ochranu osob	56
1.9.6	Technické prostředky.....	57
1.9.7	Stupně havárie v případě úniku amoniaku.....	57
1.9.8	Povinnosti obsluhy strojovny při úniku chladiva	59
2.	VÝZKUMNÁ OTÁZKA	61
3.	METODIKA.....	62
4.	VÝSLEDKY.....	65
4.1	Analýza úniků amoniaku v České republice v letech 2000 – 2015	65
4.2	Analýza rizik v podniku Nestlé Česko s.r.o., provozovna Zora Olomouc.....	73
4.2.1	Analýza prostředí podniku.....	73
4.2.2	Analýza příčin mimořádné události.....	76
4.2.3	Cause-Consequence Analysis v podniku ZORA	76
4.2.5	Metoda DOW's Chemical Exposure Index	80
4.2.6	Odhad toxického působení	88
4.6	Výpočet účinků úniku amoniaku ve strojovně.....	90
4.7	Modelování úniku nebezpečné chemické látky	93
4.7.1	TerEx	94
4.7.2	ALOHA	94
4.7.3	Porovnání výsledků CEI, TerEx a ALOHA	95
4.9	Evakuace zaměstnanců.....	96
4.8	Navrhovaná opatření	98
5.	DISKUZE	103
6.	ZÁVĚR.....	107
7.	SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	109
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ	115
9.	SEZNAM TABULEK.....	116

10.	SEZNAM GRAFŮ	117
11.	SEZNAM PŘÍLOH.....	118
	Příloha 1 – Výsledky TerEx pro únik 6700kg amoniaku	119
	Příloha 2 – Výsledky TerEx pro únik 1500kg amoniaku	124
	Příloha 3– Výsledky TerEx pro únik 50kg amoniaku	129
	v objemu uniklé látky.	129
	Příloha 4 - Výsledky ALOHA pro únik 6700kg amoniaku	135
	Příloha 5 - Výsledky ALOHA pro únik 1500 kg amoniaku	137
	Příloha 6 - Výsledky ALOHA pro únik 50kg amoniaku	140
	Příloha 7 – Havarijní karty pro výron čpavku	142

Seznam použitých zkratk

MU	mimořádná událost
NOAEL	No observe adverse effect level/ Dávka, při které ještě nebyl pozorován škodlivý účinek
LOAEL	lowest observed adverse effect level/ Nejmenší dávka, při které byl pozorován škodlivý účinek
PEL	přípustný expoziční limit
NPK	nejvyšší přípustná koncentrace
IDLH	immediately dangerous to life and health/ bezprostředně nebezpečná pro život a zdraví
ERPG	emergency response planning guideline/ maximální koncentrace látky v ovzduší
AEGL	acute exposure guideline level/nebezpečná koncentrace chemické látky ve vzduchu
LD	Lethal dose/smrtelná dávka
LC	lethal concentration/smrtelná koncentrace
ppm	parts per million/počet částic na milion
ŽP	životní prostředí
CAS	chemical abstracts service/registrační číslo pro chemické látky
NL	nebezpečná látka
NCHL	nebezpečná chemická látka
ODP	Ozone Depletion Potential/potenciál poškozování ozónu
IZS	integrovaný záchranný systém
GWP	Global Warming Potential/potenciál globálního oteplování
RID	Regulation concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail/Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí
ADR	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road/ Směrnice EU o silniční přepravě nebezpečných věcí
CCA	Cause Consequensis Analysis/Analýza příčin a následků
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis/analýza možného výskytu a vlivu vad

HP	havarijní plán
EO	evakuace objektová
EP	evakuace plošná
PBZ	požárně bezpečnostní zařízení
SHE	Safety Health Environmental sustainability/udržitelnost zdraví a bezpečnosti na pracovišti
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points/Bezpečnostní analýza a kritické kontrolní body
LOTO	Lockout-Tagout/ uzamknout-označit
SW	software

Úvod

Lidská společnost se neustále vyvíjí, společně s ní i průmysl, hospodářství, obchod. Vývoj je samozřejmě spojen s přibývajícím riziky, které ohrožují životy a zdraví osob, zvířat a životní prostředí. Za poslední desítky let došlo k řadě havárií, které vyvolaly znepokojení veřejnosti. Tyto mimořádné události byly doprovázeny výbuchy, úniky nebezpečných látek a následnými požáry. Na základě havárie v Seveso byly například pojmenovány důležité legislativní dokumenty, které se problematikou nebezpečných látek zabývají a stanovují směr managementu rizik v Evropě.

V České republice se nebezpečné látky vyskytují a používají v mnoha podnicích, k mnoha účelům. Bezvodý amoniak, klasifikovaný jako toxická látka, je v naší republice používán především jako chladicí medium v pivovarech, mlékárnách, na zimních stadionech nebo např. jatkách. I když je v těchto objektech nezanedbatelné množství nebezpečné látky, většinou nespádají pod dikci zákona 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, kde je hmotnostní limit pro zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A stanoven na více než 50 tun a do skupiny B více než 200 tun. Tím pádem jsou všechny tyto podlimitní objekty a zařízení v podstatě osvobozeny od zákonem stanovených opatření a zaměstnanci a okolí podniku jsou méně chráněni před účinky nebezpečných chemických látek.

V tomto postavení je i Nestlé Česko s.r.o., provozovna Zora Olomouc, kde se vyrábí a zpracovávají čokoládové výrobky. V areálu podniku se nachází 6 700kg amoniaku, což je ovšem pořád podlimitní množství. Cílem této diplomové práce tedy bude zhodnotit dopady havárie s únikem nebezpečné chemické látky amoniaku v čokoládovně Zora. Pro zajištění informací bude využito častých návštěv podniku, rozhovorů a brainstormingů s bezpečnostními pracovníky a strojníky ze strojovny čpavku a s poskytnutá dokumentace k problematice.

Nejprve bude provedeno zhodnocení situace v České republice, kdy bude proveden průzkum a analýza úniků amoniaku z minulých let, které nám pomůže zjistit,

jaké jsou nejčastější příčiny úniku a jaké byly v minulosti dopady těchto havárií. Pomocí analýzy rizik CCA, neboli metody rybí kosti, budou analyzovány možné příčiny úniku amoniaku. Analýzou metody Dow's CEI bude kromě indexu chemického ohrožení a vzdáleností zón ERPG 1, 2, 3 vypočtena i např. rychlost výronu látky. Pomocí vzorců budou vypočteny i nebezpečné koncentrace pro strojníky nacházející se přímo ve strojovně čpavku. Softwarové programy TerEx a ALOHA budou použity na modelování následků havárie s únikem amoniaku, s jejichž pomocí budou znázorněny plochy zasažené nebezpečnou látkou, nebezpečné koncentrace a zóny evakuace apod. Analýzou všech dostupných a vypočtených dat poté bude navrhována optimalizace opatření, které se týkají úniku nebezpečné chemické látky amoniaku v areálu podniku.

1. TEORETICKÁ ČÁST

V teoretické části práce bude čtenář uveden do problematiky nebezpečných chemických látek, jak se základními pojmy, které se této problematiky týkají, tak s legislativou, která je při práci s látkami nezbytná. Další významnou kapitolou jsou nebezpečné chemické látky jako takové a seznámen se s látkou – amoniakem. Další kapitoly se zabírají analýzou rizik a jejími možnými metodami, definicí havarijního plánování a evakuací.

1.1 Základní pojmy

- **Mimořádná událost (dále jen MU)** je škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činnostmi člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. (1)
- **Krizová situace** je mimořádná událost (podle zákona o integrovaném záchranném systému), narušení kritické infrastruktury nebo jiné nebezpečí, při nichž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav nebo stav ohrožení státu. (2)
- **Riziko** je pravděpodobnost vzniku nežádoucího specifického účinku, ke kterému dojde během určité doby nebo za určitých okolností. (3)
- **Zdroj rizika** (nebezpečí) je vlastnost nebezpečné látky nebo fyzická či fyzikální situace vyvolávající možnost vzniku závažné havárie. (3)
- **Závažná havárie** je mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, zejména závažný únik nebezpečné látky, požár nebo výbuch, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu, vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážným následkům na životech a zdraví lidí a zvířat, životním prostředí nebo majetku a zahrnující jednu nebo více nebezpečných látek. (3)
- **Havarijní připravenost** je soubor opatření k zabezpečení činností při podezření a vzniku průmyslové havárie s cílem omezit její rozvoj a důsledky a zahrnuje zajištění likvidace následků havárie. (4)

- **Detekce** je zjišťování přítomnosti nebo monitorování radioaktivních, bojových biologických nebo toxických chemických látek. (4)
- **Evakuace** je krátkodobé opuštění potenciálně ohroženého prostoru. (5)
- **Scénář** je variantní popis rozvoje závažné havárie, popis rozvoje příčinných a následných, na sebe navazujících a vedle sebe i poslopně probíhajících událostí, a to buď spontánně probíhajících anebo probíhajících jako činnost lidí, které mají za účel zvládnout průběh závažné havárie.. (3)
- **Nebezpečná látka** je vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemická směs podle přímo použitelného předpisu Evropské unie upravujícího klasifikaci, označování a balení látek a směsí⁹), splňující kritéria stanovená v příloze č. 1 k tomuto zákonu v tabulce I nebo uvedená v příloze č. 1 k tomuto zákonu v tabulce II a přítomná v objektu jako surovina, výrobek, vedlejší produkt, meziprodukt nebo zbytek, včetně těch látek, u kterých se dá důvodně předpokládat, že mohou vzniknout v případě závažné havárie. (3)
- **Umístění nebezpečné látky** je projektované množství nebezpečné látky, která je nebo bude vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována v objektu nebo u které lze důvodně předpokládat, že se při ztrátě kontroly nad průběhem průmyslového chemického procesu nebo při vzniku závažné havárie může v objektu nahromadit. (3)
- **Zóna havarijního plánování** je území okolo objektu nebo zařízení, v němž krajský úřad, v jehož územním obvodu se nachází objekt nebo zařízení, kde je umístěna nebezpečná látka, uplatňuje požadavky havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu a v němž zajišťuje veřejné projednávání stanovených dokumentů. (5)
- **NOAEL** (No Observed Adverse Effect Level) je nejvyšší dávka, která ještě nezpůsobuje škodlivé účinky na lidské zdraví. (5)
- **LOAEL** (Lowest Observed Adverse Effect Level) je nejnižší dávka, při které byl pozorován nepříznivý účinek na organismus. (5)
- **PEL** (Přípustný expoziční limit) je celosměnově časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, kterým mohou být

za současného stavu znalostí vystavení zaměstnanci v osmihodinové pracovní době, aniž by u nich nastalo i při celoživotní pracovní expozici poškození zdraví, ohrožení pracovní schopnosti a výkonnosti. Přípustný expoziční limit platí pro práci, při které průměrná plicní ventilace zaměstnance nepřekračuje 20 litrů za minutu v osmihodinové směně. (5)

- **NPK** (Nejvyšší přípustné koncentrace) chemických látek v pracovním ovzduší jsou takové koncentrace, které nesmí být v žádném případě během pracovní doby překročeny. (5)
- **IDLH** (Immediately Dangerous to Life and Health) je maximální koncentrace látky v ovzduší, která ještě nevyvolává u 30 minut exponované populace nevratné zdravotní následky nebo smrt. (5)
- **ERPG–1** (Emergency Response Planning Guideline) je maximální koncentrace látky v ovzduší, která exponovaným jedincům v délce 1 hodiny nezpůsobuje vážné zdravotní potíže (maximálně mírné nebo je chápána jako nepříjemný zápach). (5)
- **ERPG–2** je maximální koncentrace látky v ovzduší, která exponovaným jedincům v délce 1 hodiny nezpůsobuje nevratné zdravotní účinky, které by mohli ohrozit schopnost jedince podstoupit záchrannou akci. (5)
- **ERPG–3** je maximální koncentrace látky v ovzduší, u které se předpokládá, že exponování jedinci v délce 1 hodiny budou ještě bez prožitků nebo rozvoje zdravotních účinků ohrožujících na životě. (5)
- **AEGL–1** (Acute Exposure Guideline Level) je koncentrace chemické látky ve vzduchu, která může obyvatelstvu způsobit mírné zdravotní potíže. (6)
- **AEGL–2** je koncentrace chemické látky ve vzduchu, která může obyvatelstvu způsobit nevratné nebo dlouhodobé zdravotní následky. Během této koncentrace je zhoršená schopnost úniku osob ze zamořeného prostoru. (6)
- **AEGL–3** je koncentrace chemické látky ve vzduchu, která je pro obyvatelstvo smrtelná nebo životohrožující. (6)
- **LD₅₀** (Lethal Dose) je množství látky, které způsobí smrt 50% pokusných zvířat. (7)

- **LC₅₀** (Lethal Concentration) je koncentrace látky v ovzduší, která způsobí smrt 50% pokusných zvířat. (7)
- **Jednotka ppm** je zkratka pro „parts per million“, tedy 1 ppm = 0,0001% a naopak 1% = 10 000 ppm. (8)

1.2 Související legislativa

- **Zákon č. 350/2011 Sb.**, o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (*chemický zákon*); upravuje práva a povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob při výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek;
- **Zákon č. 224/2015 Sb.**, o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky (*zákon o prevenci závažných havárií*); stanoví systém prevence závažných havárií pro objekty, ve kterých je umístěna nebezpečná látka, s cílem snížit pravděpodobnost vzniku a omezit následky závažných havárií na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek v těchto objektech a v jejich okolí;
- **Zákon č. 258/2000 Sb.**, o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů; stanovuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví, povinnosti zaměstnavatelů při nakládání s nebezpečnými chemickými látkami;
- **Zákon č. 17/1992 Sb.**, o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů; věnuje se i znečišťování životního prostředí chemickými a cizorodými látkami;
- **Zákon č. 201/2012 Sb.**, o ochraně ovzduší; amoniak, který se odpařuje do ovzduší, může způsobit nejen zranění osob ale i znečištění ovzduší;
- **Zákon č. 239/2000 Sb.**, o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů; vymezuje integrovaný

záchranný systém, stanoví jeho složky a jejich působnost, působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků, práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na mimořádné události (havárie) a při záchranných a likvidačních pracích;

- **Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon);** zákon stanovuje působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků a práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na krizové situace (i havárie);
- **Vyhláška Ministerstva vnitra č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému;** vyhláška se zabývá havarijním plánováním v případě závažné havárie s únikem NCHL;
- **Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce;** celá část pátá tohoto zákona se zabývá bezpečností a ochranou zdraví při práci, zaměstnavatel je povinen zajistit tuto bezpečnost svému zaměstnanci a také jeho školení;
- **Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech;** amoniak při havárii může uniknout i do odpadů a odpadních vod, což je dalším nebezpečím, tento zákon proto také upravuje likvidaci chemických látek;
- **Nářízení vlády č. 101/2005 Sb., o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí;** upravuje podrobnější požadavky na zajištění bezpečnosti práce a ochrany zdraví na pracovišti a v pracovním prostředí;
- **Nářízení Evropské unie č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek („Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals“, REACH);** REACH je chemická politika Evropské unie pro látky, které jsou vyráběné nebo dovážené v množství od jedné tuny za rok, v tomto nařízení lze nalézt také požadavky na bezpečnostní listy;

- ***Nařízení Evropské unie č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení („Classification, Labelling and Packaging - CLP) chemických látek a směsí;*** nařízení klasifikuje nebezpečné látky podle jejich nebezpečnosti, jsou zde i požadavky na jejich označování a balení;
- ***Směrnice Rady 96/82/ES o kontrole nebezpečí vzniku závažných havárií zahrnujících nebezpečné látky. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/105/ES, kterou se mění směrnice Rady 96/82/ES o kontrole nebezpečí vzniku závažných havárií zahrnujících nebezpečné látky;*** účelem této směrnice je prevence závažných havárií, při kterých jsou přítomny nebezpečné látky, a omezení jejich následků pro člověka a životní prostředí, aby byla soudržným a účinným způsobem zajištěna vyšší úroveň ochrany v celém Společenství;
- ***SEVESO I, Směrnice Rady 82/501/EEC, o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek;*** jednotná a harmonizovaná forma legislativy EU, vztahující se na prevenci a připravenost na závažné průmyslové havárie s možným mezistátním dopadem a zpracování a uplatnění vhodných a účinných opatření, následně nahrazena Směrnicí SEVESO II, byla v České republice implementována jako zákon č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií;
- ***SEVESO II, Směrnice Rady 96/82/EC;*** zabývá se prevencí závažných průmyslových havárií v objektech s přítomností vybraných nebezpečných látek a omezení jejich následků pro lidi i životní prostředí, připravenost na rychlé a efektivní zvládnutí případné závažné havárie, aplikací podmínek ze směrnice SEVESO II vznikl zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, který nahradil dřívější zákon;
- ***SEVESO III, Směrnice Rady 2012/18/EU, kterou se ruší platnost SEVESO II;*** sladění s nařízením CLP apod, implementace do legislativy členských států je povinností, v ČR vzniká zákon 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií.

1.3 Nebezpečné chemické látky

Chemický průmysl vyrábí a expeduje každým dnem značné množství chemických látek a přípravků, které se staly součástí našeho života a představují pro člověka závažná rizika. Látky mohou zapříčinit také vznik požáru a výbuchu, přičemž rovněž vznikají toxické zplodiny rozkladu a hoření negativně působí na člověka i životní prostředí. Možnost poškození zdraví a smrtelného zranění lidí při mimořádné události (MU), ale i rozsah ekonomických ztrát, vyvolává nutnost cílevědomého řízení a kontroly bezpečnosti. Proto je důležité, zvláště při skladování, výrobě i používání nebezpečných látek věnovat pozornost identifikaci nebezpečí a hodnocení rizik pro aplikaci vhodných preventivních opatření i zajištění připravenosti na MU. Vstupním požadavkem pro identifikaci nebezpečí jsou vedle znalosti podmínek sledované činnosti také vlastnosti a technicko-bezpečnostní parametry látky. (9)

Nebezpečné chemické látky (NCHL) a směsi se rozdělují dle zákona č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů podle nebezpečnosti do specifických tříd a každá skupina nebezpečných látek (dále jen „NL“) představuje specifické nebezpečí. Ke zjišťování těchto látek existují různé detekční přístroje a metody. Pro ochranu jsou doporučovány různé ochranné prostředky a vzhledem k bezpečnosti existují určité zásady, způsoby hašení či poskytování první pomoci. (4)

Mezi nejvýznamnější vlastnosti NCHL při haváriích patří hořlavost, toxicita a výbušnost. Některé NCHL disponují všemi třemi vlastnostmi, jako například amoniak. Mezi nejrozšířenější NCHL patří mnoho průmyslových toxických látek jako chlór, amoniak, fosgen, formaldehyd a další. (4)

1.3.1 Vlastnosti nebezpečných chemických látek

Nebezpečné chemické látky a přípravky jsou látky a přípravky, které vykazují jednu nebo více nebezpečných vlastností a pro tyto vlastnosti jsou klasifikovány za podmínek stanovených zákonem o chemických látkách a přípravcích jako: (9)

- a) **výbušné**, které mohou exotermně reagovat i bez přístupu kyslíku za rychlého vývinu plynu nebo u nichž dochází při definovaných zkušebních podmínkách k detonaci a prudkému hoření nebo které při zahřátí vybuchují, jsou-li umístěny v částečně uzavřené nádobě;
- b) **oxidující**, které při styku s jinými látkami, zejména hořlavými, vyvolávají vysoce exotermní reakci;
- c) **extrémně hořlavé**, které v kapalném stavu mají teplotu vzplanutí nižší než 0 C a varu nižší než 35 C nebo které jsou v plynném stavu vznětlivé při styku se vzduchem za normální (pokojové) teploty a normálního (atmosférického) tlaku;
- d) **vysoce hořlavé**, které:
- se mohou samovolně zahřívát a poté vznítit při styku se vzduchem za normální teploty, normálního tlaku bez přívodu energie; se mohou v tuhém stavu snadno iniciovat po krátkém styku s iniciačním zdrojem a po jeho odstranění dále hořet nebo doutnat;
 - mají v kapalném stavu teplotu vzplanutí nižší než 21 C a nejsou extrémně hořlavé;
 - při styku s vodou nebo vlhkým vzduchem uvolňují vysoce hořlavé plyny v množství nejméně 1 $\text{litr.kg}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$.
- e) **hořlavé**, které mají teplotu vzplanutí v rozmezí 21 C do 55 C;
- f) **vysoce toxické**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou i ve velmi malém množství způsobit akutní nebo chronické poškození zdraví nebo smrt;
- g) **toxické**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou i v malém množství způsobit akutní nebo chronické poškození zdraví nebo smrt;
- h) **zdraví škodlivé**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou způsobit akutní nebo chronické poškození zdraví nebo smrt;
- i) **žiravé**, které při styku s živou tkání mohou způsobit její zničení;
- j) **dráždivé**, které mají vlastnosti žiravin, ale při přímém dlouhodobém nebo opakovaném styku s kůží nebo sliznicí mohou vyvolat zánět;

- k) **senzibilující**, které po vdechnutí nebo proniknutí kůží mohou vyvolat přecitlivělost tak, že po delší expozici vznikají charakteristické příznaky;
- l) **karcinogenní**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu rakoviny;
- m) **mutagenní**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu genetických poškození;
- n) **toxické pro reprodukci**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu nedědičných poškození potomků, poškození reprodukčních funkcí nebo schopností reprodukce muže nebo ženy;
- o) **nebezpečné pro životní prostředí**, které po proniknutí do životního prostředí (dále ŽP) představují nebo mohou představovat okamžité nebo opožděné nebezpečí. (10)

1.3.2 Označování a identifikace nebezpečných chemických látek

Nebezpečnou látku identifikují tyto údaje:

Číslo CAS (Chemical Abstracts Service) je údaj, kterým je jednoznačně definováno asi 13 milionů látek. Systém propracovaný americkou chemickou společností Chemical Abstract Service je velmi spolehlivý a užívá ho stále větší počet producentů a databází a informačních systémů. Vzhledem ke své všeobecně užívané spolehlivosti z hlediska kontroly a identifikace látky musí být registrační čísla CAS součástí dokumentace o nebezpečné látce. (9)

Indexové číslo má tvar ABC-RST-VW-Y kde ABC je buď atomové číslo chemického prvku nebo číslo speciální třídy organických látek, RST znamená pořadové číslo látky, VW je forma látky, Y označuje kontrolní číslo vypočtené mezinárodní standardní metodou. (10)

UN kód označuje identifikační číslo nebezpečné látky, dle dohod ADR a RID (dohody o silniční a železniční přepravě látek). Látkám je vždy přiřazen čtyřmístný kód. U železničních cisteren je UN označení umístěno na podélné straně vagonu, kde se nachází speciální varovná tabule a bezpečnostní značka, a pokud jsou převáženy stlačené nebo zkapalněné plyny, jsou označeny oranžovým podélným pruhem. (11)

Kemler kód je číslo označující povahu nebezpečí (dvou až třímístná kombinace čísel). V některých případech jsou číslice doplněna o písmeno X. Pomocí tohoto kódu lze rychle určit nebezpečnost látky. První číslice označuje hlavní nebezpečí, další číslice nebezpečí vedlejší, dodatečné. Pokud jsou číslice zdvojeny nebo ztrojeny, znamená to, že se stupňuje nebezpečí. Písmeno X před číslicemi označuje, že látka nesmí přijít do styku s vodou. (11)



Obrázek 1 UN a Kemler kód bezvodého amoniaku (12)



Obrázek 2 Bezpečnostní tabulky vodných roztoků amoniaku (13)

Obaly nebezpečných chemických látek jsou značeny symboly H a P (u směsí navíc R a S), včetně výstražných symbolů nebezpečnosti, které zahrnují grafické znázornění ve formě piktogramu se slovním vyjádřením nebezpečnosti. (10)

R věty jsou dalším označením, které vyjadřuje riziko spojené s manipulací s chemickou látkou (např. E36 dráždí oči). Pokud nebezpečná látka vykazuje více rizik, pak se k písmenu R přiřazuje kombinace číselných kódů (např. R14/15 prusce reaguje s vodou za uvolňování vysoce hořlavých plynů). (12)

S věty představují pokyny pro bezpečné používání a manipulaci s chemickými látkami. Látka může opět vyžadovat více pokynů, kdy se k písmenu S přiřazuje kombinace číselných kódů. (12)

Bezpečnostní značky mají na cisternách tvar kosočtverce o straně minimálně 25 cm. Silniční vozidla přepravující nebezpečné látky musí být označeni na přední a

zadní straně výstražnou reflexní tabulí oranžové barvy ve tvaru obdélníku s černým orámováním a podélným rozdělením s rozměry 40x30 cm. V horní polovině je označen Kemler kód a na dolní polovině UN kód. Cisterny mimo jiné musí být takto označeny i na bočních stranách a navíc mají ještě na bocích a zadní části bezpečnostní značky. (14)

1.3.3 Dokumentace související s nebezpečnými chemickými látkami

Bezpečnostní list je obsáhlý a komplexní dokument o nebezpečné látce nebo směsi, který musí zpracovat výrobce pro každou nebezpečnou chemickou látku nebo přípravek. Obsahuje údaje potřebné pro zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a ochrany životního prostředí. (4)

Bezpečnostní zpráva je základní dokument, který musí zpracovat provozovatel, který byl správním rozhodnutím zařazen do skupiny B. Zpráva obsahuje informace o systému řízení u provozovatele s ohledem na prevenci závažné havárie, technický popis objektu a zařízení, informace o složkách životního prostředí v lokalitě objektu, opatření pro ochranu a zásah k omezení dopadů závažné havárie a další. Provozovatel je povinen předložit návrh bezpečnostní zprávy, její aktualizaci a zprávu o posouzení bezpečnostní zprávy krajskému úřadu ke schválení. (4)

Bezpečnostní program prevence závažné havárie je dokument popisující systém řízení bezpečnosti v organizaci. Na základě správního rozhodnutí krajského úřadu o zařazení podniku do skupiny A zahájí provozovatel zpracování návrhu programu. Návrh musí obsahovat zejména zásady prevence závažné havárie, strukturu a systém bezpečnosti, preventivní bezpečnostní opatření apod. (4)

1.3.4 Charakterizace úniku nebezpečné chemické látky

Únik NCHL a jejich následné šíření je ovlivněno především jejich fyzikálně-chemickými vlastnostmi, množstvím a rychlostí uvádění do ovzduší a parametry atmosféry.

Vybrané fyzikálně-chemické vlastnosti

Teplota varu je teplota, při které látka dosahuje takového tlaku nasycených par, který je roven tlaku okolního prostředí. Na této fyzikální veličiny do jisté míry závisí, jak bude nebezpečná látka uváděna do ovzduší. Z toho plyne, že kapaliny mající teplotu varu vyšší, než je teplota okolního prostředí, unikají do ovzduší pomaleji a v menším množství, než látky s teplotou varu nižší než je teplota okolního prostředí (plyny, zkapalněné plyny). (5)

Hutnost plynů a par lze vypočítat na základě relativní molekulové hmotnosti. Výsledná hutnost plynů a par následně určuje, jestli se bude uniklá látka šířit při zemi nebo do ovzduší. Tato teorie závisí na několika faktorech. Jedním z faktorů je molekulová hmotnost. Průměrná relativní molekulová hmotnost vzduchu je 28,9 a tak plynné látky, které mají relativní molekulovou hmotnost nižší než 28,9, jsou lehčí než vzduch, a budou se vznášet vzhůru, naopak plyny těžší se budou držet při zemi. (4) To je poměrně nebezpečné, protože nelze předpokládat její brzký únik do vyšších sfér a postupné rozptýlení v ovzduší, protože se bude držet při zemi a dostávat se do sklepů či kanálů. (5)

Měrné teplo je číselná charakteristika látky udávající, kolik tepla je třeba dodat látce o jednotkové hmotnosti, aby se zvýšila teplota o 1 teplotní stupeň. Tyto veličiny mají podstatný vliv na rychlost a hmotnost výronu a odparu NL. (5)

Vliv meteorologických podmínek

Z modelů šíření NL i reálně provedených zkoušek vyplývá, že koncentrace plynů v daném místě závisí na celkovém pohybu vzduchové masy. Na šíření látek v atmosféře mají meteorologické parametry rozhodující vliv. (5)

Vertikální teplotní gradient má na působení látky velké účinky. Atmosféru můžeme považovat za termodynamický systém, ve kterém za normálních podmínek nedochází k výměně teploty s okolním vzduchem tak rychle, aby mohlo dojít k vyrovnání teplot. Jestliže se vzduchová částice pohybuje v atmosféře vertikálně, při vzestupu se ochlazuje

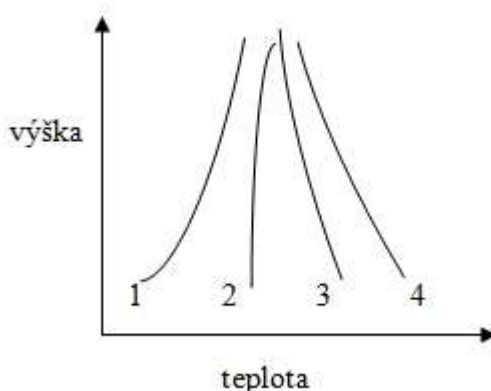
a při sestupu zvyšuje teplotu. Skutečný pokles teploty vzduchové částice v určité vrstvě atmosféry pak charakterizuje vertikální teplotní gradient. (5)

Inverze neboli stabilní zvrstvení znamená, že teplota vzduchu s výškou roste. Vertikální pohyby v atmosféře jsou značně bržděny a promíchávání vzduchu je utlumeno. To zapříčiňuje, že NL se udržuje v přízemní vrstvě atmosféry ve vysokých koncentracích. K inverzi většinou dochází při rychlém ochlazení zemského povrchu. (5)

Izotermie znamená neutrální zvrstvení a odpovídá průměrnému teplotnímu gradientu. Teplota vzduchu klesá s výškou pomaleji než odpovídá adiabatickému výstupu vzduchu. Vertikální pohyby jsou utlumeny, ale ne jako u inverze. Izotermie vzniká většinou v ranních a večerních hodinách a je typická při vyšším pokrytí oblohy oblačností. (5)

Adiabatický gradient má hodnotu cca -1 C na 100 metrů výšky. (5)

Konvekce je nestabilní zvrstvení. Teplota vzduchu klesá s výškou rychleji než odpovídá adiabatickému výstupu částice a malý počáteční impuls může vést k rozvoji významných vertikálních pohybů a k intenzivnímu mísení ve vzduchové hmotě. Vzestupné proudění rozptyluje NL do vyšších vrstev atmosféry a odvádí je tak od zemského povrchu. Konvekce vzniká převážně po východu slunce a zaniká při jeho západu. (5)



Obrázek 3 Průběh změn vertikálního teplotního gradientu ve spodních vrstvách atmosféry (5)

Rychlost a směr větru jsou dalšími atributy působení NL. Průměrnou rychlost větru na daném území můžeme přibližně pokládat za rychlost šíření NL v atmosféře.

Nárůst rychlosti větru způsobuje snižování vnosu NL nad zdroj havárie, ale současně urychluje její zředování v horizontálním směru. Je možno konstatovat, že koncentrace látky se vyvíjí nepřímo úměrně rychlosti větru v horizontální vrstvě. Směr větru je často ovlivněn konfigurací terénu a zastavěností sledovaného území. (5)

Vertikální profil rychlosti větru je závislost rychlosti větru na výšce nad terénem, což také ovlivňuje šíření látky v atmosféře. Lze jej vyjádřit pomocí Lajchmanova nebo Helmanova vztahu. (5)

Atmosférická difúze také působí na šíření látek. Dostane-li se NL do ovzduší, dochází k molekulární a tubulární difúzi. Molekulární difúze má na šíření látky zanedbatelný vliv, protože je způsobena pouze chaotickým pohybem molekul. Tubulární difúze je způsobená turbulencí atmosféry, kdy dochází k promíchávání atmosféry vlivem kolmého působení složky na průměrný směr pohybu vzduchu. K přemístění vzdušné hmoty napomáhají neuspořádané větrné proudy. Tyto tubulární pohyby vznikají v důsledku mechanických (tření vzduchu o podloží), dynamických (změna rychlosti větru ve výšce) a termických sil (teplotní gradient). (5)

Pasquillova typizace meteorologických situací

Protože detailní charakteristika meteorologické situace v sobě zahrnuje velký počet údajů o jednotlivých prvcích, vytvářejí se pro účely související s ochranou ovzduší různé typizace, kdy jednotlivé typy stavu ovzduší se třídí podle těch procesů a parametrů, které mají pro šíření NL zásadní význam. Pojmeme typ povětrnostní situace se označuje určitý soubor těchto situací, jimž jsou společné jisté základní rysy důležité z hlediska účelu, pro nějž je daná typizace vytvářena. (5)

Ve většině evropských zemí se používá Pasquillova typizace, která vychází z meteorologických jevů dostupných přímo přízemnímu pozorování a ovlivňující především teplotní zvrstvení atmosféry v blízkosti zemského povrchu. Podle ní rozlišujeme šest tzv. Pasquillových kategorií stability, které jsou charakterizovány následovně: (5)

- kategorie A – velmi nestabilní podmínky
- kategorie B – středně nestabilní podmínky,

- kategorie C – lehce nestabilní podmínky,
- kategorie D – neutrální podmínky,
- kategorie E – stabilní podmínky,
- kategorie F – velmi stabilní podmínky. (5)

V následující tabulce jsou údaje pro zařazení konkrétní situace do jednotlivé kategorie. Řídí se podle přízemní rychlosti větru, insolace (intenzita toku sluneční energie) a oblačnosti.

Tabulka 1 Pasquillova typizace meteorologických situací (5)

Přízemní rychlost větru ($m.s^{-1}$)	den			noc	
	insolace			oblačnost	
	silná	mírná	slabá	$\geq 4/8$	$\leq 3/8$
<2	A	A-B	B	-	-
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Vliv členitosti terénu

Další důležitou veličinou je charakter terénu, protože drsnost povrchu ovlivňuje šíření látek těžších než vzduch, a to z důvodu brzdění pohybu oblaku ve směru větru vlivem nerovností. Zde záleží na členitosti (kopce, hory, údolí, městská zástavba apod.), který ovlivňuje šíření oblaku (rychlost a směr) i stálost koncentrace. Povrch bez porostu, který je za letního počasí silně prohřán, snižuje dobu kontaminace, ale pokrytí terénu hustým porostem má vliv na horizontální proudění a zvyšuje zamoření atmosféry. (14) Také se počítá, že každý kilometr hloubky lesa snižuje propustnost šíření oblaku na rovném nepokrytém terénu přibližně o 2,5 kilometru. To znamená, že 7 kilometrů rovinatého nepokrytého terénu odpovídá asi 2 kilometrům hloubky lesa. (15)

Průběh havarijní události

Na počátku události existuje výtok nebezpečné látky ze zařízení do prostředí. Tento výtok může být jen výtokem plynu nebo jen výtokem kapaliny anebo nastává výtok obou těchto fází současně (dvoufázový výtok), což nastává např. při úniku

kapalného amoniaku. Únik kapaliny z menšího otvoru v plášti zařízení nebo z potrubí je obvykle doprovázen sprejovým efektem, při kterém dochází k rozstříku drobných kapének látky podél hrany lemující únikový otvor, což má za následek zvýšení přestupu kapalné fáze do ovzduší. Kromě malých úniků je samozřejmě možné také celkové rozvalení zásobníku a únik veškerého množství látky ve velmi krátkém čase (obvykle do 1 minuty). Tento scénář je sice velmi málo pravděpodobný, nicméně v hodnocení rizik je ho nutné také uvažovat. V případě amoniaku dochází v tomto případě k mžikovému odparu asi 20 % uniklého množství s následným vznikem hustého mlžného oblaku. (16)

Nedojde-li k výparu veškerého množství unikající kapaliny ještě před jejím dopadem na zem, vytváří se kaluž, ze které se látka postupně odpařuje do atmosféry. Pokud je látka hořlavá, existuje možnost její okamžité nebo opožděné iniciace. V takových případech může nastat požár ještě kapalné fáze (Pool Fire), mžikový požár oblaku par (Flash Fire), anebo exploze oblaku par (VCE – Vapour Cloud Explosion). Největší riziko představují plynné toxické látky, které se po úniku rozptylují v atmosféře. Velmi často se jedná o látky bezbarvé nebo čichem nedetekovatelné, což snižuje možnost včasné reakce lidí. Pokud taková látka zamoří obydlenu oblast, každý člověk v závislosti na koncentraci látky a délce expozice obdrží příslušnou dávku, která v případě překročení určité prahové hodnoty, může vyvolat příslušné následky – poškození zdraví nebo dokonce smrt. (17)

Pro své široké využití se v praxi můžeme poměrně často setkávat s nebezpečnými toxickými plyny, jakými je amoniak či chlór. Kromě velkých průmyslových provozů, kde se tyto látky využívají v množstvích, až desetitisíců tun na jednu se s těmito látkami můžeme setkat i v řadě komunálních odvětví. Jejich absolutní množství zde sice není velké, nicméně dislokace těchto potenciálních zdrojů úniků je poměrně hustá. Pro své specifické vlastnosti se amoniak využívá ve strojvných chlazení, proto nachází velké využití v potravinářském průmyslu. Množství amoniaku ve strojvných chlazení se liší především podle velikosti provozu. Například masokombináty mívají 1,8 tuny, 7 tun nebo i 48 tun amoniaku, pivovary 7 tun nebo 25

tun, mlékárny 6,6 tuny nebo 10 tun. Dále se amoniak nachází na zimních stadiónech pro účely chlazení ledu. Množství látky se zde pohybuje mezi 6 a 12 tunami v případě, že na celý systém chlazení je využíván amoniak. V případě, že na sekundární okruh je využívána například solanka, klesá množství amoniaku ve strojovně na zimním stadionu na cca 0,4 tuny. (18)

Kromě skladovacích zásobníků, menších manipulačních nádob, potrubních systémů i samotných provozních zařízení v průmyslových technologiích, se můžeme s toxickými plyny běžně setkávat také při jejich přepravě. Pro přepravu amoniaku a chlóru se používají převážně automobilové a železniční cisterny. Jedná se o velké, obvykle jednokomorové zásobníky válcovitého tvaru s jednoduchým pláštěm umístěné na příslušném podvozku (nákladní vůz, automobilový přívěs nebo návěs, dvou nebo čtyř nápravový železniční podvozek. Tyto mobilní zásobníky mohou být významnými zdroji nebezpečí, což ostatně potvrzují i zkušenosti z událostí proběhlých po celém světě. (19)

1.4 Amoniak

Před modelací úniku nebezpečné chemické látky v podniku je potřeba charakterizovat zkoumanou nebezpečnou látku, její účinky na živý organismus, ochranu proti jeho působení. Amoniak představuje nebezpečný bezbarvý plyn zásadité povahy, který má velmi charakteristický pronikavý zápach. Pro organismus a životní prostředí je toxický.

Bezvodý amoniak používá v České republice asi 155 zimních stadiónů a 600 velkokapacitních chladicích zařízení v potravinářském průmyslu, jako jsou pivovary, mrazírny, mlékárny, jatka, sodovkárny apod. V Olomouci je amoniak používán ve společnostech OLMA a.s., FARMAK a.s., Nestlé Česko s.r.o. – ZORA Olomouc a na Zimním stadionu. Průmyslová chladicí zařízení zde instalovaná jsou většinou moderní, ale obsahují relativně velká množství amoniaku. Přesto jmenované objekty a zařízení s amoniakem zpravidla nespádají pod dikci zákona o prevenci závažných havárií. (3) Uvedený zákon v případě amoniaku totiž stanoví hmotnostní limit pro zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A hodnotu 50 a více tun amoniak. (20)

1.4.1 Výroba amoniaku

V roce 1908 německý fyzikální chemik Fritz Haber objevil principy syntézy amoniaku za využití všech fyzikálních a chemických zdrojů, které byly v té době k dispozici. Později začal spolupracovat s Carlem Boschem a společně tento objev pojmenovali jako **Haber-Boschův proces**. (20) Proces využívá spojení dusíku ze vzduchu s vodíkem za extrémně vysokého tlaku a vysoké teploty. K syntéze amoniaku tedy dochází za přítomnosti železného katalyzátoru (většinou litina). (22)

Haber-Boschova syntéza: $3 \text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$

Výroba syntetického amoniaku je základem pro několik průmyslových odvětví. Využívá se při výrobě hnojiv, která zvyšují úrodnost rostlin. Amoniak představuje výchozí látku pro výrobu kyseliny dusičné, amonných solí, močoviny, polotovarů pro vlákna a dalších organických sloučenin. V laboratoři se tento alkalický plyn získává z

tlakových láhví. Čistý amoniak lze připravit působením KOH v přebytku na sůl 15NH_4 + a získaný plyn se pak suší nad kovovým sodíkem. (23)

1.4.2 Fyzikální a chemické vlastnosti látky

Za normálního tlaku a teploty je to plyn bezbarvý a jedovatý, který je lehčí než vzduch. Vyskytuje se v kapalně nebo plynné formě. Má silně dráždivé účinky a leptá oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Vyvolává dráždivý kašel a křeče, které mohou vést až k udušení. Kapalným amoniakem také způsobuje silné omrzliny, pálení, bolesti, poškození očí, sliznice nosu, hltanu i kůže. (23) Omrzlé části potom mají bílou barvu. Dráždění očí a nosních partií začíná již při 100 až 200 ppm, vyšší koncentrace mohou být nebezpečné například pro centrální nervovou soustavu. Můžou vést také k zástavě dechu a mohou způsobit otok plic. (4)



Obrázek 4 Bezpečnostní značky amoniaku (13)

Plyn pod tlakem

Toxická látka

Žíravá látka

Látky ohrožující životní prostředí

Vzhled a skupenství:

Pevné – ne

Kapalné – nejčastěji jako vodný roztok (25 - 29 %) - bezbarvá kapalina s pronikavě štiplavým zápachem

Plynné – bezbarvý pronikavě štiplavý plyn (13)

Při uvolnění plynu se tvoří velké množství studené mlhy, která je těžší než vzduch. Vznikají leptavé a výbušné směsi, které se velmi dobře pojí se vzduchem. Ke vznícení může dojít působením vysoké teploty a silného zdroje energie. (25)

Při úniku z míst, kde je ve zkapalněném stavu, se amoniak prudce vypaří. Odejme teplo svému okolí, zcondenzuje atmosférická vlhkost a proto je zpočátku vidět bílá mlha, která se drží při zemi. Je-li větrno, amoniak se rychle rozptýlí do okolí. Shrnutí důležitých fyzikálních a chemických vlastností je v následující tabulce.(25)

Tabulka 2 Vlastnosti amoniaku (26)

skupenství	kapalné
barva	bezbarvý
zápach	štiplavý, charakteristický
hodnota pH	11,7 (silnější zásada)
bod varu (při atmosférickém tlaku)	-33,4°C
bod tání/tuhnutí (-//-)	-77,8°C
teplota samovznícení	630°C
skupina vznícení	A
mezní teplota vznícení	15% objemových – 30% objemových
hořlavost	hořlavý
samozápalnost	není samozápalný
třída výbušnosti	P
skupina výbušnosti	IIA
tenze par (při 20° C)	860 kPa
hustota par ke vzduchu (při 20° C)	0,597 kg.m ⁻³
rozpustnost (při 20°C)	ve vodě: 34%.

Amoniak je zařazen podle klasifikace nebezpečnosti **R – větami:** (26)

- R 10 – hořlavý,
- R 23 – toxický při vdechování,
- R 34 – způsobuje poleptání,
- R 50 – toxický pro vodní organismy.

Podle nebezpečnosti pro životní prostředí **S – větami:** (26)

- S 9 – uchovávejte obal na dobře větraném místě,
- S 16 – uchovávejte mimo dosah zdrojů zapálení – zákaz kouření,
- S 26 – při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodu a okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc,
- S 36/ 37/ 39 - používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít,
- S 45 - v případě nehody nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc, (je-li možno, ukažte toto označení),
- S 61 - zabraňte uvolnění do životního prostředí.

Hodnoty ERPG/EEPG amoniaku

Tabulka 3 Příпустné hodnoty koncentrací škodlivin (27)

	ERPG-1	ERPG-2	ERPG-3
mg/m ³	17	139	696
ppm	25	200	1000

ERPG-1/EEPG-1 je maximální koncentrace ve vzduchu, kterou člověk snese po dobu jedné hodiny bez výrazných zdravotních změn,

ERPG-2/EEPG-2 je maximální koncentrace ve vzduchu, kterou člověk snese po dobu jedné hodiny bez způsobení nevratných zdravotních změn nebo poškození imunity,

ERPG-3/EEPG-3 je maximální koncentrace ve vzduchu, kterou člověk snese po dobu jedné hodiny bez toho, aby byl smrtelně ohrožený. (27)

1.4.3 Nepříznivé účinky na lidský organismus

Amoniak dráždí oči, nosní partie a sliznice. Může být nebezpečný pro centrální nervovou soustavu. Při požití může dojít k poleptání zažívacího traktu. Poté následuje toxická žloutenka a zánět ledvin. Při vdechování leptá sliznici v dýchací soustavě a může vést až k otoku (edému) plic. Vysoké koncentrace způsobují zástavu dechu. Jedná

se spíše o zástavu přechodnou, ale může dojít i velmi rychle ke smrti. U těhotných žen může dojít ke krvácení rodidel a následně k potratu.

Po velké expozici oka zůstává rohovka průhlednou, avšak necitlivou a teprve za 7 až 10 dní se může zakalit a může se pak i dále projevit katastrofální poškození oka, pronikající do hloubky a vedoucí ke slepotě. (30) (31)

Tabulka 4 Vliv amoniaku na lidský organismus (29)

objem % ve vzduchu	ppm	vliv na lidský organismus
0,0005	5	zjistitelný čichem
0,005	50	snesitelný po delší dobu
0,005 – 0,02	50 – 200	bez vážného poškození zdraví max. 60 min
0,03	300	po delší dobu těžko snesitelné, ale do 60 min bez újmy na zdraví
0,05	500	IDLH – max. koncentrace, při níž může člověk opustit po 30 min. místnost, aniž by pocítil nutnost úniku nebo utrpěl újmu na zdraví
0,1	1000	nesnesitelné a po delší době poškození dýchacích orgánů
0,2 – 0,3	2000 - 3000	vážné poškození oční rohovky a smrt do 30 min.
15 - 28	15000-28000	dolní a horní mez výbušnosti

1.4.5 První pomoc

Při zasažení amoniakem je třeba přenést postiženého na čerstvý vzduch, uložit ho do stabilizované polohy, uvolnit těsné součásti oděvu, při zástavě dechu okamžitě zavést umělé dýchání (i pomocí přístroje), sejmut potřísněné součásti oděvu, postižená místa na těle okamžitě opláchnout vodou a pokrýt sterilním obvazem, omrzlá místa na těle netřít, zasažené oči důkladně promývat asi 10 – 15 minut vodou směrem od nosu při násilném otevření víček, postiženého transportovat vleže ve stabilizované poloze, nesmíme postiženého nechat prochladnout a co nejdříve přivolat lékařskou pomoc. (4)

1.4.4 Nepříznivé účinky na životní prostředí

Při úniku tohoto plynu dochází k zamoření ovzduší do velkých vzdáleností od zdroje. Způsobuje kontaminaci terénu i vod. Ve vodě se rozpouští a i při velkém zředění vytváří leptavé směsi, nad kterými se uvolňují nebezpečné páry. Je vysoce toxický pro vodní organismy. Může měnit hodnotu pH vodního prostředí. (28)

Ovšem co se týče vlivu na skleníkový efekt a rozklad ozonu, je amoniak neškodný. Jeho dopad na ozonovou vrstvu ODP (Ozone Depletion Potential) a potenciál globálního oteplování GWP (Global Warming Potential) je roven nule.

1.5 Analýza rizik

Důležitou součástí (havarijního) plánování je také analýza rizik, jež zahrnuje například **identifikaci** (nepodaří-li se riziko identifikovat, nebude ho možno ani analyzovat a připravit se na něj), **klasifikaci zdrojů rizika, určení priority rizikům a hodnocení těchto rizik**. Na základě výsledků analýz můžeme zabránit vzniku havárie, nebo alespoň pravděpodobnost jejího vzniku minimalizovat. Výsledek pak slouží k určení závažnosti a přijatelnosti rizika. (4) Zdrojem rizika pak může být každá skutečnost, situace či podmínka, která má reálný předpoklad způsobit havárii. Může to být například objekt nebo zařízení, kde je umístěna NL v dostatečném množství. Ke zjištění rizika a jeho popisu lze využít mnoha metod a každá metoda má své výhody i nevýhody. Někdy je účelné metody i vhodně kombinovat. (32)

Vnímání rizika je ovlivněno názorem veřejnosti a každý člověk vnímá riziko jiným způsobem. Obecně lze říci, že obyvatelstvo rizika často nesprávně posuzuje (některá rizika nadhodnocují a některá podceňují). U **hodnocení rizika** dochází k ustanovení škál zdrojů rizika a frekvence jejich dopadů. Hodnocení rizik se zaměřuje převážně na ty zdroje rizika, které vyžadují nezbytná opatření. (32) Efektivní hodnocení rizik pak umožňuje zaměřit naši pozornost na ta rizika, která mají nejpravděpodobnější negativní uplatnění. (34)

Metody hodnocení rizik můžeme rozdělovat na kvalitativní a kvantitativní, nebo je můžeme rozdělit na tři kategorie: **deterministické** (kvantifikace následků havárie), **probabilistické** (pravděpodobnost nebo frekvence havárie) a kombinace deterministického a probabilistického přístupu. Při **kvalitativním hodnocení rizik** je pozornost zaměřena na identifikaci zdrojů rizika, analýzu příčin a jejich následků z hlediska na možné scénáře havárií. U **kvantitativního hodnocení rizika** hraje hlavní roli risk management, který se zaměřuje převážně na pravděpodobnostní analýzu (určení četnosti, frekvence uvažovaných havarijních scénářů) a hodnocení dopadů. (33)

1.5.1 Popis vybraných metod

Způsobů analýzy rizik je mnoho a stále se vyvíjejí, proto bylo vybráno jen několik metod hodnocení rizik, které jsou v následující kapitole stručně popsány.

Metoda WHAT IF

Metoda „Co se stane, když...“ je založena na brainstormingu, při kterém kvalifikovaný pracovní tým (dobře obeznámený se zkoumaným procesem) prověřuje formou dotazů a odpovědí neočekávané události, které se mohou v procesu vyskytnout. Neklade vysoké nároky na čas. Je však nutno počítat s tím, že nižší časová náročnost studie má kořeny v intuitivním, méně systematickém postupu. Tato metoda je velmi efektivní a účinná, pokud má pracovní tým provozní zkušenosti a současně má aplikační zkušenosti s touto metodou. V opačném případě může být výsledek studie diskutabilní. (27)

Checklist

Tato metoda je založena na chronologické kontrole plnění předem stanovených opatření. Struktura seznamu se může měnit od jednoduchého seznamu po složité formuláře a mohou být využity v jakékoli fázi procesu. Kontrolní seznam je vhodný při projektování (rozvojový projekt nebo výrobní technologie), ale méně účinný při odhalování dopadů a vztahů mezi nimi. Často bývá kombinován s dalšími metodami a pro analytika samostatný slouží spíše jako pojistka, zda se požadavky shodují s praxí. Výsledky závisí individuálně na autorovi podle jeho zkušeností a podle toho, zda je seznam zpracován detailnějším způsobem nebo spíše obecně. (34) Detailnější kontrolní seznam je základem pro zhodnocení procesních zdrojů rizik, ačkoliv k přesnějšímu určení problémů jsou následně zapotřebí další analýzy. Z toho důvodu je vhodné kontrolní list kombinovat s jinou metodou, aby se dopomohlo k odhalení zdrojů rizik. (35)

Hazard and Operability Study

Pro systematickou a pečlivou analýzu bezpečnosti složitého procesního zařízení se v průmyslově vyspělých zemích Evropy používá metoda označována jako HAZOP. Jako každá systematická studie, je i aplikace této metody analýzy bezpečnosti náročná

na čas, znalosti a zkušenosti. Autor metody HAZOP ve své původní práci charakterizuje tuto metodu jako spojení dvou základních postupů. Jako první lze uvést "studii provozuschopnosti" (Operability Study), což je v podstatě identifikace nebezpečných situací. Na ni navazuje Hazard Analysis, což je vyhodnocení rizika. Postup analýzy zahrnuje kroky: odhalení příčin, odhad možných následků, návrhy opatření, ocenění. (27)

Event tree analysis

ETA neboli strom událostí je logický graf, který popisuje logický rozvoj scénáře od tzv. iniciační události směrem k možným závažným následkům. Jedná se o induktivní systematický postup rozvíjející iniciační událost postupnými logickými kroky (možnými sekvencemi), kterými se berou do úvah tzv. bezpečnostní funkce systému včetně úspěšnosti takové funkce/zásahu. Výsledkem je logický graf rozvoje iniciační události a pravděpodobnostní hodnocení scénáře s ohledem na různé možné následky. (29)

Fault tree analysis

Strom poruch je logický graf, který slouží k odhalení cest, kterými se mohou v systému šířit poruchy. Jde o postup deduktivní, vychází se z přesně definované konečné poruchy - vrcholové události - tzv. „Top Event“ a hledají se příčiny nebo souběhy příčin (rozvíjejí se scénáře), které mohou konečnou událost způsobit. (27)

Cause-Consequence Analysis

Analýza příčiny a následků je směsí Analýzy stromem poruch a Analýzy stromem událostí. Její výhodou je využití jako komunikačního nástroje: diagram zobrazuje vztahy mezi havarijními následky a jejich základními příčinami. CCA se využívá v jednoduchých případech poruch, zahrnuje výsledky obou analýz do stejného diagramu. Výsledkem metody je popis potenciálních havarijních výsledků, v diagramu lze sledovat havarijní sekvence - scénáře havárií. Pro analýzu je výhodnější malý tým (2 - 4 lidé) s různými zkušenostmi, jeden z nich se znalostmi metody CCA. (36)

Metoda Dow's Chemical Exposure Index

Index chemického ohrožení je kvantitativní metoda k posouzení potenciálního ohrožení lidského zdraví chemickými provozy, kde existuje reálná možnost úniku NL. (17) Dow's Chemical Exposure Index (dále jen „metoda CEI“) umožňuje vzájemně porovnat zdroje rizika, jelikož je obtížné stanovit absolutní míru rizika. Metodu CEI lze využít například pro úvodní analýzy, screening či pro účely havarijního plánování. (27)

Preliminary Hazard Analysis

Předběžná analýza ohrožení je metoda vyvinutá pro hodnocení bezpečnosti v armádě Spojených států amerických. V průmyslu se využívá především ve fázi návrhu projektu zařízení, ale může se aplikovat i na stávající zařízení. Metoda umožňuje nenáročným způsobem identifikovat ohrožení a tím minimalizovat náklady na případné změny. Po identifikaci nebezpečí se vyhodnocují možné příčiny a následky nehod a výsledkem je zařazení události do jedné ze čtyř kategorií nebezpečí: zanedbatelné, obvyklé, závažné a katastrofické nebezpečí. Tato klasifikace může sloužit pro určení priorit při snižování ohrožení. Výsledky studie se mohou zapisovat do přehledné tabulky, která obsahuje identifikovaná nebezpečí, příčiny a následky nehod, kategorii nebezpečí a doporučené opatření. Studii může provést jeden analytik, ale více členů týmu je předností, časová náročnost se pohybuje mezi 1 - 3 týdny. (36)

Failure Modes and Effects Analysis

Metoda sestavuje tabulku příčin poruch a jejich následků na systém nebo podnik. FMEA identifikuje jednoduché poruchy, které mohou významně přispívat k havárii, ale nehodí se na vyčerpávající seznam poruch. Je snadno použitelná při změnách a modifikacích procesu. Může být provedena jedním analytikem, ale měla by být zkontrolována jiným. Výsledkem je kvalitativní systematický seznam zařízení, jejich poruch a následků, s možností kvantifikace. Zahrnuje i odhad nejhorších případů následků. Obvykle je dokumentována v tabulkové formě s doporučením pro zlepšení bezpečnosti. (36)

1.6 Havarijní plánování

Havarijním plánováním se rozumí soubor postupů, metod a opatření, které věcně příslušné orgány využívají při přípravě na provádění záchranných a likvidačních prací na vymezeném území. Havarijní plánování je součástí havarijní připravenosti. (5)

Hlavním výstupem havarijního plánování je havarijní plán (dále HP), který obsahuje opatření a postupy při havárii. Havarijní plánovací dokumenty se zpravidla zpracovávají pro určité vymezené území, buď areál podniku, část území navazující na areál podniku, které může být postiženo následky mimořádné události (zóna havarijního plánování), respektive správní území orgánu veřejné správy. (5) Zásady a způsob zpracování HP kraje a vnějších HP stanoví prováděcí právní předpis (§ 12 odst. 3 zákona č. 239/2000 Sb). Je nutno zmínit také vyhlášku o některých podrobnostech zabezpečení IZS. (37)

Tabulka 5 Druhy havarijních plánů (5)

Objektové havarijní plány	Zonální havarijní plány	Havarijní plány správních území
Vnitřní HP jaderného zařízení	Vnější HP jaderného zařízení	HP kraje
Vnitřní HP chemického zařízení	Vnější HP chemického zařízení	

1.6.1 Zařazení objektu

Provozovatel nebo uživatel objektu přijme všechna opatření nezbytná k prevenci závažných havárií a omezení jejich následků na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek. (3)

Provozovatel nebo uživatel objektu:

a) zpracuje seznam, ve kterém uvede druh, množství, klasifikaci a fyzikální formu všech nebezpečných látek umístěných v objektu,

b) na základě seznamu provede součet poměrných množství nebezpečných látek umístěných v objektu podle vzorce a za podmínek uvedených v příloze č. 1 k zákonu o prevenci závažných havárií,

c) na základě seznamu a součtu poměrných množství nebezpečných látek umístěných v objektu zpracuje protokol o nezařazení, nebo navrhne zařazení objektu do skupiny A nebo do skupiny B. (3)

1.6.3 Vnitřní havarijní plán

Provozovatel objektu zařazeného do skupiny B zpracuje vnitřní havarijní plán, ve kterém stanoví opatření přijímaná uvnitř objektu při vzniku závažné havárie za účelem zmírnění jejích následků na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek. Provozovatel na základě rozhodnutí krajského úřadu zahrne do vnitřního havarijního plánu preventivní bezpečnostní opatření vztahující se k možnému vzniku domino efektu. (3)

1.6.3 Vnější havarijní plán

Pro objekty zařazené do skupiny B se stanoví zóna havarijního plánování a zpracovává vnější havarijní plán. Provozovatel objektu zařazeného do skupiny B spolupracuje s krajským úřadem a jím pověřenými organizacemi a institucemi a s hasičským záchranným sborem kraje na zajištění havarijní připravenosti, informování veřejnosti a preventivně výchovné činnosti v oblasti vymezené vnějším havarijním plánem. Provozovatel objektu zařazeného do skupiny B po projednání s hasičským záchranným sborem kraje pořizuje, udržuje a provozuje v zóně havarijního plánování koncové prvky varování. (3)

Havarijní karta

Vhodným rozhodovacím nástrojem v případě vzniku průmyslové havárie jsou tzv. havarijní karty. Ty slouží zejména zasahujícím složkám k minimalizaci následků havárie a její likvidaci. Z praktického hlediska jsou havarijní karty zpracovávány ve formátu A4 a jsou koncipovány na havarijní projevy určitého havarijního scénáře.

Havarijní karta je tvořena částí textovou (stručný popis zdroje rizik a dosah účinků havárie apod.) a částí grafickou (např. ilustrace dosahu účinků havárie). (38)

1.6.4 Protokol o nezařazení

Uživatel objektu zpracuje protokol, ve kterém zaznamená skutečnost, že množství nebezpečné látky umístěné v objektu je menší, než množství uvedené v příloze č. 1 k zákonu o prevenci závažných havárií, v sloupci 2 tabulky I nebo II, a součet poměrných množství nebezpečných látek umístěných v objektu provedený podle vzorce a za podmínek uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu je menší než 1 (dále jen „protokol o nezařazení“), a protokol o nezařazení uchová pro účely kontroly. (3)

Uživatel objektu zajistí aktualizaci protokolu o nezařazení po každém zvýšení množství nebezpečné látky umístěné v objektu přesahujícím 10 % dosavadního množství nebezpečné látky umístěné v objektu nebo při umístění další nebezpečné látky v objektu, která dosud nebyla v seznamu uvedena. (3)

Uživatel objektu předloží protokol o nezařazení nebo jeho aktualizaci krajskému úřadu do 1 měsíce ode dne, kdy množství nebezpečné látky umístěné v objektu přesáhne 2 % množství uvedeného v příloze č. 1 k tomuto zákonu v sloupci 2 tabulky I nebo II. (3)

Protokol o nezařazení obsahuje

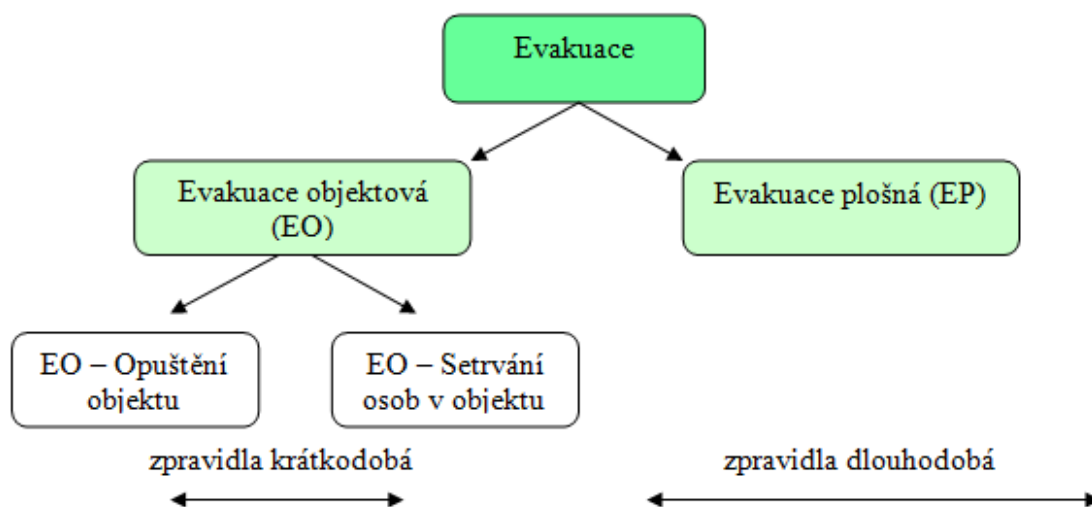
- a) identifikační údaje objektu a jeho uživatele,
- b) seznam,
- c) popis výpočtu součtu poměrných množství nebezpečných látek umístěných v objektu,
- d) místo, datum a podpis fyzické osoby oprávněné jednat za uživatele objektu. (3)

1.7 Evakuace

Obecně je evakuace chápána jako základní způsob ochrany obyvatelstva a zabezpečuje přemístění osob, hospodářských zvířat a materiálu v daném prioritním pořadí z místa ohrožení do jiné lokality. (39) Volí se vždy, když není jiná možnost, jak provést efektivní ochranu života, zdraví a majetku. (4)

Evakuace se z hlediska rozsahu opatření dělí na: (5)

- a) evakuaci objektovou: zahrnuje evakuaci osob jedné nebo malého počtu obytných budov, administrativně správních budov, technologických provozů nebo dalších objektů (evakuace zaměstnanců).
- b) evakuaci plošnou: zahrnuje evakuaci obyvatelstva z části nebo celého urbanistického celku, případně většího územního prostoru.



Obrázek 5 Rozdělení evakuace (5)

Evakuace z hlediska doby trvání se dělí na: (5)

- a) evakuaci krátkodobou: ohrožení nevyžaduje dlouhodobé opuštění objektu. Pro evakuované osoby není zapotřebí realizovat opatření související s následnou péčí o evakuované osoby (náhradní ubytování, stravování).

b) evakuaci dlouhodobou: ohrožení vyžaduje dlouhodobé opuštění objektu. Pro evakuované je zpravidla zapotřebí realizovat opatření související s následnou péčí.

1.7.1 Doba evakuace

Prognóza pohybu osob v průběhu evakuace je základním aspektem pro posouzení bezpečnosti. Je nutné jednoznačně rozlišovat dobu pohybu osob objektem a celkovou dobu potřebnou pro evakuaci osob z objektu RSET. Obecně lze evakuaci považovat za bezpečnou, pokud doba potřebná pro evakuaci RSET (required safe egress time) je menší nebo nejvýše rovna dostupné době pro evakuaci ASET (available safe egress time). (5)

Výpočet RSET podle vzorce:

$$RSET = t_d + t_v + t_r + t_z + t_u$$

kde: t_d doba od vzniku do detekce požáru/úniku NL (min)

t_v doba od detekce do vyhlášení evakuace (min)

t_r doba od vyhlášení evakuace do rozhodnutí osob k jejímu zahájení (min)

t_z doba od rozhodnutí k zahájení evakuace do vlastního zahájení evakuace (min)

t_u předpokládaná doba evakuace, doba pohybu osob objektem (min) (5)

Doba od vzniku MU do její detekce t_d závisí na vybavení objektu požárně bezpečnostním zařízením (dále PBZ) (např. elektrická požární signalizace), stavebním provedení objektu, obsazení objektu osobami a dalších aspektech. Doba od vzniku do detekce se může pohybovat tedy řádově v desítkách sekund nebo také v hodinách. (5)

Doba od detekce do vyhlášení evakuace t_v závisí na technickém provedení PBZ, bezpečnostním managementu a na reakci osob. (5)

Významnou časovou prodlevu v době evakuace představuje doba od vyhlášení evakuace do jejího zahájení t_r . Tato doba zahrnuje rozhodovací proces t_r sestávající z vnímání a interpretace varování a doby do zahájení evakuace t_z . Vímání je časový úsek, ve kterém osoby zpozorují varovný signál. (5)

Interpretace varování je časový interval, kdy osoby posuzují závažnost varování a dochází k rozhodnutí. V tomto úseku si mohou osoby zjišťovat další informace, které jsou pro rozhodnutí zásadní. (5)

Doba do zahájení evakuace je časový interval, ve kterém osoby realizují soustavu opatření, které považují za před zahájením evakuace za nutné (shromáždění cenností, dokumentů). (5)

Předpokládaná doba evakuace t_u představuje časový úsek, kdy dochází k pohybu osob objektem na volné prostranství nebo do jiného bezpečného prostoru. (5) Předpokládaná doba evakuace t_u odpovídá předpokládané době evakuace dle kmenových norem bezpečnosti staveb. (40) (41)

1.7.2 Objektová evakuace – setrvání osob v objektu

Popisovaná forma evakuace je využitelná jak v případě požáru, ta při jiných mimořádných událostech (únik nebezpečné látky). Osoby jsou evakuovány do jiné části objektu nebo jiného objektu, kde je pro evakuované k dispozici dostatečný prostor, zaručena jejich bezpečnost proti účinkům MU a odkud je možné následně uskutečnit evakuaci formou opuštění objektu. (5)

Evakuace je v případě úniku NL zpravidla chápána jako přesun osob ze zóny zasažené NL na bezpečné místo mimo zasaženou zónu, přičemž se vesměs vychází z předpokladu, že evakuace osob je v této době žádoucí a proveditelná. Při tom velmi efektivním způsobem ochrany osob může být jejich přemístění do konkrétní části objektu a využití ochranných vlastností staveb. (5)

Při výběru místnosti je vhodné respektovat zejména tato kritéria: (42)

- Je umístěna v co nejvyšším nadzemním podlaží, tímto dojde ke snížení koncentrace z venku působícího plynu,
- Je umístěna na straně budovy, která je odvrácena od zdroje nebezpečných látek,
- Má velký aktivní prostor,

- Bez otevřeného kouřovodu a větracích mřížek, místnost s malým počtem malých oken, s vysokou kvalitou těsnosti okenních spár.

Základním ochranným opatřením je v první řadě uzavření všech oken a dveří. Jako další možná ochranná opatření, kterými lze zvýšit ochrannou funkci budov se doporučuje: (5)

- Vypnout nucené systémy větrání (klimatizace, vzduchotechnika)m
- Uzavřít přirozené systémy větrání zateplením,
- Uhasit otevřený oheň, zamezit tahu v komíně,
- Snižit teplotu v místnosti,
- Utěsnit okenní a dveřní spáry, klíčové otvory, mezery větracích mřížek.

Oproti jiným ochranným opatřením pro ohroženou skupinu osob nabízí navrhovaný způsob ochrany následující výhody: (42)

- Bezprostřední použitelnost,
- Krátký čas mezi varováním a provedením evakuace,
- Umožňuje ochranu před kulminací nebezpečí, které lze očekávat zpravidla během první hodiny,
- Snižení koncentrace uvnitř budov oproti koncentraci vně,
- Snižení toxické dávky. Působení toxických plynů 5 – 10 minut na nechráněné osoby odpovídá dávce při pobytu 6 hodin v chráněné stavbě,
- Zajištění důležitých potřeb, např. před atmosférickými vlivy,
- Pro psychicky labilnější jedince je pobyt ve známém prostředí hodnocen jako psychicky stabilní situace,
- Jednoduchými opatřeními je možná účinná svépomoc pro osoby uvnitř staveb v nebezpečné oblasti.

1.7.3 Analýza ochranných vlastností budov

Pro analýzu ochranných vlastností budov je zapotřebí v první řadě definovat parametry jednotlivých místností v budovách. Pro tyto účely jsou definovány následující prostory: (5)

- N_1 – první místnost ve směru šířící se nebezpečné látky, stavba s nízkou stavební kvalitou, faktor výměny vzduchu $n_1 = 0,25\text{h}^{-1}$,
- N_2 – druhá místnost ve směru šířící se nebezpečné látky, stavba s nízkou stavební kvalitou, faktor výměny vzduchu $n_2 = 0,25\text{ h}^{-1}$,
- N_3 – druhá místnost ve směru šířící se nebezpečné látky, stavba s nízkou stavební kvalitou, faktor výměny vzduchu $n_3 = 0,125\text{ h}^{-1}$,
- V_1 – první místnost ve směru šířící se nebezpečné látky, stavba se standardní stavební kvalitou, faktor výměny vzduchu $n_1 = 0,25\text{ h}^{-1}$,
- V_2 – druhá místnost ve směru šířící se nebezpečné látky, stavba se standardní stavební kvalitou, faktor výměny vzduchu $n_2 = 0,15\text{ h}^{-1}$,
- V_3 – druhá místnost ve směru šířící se nebezpečné látky, stavba se standardní stavební kvalitou, faktor výměny vzduchu $n_3 = 0,1\text{ h}^{-1}$. (5)

1.8 Charakteristika podniku Nestlé Česko s.r.o.

Nestlé je švýcarská nadnárodní společnost se sídlem ve Vevey ve Švýcarsku. Byla založena v roce 1866 a pojmenována podle švýcarského chemika Henriho Nestlé. Z hlediska tržní kapitalizace je Nestlé největší potravinový koncern na světě. Jedním z velkých konkurentů Nestlé je americký Mondelēz International. Nestlé je tedy přední světovou společností v oblasti výživy, zdraví a vyváženého životního stylu, která spotřebitelům na celém světě nabízí kvalitní a dostupné výrobky. Podle internetových stránek firma podniká ve více než 197 zemích po celém světě, produkuje více než 2 000 značek (ne jen čokoládových výrobků), zaměstnává téměř 340 tisíc zaměstnanců a denně prodá přibližně 1 miliardu produktů. Nejstarší doložená zmínka související s obchodními aktivitami společnosti Nestlé na našem území je z roku 1890. Od této doby se podnik neustále rozvíjí. Historie samotného závodu Zora sahá také do konce devatenáctého století, do roku 1898.

Co se týče Nestlé a České republiky, naše země disponuje dvěma závody na produkci výrobků, a to v Olomouci (závod ZORA) a v Holešově (závod SFINX). Ředitelství Nestlé Česko s.r.o. je v Praze 4 (viz následující obrázek).



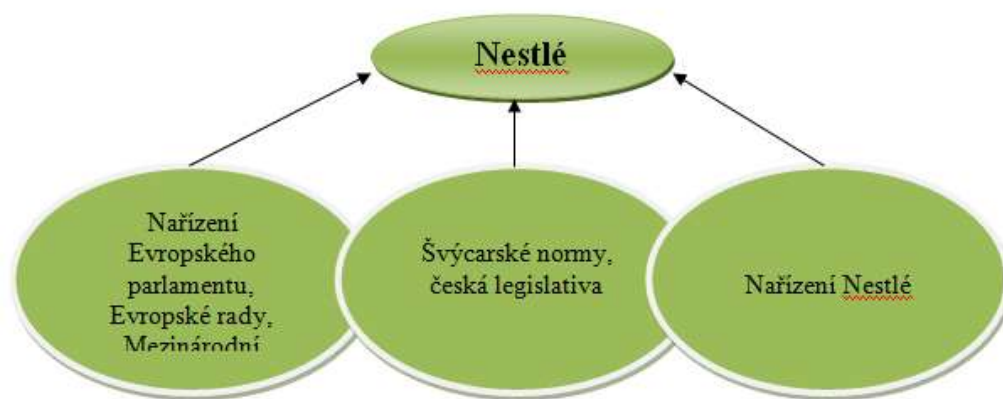
Obrázek 6 Rozmístění společnosti v rámci ČR (zdroj autorka)

Firma se nespécializuje pouze na výrobu cukrovinek, jako jsou značky Orion, KitKat, JoJo nebo Hašlerky, různé druhy oplatků a cereálních tyčinek, ale také na produkci polévek (např. Maggi), kořenících směsí a dochucovadel, pizzy, kojenecké a dětské výživy, výrobků Nescafé a Nespresso. V Nestlé se vyrábí dokonce i potrava pro psy a kočky.

1.8.1 Nestlé a bezpečnost

Společnost Nestlé klade zvýšený důraz na bezpečnost práce a jejich dlouhodobým cílem je nulový počet úrazů na pracovištích. Všichni její zaměstnanci a manažeři by měli usilovat o předcházení pracovním úrazům a nemocem z povolání.

Nestlé Česko se řídí jak Švýcarskými, tak i českými normami, zákony a vyhláškami, nařízeními Evropského parlamentu a Evropské rady. Podporuje též centrální politiku **SHE** (Safety Health Environmental sustainability), která se věnuje bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a ekologické udržitelnosti. Dodržuje také systém **HACCP** (Hazard Analysis and Critical Control Points), neboli Systém analýzy rizika a stanovení kritických kontrolních bodů, které je vyžadováno u všech výrobců potravin. Také se zabývá problematikou nebezpečného chování na pracovišti, aplikuje systém **SUSA**. Společnost zabezpečuje i **LOTO proceduru** (pojem Lockout/Tagout = „uzamkni a označ“), která zabezpečuje, aby nedošlo při údržbě stroje ke zranění zaměstnance..



Obrázek 7 Legislativa Nestlé (autorka)

Tým BOZP (Bezpečnost a ochrana zdraví při práci) provozovny ZORA Olomouc má celkem pět členů. Každý člen týmu má na starost určitou oblast bezpečnosti.

1.9 Chladicí zařízení s použitím amoniaku

Všechny potřebné informace důležité pro chod, kontrolu a údržbu chladicího zařízení v závodu Zora lze najít v Instrukční příručce pro centrální čpavkové chladicí zařízení čokoládovny NESTLÉ Česko s.r.o., závodu ZORA Olomouc. V dokumentu jsou dostupné i informace o první pomoci při zasažení amoniakem, kterými ochrannými a technickými prostředky závod disponuje. Obsahej je i seznam nejčastějších příčin závad na zařízení.

Chladicí zařízení v čokoládovně Nestlé Česko s.r.o. závodu Zora Olomouc bylo nainstalováno ve strojovně chlazení. Zařízení sestává z jednoho centrálního dvoustupňového chladicího okruhu. Je určeno pro nepřímé chlazení teplotných látek, kterými jsou solanka a voda, určenými pro chlazení technologických zařízení v závodu a pro chlazení výrobních a skladovacích prostorů. Chladicí zařízení je navrženo pro poloautomatický provoz s trvalým dozorem zodpovědné osoby. Jako chladivo je použit amoniak (čpavek), chemická značka NH_3 , mezinárodní označení chladiva R-717. (29)



Obrázek 8 Zásobník amoniaku v závodě Zora (zdroj autorka)

Chladicí zařízení bylo zavedeno do provozu po výstavbě strojovny jako zcela nové zařízení v druhé polovině minulého století. Během provozu až do dnešní doby proběhlo mnoho rekonstrukcí či doplnění tak, aby zařízení odpovídalo dosaženému technickému pokroku v oblasti chladicí techniky a také aby plnilo všechny požadavky

na krytí chladu při neustálém rozvoji závodu kvůli zvyšování výroby. Původní chladicí zařízení bylo dodáno a instalováno firmou ČKD Choceň. (29)

1.9.1 Zařazení chladiva dle nebezpečnosti

Dle ČSN EN 378-1 je chladivo zařazeno podle **hořlavosti a toxicity do skupiny B2**:

- Skupina B: Chladiva s časově váženou průměrnou koncentrací, která nemá nepříznivé účinky na téměř všechny pracovníky, kteří mohou být této koncentraci každodenně vystaveni po dobu normálního 8 hodinového pracovního dne a 40 hodinového pracovního týdne, jejíž hodnota je menší než 400 ml/m³ (400ppm).
- Skupina 2: Chladiva, jejichž dolní mezní hodnota hořlavosti je rovna nebo větší než 3,5% objemové koncentrace ve směsi se vzduchem (chladivo R-717 je výbušné ve směsi par se vzduchem v rozmezí 15 až 28% objemových). (29)

Chladivo R-717 je zařazeno do bezpečnostní skupiny L2 podle ČSN EN 378-1.

1.9.2 Provozní náplně v chladicím zařízení

V chladicím zařízení je použito následujících chladiv, teplonosných látek a olejů:

- Chladivo R-717 (amoniak NH³),
- teplonosná látka solanka R (CaCl²),
- teplonosná látka voda (H²O),
- mazací oleje. (37)

Chladivo

Celková náplň chladiva v systému: 6 700kg

Chemický vzorec: NH³

Vlastnosti látky a její účinky byly definovány v předchozích kapitolách.

Součástí chladicího zařízení je detekční zařízení pro detekci úniku chladiva, které při případném úniku automatická centrálně odstaví chladicí zařízení, spustí

poplach, sepne se havarijní odvětrávání a zapne se havarijní osvětlení. Detekční zařízení je nastaveno na dvě meze: při první se zapíná havarijní větrání a signalizuje se únik, druhá plně odstavuje zařízení z provozu. (43)

Teplonosná látka Solanka R

Celková náplň solanky v okruhu: cca 25 000dm³

Chemický vzorec: CaCl²

Solanka R je vodní roztok chloridu vápenatého CaCl² a doplňků jako jsou chlorid hořečnatý, inhibitory koroze, stabilizátory pH a ochranné koloidy. Je to nažloutlý až žlutě čirý roztok, bez vůně a zápachu, s reakcí neutrální až mírně alkalickou. Všechny okruhy solanek je třeba obecně považovat za škodlivé pro životní prostředí. Proto se musí používat opatrně jak při jejich plnění, tak při vypouštění z chladících okruhů.

Pro náplň solanky je použito ředění na koncentraci 33% váhové hmotnosti. (43)

Teplonosná látka Voda

Celková náplň vody v okruhu: 50 000dm³

Celková náplň vody pro kondenzátory: 40 dm³

Chemický vzorec: H²O

Pro naplnění chladícího okruhu ledové vody je použito čisté pitné vody. Je použita jednak pro doplňování okruhu ledové vody, dále jako přídavná voda do vodního okruhu hospodářství pro chlazení odpařovacích kondenzátorů, kde hraje ztráty odparem. (43)

Oleje

Celková velikost náplně oleje:

Šroubové kompresory: 1580 dm³

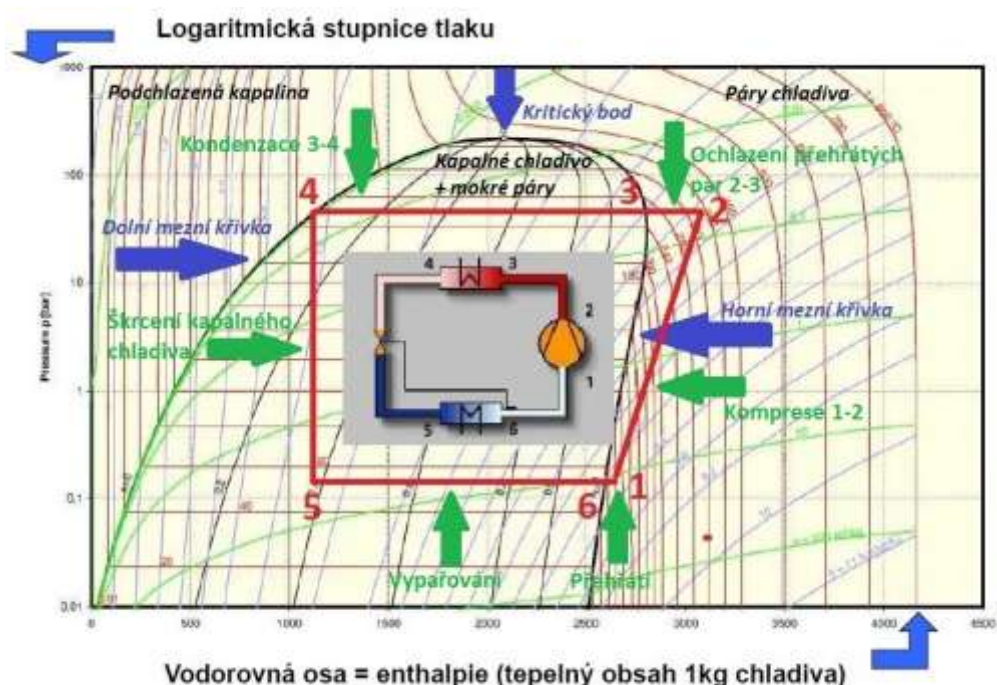
Pístové kompresory: 60 dm³

Pro mazání je použit nízko tuhnutí olej podle doporučení výrobce kompresorů. Nízko tuhnutí olej není zvláště nebezpečnou látkou, je ovšem hořlavinou. Olej je skladován v samotném prostoru strojovny, kde je pohotovostní rezerva a upotřebený olej je na zvlášť určeném místě venku za strojovnou chlazení. Veškeré nádoby s olejem jsou udržovány pečlivě uzavřené, aby nedošlo působením vzdušné vlhkosti k jeho znehodnocení.

Při každé manipulaci s olejem se provádí zásah do okruhu chladiva. Proto je potřeba postupovat jako při manipulaci s chladivem. (43)

1.9.3 Funkční popis chladicího zařízení

Pro zjednodušený popis fungování chladicího zařízení byl použit diagram i-log p. Diagram nám umožní názorně zobrazit působení změn teplot na chladicí okruh a tím i na efektivnost celého chladicího zařízení. Vodorovnou osu X, na kterou je vynesena entalpie a svislou osu Y, na kterou je vynesena logaritmická stupnice tlaku. V následujících odstavcích bude schéma podrobněji popsáno.



Obrázek 9 Schéma chladicího okruhu (autorka)

- **Logaritmická stupnice tlaku** zobrazuje se stejným krokem jednotky, stovky a tisíce. Umožňuje tedy zobrazit velký rozsah hodnot na malé úsečce.
- **Entalpie** je termodynamický název a zjednodušeně si jí lze představit jako tepelný obsah 1 kg chladiva.
- Hodnoty entalpie a měrného objemu jsou uvedeny v hodnotách pro 1 kg nebo 1m³.
- Nejvýraznější částí každého diagramu jsou jeho mezní křivky. Levá část se nazývá dolní mezní křivkou, pravá část horní, mezní křivkou. Dolní i horní mezní křivka se setkávají v nejvyšším bodě, který se jmenuje kritický bod.
- V oblasti diagramu mezi horní a dolní mezní křivkou se nachází chladivo v kapalném stavu. V oblasti vně mezních křivek se nachází chladivo pouze jako páry. Pokud se teplota par pohybuje tak vysoko, že je v diagramu nad kritickým bodem a z tohoto důvodu neprotíná mezní křivky, nikdy nedojde ke kondenzaci chladiva. V těchto případech se musí horké chladivo nejdříve ochladit, aby se teplota dostala pod teplotu kritického bodu a byla možná kondenzace. (44)

V okruhu probíhají následující pochody:

- **Kompresa** (stlačení) – mezi body 1-2,
- **Kondenzace** (ochlazení a zkapalnění) - mezi body 2-3-4,
- **Škracení** (změna tlaku z kondenzačního na vypařovací) - mezi body 4-5,
- **Vypařování** (ohřátí a odpaření kapalného chladiva) – mezi body 5-6-1. (44)

Tyto pochody budou níže lépe popsány:

V kondenzátoru dochází nejdříve k ochlazení horkých par chladiva z teploty konce komprese na teplotu horní mezní křivky. Ochlazují se páry a chladivo nekondenzuje. Tato část se nazývá ochlazení přehřátých par chladiva (mezi body 2-3) a

probíhá na začátku kondenzátoru Kondenzace (zkapalnění) chladiva nastává mezi body 3-4 (horní dolní mezní křivkou).

Na výstupu z kondenzátoru se chladivo nachází v kapalném stavu. Tento stav je možné nazvat pod tlakem zkapalněný plyn. Škrcením v expanzním orgánu (ventilu nebo kapiláře) dojde k prudkému poklesu tlaku. Tato změna tlaku je s dostatečnou technickou přesností zaznamenána v diagramu jako svislice mezi body 4-5.

Bod 4 je průsečík kondenzačního tlaku a dolní mezní křivky.

Bod 5 je průsečík svislice z bodu 4 a čáry vyparovacího tlaku.

Do výparníku se nastříkuje směs kapaliny a tzv. mokrých par chladiva. Vyparování chladiva nastává mezi body 5-6. Chladivo při svém odparování odnímá teplo svému okolí, ochlazuje ho. Tuto část je možné nazvat užitečným ohřátím chladiva. Z výparníku vystupuje chladivo o vyparovací teplotě v bodě 6. Po odchodu z výparníku se chladivo dále ohřívá v potrubí mezi výparníkem a kompresorem a i v samotném kompresoru. Teplota vstupu chladiva do kompresoru je bod 6. (44)

1.9.4 Kontrola zařízení

Chladicí zařízení je nutné průběžně prohlížet a plánovat opravy tak, aby chladicí zařízení fungovalo správně a výkonně sloužilo svému účelu a aby se předešlo případným haváriím.

Vedle průběžné, tzv. **preventivní prohlídky (PP)**, která obsahuje úkony, do kterých náleží zběžná prohlídka aparátů, kontroly těsnosti, propláchnutí, čištění aparátů, regulace zařízení a výměna opotřebovaných dílů a těsnění. Máme tři stupně prohlídek:

- **Malá (běžná) prohlídka (MP):** představuje objemově nejmenší druh prohlídky nutné k vedení normálního provozu zařízení k příští plánované prohlídce. Odstraňují se závady vzniklé opotřebováním dílů, které se brzy opotřebovávají a provádí se revize přístrojů na regulaci.

- **Střední prohlídka (SP):** má za účel výměnu vadných součástí za nové a prověrku technického stavu sestavných skupin.
- **Generální prohlídka (GP):** je charakterizována kompletní demontáží aparátů a směřuje k nahrazení již opotřebovaných nebo vadných dílů, k montáži nových dílů včetně funkční zkoušky. (29)

1.9.5 Prostředky pro ochranu osob

Obsluha musí mít k možnosti použití:

- přístroj pro zjišťování přítomnosti amoniaku v ovzduší (detekční přístroj, kyselinu solnou, detekční trubičky apod.),
- prostředky protipožární ochrany dle doporučení pořádní inspekce (tři práškové hasicí přístroje),
- Lékárničku se zdravotnickými potřebami pro poskytnutí první pomoci, vybavení podle doporučení odborného lékaře, která musí být minimálně vybavená:
 - Opthal,
 - kyselinou citronovou (2% roztok) v uzavřené tříoci láhvi s balonkem 200 g,
 - vata 100 g,
 - sterilní mul 1 m²,
 - obinadlo – hydrofil 10 x 10 – 2 ks,
 - obinadlo elastické široké 5 - 10 cm a dlouhé 5 – 10 m – 1 ks.
- Pro osobní ochranu obsluhy pro každou osobu protiplynová maska se dvěma filtry „K“ proti amoniaku, pryžové ochranné rukavice, těsné přiléhavé ochranné brýle, obličejový štítek a ochranná přilba. (29)

Pro obsluhu strojovny je k dispozici:

- vzduchové dýchací přístroje SATURN S5,S2,
- ochranné protichemické obleky OPCHO 90,
- ochranné obleky SUNIT,
- gumové holínky. (29)

1.9.6 Technické prostředky

Jsou to prostředky podmiňující správný zásah obsluhy při vzniku havarijních situací vyvolaných únikem chladiva. (29)

- Strojovna je vybavena detekčním systémem pro únik chladiva pracujícím s dvoustupňovým systémem indikace. Při nižší zjistitelné koncentraci (cca 500 ppm) se signalizuje únik chladiva a zapíná se automaticky havarijní větrání. Při dosažení vyšší koncentrace (30 000 ppm) se automaticky vypíná celé zařízení. Aktivace těchto alarmových stavů se přenáší do místa trvale obsazeného osobami, které vykonávají příslušnou činnost (vedení strojovny, vrátnice, oddělení BOZP).
- Strojovna chlazení je vybavena centrálním havarijním tlačítkem, jímž lze veškerý přívod elektrické energie do zařízení v případě potřeby vypnout. Tlačítko je umístěno u vchodu do strojovny a v místě únikových cest ze strojovny z vnější strany.
- Strojovna má nainstalováno nezávisle napájené havarijní větrání a nouzové osvětlení, které lze uvést v činnost stisknutím centrálního havarijního tlačítka. Odsávací otvory se nacházejí pod střechou strojovny (amoniak stoupá vzhůru) a otvory pro přívod vzduchu jsou u podlahy.
- Dveře vedoucí ze strojovny se musejí otevírat směrem ven a nesmí být opatřeny prahem.
- Ve strojovně je za chodu zařízení přítomna obsluha vybavena ochrannými pomůckami a lékárníčkou, které musí být umístěny na snadno přístupném místě mimo strojovnu.
- Strojovna má funkční kanalizační systém napojený na záchytnou jímku. (29)

1.9.7 Stupně havárie v případě úniku amoniaku

V podniku byly definovány tři stupně havárie s únikem nebezpečné chemické látky, amoniaku. Každý stupeň vyžaduje jiná bezpečnostní opatření a u každého stupně je rozdílný postup činností.

1. STUPEŇ 0 – 100 ppm

Postup: Pracovníci strojovny si v rámci daných pravidel poradí sami. Jedná se o velice malý únik amoniaku. Obsluha použije detektor úniku amoniaku, aby zjistila, na kterém zařízení k úniku došlo. Závadu buď opraví nebo ji nahlásí nadřízenému a ten zavolá servis.

Obsluha do čpavkového zařízení nezasahuje nikdy sama, ale dozoruje mu druhý z obsluhy. Musí se také použít ochranných prostředků: masky s filtrem a rukavice. (45)

2. STUPEŇ 100 – 300 ppm

Postup: Obsluha strojovny zavolá na vrátnici a oznámí únik amoniaku a vyžádá si příjezd hasičské jednotky. Dále vyčká do příjezdu hasičů. Po jejich příjezdu dbá na jejich pokyny. V případě, že jsou na směně dva strojníci, mohou si obléct ochranné obleky a zjistit ve velínu, které čidlo hlásí únik a lokalizovat místo úniku, popřípadě zasáhnout – odpojit, uzavřít ventily apod. Dále pak vyčkají příjezdu hasičské jednotky a řídí se pokyny velitele zásahu.

Obsluha zapne havarijní odvětrávání a posoudí vypnutí celé strojovny.

V případě, že se nejedná o velký nebo závažný únik amoniaku, není evakuace závodu vyhlášena. Vyčká se příjezdu hasičské jednotky a dále se řídí pokyny velitele zásahu, který případně rozhodne o evakuaci zaměstnanců, návštěv a dodavatelů z areálu závodu Zora. (45)

3. STUPEŇ 300 – 7 500 a více ppm

Postup: Jedná se o velký únik. Strojovna se automaticky vypne a zapne se havarijní odvětrávání. Obsluha strojovny zavolá na vrátnici a oznámí únik amoniaku a vyžádá si příjezd hasičské jednotky. Poté dbá pokynů velitele zásahu. Únik je také hlášen pomocí sms dalším pracovníkům

závodu: obsluha strojovny, energetik závodu, mistr energetiky, požární technik, bezpečnostní technici a vedoucí technického odboru.

Další sms hlášení: 100 ppm = energetik, mistr energetiky, strojovna
300 ppm = + bezpečnostní technici a vrátnice
7 500 ppm = + krizový tým (management závodu) (45)

1.9.8 Povinnosti obsluhy strojovny při úniku chladiva

Vnější zařízení – možný odtok do veřejné kanalizace

Tato možnost připadá při poruchách na venkovních kondenzátorech a propojovacím potrubí kapalného/plynného amoniaku. Při poruše kondenzátorů kapalný amoniak zachytí jímka chladicí vody ve strojovně chlazení.

- Obsluha chladicího zařízení okamžitě po zjištění místa havárie odstaví zařízení z provozu, provede dokonalé uzavření armaturami před i za místem úniku.
- Potom provede okamžité utěsnění kanalizační vpusti na střeše, revizních šachet ve vozovce v prostoru strojovny chlazení. Utěsnění se provede překrytím kanalizačních vpustí a vík revizních šachet PE fólií s pískem.
- Amoniak zachycený v havarijní jímce se zneškodní vodou a odčerpává fekálním vozem nebo samostatným kalovým čerpadlem do sudů nebo mobilní cisterny.
- Pokud již došlo k proniknutí amoniaku do kanalizace, obsluha strojovny okamžitě vypne kalová čerpadla na centrálních lapolech závodu. Vedení závodu zorganizuje zneškodnění a případné odčerpání vody znečištěné čpavkem z centrálních lapolů a v revizních šachtách kanalizačního rozvodu v areálu závodu danou firmou na nebezpečné odpady. (45)

Havarijní jímka

Ve strojovně je vlastní kanalizace, která je svedena do vlastní jímky. Která je umístěna venku pod solankovými kontejnery. Kde se v případě úniku amoniaku může

amoniak shromáždit a poté vyčerpat danou firmou, která se zabývá nebezpečným odpadem nebo hasičskou jednotkou. (45)

- Obsluha je povinná jímku kontrolovat 1 x za měsíc (zapsání do provozního deníku)
- Kontrola těsnosti jímky se provádí 1 x 5 let (externí firmou) (45)

Havarijní bedna

Ve strojovně je umístěna havarijní bedna, ve které jsou příslušenství: pásek, lopata, rýč, plachta, absorbér pro únik oleje a sorpční rohože pro únik nebezpečné látky, kanalizační ucpávka. Materiál slouží k zamezení proniknutí amoniaku či oleje do závodní kanalizace. (45)

Vnitřní zařízení – strojovna chlazení, prostor výparníků a propojovací potrubí

- Při havárii technologického zařízení je nutné okamžitě odstavit celé zařízení z provozu a zjištěné místo havárie dokonale oddělit nejbližšími uzavíracími armaturami před i za místem havárie (výronu amoniaku).
- Dále je nutné opatrně zkrápět kapalným amoniakem vodou. Kanalizační síť v budově strojovny je svedena do havarijní jímky a nemělo by dojít k vytékání kapalného amoniaku ze strojovny ven.
- Zneškodněný amoniak z havarijní jímky je odčerpán kalovým čerpadlem nebo fekálním vozem.
- Pracovníci provádějící likvidační zásah použijí OOPP tj. masky s filtrem proti amoniaku, dýchacího přístroje pro větší koncentraci nebo pro dlouhý pobyt v zamořených prostorech ochranný oblek.
- Šíření plynného amoniaku je možno též omezit pokropením vodní mlhou, nesmí však dojít k přeplnění a přetečení záchytné jímky nebo provizorních hrází. (45)

2. VÝZKUMNÁ OTÁZKA

Havarijní připravenost každého podniku jde nejlépe zhodnotit až po vzniku havárie nebo vypuknutí mimořádné události. Ovšem to je až krajní nouze. Je tedy potřeba provést výpočty, modelaci havárie s únikem nebezpečné chemické látky a vyhodnotit dopady na zaměstnance podniku, okolní obyvatelstvo a životní prostředí. Dále je zapotřebí zhodnotit připravenost zaměstnanců podniku, bezpečnostní prvky, kterými je areál podniku vybaven (např. elektrická požární signalizace, vzduchotechnika), stavebně bezpečnostní vybavení (odolnost stavebních konstrukcí, těsnost okenních rámců). Z toho vyplývá následující výzkumná otázka, kterou se bude práce zabývat, tedy jestli je možné havarijní připravenost čokoládovny zlepšit, případně jakým způsobem.

Výzkumná otázka: Je možné zlepšit havarijní připravenost provozovny Zora Olomouc na mimořádnou událost s únikem nebezpečné chemické látky?

3. METODIKA

Diplomová práce je zpracována analýzou dostupných dat a komparace materiálů v České republice a ve světě. Materiály byly podrobněji prozkoumány. Bylo využito také častých osobních schůzek se členy týmu požární ochrany Zora Olomouc, kteří se starají o bezpečnost zaměstnanců v podniku. Problematika úniku čpavku byla řešena také se strojníky ze strojozny čpavku. Všechny získané informace byly dále podkladem pro další analýzy a výpočty a simulace úniku.

Polostandardizovaný rozhovor

Pro zjištění podrobností o problematice úniků amoniaku bylo potřeba vést rozhovory s pracovníky Nestlé Česko s.r.o., provozovny Zora Olomouc, a to jak s bezpečnostními pracovníky, tak se s trojníky ze strojozny čpavku, kteří s amoniakem přichází denně do kontaktu. Bylo potřeba si zjistit a pochopit, jak vlastně funguje chladicí zařízení, kde je čpavek v areálu využíván. Bylo zjištěno, že kolem problematiky je ještě stále dost nevyřešených otázek, jimiž je potřeba se zabývat, aby byli především zaměstnanci podniku v bezpečí a byla jim poskytnuta co největší ochrana.

Na každé setkání byly předpřipravené otázky, které byly pokládány během našeho rozhovoru. Vždy se ovšem našla problematika nová a vznikaly nové náměty a otázky, které se nabízely k řešení.

Analytické zpracování dat

Protože mi byl poskytnut volný přístup do databáze bezpečnostních dokumentů, nebyl problém zjistit si všechna potřebná data, která jsem k práci potřebovala. Data byla dále zpracována a byl zhodnocen stav připravenosti podniku na havárii s únikem nebezpečných látek. Bylo prozkoumáno velké množství dokumentů, od havarijního plánu v případě úniku čpavku, evakuačního plánu, požárně bezpečnostních řešení staveb, místního provozního předpisu pro centrální čpavkové

chladící zařízení a využití odpadního tepla ze strojovny chlazení, až po mapky areálu a schémata vedení vzduchotechniky.

Všechny tyto a další dokumenty byly nápomocny ke zhodnocení havarijní připravenosti čokoládovny a sloužily jako podklad pro další vývoj práce a předmět zkoumání.

Zmapování výskytu úniků amoniaku v České republice

Bylo také potřeba zjistit, jak jsou na tom ostatní provozy v České republice, které provozují zařízení s použitím čpavku. Proto byla provedena analýza zaznamenaných úniků, které se v naší republice staly v minulých letech (patnácti). Bylo jich zaznamenáno přes padesát. Sledovány byly údaje jako je množství amoniaku, které uniklo, typ podniku, kde k havárii došlo a také to, zda byl někdo zraněn, usmrcen, nebo bylo znečištěno životní prostředí. Vše bylo zpracováno a pro přehlednost zavedeno do grafů.

Analýza rizik

Pro analýzu rizik byl zvolen Ishiakův diagram, tedy metoda rybí kosti, která se zabývá analýzou příčin a následků. Následkem v našem případě je havárie s únikem nebezpečné chemické látky – amoniaku. Nejčastějšími příčinami se už podle předchozího zmapování úniků v ČR zdá technická závada na zařízení, působení koroze a lidská chyba. Všechny příčiny jsou v kapitole dále rozebrány.

Výpočty CEI

Metoda DOW's Chemical Exposure Index je vhodná jak pro počáteční analýzy, tak pro prověřování bezpečnosti za chodu a zhodnocení současné situace. Metoda byla zvolena právě kvůli její univerzálnosti. Pomocí speciálních vzorců byly spočteny například vzdálenosti, které jsou v případě úniku nebezpečné látky, amoniaku, ohroženy. Byly vypočteny hodnoty ohrožení zaměstnanců a okolního obyvatelstva v případě úniku veškerého obsahu jednoho zásobníku (tj. 1500kg

amoniaku). Bylo počítáno se scénářem, kdy k úniku dojde vlivem vadného materiálu a na dvě nádoby s amoniakem se utvoří defekt (5cm, 4cm, 2,5cm, 1cm a 0,5cm). Z výpočtů se bude dále vycházet a později budou porovnány s výpočty softwarových programů.

Simulace úniku softwarovými programy

Pro simulaci úniku amoniaku byly zvoleny dva programy, jejichž výsledné hodnoty budou dále komparovány. Prvním programem je TerEx, který je přístupný studentům Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a práce s ním není příliš složitá. Druhým programem, jenž byl použit při zkoumání úniku amoniaku v areálu čokoládovny, byl zvolen program ALOHA, který je volně a bezplatně přístupný všem na internetu a práce s ním je též jednoduchá. Pro přehlednější znázornění jsou výsledky všech výpočtů programu zapsány do map a také do grafů. Všechny výsledky budou dále zhodnoceny a budou navržena možná opatření.

4. VÝSLEDKY

V kapitole výsledky jsou znázorněny všechny zjištěné, vypočtené a analyzované skutečnosti, které dále poslouží k případnému přepracování havarijní dokumentace podniku a dalším analýzám a přezkoumání. Všechny použité metody byly již nastíněny v předchozí kapitole Metodika.

4.1 Analýza úniků amoniaku v České republice v letech 2000 – 2015

Na základě vlastního výzkumu bylo zjištěno celkem 52 havárií s následným únikem nebezpečné chemické látky amoniaku, které se udály v rozmezí patnácti let, tedy v minulých letech 2000 – 2015 v České republice. Zkoumány byly parametry: kde k havárii došlo; kolik kilogramů látky uniklo; jaká byla příčina vzniku závažné havárie; jestli došlo ke zranění, usmrcení či znečištění životního prostředí a zda proběhla evakuace zaměstnanců či ohroženého obyvatelstva, které žije v okolí. Havárie jsou řazeny chronologicky.

Tabulka 6 Seznam havárií v ČR (vlastní zpracování)

	datum	místo havárie	množství látky	příčina úniku	zranění	evakuace
1	24. 7. 2000	Hodonice sladovna	100 kg	Únik při čištění zařízení	Únik do řeky Dyje	neproběhla
2	6. 8. 2000	Praha 7 – Štvanice zimní stadion	100 kg	Zastaralé vybavení	Uhynutí ryb v Dyji	neproběhla
3	29. 8. 2000	Mochov mrazírny	několik kg	Prasklé potrubí	6 těžce zraněných zaměstnanců	neproběhla
4	6. 4. 2001	Havlíčkův Brod Zimní stadion	nejméně 10 kg	únik z opravovaného potrubí	2 lehce zranění	uzavření okolí stadionu, evakuace nedalekého bazénu
5	2. 5. 2001	Cheb masokombinát	15 kg	Prasklé těsnění kompresoru	4 děti se nadýchaly plynu	42 zaměstnanců + 70 obyvatel z okolí
6	27. 7. 2001	Praha 3 Nákladové nádraží	Není známo	Únik ze strojovny nádraží	nikdo	12 lidí evakuovaných
7	23.8. 2001	Praha 10 zimní stadion	Není známo	Prasknutí ventilu – lidská chyba	nikdo	neproběhla

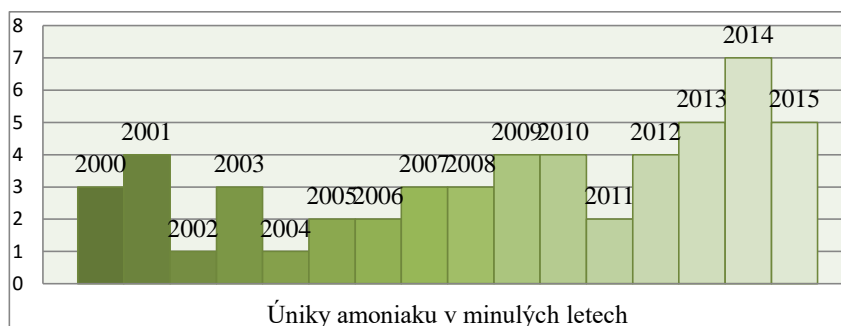
8	23. 1. 2002	Liberec zimní stadion	50 kg	Neopatrnost při práci	nikdo	50 lidí
9	16. 3. 2003	Teplice mlékárny	Několik kg	Zrezivělý chladicí okruh	nikdo	neproběhla
10	22.8. 2003	Hroznětín masokombinát	200 kg	nedbalost	Uhynutí pstruhů v řece	neproběhla
11	13. 12. 2003	Mladá Boleslav Škoda Auto	30 kg	Únik při přečerpávání	nikdo	60 zaměstnanců evakuováno
12	26. 5. 2004	Praha 6 sklad zeleniny	Není známo	Porušené potrubí	4 dělníci se nadýchali	Evakuace dvou hal
13	6. 9. 2005	Rakovník pivovar Bakalář	50 kg	Technická závada na ventilu	Jeden zaměstnanec popálený	15 lidí evakuovaných
14	27. 10. 2005	Šišma zpracování ryb	40 kg	Technická závada na chladírenském zařízení	nikdo	Nikdo, nevětrat
15	25. 5. 2006	Zlín zimní stadion	Není známo	Únik při technické údržbě	nikdo	Evakuace několika zaměstnanců
16	6. 11. 2006	Praha zimní stadion Hasa	Není známo	únik ze strojovny	nikdo	neproběhla
17	17. 1. 2007	Malý Rohozec pivovar	Několik kg	Netěsnost ventilu	1 zaměstnanec se nadýchal plynu + poleptání	neproběhla
18	1. 6. 2007	Vřesová Sokolovská uhelná kombinát Rectisol	500 kg	Výbuch v technologickém zařízení	2 lidé popáleni	neproběhla
19	28. 5. 2007	Znojmo zimní stadion	Není známo	Prasklé těsnění na zásobníku	nikdo	Uzavření okolních ulic
20	11. 2. 2008	Týniště nad Orlicí cisternový vagon	Malé množství	Únik z cisternového vagónu	nikdo	neproběhla
21	20. 10. 2008	Brno Výstaviště, pavilon B	Malé množství	Únik z chladicí jednotky klimatizace	nikdo	Opuštění pavilonu
22	5. 12. 2008	Lanškroun jataka	10 kg	Únik z prasklého ventilu	nikdo	Evakuace zaměstnanců jatek
23	26. 2. 2009	Praha – Letňany zimní stadion	Není známo	Únik při výměně oleje	dva lidé byli lehce	Eva okolí neproběhla – jen

					zranění - strojníci	nevětrat
24	3. 4. 2009	Všehrady soukromá firma	10 kg	Technická závada	25 zraněných	Evakuace firma + 131 vězňů z blízké ubytovny
25	9. 4. 2009	Ostrava –Přívoz koksovna	Amoniak neunikl	Exploze nádrže se čpavkovou vodou, následný požár	2 mrtví, 1 těžce raněný	Evakuace zaměstnanců
26	24. 6. 2009	Častolovice Závod na výrobu izolačních materiálů	Není známo	Únik při stáčení s cisterny, kontaminace kanalizace čpavkovou vodou	nikdo	neproběhla
27	15. 6. 2010	Praha zimní stadion Vokovice	Není známo	Únik z hlavního ventilu – zavinění dělníků	1 člověk lehce zraněn	Evakuace stadionu a školy
28	4. 7. 2010	Vřesová – Sokolská uhelná	několik tun	Únik z cisterny	nikdo	Neproběhla
29	30. 7. 2010	Prachatice Madeta	15 kg	Závada na odkalovacím ventilu	1 zaměstnanec těžce zraněn	Evakuace všech zaměstnanců
30	16. 8. 2010	Litvínov Unipetrol chem. průmysl	100 - 300 kg	Únik při přečerpávání	nikdo	20 zaměstnanců evakuováno, uzavření silnice a tramvajové tratě
31	26. 4. 2011	Krnov zimní stadion	300 l kontaminované solanky	Trhlina v potrubí, únik do solanky	nikdo	20 lidí
32	25. 11. 2011	Praha GE Money Bank	Není známo	Únik při práci s klimatizací	2 lehce zranění	5 zaměstnanců evakuovaných
33	9. 6. 2012	Vodňany - Jihočeská drůbež, a. s.	Není známo	Únik ve strojovně	nikdo	neproběhla
34	22. 8. 2012	Vodňany drůbežárna	Není známo	Únik ze strojovny	2 lehce zranění	neproběhla
35	10. 10. 2012	Prostějov Penam	10 kg	Vada materiálu	nikdo	Neproběhla, nevětrat
36	3. 11. 2012	Ústí nad Labem Setuza – průmyslová výroba	Není známo	Netěsnost potrubí	nikdo	Evakuace zaměstnanců
37	25. 1. 2013	Domažlice zimní stadion	160 kg	Únik ze spodní jímky	nikdo	Evakuace zaměstnanců
38	3. 4.	Kolín	Není známo	Poškozená nádrž	nikdo	Neproběhla, okolí

	2013	Paramo		se čpavkem		nevětrat a nevyházet
39	11. 4. 2013	Rosice zimní stadion	400 l roztoku amoniaku s vodou	Roztržení chladicího potrubí	nikdo	neproběhla
40	26. 9. 2013	Hořovice – zimní stadion	Není známo	Netěsnící ventil	nikdo	neproběhla
41	10. 12. 2013	Okrouhlá Radouň - kovošrot	500 kg	Únik z cisterny	nikdo	neproběhla
42	13. 1. 2014	Mendlov – výroba mraženého pečiva	10 kg	Únik ze zásobníku	Dva hasiči popálení	Eva obce nebyla nutná
43	8. 6. 2014	Ústí nad Orlicí – zimní stadion	1 – 2 kg	Únik přes gumové těsnění	nikdo	Nebyla nutná
44	13. 8. 2014	Hradec Králové – zimní stadion	Není známo	Porušené potrubí	Dva lehce zranění	19 lidí evakuovaných
45	16. 8. 2014	Kladno – pekárna a mrazárna La Lorraine	10 kg	Netěsnící ventil	2 zaměstnanci lehce	100 zaměstnanců
46	25. 8. 2014	Trutnov – zimní stadion	Není známo	Rezavé potrubí	nikdo	neproběhla
47	3. 10. 2014	Frýdek Místek čistírna odpadních vod	Není známo	Technická chyba	1 člověk lehce zraněn	neproběhla
48	2. 12. 2014	Nový Bydžov zimní stadion	Není známo	Prasklá trubice	nikdo	170 lidí evakuováno
49	22. 1. 2015	České Budějovice - KERN - LIEBERS ČR spol. s r. o. , průmyslová výroba	Není známo	Technická závada na plně automatické peci	6 lidí se nadýchalo plynu	Více než 200 zaměstnanců
50	21. 6. 2015	Vávrovice čokoládovny	Není známo	Únik z přetlakové nádoby	nikdo	40 zaměstnanců
51	10. 8. 2015	Přerov soukromá firma	Několik kilogramů	Vadný elektroventil	nikdo	20 zaměstnanců
52	13. 9. 2015	Havlíčkův Brod zimní stadion	Není známo	Uvolněný tlakoměr	1 zaměstnanec lehká zranění	evakuace stadionu + 19 lidí z vedlejší ubytovny, zrušení zápasů na daný den

V následující tabulce je možné vidět počty úniků nebezpečné chemické látky amoniaku řazené chronologicky od roku 2000 do roku 2015. Největší nárůst začal v roce 2012 a skončil roku 2014, kdy proběhlo celkem 7 havárií.

Graf 1 Počet úniků za rok (autorka)



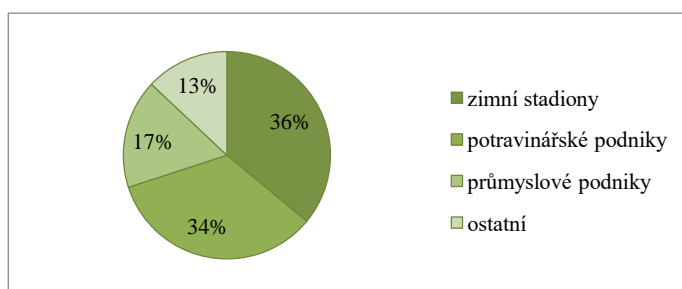
Nejvyšší počet úniků amoniaku v posledních patnácti letech zaznamenalo hlavní město Praha, kde vzniklo dohromady 8 havárií s únikem této nebezpečné látky. Těsně v závěsu jsou kraje Středočeský, Královéhradecký a Olomoucký, kde došlo v letech 2000 – 2015 celkem k 6 únikům. Naopak nejméně nehod s únikem amoniaku se přihodilo v kraji Plzeňském a Zlínském.



Obrázek 10 Úniky amoniaku v krajích ČR (autorka)

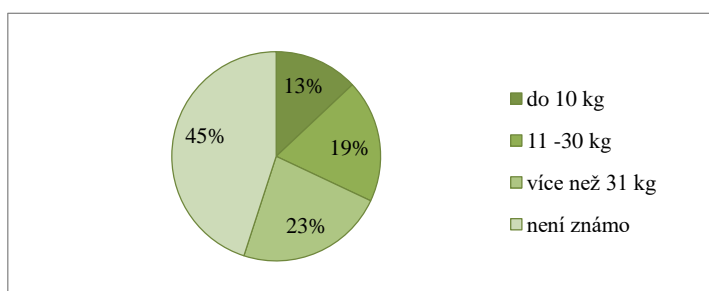
Dle následujícího grafu je možno posoudit, v jakých typech podniků nejčastěji k haváriím docházelo – jsou to především zimní stadiony a potravinářské podniky jako například pivovary, pekárny a drůbežárny. Nezanedbatelné množství nehod s únikem amoniaku se přihodilo i v průmyslových podnicích, kam byly zařazeny například koksovny, společnost Unipetrol a další. Ostatními, nezařazenými místy havárie jsou pak např. čistírna odpadních vod, nádraží,...

Graf 2 Místa úniku (autorka)



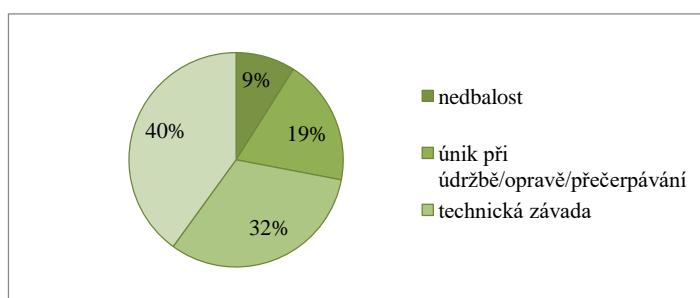
Co se týče dalšího sloupce v tabulce 5, který se zabývá množstvím amoniaku, jež se uvolnilo, byly úniky rozděleny do pěti skupin. Ukázalo se, že u nejvíce úniků amoniaku nelze zpětně dohledat jeho celkové množství. V některých případech došlo k výronu několika stovek kilogramů látky, což je velice nebezpečné a je jen s podivem, že si havárie vyžádala jen několik lehce zraněných.

Graf 3 Množství uniklé látky (autorka)



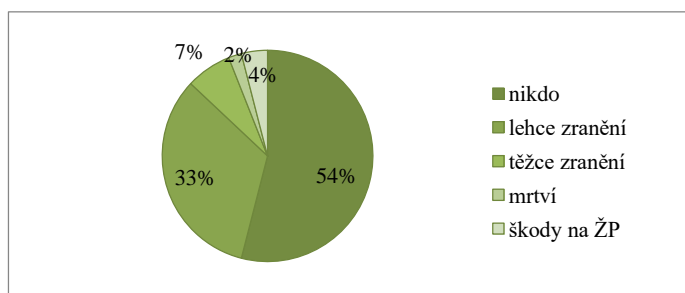
Čtvrtý sloupec tabulky je nejspíš tím nejdůležitějším – zaobírá se totiž příčinami vzniku havárie s únikem amoniaku. Mezi nejčastější příčiny patří závady na materiálu, jako jsou zrezivění a netěsnost součástí. Následují různé technické závady anebo úniky při revizích a opravách zařízení a doplňování látek. Nezanedbatelný podíl na únicích amoniaku má i lidský činitel.

Graf 4 Příčiny úniku (autorka)



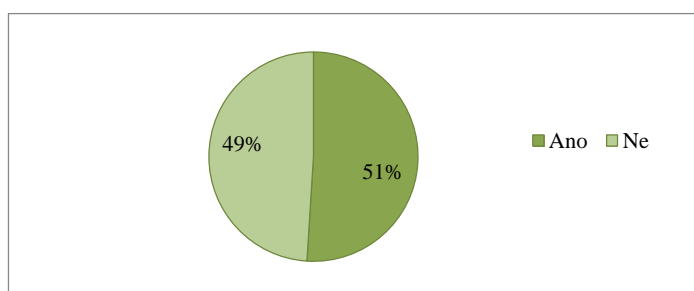
Co se týče poranění při úniku amoniaku, naštěstí převládají pouze lehká zranění, kdy byli účastníci nehody pouze popáleni nebo se nadýchali nebezpečných zplodin. Ve většině případů nebyl zraněn vůbec nikdo a na havárii se přišlo včas. Těžká zranění se objevily jen ojediněle, šlo především přímo o strojníky, kteří se nacházeli v bezprostřední blízkosti zařízení. Smrt nastala v posledních patnácti letech pouze jednou. Navíc se stala v důsledku výbuchu, ne kvůli havárii s únikem nebezpečné chemické látky.

Graf 5 Zranění, škody (autorka)



Zajímá nás také, zda byla při havárii vyhlášena evakuace a to jak podniku, ve kterém se havárie uskutečnila, tak i v blízkosti areálu tohoto podniku, jenž se nachází v nebezpečné zóně. Jak je vidět na grafu níže, po většinu případů byla evakuace osob vyhlášena.

Graf 6 Evakuace (autorka)



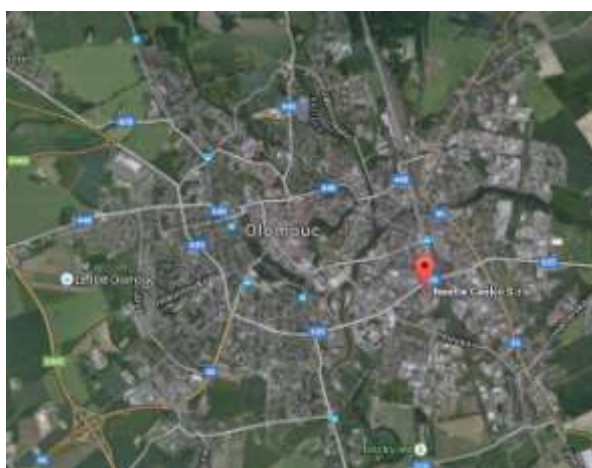
4.2 Analýza rizik v podniku Nestlé Česko s.r.o., provozovna Zora Olomouc

Nejdříve je potřeba analyzovat prostředí, ve kterém se provozovna Zora nachází – podnebí, vodstvo, infrastruktura, a další. Až poté můžeme analyzovat všechna ohrožení, jež podniku hrozí. Pro analýzu rizik v čokoládovně Zora bylo vybráno několik metod. Protože se v areálu budov nachází toxická látka amoniak, všechny analýzy se soustředí právě na únik této nebezpečné látky.

4.2.1 Analýza prostředí podniku

Nestlé Česko s.r.o., provozovna Zora Olomouc se nachází v obci s rozšířenou působností Olomouc, městské části (Staré) Hodolany, na Tovární ulici. Největší koncentrace obyvatelstva Olomouce a obydlených území je ve střední části města. Kolem se soustřeďuje spíše výrobní sektor, následují rekreační území. Podle územního plánu města je areál ZORA součástí plochy smíšené výrobní, do obytné části obce s rozšířenou působností příliš nezasahuje. U areálu se nachází ubytovna.

Co se podnebí v Olomouci týče, průměrné červencové teploty se pohybují mezi 18°C - 19°C, lednové okolo nuly. Podle Českého Hydrometeorologického ústavu převládá jihozápadní nebo severozápadní vítr o rychlosti 2 - 5 m/s. Roční úhrn srážek je 550 - 700 mm.



Obrázek 11 Poloha areálu závodu ZORA (zdroj googlemaps)

Areál podniku má rozměry přibližně 300 x 350m a skládá se ze 40 stavebních objektů. Nedaleko budov ZORA se nachází rychlostní **silnice R35**, která je důležitou spojnicí mezi Ostravou, Olomoucí a Hradcem Králové. Společně s dalšími rychlostními silnicemi a dálnicí D1 tvoří mezinárodní silnici E46 . Navazuje také na rychlostní silnici R46 směr Brno. Ostatní blízké pozemní komunikace jsou v analýze rizik zanedbatelné. V bezprostřední blízkosti závodu se nachází také **železnice**, nedaleko je také **hlavní vlakové nádraží**. Železnice je také mezinárodní spojnicí.

Nejbližším vodním tokem je řeka Morava, která je přibližně 1 km od našeho aktiva. Čokoládovna Zora ovšem nezaznamenala v uběhlých letech žádné škody způsobené povodněmi. V roce 1997, kdy byly povodně v Olomouci největší, byla Zora nedotknutá (především díky vzdálenosti od koryta řeky Moravy a menším rozdílům v nadmořské výšce podniku a řeky).

V podniku pracuje přibližně 900 zaměstnanců, kteří jsou rozděleni do třech směn. První směna má 400, druhá 300 a třetí 200 osob. Hlavním výrobním programem závodu je výroba čokoládové hmoty, dezertů a formování tabulkové čokolády. V závodě jsou také sklady surovin a obalů, technického materiálu a expedice.

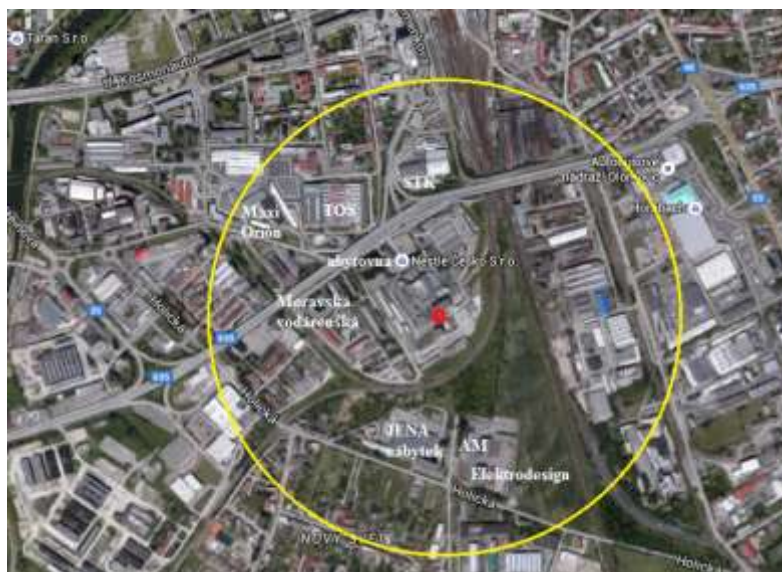
Objekt je střežen nepřetržitě hlídací agenturou 24 hodin denně. 4 x za směnu probíhá pochůzková činnost. Na vrátnici závodu je také ohlašovna požárů. V celém závodě je zavedena elektrická požární signalizace (EPS) s ústřednou na vrátnici. V případě úniku amoniaku ze strojovny, při vyhlášení druhého nebo třetího stupně, jsou o havárii kontaktováni hasiči. Výjezdová stanice Hasičského záchranného sboru kraje i okresu Olomouc se nachází na Schweitzerově ulici 524/91. Ta se nachází cca tři kilometry jízdy od provozovny ZORA. Podle Požárního poplachového plánu podniku je doba jízdy určena na 5 minut. HZS OK má k dispozici veškerou vhodnou techniku, jak k hašení požáru, tak k likvidaci havárie s únikem amoniaku. V případě požáru mohou být k hašení přizváni i SDH Čokoládovny a.s. závod ZORA, HZS Českých drah Olomouc a SDH Itersigma Hydraulic a.s.

V následující tabulce je možno vidět větší firmy, které jsou v ohrožené zóně a které by bylo potřeba informovat o nastalé mimořádné události. Firem, jež se nachází v blízkosti areálu, je samozřejmě více, ovšem nesnadno se dohledávají a je složité zahrnout všechny. Počet zaměstnanců z menších firem proto bude zaokrouhlen na dalších 500. Je potřeba také informovat České dráhy, jelikož železnice se nachází v těsné blízkosti areálu podniku. Také je potřeba do analýzy rizik zahrnout silnici R35, která je vytiženou komunikací. Ve špičce zde za hodinu projede přes tisíc aut (osobních i nákladních).

Tabulka 7 Ohrožení zaměstnanci z okolních firem (googlemaps, registr firem)

Objekt	Možný počet osob v objektu	Vzdálenost od zdroje nebezpečí
Zora Olomouc	400	0 m
TOS Olomouc s.r.o.	100	250m
Moravská vodárenská a.s.	250	200 m
STK Centrum Olomouc s.r.o.	5	250 m
Maxi Orion s.r.o.	15	450 m
AM Foodservis	5	250 m
Elektrodesign Ventilátory spol.	10	300 m
Jena nábytek – sklad	5	250 m

Samozřejmě je potřeba vzít v potaz i obyvatelstvo žijící v okolí. V nebezpečné zóně se nachází i rodinné domy a ubytovna panelákového typu, která je přímo u areálu čokoládovny a tudíž v největším ohrožení. Proto je potřeba připočítat i osoby bydlící v této části Olomouce. V ubytovně bydlí přibližně 100 osob, v rodinných domech a bytech v okolí bydlí přibližně dalších 200 obyvatel. Další osoby, co se můžou zdržovat v zóně ohrožení, jsou chodci (přičteme tedy dalších 50 osob). Výsledné číslo ohrožených osob by se tak po součtu všech pohybovat kolem 2000.



Obrázek 12 Ohrožená zóna (googlemaps)

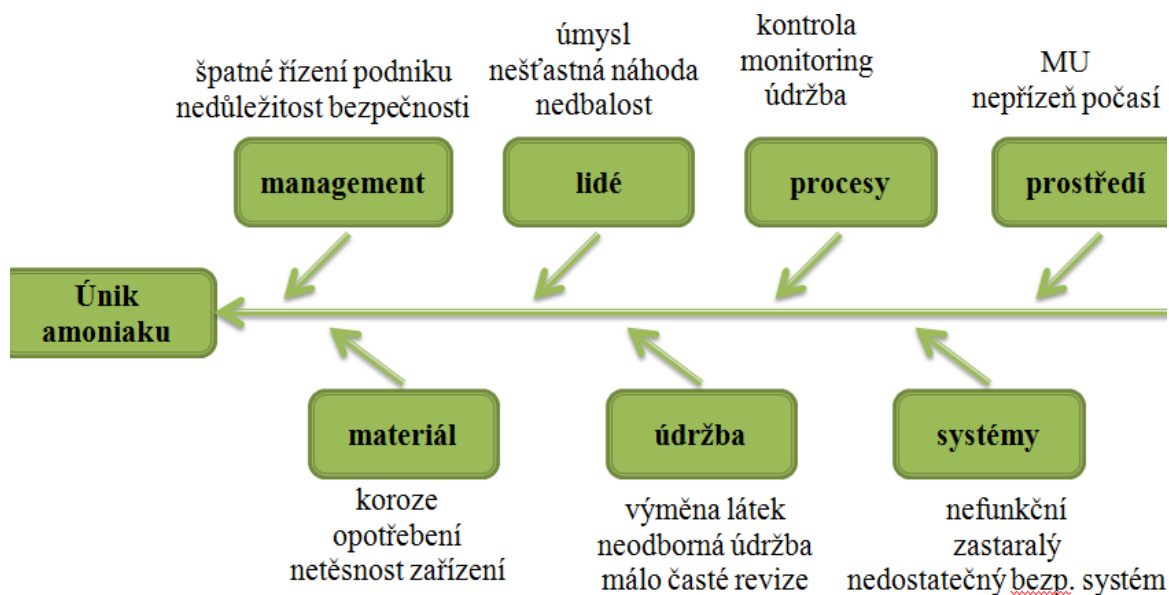
4.2.2 Analýza příčin mimořádné události

Nejdříve je potřeba říci, že úkolem analýzy rizik je tzv. „malování čertů na zed“ a je potřeba vidět všechny možné zdroje rizik. Nesmí se podcenit žádná rizika, která by mohla ohrozit naše aktivum (v našem případě je to závod Zora Olomouc a jeho zaměstnanci).

Příčiny vzniku havárie s únikem nebezpečné chemické látky amoniaku lze rozdělit do tří větších skupin. Jsou to: přírodní činnost, lidský činitel a technické závada ve strojně. Samozřejmě mimořádná událost může vzniknout i důsledkem více příčin najednou.

4.2.3 Cause-Consequence Analysis v podniku ZORA

K analýze příčin mimořádných událostí byla použita Cause-Consequence Analysis (CCA) - Analýza příčin a následků. Metodě se také říká je Ishikawův diagram nebo rybí kost (podle jejího vzhledu). Diagram se nachází níže, kde bude i podrobněji popsán.



Obrázek 13 Ishiakův diagram (autorka)

Existuje mnoho příčin, které mohou způsobit únik nebezpečné chemické látky amoniaku z potrubí nacházejícím se ve strojovně čpavku, nebo z nádob, ve kterých je amoniak uložen. Nesmí být opomíjena ani možnost úniku látky při jejím doplňování z cisterny. Je také potřeba zmínit, že za únik amoniaku se považuje i únik při čištění chladicího zařízení a doplňování nebo výměně látek (např. oleje).

Management

Nejčastější příčinou havárií je lidský činitel. Chyba může nastat již u osob řídících podnik, **managementu**. Manažeři mohou brát bezpečnost svých zaměstnanců na lehkou váhu a nemusejí jim zajistit úplnou ochranu před mimořádnými událostmi. Bezpečnostní prvky také **nejsou levná záležitost**, proto mohou dát přednost nákupu „důležitějšího“ zboží.

Lidé

Nejdůležitějšími osobami a zaměstnanci v tomto ohledu jsou strojníci, kteří jsou se čpavkem ve styku každý den, ovládají strojovnu a jsou zodpovědní za chod chladicího zařízení. Svou **nedbalostí** nebo **špatným rozhodnutím** mohou způsobit

újmou na zdraví nejen sobě, ale také zaměstnancům čokoládovny. Ve spěchu nebo ve zmatku mohou i dobře vyškolení strojníci udělat chybu, která bude mít fatální následky. Nedbalost při práci strojníka není a místě. Vše se musí precizně kontrolovat a v případě nesrovnalostí závady opravit. Do strojovny je nepovolaným osobám vstup zakázán, ovšem není vyloučeno, aby se jiný zaměstnanec nebo externí pracovník dostal k zásobníkům amoniaku. Také neuposlechnutí zákazů na pracovišti může způsobit pohromu. Například neuposlechnutí zákazu kouření a odhození nedopalku na nevhodné místo by mohlo zapříčinit požár s následným únikem amoniaku. **Úmyslná činnost** by mohla být taky následkem MU s únikem látky. Může jít o **záškodnickou činnost**, **sabotáž** a není vyloučený ani **teroristický útok** na závod.

Procesy

Strojníci mají neustále k dispozici **monitoring objemu amoniaku v ovzduší** ve strojovně. Ppm se měří 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. Na konci každého dne, týdne a měsíce vzniká report o únicích amoniaku. Ovšem ani stroje nejsou neomylné, takže na výpočty počítačů nemůžou strojníci dát na sto procent. **Kontrola jednotlivých částí mechanismu** chlazení probíhá pravidelně. Některé součástky se musí kontrolovat dokonce i každý den. Kontrola proto musí být důkladná a nesmí se nic opomenout. To souvisí i s **údržbou** celé strojovny. Tu provádí buď strojníci sami, nebo se při složitějších operacích zavolá speciální servis, který zajišťuje čokoládovně externí firma.

Prostředí

Dalším atributem, který může ovlivnit fungování strojovny je vnější prostředí. Počasí v Olomouci je mnohdy proměnlivé a i v České republice se vyskytují **extrémy**. Vodní tok, řeka Morava, je od závodu cca 1,1 km a leží téměř v rovině, proto **povodně** v důsledku rozlití koryta nemůžeme zcela vyloučit (i když tomu tak v minulosti nebylo). **Vlhké prostředí** strojovně také neprospívá, může dojít ke korozi materiálů. S **dešti** souvisí také blesky, které mohou zapříčinit havárii v podobě požáru nebo jiné MU. V posledních letech začala být léta teplejší, a proto není zcela vyloučeno **dlouhotrvající sucho**, které může být příčinou **požáru** v areálu budov provozovny. I ten by mohl

zapříčinit únik amoniaku. Dalším následkem vysokých teplot by také mohlo být přehřátí zařízení a zvýšení tlaku. Také **silný vítr** může poničit části areálu.

Materiál

Potrubí, kompresory a další části chladicího zařízení jsou kovové, a tak mohou časem **rezivět**, je proto lepší na trubice využít nerezové materiály, aby se zabránilo korozi a předcházelo se s tím spojeným nepříjemnostem. Samozřejmě žádný materiál nevydrží věčně a postupem času se **opotřebuje** a ztrácí tak některé své schopnosti. Měli by být použity kvalitní materiály, které mají dlouhou životnost. Součástky do sebe musí samozřejmě i dobře pasovat, aby nedocházelo k samovolným únikům a materiály dobře těsnily.

Údržba

Kontrola probíhá pravidelně u všech součástí zařízení. Revizi provádí jak pracovníci ZORA – strojníci a bezpečnostní technik, tak externí pracovníci. Všichni jsou odborně proškolení a mají kvalifikaci na práce tohoto druhu, ovšem i oni se mohou zmýlit a **udělat chybu**. K malému (ale i většímu úniku) může dojít i při **výměně oleje** v chladicím zařízení. Pracovníci musí vždy u takovýchto činností používat prostředky osobní ochrany. Při **doplňování amoniaku** z cisterny do zásobníku je potřeba dbát zvýšené opatrnosti. Je potřeba dodržovat zásady bezpečnosti práce se čpavkem a používat ochranné prostředky.

Systémy

Ve strojovně i vně strojovny (u zásobníků amoniaku) jsou čidla, která měří koncentraci amoniaku ve vzduchu. V kanceláři strojovny jsou poté na monitorech vidět všechny pochody koncentrací a také je hned dohledatelné, kde přesně k úniku došlo. Zvýšená koncentrace je hlášena i na vrátnici a je potřeba zavolat na prozkoumání situace hasičský záchranný sbor. Z vrátnice ovšem nejdříve zavolají do kanceláře strojovny a ujistí se, že je opravdu potřeba hasiče svolávat na místo zásahu. Může se stát, že **únik je pouze krátkodobý** (např. odfouknutí z ventilu po dobu 1 s), takže zásahu odborníků není potřeba. Ovšem může vzniknout situace, že unikne amoniak ve

chvíli, kdy je strojník ve strojovně, amoniak ho začne dusit. V tu chvíli se mu vrátí nedovolá a tak neví, zda zavolat hasiče. Může trvat delší dobu, než se vůbec zjistí, že je **strojník zraněný**. Strojník je totiž většinou na směně sám, v případě jeho neschopnosti je těžké postupovat k zajištění bezpečnosti závodu. Také **bezpečnostní systém** sám o sobě může **selhat**. Není vyloučeno, že čidla špatně koncentraci změří a únik se nezaznamená.

Všechny popsané atributy ovlivňují bezpečnost v závodě ZORA a mohou způsobit mimořádnou událost. Nepříznivým vlivům je třeba co nejlépe vzdorovat a použít účinné bezpečnostní prvky, nařízení a dodržovat bezpečnost práce.

4.2.5 Metoda DOW's Chemical Exposure Index

Pro kvantitativní posouzení potenciálního ohrožení lidského zdraví byla vybrána metoda CEI. Tato metoda je vhodná jak pro úvodní analýzy (screening), pro prověrku všech jednotek, u kterých je potřebné navrhnout doporučení pro eliminaci, redukci a zmírnění následků, tak i pro účely havarijního plánování. Pokud je hodnota CEI větší než 200, potom jednotka vyžaduje další posouzení nebezpečnosti. (36)

Množství látky rozptýlené do vzduchu po úniku se skládá z úniku přímým výparem nebo jako únik látky či jako výpar z louže. Scénáře v metodě CEI uvažují uniklou látku jako kapalinu nebo páru. Např. obsah zásobníku může uniknout jako kapalina, jako pára nebo přes pojistný ventil. Dvoufázový tok (kapalina + pára) není zahrnut do hodnocení. (36)

Kapalina, která je v zásobníku nebo potrubí, může vytéci na zem, kde vytvoří louži, částečně se může vypařit z louže nebo už při výtoku vytvoří mrak par. Třetí možností je únik kapaliny, který okamžitě přechází do ovzduší ve formě páry nebo malých kapek. Dalším případem je únik kapaliny, kdy dochází k vytvoření louže nebo naplňování havarijní jímky a následnému výparu do ovzduší. (36)

V našem případě je nebezpečnou látkou kapalný amoniak, který je v zásobníku a potrubí ve strojovně čpavku. Při výronu vytvoří bílý mrak, jenž se šíří vzduchem.

Stanovení rychlosti výtoku unikající kapaliny (27, 36)

Rovnice byly odvozeny za předpokladu, že minimální doba trvání úniku do jeho zastavení bude pro všechny uvažované scénáře alespoň pět minut. Jestliže během pěti minut dojde k úniku celého objemu, pak bude rychlost výtoku unikající kapaliny stanovena dělením celého objemu pěti minutami. (36)

Vzorec:
$$L = 9,44 \times 10^{-7} D^2 \rho^1 \sqrt{\frac{1000 P_g}{\rho^1} + 9,8 \Delta h} \quad (\text{kg/s})$$

Kde:

P_g = provozní přetlak (kPa)

(upozornění: pro zásobník otevřený do atmosféry $P_g = 0$)

ρ^1 = hustota kapaliny při provozní teplotě (kg/m^3)

Δh = výška hladiny nad místem úniku (m)

D = průměr otvoru (mm)

Výpočet pro zásobník amoniaku (27, 36)

Nejprve byl proveden výpočet pro jeden ze zásobníků amoniaku (dohromady jsou dva). Údaje pro výpočty byly získány z Instrukční příručky pro centrální čpavkové chladicí zařízení a z Bezpečnostního listu amoniaku pro provozovnu ZORA Olomouc. Při výpočtu předpokládáme nejhorší možný scénář – defekt vznikne na dně zásobníku, kde působí největší tlak a výška hladiny kapaliny nad otvorem je také největší. Tlak je závislý na teplotě amoniaku v nádrži. Proto budeme počítat s jeho průměrnou teplotou 35 °C a tlakem 13barů = 1300kPa.

P_g 1,3 MPa = 1,3 x 1 000 = 1300 kPa (dle příručky pro chladicí zařízení)

ρ^1 587,4 kg/m^3 (hustota při provozní teplotě 35°C)

- Δh 0,6 m (bereme v potaz to, že nádoba je většinou naplněna z poloviny, podle Instrukční příručky je průměr nádoby 1 200 mm)
- D 50 mm (nádrž se protrhla a vznikl pětcentimetrový defekt)

Dosazení do vzorce:

$$L = 9,44 \times 10^{-7} \cdot 50^2 \cdot 587,4 \sqrt{\frac{1000 \times 1300}{587,4}} + 9,8 \times 0,6 = \underline{\underline{71,1 \text{ kg/s}}}$$

Stanovení celkového množství uniklé kapaliny (27, 36)

Ke stanovení velikosti louže je potřeba odhadnout celkové množství látky vytvářející louži. Je-li únik tak velký, aby došlo k vyprázdnění zásobníku za méně než 15 min (včetně tak velkého úniku, kdy dojde k vyprázdnění za méně než 5 min), potom množství kapaliny vytvářející louži je celý obsah zásobníku. Pro delší kontinuální úniky (více jak 15 min.) předpokládáme, že louže dosáhne konečné velikosti za 15 min. V takovém případě je objem kapaliny tvořící louži rovný objemu kapaliny, který odpovídá 15 minutovému úniku při dané rychlosti úniku. (36)

Celkové množství unikající kapaliny (WT) (dojde k vyprázdnění zásobníku za méně než 15 min) se stanoví ze vztahu :

Vzorec: $WT = 15 \cdot 60 \cdot L = 900 \cdot L$ (kg)

Kde:

L rychlost úniku kapaliny (kg/s)

Nyní musí být porovnána vypočtená hodnota WT s objemem systému, ze kterého látka uniká. Jako skutečně uniklé množství se potom uvažuje menší z obou hodnot.

Dosazení do vzorce: $WT = 15 \cdot 60 \cdot L = 900 \cdot L = 900 \cdot 71,1 = 63\,990 \text{ kg}$
 \longrightarrow V našem případě uniklo vše = **1500 kg**

Při porovnání obou hodnot (celkového množství uniklé kapaliny a objemem nádrže se čpavkem) bylo zjištěno, že celkové množství uniklé kapaliny je vyšší než objem nádrže. Z toho implikuje, že celkové množství uniklé kapaliny bude rovno objemu zásobníku, tedy přibližně 1 500 kg amoniaku.

Výpočet odpařeného množství (podílu) kapaliny (27, 36)

Nyní je potřeba porovnat provozní teplotu kapaliny s jejím normálním bodem varu. Je-li provozní teplota nižší než normální bod varu, je množství odpařené kapaliny rovno nule. Pokud je provozní teplota vyšší než normální bod varu, potom se stanovuje podíl odpařené kapaliny.

Provozní teplota kapaliny: 35°C

Bod varu: -33,4°C 35°C > -33,4°C → podíl odpařené kapaliny

Podíl (zlomek) kapaliny (F_v), který se odpaří při úniku je dán vztahem:

Vzorec:
$$F_v = \frac{C_p}{H_v} (T_s - T_b)$$

Kde:

T_b normální bod varu kapaliny (°C)

T_s provozní teplota kapaliny (°C)

C_p průměrná tepelná kapacita kapaliny (J/kg°C)

H_v výparné teplo (J/kg)

T_b -33,4°C

T_s 35°C

poměr C_p/H_v 0,00401

Dosazení do vzorce:
$$F_v = \frac{C_p}{H_v} (T_s - T_b) = 0,00401 \cdot (35 - (-33,4)) = \underline{\underline{0,274}}$$

Pokud dojde k odpařování, část kapaliny se změní na kapičky. Některé z kapek jsou dostatečně malé a jsou unášeny spolu s parami, zatímco velké kapky padají na zem

a doplňují vzniklou louži. Odhaduje se, že množství kapaliny, které zůstává po odpaření ve formě malých kapiček v parní fázi tvoří pětinasobek odpařeného množství. Z toho vyplývá, že pokud se odpaří 20 % kapaliny, potom celý unikající proud zůstává v parní fázi a nevytváří se louže. (35)

Množství kapaliny rozptylované odpařením AQ_f je dáno vztahem:

Vzorec: $AQ_f = 5(F_v)(L)$ (kg/s)

Kde:

L rychlost toku kapaliny (kg/s)

F_v podíl odpařené kapaliny (-)

Dosazení do vzorce:

Jestliže $F_v \geq 0,2$ pak $AQ_f = L$ a **louže se neutváří.** $\longrightarrow AQ_p = 0$

$F_v \geq 0,2$ pak $AQ_f = L \longrightarrow AQ_f = \underline{71,1 \text{ kg/s}}$

Výpočet celkového rozptylovaného množství (27, 36)

Celkové rozptylované množství je dáno vztahem:

Vzorec: $AQ = AQ_f + AQ_p$ (kg/s)

Kde:

AQ_f množství kapaliny rozptylované odpařením při úniku (kg/s)

AQ_p odpar kapaliny z povrchu louže (kg/s)

V našem případě uniklý amoniak nevytváří louži, proto $AQ_p = 0$.

Dosazení do vzorce: $AQ = AQ_f + AQ_p = 71,1 + 0 = \underline{71,1 \text{ kg/s}}$ $AQ = L$.

CEI a výpočet nebezpečné vzdálenosti (27, 36)

Index chemického ohrožení (index toxicity)

Pro všechny výpočty CEI se předpokládá rychlost větru 5 m/s a neutrální povětrnostní podmínky.

Vzorec:

$$CEI = 655,1 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG-2}}$$

Kde:

AQ celkové množství rozptýlované látky (kg/s)

ERPG-2 hodnota v (mg/m³)

Dosazení do vzorce: $CEI = 655,1 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG-2}} = 655,1 \sqrt{\frac{71,1}{139}} = \underline{\underline{468,53}}$

Pokud jsou vypočtené hodnoty CEI větší jak 1000, pak CEI = 1000.

Nebezpečná vzdálenost (27, 36)

Hazard Distance – HD - Nebezpečná vzdálenost (HD) je vzdálenost odpovídající koncentracím ERPG-1,-2 a -3 a stanoví se ze vztahu :

Vzorec:

$$HD = 655,1 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG}} \quad (\text{m})$$

Kde:

AQ celkové množství rozptýlené látky (kg/s)

ERPG-1, ERPG-2, ERPG-3 17, 139,696 (mg/m³)

Dosazení do vzorce: $HD = 655,1 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG}} = 655,1 \sqrt{\frac{71,1}{17}} = \underline{\underline{13397,32 \text{ m}}}$

$$HD = 6551 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG}} = 6551 \sqrt{\frac{71,1}{139}} = \underline{\underline{4685,27 \text{ m}}}$$

$$HD = 6551 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG}} = 6551 \sqrt{\frac{71,1}{696}} = \underline{\underline{2093,81 \text{ m}}}$$

Jestliže je $HD \geq 10\ 000$, $HD = 10\ 000$

Pomocí metody CEI byl stanoven Index chemického ohrožení pro únik amoniaku ze zásobníku amoniaku, který se nachází u strojovny. Posuzovaný zdroj nebezpečí by podle výpočtů způsobil značné škody. Byly také stanoveny maximální koncentrace látky ve vzduchu, které člověk snese po dobu jedné hodiny bez výrazných zdravotních změn (ERPG-1, 25 ppm), bez nezvratných zdravotních změn (ERPG-2, 200 ppm) a bez smrtelného ohrožení (ERPG-3, 1 000 ppm). Protože je hodnota CEI ve všech případech větší než 200, jednotky vyžadují další posouzení nebezpečnosti.

Všechny výsledky jsou shrnuty v přehledné tabulce níže.

Tabulka 8 Výsledky CEI (autorka)

Veličina	Značka	Vypočtené hodnoty
Rychlost výtoku unikající kapaliny	L	71,1 kg/s
Celkové množství unikající kapaliny	WT	1 500 kg (vše)
Podíl odpařené kapaliny	F _v	0,274
Množství kapaliny rozptýlované odpařením	AQ _f	97,41 kg/s
Celkové rozptýlované množství	AQ	71,1 kg/s
Index chemického ohrožení	CEI	468,53
Vzdálenost ERPG-1	ERPG-1	13397,32 m = 10000m
Vzdálenost ERPG-2	ERPG-2	4685,27 m
Vzdálenost ERPG-3	ERPG-3	2093,81 m

Protože je velikost defektu 5cm již docela velký rozměr a vlivem tlaku na otvor by mohla nádoba s amoniakem prasknout, byly provedeny výpočty i menších rozměrů děr (viz následující tabulka).

Tabulka 9 CEI pro další rozměry defektu (autorka)

Veličina	Značka	5 cm	4 cm	2,5 cm	1 cm	0,5 cm
Rychlost výtoku unikající kapaliny	L	71,1 kg/s	47,71kg/s	22,17kg/s	8,49kg/s	6,53kg/s
Celkové množství unikající kapaliny	WT	1 500 kg (vše)	vše	vše	vše	vše
Rychlost vyprázdnění zásobníku	t	21,1 s	31,4 s	67,9 s	176,7 s	230 s
Podíl odpařené kapaliny	F _v	0,274	0,274	0,274	0,274	0,274
Množství kapaliny rozptylované odpařením	AQ _f	71,1 kg/s	47,71kg/s	22,17kg/s	8,49kg/s	6,53kg/s
Celkové rozptylované množství	AQ	71,1 kg/s	47,71kg/s	22,17kg/s	8,49kg/s	6,53kg/s
Index chemického ohrožení	CEI	468,53	383,80	261,63	161,90	141,99
Vzdálenost ERPG-1	ERPG-1	10000m	10000m	7481,1m	4629,5m	4060,1m
Vzdálenost ERPG-2	ERPG-2	4685,3m	3838,0m	2616,3m	1619,0m	1419,9m
Vzdálenost ERPG-3	ERPG-3	2093,8m	1715,2m	1169,2m	723,5m	634,5m

Výpočty metody CEI nám pomohly zjistit vzdálenosti, do kterých bude látka působit smrtelná, těžká a lehká zranění. Havárie s únikem amoniaku z celé nádrže by měly obrovské následky a proto je potřeba se problematikou dále zabývat.

4.2.6 Odhad toxického působení

Pro výpočet zraňující a smrtelné zóny byl použit výpočet odhadu toxického působení. Opět byly vypočteny hodnoty pro nejreálnější situaci, pro únik amoniaku z jednoho zásobníku, tedy 1500 kg.

Výpočet teplotně závislého korekčního faktoru (14)

$$N = \sqrt[3]{\left(\frac{t-t_v}{t-t_v+L_v/c_p}\right)^2}$$

Kde

- N teplotně závislý korekční faktor uvažující o mžikovém odparu
t teplota v místě výronu v °C - průměrná teplota v Olomozci je 8,9°C (48)
t_v teplota varu látky v °C, což je - 33,4 °C
L_v měrné výparné teplo v kJ/kg, což je 1369,5 (49)
c_p měrné teplo v plynné fázi kJ/kg.K, s hodnotou 2,054

$$N = \sqrt[3]{\left(\frac{8,9-(-33,4)}{8,9-(-33,4)+1369,5/2,054}\right)^2} = \underline{\underline{0,157}}$$

Výpočet poloměru rozsahu toxického působení (14)

$$R = 34 \cdot N \cdot \sqrt[3]{\frac{m_2}{d_2}} \quad (\text{m})$$

Kde

- N teplotně závislý korekční faktor uvažující o mžikovém odparu
m hmotnost amoniaku v zásobníku, 1500kg
d₁ smrtelný expoziční součín, 175 560 = 120 (50)
d₂ zraňující expoziční součín, 21 570 =15 (50)

$$\text{Výpočet smrtelné expozice: } R = 34 \cdot 0,157 \cdot \sqrt[3]{\frac{1500 \times 1500}{120 \times 120}} = \underline{\underline{28,75 \text{ m}}}$$

$$\text{Výpočet zraňující expozice: } R = 34 \cdot 0,157 \cdot \sqrt[3]{\frac{1500 \times 1500}{15 \times 15}} = \underline{\underline{115 \text{ m}}}$$

V porovnání s havarijní kartou pro únik čpavku se data příliš neliší. Smrtelná expozice při úniku 1500 kg amoniaku odpovídá v havarijní kartě vzdálenosti do 90 m a smrtelná expozice 23 m.

4.6 Výpočet účinků úniku amoniaku ve strojovně

Podstatné množství amoniaku se nachází ve strojovně čpavku, kde probíhá celý chladicí proces. Zde jsou úniky amoniaku nejčastější a strojnici jsou se čpavkem na tomto místě v bezprostředním kontaktu. Vzduch ve strojovně je neustále monitorován a každý únik látky je pečlivě zaznamenán, ale může se stát, že amoniak unikne ve chvíli, kdy je strojník ve strojovně sám a může trvat delší dobu, než přijde pomoc. Následující výpočty pomůžou k zjištění množství této nebezpečné látky, které způsobí určitá poranění.

Množství látky bude stanoveno pro 100, 500, 1700, 2 500 a 5 000 ppm, které má podle následující tabulky rozdílné účinky na lidský organismus. Také bylo stanoveno množství látky pro ERPG-1, ERPG-2, ERPG-3, tedy 25, 200, 1 000 ppm.

Tabulka 10 Koncentrace látky a jejich účinky

Koncentrace plynu (ppm)	Účinky na nechráněné lidské tělo	Čas
20	Lze zaznamenat charakteristický zápach amoniaku.	Neomezeně.
50	Zápach je výraznější.	Nezdržujte se déle, než je nezbytně nutné.
100	Na zdravé osoby nemá žádný nebezpečný vliv. Nepříjemné.	Opusťte místnost, jak nejrychleji je to možné.
400-700	Okamžité podráždění očí, nosu a dýchacích orgánů.	Za normálních okolností nedochází k žádným vážným zraněním.
1700	Kašel, křeče a silné podráždění nosu, očí a dýchacích cest.	Pobyt pouhých 30 minut může způsobit vážné zranění.
2000-5000	Kašel, křeče a silné podráždění nosu, očí a dýchacích cest.	Pobyt pouhých 30 minut i méně může způsobit vážné zranění.
5000	Ochrnutí, udušení.	Smrtelné během několika minut.

Kolik je potřeba kapalného amoniaku, aby se strojovna naplnila ----- ppm?

Vzorec:

$$\frac{\text{koncentrace látky} \times \text{hustota látky} \times \text{velikost místnosti}}{1\,000\,000} = \text{množství látky}$$

Kde:

koncentrace látky se udává v ppm

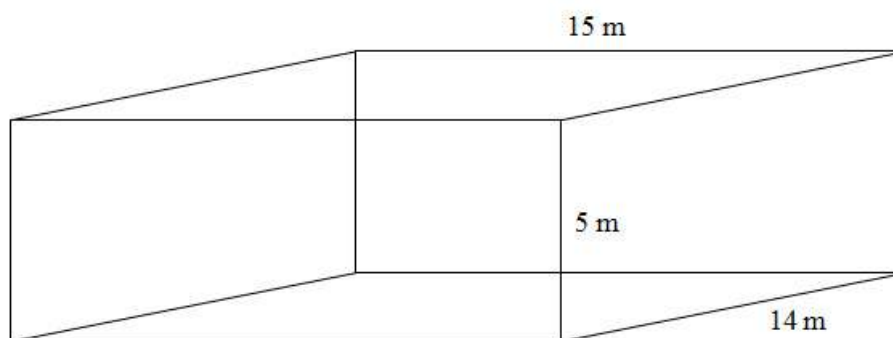
hustota látky v kg/m^3

velikost místnosti v m^3

Nejprve si ale musíme vypočítat objem místnosti, teda strojovny. Její rozměry jsou 14m x 15m x 5m. Počítáme tedy objem kvádrů:

Vzorec:

$$a \times b \times c = \text{objem místnosti}$$



Obrázek 14 Rozměry strojovny amoniaku (autorka)

Dosadíme do vzorce:

rozměry místnosti: $14 \times 15 \times 5 = 1\,050 \text{m}^3$

hustota par ke vzduchu (při 20° C) $0,597 \text{ kg.m}^{-3}$

měření bude tedy probíhat pro koncentraci látky 100 ppm

Nyní můžeme provést první výpočet:

$$\frac{100 \times 0,597 \times 1050}{1\,000\,000} = 0,063 \text{ kg}$$

Další výsledky jsou shrnuty v následující tabulce:

Tabulka 11 Výsledky výpočtů (autorka)

ppm	Účinek na lidský organismus	Množství látky ve strojovně
100	Silný zápach amoniaku. Je potřeba ihned opustit místnost. Při delším pobytu může dojít k podráždění sliznic.	0,063 kg
500	Okamžité podráždění očních a nosních sliznic, dýchacích orgánů. IDLH = maximální koncentrace látky v ovzduší, která ještě nevyvolává u 30 minut exponované populace nevratné zdravotní následky nebo smrt	0,313 kg
1 700	Silné podráždění očních, nosních sliznic a dýchacích orgánů. Po 30 minutách může dojít k vážnějším poraněním.	1,066 kg
2 500	Velmi silné podráždění očních, nosních sliznic a dýchacích orgánů. Po méně než 30 minutách může dojít k vážnějším poraněním.	1,567 kg
5 000	Smrtná koncentrace. Dochází k udušení a usmrcení během několika minut.	3,134 kg
25	ERPG-1 = maximální koncentrace ve vzduchu, kterou člověk snese po dobu jedné hodiny bez výrazných zdravotních změn	0,016 kg
200	ERPG-2 = maximální koncentrace ve vzduchu, kterou člověk snese po dobu jedné hodiny bez způsobení nevratných zdravotních změn nebo poškození imunity	0,125 kg
1 000	ERPG-3 = maximální koncentrace ve vzduchu, kterou člověk snese po dobu jedné hodiny bez toho, aby byl smrtelně ohrožený	0,627 kg

Pozn: Výsledky byly zaokrouhleny na tisíce.

Výpočty pro koncentraci amoniaku ve strojovně amoniaku v závodě ZORA Olomouc ukázaly, že stačí únik méně než kilogramu amoniaku a osoby, nacházející se ve strojovně jsou zasaženy. Úniky větší než 3kg by měly pro lidský organismus fatální následky a strojníci ve strojovně by zapříčinily smrt udušením.

4.7 Modelování úniku nebezpečné chemické látky

V dnešní době je již většina modelů dostupná v softwarové podobě. Všechny softwarové (SW) aplikace jsou postaveny na základních typech modelů úniků a rozptylových modelů, resp. jejich fyzikálních rovnicích. Využití výpočetní techniky může uplatnění daného modelu v praxi významně rozšířit a to na základě empirických zkušeností přenesených do příslušných algoritmů. Stejně tak ale nemusí být způsob zpracování algoritmů a jejich provázanost správná nebo uživatelské rozhraní přehledné. V takových případech může dojít k paradoxní situaci, kdy jednotlivé SW nástroje generují za stejných podmínek odlišné výstupy.

Jak vyplývá ze zákona o prevenci závažných havárií: limitní množství amoniaku pro zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A je až 50 tun amoniaku a 200 tun (pro skupinu B). Přitom již havarijní únik kolem 100 kg kapalného amoniaku je schopen významně ohrozit obyvatelstvo v okolí takového zdroje rizika.

Prevence závažných havárií před působením následků havarijních dopadů byla přijata jak v podmínkách Evropy, tak i České republiky k tomu, aby byla zabezpečena zvýšená ochrana osob, životního prostředí a majetku, především v okolí provozovatele. Toho lze dosáhnout nejen úplným a důsledným uplatněním zákonných povinností, ale také dalším rozvojem metod analýzy a hodnocení rizik.

Pro modelaci úniku látky byl vybrán softwarový program TerEx. Tento program je určen pro rychlý odhad následků úniků nebezpečných látek, průmyslových havárií, teroristických útoků a také následků útoků chemickými, biologickými a jadernými zbraněmi. TerEx má rozsáhlé využití pro operativní jednotky Integrovaného záchranného systému jak přímo na místě zásahu, tak i v řídicím středisku. Je vhodný rovněž pro analýzy rizik při územním plánování, navrhování zástavby v okolí komunikací a výrobních závodů, pojišťovnictví apod. Program poskytuje výsledky dokonce i při nedostatku přesných vstupních informací. Předpověď následků je založena na konzervativní prognóze – výsledky odpovídají takovým podmínkám, při kterých dojde k maximálním možným následkům (nejhorší varianta). (45)

4.7.1 TerEx

Program TerEx (zkratka pro Teroristický expert) je jednoduchý model pro stanovení ohrožených zón, pro rychlý odhad následků havárií a teroristických útoků. Předpověď dopadů a následků je založena na konzervativní prognóze, tzn., že výsledky odpovídají nejhorší možné variantě.

Zadané parametry

Do programu byla vložena data tak, aby účinek nebezpečné látky byl co nejhorší. Vždy se totiž počítá s možností, která by měla největší dopady na zdraví a životy.

Výsledky modelace úniku

Při úniku veškerého množství amoniaku, který se v areálu Zora nachází, by byly následky obrovské. Proto je potřeba dbát zvýšené opatrnosti při manipulaci s nebezpečnou látkou a při práci ve strojovně, kde se amoniak skladuje. Naštěstí, únik téměř sedmi tun amoniaku je takřka nemožný – amoniak není v jedné velké nádobě, ale je rozveden například v potrubí

Únik celkového množství amoniaku (6 700kg) v areálu, únik 1500 kg amoniaku z jedné nádrže a únik z tzv. „domečku“, kde se také nachází 50kg látky a grafy k výpočtům jsou uvedeny v přílohách 1, 2, 3.

4.7.2 ALOHA

Software ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmosphere) je také nástrojem pro zjištění dopadů havárie s únikem NCHL. Patří už mezi pokročilejší modely a je zaměřený na řešení specifických problémů spojených s rozptylem látek na malé vzdálenosti. Jedinou nevýhodou programu je nepropojenost s mapovými podklady, takže únik je hůře představitelný v reálu.

Zadané parametry

Zadávání parametrů se od programu TerEx trochu liší, proto budou výsledky odlišné. Do programu ALOHA se např. zadává i velikost nádoby a velikost otvoru, kterým bude látka unikat.

Výsledky modelace úniku

Opět byly vypočteny nebezpečné zóny pro únik celkového množství amoniaku (6 700kg) v areálu, únik 1500 kg amoniaku z jedné nádrže a únik z tzv. „domečku“, kde se také nachází 50kg látky a grafy k výpočtům jsou uvedeny v přílohách 4, 5, 6.

4.7.3 Porovnání výsledků CEI, TerEx a ALOHA

V následující tabulce je shrnutí výsledků metody CEI, softwarových programů TerEx a ALOHA. Porovnáváme vzdálenosti nebezpečných zón ERPG 1, 2, 3 a IDLH. Vzdálenosti se liší. Odchytky jsou způsobeny převážně rozdílnými vstupními daty (např. v programu TerEx se nezadává velikost nádrže, ze které látka uniká).

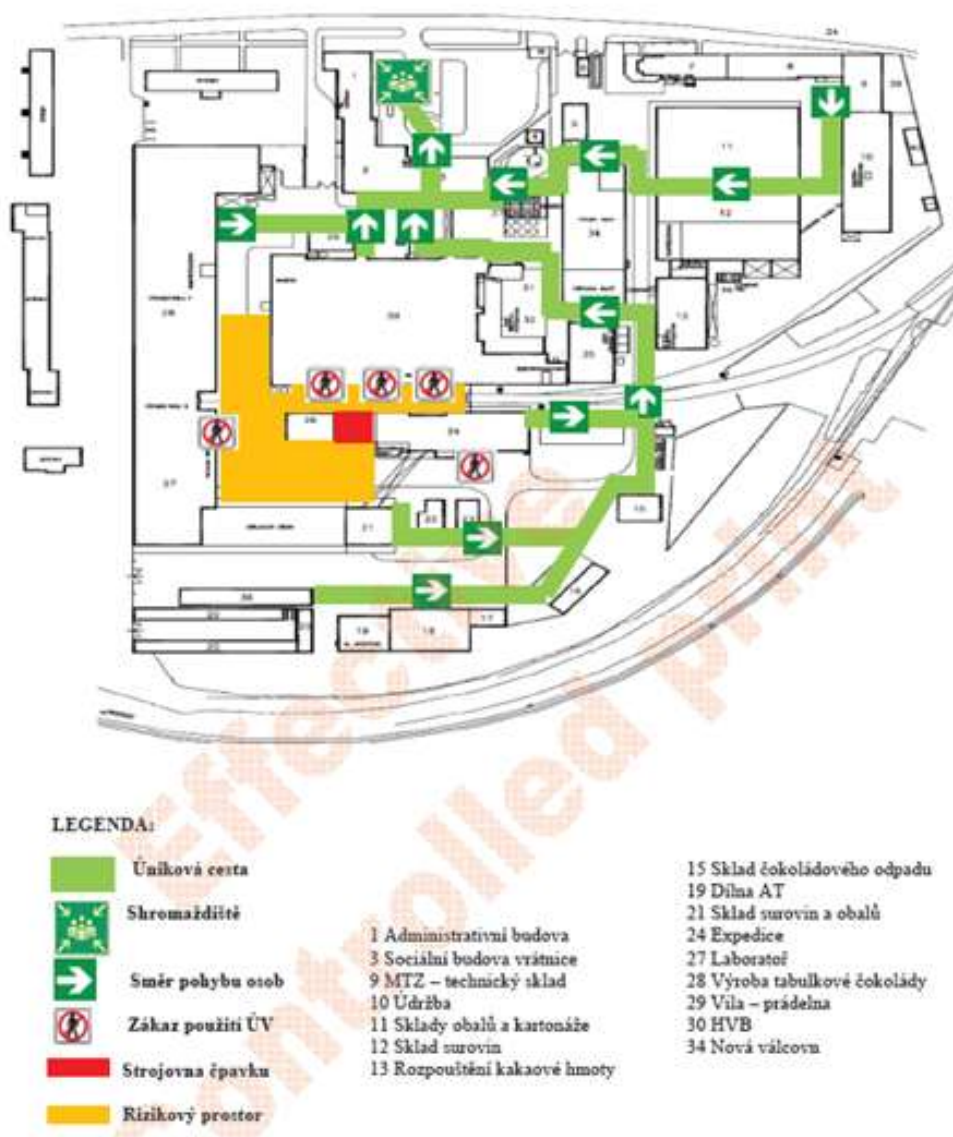
Ve všech případech tedy bylo počítáno s únikem 1500 kg z jedné nádrže na amoniak při velikosti otvoru 2,5 cm na spodní straně nádrže.

Tabulka 12 Srovnání výpočtů (47, autorka)

	ppm	mg/m ³	CEI	TerEx	ALOHA
ERPG 1	25	17	4629,5m	4288m	2880m
ERPG 2	200	139	1619,0m	1498,2m	1221,6m
ERPG 3	1 000	696	723,5m	670m	648,3m
IDLH	300	210	2411,6m	2233,3m	2161m

4.9 Evakuace zaměstnanců

Při úniku vyšších koncentrací látky je vyhlášena celopodniková evakuace, únik je hlášen i u Hasičského záchranného sboru, který musí neprodleně do společnosti přijet a oblaka amoniaku skrápět vodou. Na následujícím obrázku jsou vyznačené evakuační cesty pro celý areál.



Obrázek 15 Mapa únikových cest (zdroj Evakuační plán, Zora)

V případě úniku amoniaku je evakuace vyhlášena akusticky. Jedná se o stejnou sirénu jako u požáru. Tzn. Dlouhý tón – mezera – krátký tón. V každé místnosti svíčí

modrá světla (signalizace úniku amoniaku), která upozorňují, že nesmí být použity nouzové východy v okolí strojovny (vyznačeno na mapě).

4.7.3.1 Návčiky evakuace

Evakuace v závodě Zora v Olomouci jsou nacvičovány každý rok. V předminulém roce proběhlo cvičení dokonce ve spolupráci se složkami integrovaného záchranného systému (dále IZS) a krajského úřadu. Cvičení neslo název **Zora Olomouc 2014** a konalo se v pátek 26. září 2014. Cílem cvičení bylo procvičit vzájemnou spolupráci záchranných složek a managementu závodu při řešení mimořádné události s ohledem na co nejefektivnější odstranění příčin úniku a omezení případného dopadu havárie na zaměstnance, bezprostřední okolí závodu a životní prostředí. Cvičení se zúčastnilo 22 hasičů a 13 záchranářů z ostatních složek IZS a zaměstnanci Zory. Bylo zaznamenáno několik chyb, které se oddělení BOZP Zora snaží co nejdříve vyřešit.

V roce 2015 cvičení také proběhlo, ovšem již ne v koordinaci s HZS OK. 21. 8. 2015 ve 13:00 hod se rozezněla siréna a rozsvítily se modrá světla (únik amoniaku + požár). Za deset minut již byli všichni zaměstnanci seřazeni na parkovišti před administrativní budovou, kde je shromaždiště osob. Bylo objeveno hned několik závažných chyb, kterým je potřeba se vyvarovat.



Obrázek 16 Návčik evakuace 2015 (autorka)

4.8 Navrhovaná opatření

Provozovna ZORA Olomouc patří z hlediska bezpečnosti k těm lepším, ovšem stále je co zlepšovat. Po zhodnocení všech dokumentů, postupů a rozhovorech se zaměstnanci podniku jsem se rozhodla navrhnout pár zlepšení, které by mohly napomoci k lepší havarijní připravenosti společnosti. Níže budou specifikovány jednotlivé problematické body a jejich navržená řešení.

1. Varovný signál

Varovným signálem při každé mimořádné situaci je stálý nekolísavý tón, který je obdobný také jako zkouška sirén. Zaměstnanci by si ho mohli splést buď s již zmíněnou zkouškou sirén nebo se zvukem nějakého stroje v areálu.

Návrh zlepšení: Kolísavý tón sirény s mluveným slovem: Kolísavý tón sirény po dobu 140 vteřin. Mluvené slovo: „Únik amoniaku. Nepoužívejte únikové východy s modrým světlem. Urychleně se dostavte na shromaždiště“ Nebo „Požár v areálu. Urychleně se dostavte na shromaždiště“

2. Používání zakázaných únikových východů při úniku amoniaku

Okolo strojovny amoniaku je pět únikových východů, které se při úniku této látky nesmí používat, jelikož by zaměstnanec přišel do přímého kontaktu s amoniakem. Ovšem vždy se najde někdo, kdo tímto východem projde.

Návrh zlepšení: V případě úniku amoniaku dveře pomocí EPS (elektrická požární signalizace) uzamknout. Zaměstnanec má pak jen jedinou možnost úniku – druhou, správnou stranou, přes výrobu. Záklopka by fungovala ovšem jen v případě úniku amoniaku, ne při požáru a jiné mimořádné události, kdy je potřeba každého nouzového východu.

3. Detekce směru šíření látky

Oblak amoniaku se šíří v závislosti na konkrétních meteorologických podmínkách, ovšem ty vždy nemusí být na první pohled zřejmé.

Návrh zlepšení: Nákup menší meteostanice, která bude umístěna na střechu strojovny amoniaku. Díky ní můžeme snadněji určit, jak se bude amoniak při jeho úniku v ovzduší chovat a kterým směrem se bude šířit. Pro začátek stačí, když podnik koupí větrný rukáv, který značí alespoň směr větru.

4. Sčítání evakuovaných

V posledních letech se ukázalo jako velký problém sečíst všechny evakuované. V areálu se nachází nejen zaměstnanci čokoládovny, ale také externí firmy, návštěvy apod. Management se dozví až dlouho po evakuaci, jestli někdo chybí.

Návrh zlepšení: Mistři v každé výrobě na začátku své směny obdrží seznam zaměstnanců, kteří pracují na jejich oddělení (i seznam externích pracovníků, kteří se zrovna u nich nacházejí). Vedoucí směny odchází ze svého pracoviště jako poslední. V případě evakuace jsou povinni všechny tyto osoby vyvést na shromaždiště, tam je přepočítat a nahlásit počet pracovníkům BOZP, kteří provedou konečný součet.

5. Dlouhá prodleva mezi únikem amoniaku a vyhlášením poplachu

Při úniku vyšší koncentrace amoniaku je únik hlášen jak v kanceláři strojovny, tak na vrátnici. Protože se může jednat o únik při opravě nebo výměně látek ve strojovně a únik může trvat například jen sekundu, vrátnice volá zpět do strojovny a ujistí se, zda je vše v pořádku. Jde tedy o planý poplach. Ovšem někdy může jít o skutečnou havárii. Proces zjišťování stavu ve strojovně je příliš dlouhý a zaměstnanci by se mohli vystavit expozici látky.

Návrh zlepšení: V případě většího úniku amoniaku delšího 15 sekund by EPS ohlásila únik amoniaku jak ve strojovně, na vrátnici, tak i u HZS OK, kteří by ihned mohli vyjet

k zásahu. Společně s tím by EPS vyhlásila evakuaci závodu a nedošlo by tak k prodlevě mezi únikem a záchrannými pracemi.

6. Skrápěcí systém

Hasičský záchranný sbor české republiky používá na zneškodnění amoniaku vodu. Pomocí zkrápění tak dostanou pod kontrolu bílý oblak látky, který amoniak tvoří. Látky tak neuniká dále do ovzduší a je splavována k zemi. Skrápěcí systémy se používají především uvnitř budov (tzv. sprinklerové hasicí zařízení) k hašení požárů a zabránění šíření ohně. Vně budov jsou kapičky vody také používány spíše k hašení, ovšem proč by se nemohl systém použít i na jiné látky.

Návrh zlepšení: V případě havárie s únikem většího množství látky, kdy je situace hlášena jako třetí stupeň havárie strojník v kanceláři strojovny sepne spínač, který spustí okamžité kropení vně strojovny (okolí otvorů, kudy uniká nebezpečná látka + nádrže s amoniakem). Kontaminovaná čpavková voda je později splavena do havarijní jímky, která se nachází pod strojovnou čpavku. Většina nebezpečné látky je tak pod kontrolou a podnik nemusí čekat na příjezd hasičů, aby začali se skrápěním. HZS pak jen dopomůže se skrápěním a odčerpá z jímky kontaminovanou vodu.

7. Zákaz otevírání oken na jižní straně hlavní výrobní budovy

Hlavní výrobní budova je budova, ve které se vždy zdržuje nejvíce pracovníků čokoládovny. Nachází se ovšem v ohrožené zóně a proto je potřeba zajistit preventivní opatření, která zaručí bezpečnost zaměstnanců uvnitř. V budově je zpracována čokoláda a v letních měsících dosahují teploty u strojů až čtyřicet stupňů, proto jsou ve většině případů v budově pootevřená okna, která horko odvádí. Vzduchotechnika je v budově přítom zavedena. Nejčastěji jsou okna otevřena bohužel na straně, která je nejbližší strojovně čpavku, takže je zde největší možnost intoxikace látkou.

Návrh zlepšení: Omezení otevírání oken na minimum (jen tam, kde je to opravdu nevyhnutelné) a na ostatních místech zákaz otevírání oken. Omezí se tak přímá

expoze látkou a zaměstnanci se tak bez újmy mohou odebrat na shromaždiště osob v případě úniku amoniaku.

8. Vypnutí vzduchotechniky v ohrožených budovách pomocí elektrické požární signalizace

Právě vzduchotechnika může být médiem, kterým je přenášena plynná látka nebo její výpary do objektů. Je potřeba zajistit, aby fungovala ve prospěch osob uvnitř budovy. Po čas mého působení stážistky v areálu Zora jsem společně se strojníkem a elektrotechnikem procházela všechny ohrožené budovy a zmapovala vzduchotechniku a její rozvaděče, větráky motorické i nemotorické a další otvory v budovách. Cílem bylo zjistit stav vzduchotechniky a případné vylepšení.

Návrh zlepšení: Po zhodnocení vzduchotechnických systémů jsme dospěli k závěru, že většina motorických větráků lze napojit na EPS a tak zajistit její ovládání např. ze strojovny čpavku nebo přímo z vrátnice. V případě výronu nebezpečného čpavku se tak z chráněného místa vzduchotechnika uzavře a látka se nedostane do budov. Takového ovládání je doposud instalováno pouze v jedné z ohrožených budov.

9. Vyrozumění okolních subjektů

Podle výpočtů metody Dow's a softwarových programů TerEx a ALOHA je zamořené území po úniku amoniaku ze strojovny rozsáhlé a nezasáhne pouze areál podniku, ale i jeho okolí. Proto by bylo potřeba uvědomit o případné havárii i ostatní podniky v okolí.

Návrh zlepšení: V havarijním plánu je psáno, že v případě havárie jsou vyrozuměny: hlavní složky IZS, Magistrát města Olomouce, krajský úřad a Krajská hygienická stanice. Dále by se o nehodě s únikem látky měly dozvědět okolní podniky jako je: TOS, STK, a další firmy, které byly zmíněny v předchozích kapitolách, Ředitelství silnic a dálnic, České dráhy, aby mohly podniknout určitá opatření k ochraně svých zaměstnanců a osob vyskytujících se v jejich areálu.

V závodě Zora Olomouc je tým zkušených odborníků, kteří se každý den snaží co nejlépe postarat o bezpečnost zaměstnanců provozovny. Stále existuje spousta nevyřešených otázek bezpečnosti, především ohledně evakuace závodu v případě rozsáhlejší mimořádné události. Je potřeba, aby všichni spolupracovali – management, oddělení BOZP, strojníci a ostatní zaměstnanci. Existuje zde systém pravidelného školení všech zaměstnanců a systematická kontrola všech strojů v areálu. Tyto atributy nám pomohou se nebezpečí vyvarovat nebo být alespoň připraveni.

5. DISKUZE

Již v úvodní části práce bylo zmíněno, že podle zákona 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií jsou do skupiny A zařazeny objekty, v nichž je více než 50 tun amoniaku a do skupiny B, kde se nachází více než 200 tun této látky. Tudíž jsou objekty s nižším množstvím zbaveny určitých povinností, především zpracování havarijní dokumentace. Přesto podniky i s menším množstvím představují určité riziko a neměly by být brány na lehkou váhu. S tím souvisí bezpečnostní opatření, které je potřeba provést.

Ochrana obyvatelstva a havarijní připravenost jsou potřeba především tam, kde se vyskytuje větší množství osob (zaměstnanců a civilního obyvatelstva). To je případ i podniku Nestlé Česko s.r.o., provozovny Zora Olomouc. Ten se nachází v části města Olomouc, která je frekventovaná a ohroženo je v jednu dobu velké množství obyvatelstva.

Během rozhovorů a brainstormingu s bezpečnostními zaměstnanci podniku Nestlé Česko s.r.o., provozovny Zora byly určeny cíle mého působení v areálu podniku a byly položeny otázky, kterým je potřeba se v čokoládovně nejvíce věnovat a na které se během psaní práce zaměřit. Jako největší riziko byla shledána havárie s únikem nebezpečné chemické látky amoniaku. Látka je toxická a na lidský organismus má neblahé účinky, například leptá sliznice, má dusivé účinky a ve větších koncentracích může způsobit až smrt. V největším ohrožení jsou samozřejmě zaměstnanci podniku.

Pomocí materiálů, které mi byly po čas mého působení ve společnosti poskytnuty, jsem se o problematice úniku amoniaku dozvěděla potřebné informace a zjistila výchozí stav. Ten je na dobré úrovni, ovšem stále je co zlepšovat. Celá strojovna (uvnitř i vně) je vybavena detektory nebezpečné látky, které dvacet čtyři hodin denně monitorují nebezpečnou látku ve strojovně chlazení. Pro podnik byl zpracován havarijní plán pro případ úniku amoniaku, který je rozepsán pro tři stupně havárie. Při úniku malé koncentrace látky do 100 ppm si strojníci ze strojovny čpavku s havárií poradí sami, kdy používají ochranné pomůcky nacházející se ve strojovně. Při druhém stupni

havárie, kdy je únik 100 – 300 ppm musí situaci řešit přivolaný hasičský záchranný sbor. Zapne se havarijní odvětrání, které odvětrá všechny toxické výpary ze strojovny. Prozatím není vyhlášena evakuace celého závodu, havárie ještě není tak rozsáhlá. Při 3. stupni havárie úniku amoniaku ve strojovně chlazení, kdy se jedná o velký únik (300 – 7500 ppm), se strojovna vypne a automaticky se zapne havarijní odvětrávání. Obsluha strojovny pak zavolá na vrátnici, kde oznámí únik amoniaku a vyžádá si také příjezd hasičské jednotky. Po jejím příjezdu dbá pokynů velitele zásahu. Při únicích amoniaku ve strojovně jsou také rozesílány sms zprávy pracovníkům závodu, které tyto zaměstnance informují o nastalé situaci. Pro závod bylo zpracováno několik dalších dokumentů, které se zabývají právě únikem amoniaku v areálu podniku jako je např.: Plán opatření v případě havárie, Grafický plán pro únik čpavku nebo Manipulace se čpavkem. Právě tyto dokumenty byly jakýmsi odrazovým můstkem pro celou práci.

Funkčnost a účinnost havarijního plánu provozovny se ověřuje cvičením, které v posledních letech probíhá jednou do roka. Sama jsem se v roce 2015 tohoto cvičení zúčastnila a byla součástí bezpečnostního týmu, který pozoroval a vyhodnocoval celý průběh cvičení. Byl ohlášen požár a únik čpavku ze strojovny chlazení. Během cvičení bylo shledáno pár nedostatků. Sirény ohlašující havárii a evakuaci závodu byly na některých místech méně slyšitelné. Navíc stroje na některých pracovištích jsou tak hlučné, že slyšet sirény je téměř nemožné a pracovníci v těchto místech musí nosit špunty do uší proti hluku. Ovšem akustická signalizace je doplněna i o vizuální, kdy se při úniku amoniaku rozsvítí v místnostech modrá světla. Dalším nedostatkem se jeví používání východů, které je v případě úniku amoniaku zakázáno používat, jelikož jsou v bezprostřední blízkosti strojovny a vedou vně budov přímo do nebezpečné zóny, kde jsou koncentrace látky největší. Přestože jsou zaměstnanci na tuto skutečnost neustále upozorňováni, našlo se pár osob, které tyto východy použili k tomu, aby se dostali na shromaždiště. O přesném datu cvičení zaměstnanci nevěděli, ovšem protože některé části čokoládovny museli zůstat i nadále v provozu (takže pár zaměstnanců vědělo o cvičení dopředu), i ostatní se tak o cvičení dozvěděli. Poté většinou podle mého názoru brali cvičení na lehkou váhu a spíše jako zpestření dne a chvilkový odpočinek od práce. Situace tak nebyla úplně reálná, v takové situaci by se zaměstnanci asi chovali jinak a

na shromaždišti evakuovaných by byli nejspíš v rychlejším čase. Ovšem mohly by se objevit jedinci, kteří by panikařili. Celkově ale hodnotím cvičení za úspěšné, protože plán evakuace i havarijní plán byl procvičen a všichni zaměstnanci se evakovali včas a bez větších problémů.

Bylo potřeba také zmapovat okolí čokoládovny, v němž se nachází další větší podniky, důležité komunikace a místa, kde se zdržuje větší množství osob. Objekty v bezprostředním okolí je podle mého názoru také potřeba vyrozumět o vzniklé situaci, aby mohly včas informovat své vlastní zaměstnance a osoby, které se zdržují v jejich areálech. V nebezpečné zóně se nachází i železnice, která je důležitou spojnicí velkých měst a rychlostní silnice, která je také frekventovaná. Proto je potřeba vyrozumět i tyto subjekty.

Pomocí analýzy rizik, metody rybí kosti byly definovány možné příčiny havárie s únikem nebezpečné chemické látky. Příčinou může být lidské zavinění, kdy například nebyl dodržen některý z bezpečných postupů, technická závada na některé části chladicího zařízení jako je například uvolněné těsnění a mimořádná událost, jejímž vlivem k úniku amoniaku došlo. Všechny možné příčiny s následným únikem látky byly rozepsány. Této analýze ještě předcházela analýza havárií s únikem amoniaku v minulých letech. Byly zmapovány úniky amoniaku v České republice za posledních patnáct let, kdy došlo celkem k 52 únikům. Havárie byly zaznamenány jak na zimních stadionech, tak ve výrobních objektech, kde se používá amoniak jako chladicí médium. Většinou šlo o technickou závadu nebo lidskou chybu, proto je potřeba se v budoucnu zaměřit na provádění pečlivých kontrol zařízení a na školení zaměstnanců, kteří s chladicím zařízením pracují.

Díky metodě DOW's chemical exposure index jsme vypočítali nebezpečné zóny při úniku amoniaku z jednoho zásobníku, což je nepravděpodobnější varianta většího úniku látky. Vypočítali jsme též rychlost úniku látky a index chemického ohrožení. Výsledkem byly nemalé vzdálenosti a vysoký index ohrožení látkou. To znamená, že je potřeba se problematikou více zabývat a vymyslet opatření k prevenci závažné havárie

s únikem látky. Dále byly také vypočteny nebezpečné vzdálenosti – zraňující a smrtelná. Výpočty touto metodou byly téměř shodné s údaji zraňující a smrtelné vzdálenosti, která je v havarijní kartě pro únik čpavku provozovny Zora. Liší se jen o pár metrů. Také byly vypočteny množství látky, které způsobí zranění osob nacházejících se přímo ve strojovně.

Pro modelaci úniku látky byly vybrány dva softwarové programy. Prvním byl program TerEx, který má k dispozici Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích a druhým programem se stal software ALOHA, jenž je volně ke stažení na internetu. Do obou programů byla zadána téměř shodná data (v rámci možností – každý program je trochu odlišný a vyžaduje jiné informace), abychom poté mohli výsledky porovnat. Výpočet byl proveden jak pro únik celkového množství amoniaku v areálu, tak pro únik z jednoho zásobníku a z tzv. domečku. Byly vypočteny nebezpečné vzdálenosti a vzdálenosti účinků např. výbuchu látky apod. Vše je doplněno o grafy a zakreslení do map. Výsledky metody CEI, TerEx a ALOHA poté byly vzájemně porovnány. Bylo zjištěno, že výsledky se příliš neliší. Ve všech případech se jedná o nebezpečné působení látky na velkou vzdálenost, která se nachází i mimo areál podniku.

Po čas práce v provozovně Zora jsem si všimla pár nedokonalostí a věcí, než by se dali řešit jinak. Výzkumná otázka tedy zněla: „*Je možné zlepšit havarijní připravenost provozovny Zora Olomouc na mimořádnou událost s únikem nebezpečné chemické látky?*“ Odpověď: „Ano, možné to určitě je. Proto se poslední kapitola této diplomové práce zabývá právě návrhy zlepšení. Jako nejlepší řešení při úniku látky bych zvolila instalaci skrápěcího systému kolem strojovny chlazení, která většinu amoniaku pomocí kapiček skropí do havarijní jímky, která se nachází pod strojovnou. Omezí se tak působení nebezpečné látky jak v areálu podniku, tak v jeho okolí.“

6. ZÁVĚR

Jak ukázal výzkum a analýza předchozích úniků amoniaku v České republice, havárie s únikem této nebezpečné látky se dějí každý rok. Ve světě je obrovské množství provozů, kde se nebezpečné chemické látky nachází a proto je potřeba jim věnovat pozornost. Podle zákona 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií je definováno množství látek, které je zapotřebí k tomu, aby byl objekt zařazen do skupiny A nebo B a měl tak určité bezpečnostní povinnosti. Většina objektů, kde se nebezpečné látky nacházejí, ale do těchto skupin nespadá. To ovšem neznamená, že jejich bezpečnost, havarijní připravenost a ochrana okolního obyvatelstva může být brána na lehkou váhu.

Také podnik Nestlé Česko s.r.o., provozovna Zora Olomouc disponuje celkem 6,7 tunami amoniaku, což není málo. Amoniak je středně jedovatá látka a delší setrvání v koncentraci látky 2500ppm má smrtelné účinky. Jako nejpravděpodobnější varianta byl shledán únik 1500 kg amoniaku z jednoho zásobníku, který se nachází vně strojovny. Byly tedy provedeny výpočty vzdáleností nebezpečných koncentrací jak početními metodami, tak počítačovými programy pro simulaci úniku. Všechny výsledky pak byly porovnány mezi sebou. Bylo zjištěno, že nebezpečné koncentrace látky by se vyskytovaly jak v areálu podniku, tak i vně. Je tedy potřeba o případné havárii vyrozumět i okolí podniku, jelikož se provozovna nachází v poměrně frekventované části města Olomouc.

Cílem práce bylo tedy zhodnotit havarijní připravenost podniku Nestlé Česko s.r.o., provozovny Zora a navrhnout případná zlepšení. Havarijní připravenost podniku byla shledána na dobré úrovni, jelikož existuje havarijní plán pro únik čpavku v areálu, který byl prověřen cvičením evakuace celého závodu. Strojníci jsou velice dobře proškoleni a svou práci dělají tak, aby se předešlo případným nehodám. Chladicí zařízení je pravidelně kontrolováno a jsou prováděny revize v daných intervalech. Bezpečnostní pracovníci se snaží stále zlepšovat bezpečnostní podmínky. Díky stálému monitoringu nebezpečného amoniaku ve strojovně jsou úniky látky pod stálým dohledem a jak ukázala cvičná evakuace, EPS a následné spuštění sirén také funguje.

Stále je ovšem co zlepšovat, proto byly na konci práce navržena další opatření, která pomůžou havárii s únikem amoniaku řešit, nebo alespoň predikovat účinky látky.

Závěrem bych chtěla říci, že přestože zákon o prevenci závažných havárií většinu objektů, kde se nachází nebezpečné chemické látky, neshledává až tak nebezpečnými, je potřeba jim věnovat zvýšenou péči. Především těm, které se nachází v zabydlené oblasti a je tedy nebezpečí nejen pro zaměstnance, kteří se nachází v objektu, ale také pro civilní obyvatelstvo, jež je v nebezpečné zóně. Takovéto objekty by zákon měl také zohledňovat a nařídít pro ně určitá opatření.

7. SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) Zákon č. 239 ze dne 28. června 2000 o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. *In: Sbíрка zákonů České republiky*
- (2) Zákon č. 240 ze dne 28. června 2000 o krizovém řízení a o změně některých zákonů. *In: Sbíрка zákonů České republiky*
- (3) Zákon č. 224 ze dne 12. srpna 2015 o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií),. *In: Sbíрка zákonů České republiky*
- (4) MAŠEK, Ivan, Otakar J MIKA a Miloš ZEMAN. *Prevence závažných průmyslových havárií*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006, 97 s. ISBN 80-214-3336-1.
- (5) FOLWARCZNY, Libor a Jiří POKORNÝ. *Evakuace osob*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006, 125 s. ISBN 80-86634-92-2.
- (6) Ammonia: Incident management. PRITCHARD, J. D. Public Health England (online). 2011 (cit. 2015-06-13). Dostupné z: http://www.hpa.org.uk/webc/hpawebfile/hpaweb_c/1194947405180
- (7) *Canadian Centre for Occupational Health and Safety: What is a LD50 and LC50?* (online). (cit. 2015-06-11). Dostupné z: <http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/ld50.html>
- (8) *Co znamená jednotka ppm?* (online). (cit. 2015-06-11). Dostupné z: <http://www.dameradu.cz/co-znamena-jednotka-ppm/>
- (9) BARTLOVÁ, Ivana. *Nebezpečné látky I. 2., rozš. vyd.* V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, 211 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-86634-59-0

- (10) BARTLOVÁ, Ivana. Vývoj v oblasti nebezpečných látek a přípravků. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008, 49 s. ISBN 9788073850500.
- (11) ŠENOVSKÝ, Michail, Karol BALOG, Zdeněk HANUŠKA a Pavel ŠENOVSKÝ. Nebezpečné látky II. 2. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 229 s. ISBN 9788073850005.
- (12) ŠENOVSKÝ, Michail a Ivana BARTLOVÁ. Nebezpečné látky: učební texty pro posluchače 1. a 2. ročníku oboru Požární ochrana a bezpečnost průmyslu. 2., rozš. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2001. ISBN 80-861-1174-1.
- (13) Portál krizového řízení JMK: Amoniak [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/ohrozeni/amoniak>
- (14) BARTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II: analýza rizik a připravenost na průmyslové havárie. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003, 138 s. ISBN 8086634302.
- (15) MATOUŠEK, Jiří a Petr LINHART. CBRN: chemické zbraně. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, 151 s. ISBN 808663471x.
- (16) BARTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II: analýza rizik a připravenost na průmyslové havárie. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003, 138 s. ISBN 8086634302.
- (17) MIKA, O.; VIK, M.; KELNAR, L. 2004. Opomenuté závažné zdroje rizika (online). EnviWeb, 10.05. 2004 (cit. 2015-08-03). Dostupný na [www: <http://www.enviweb.cz/?env=havarie_archiv_eibdh/Opomenute_zavazne_zdroje_rizika.html>](http://www.enviweb.cz/?env=havarie_archiv_eibdh/Opomenute_zavazne_zdroje_rizika.html).

- (18) BERNATÍK, A. 2006. *Prevence závažných havárií I. : učební skripta VŠB-TU.* Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-86634-90-6.
- (19) Skřehot Petr diplomka **MODELOVÁNÍ ROZPTYLU TOXICKÝCH LÁTEK V ATMOSFÉŘE PŘI PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍCH**
- (20) MIKA, OTAKAR J. a JIŘÍ MATOUŠEK. Chem. Listy. *HODNOCENÍ RIZIK SOUVISEJÍCÍCH S POUŽITÍM KAPALNÉHO AMONIAKU.* 2011, č. 105, s. 514-517. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2011_07_514-517.pdf
- (21) HABER-BOSCHŮV PROCES (online). (cit. 2015-08-04). Dostupné z: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/250771/Haber-Bosch-process>.
- (22) HABER-BOSCHŮV PROCES (online). (cit. 2015-08-04). Dostupné z: <http://www.chemgeneration.com/cz/milestones/haber-bosch%C5%AFv-proces.html>.
- (23) GREENWOOD N., EARNSHAW A., *Chemie prvků, 1. svazek, Informatorium* Praha, Praha 1993, 793 s., ISBN 80-85427-38-9.
- (24) MIKA O., PATOČKA J., *Ochrana před chemickým terorismem, 1. vydání, Jihočeská univerzita, České Budějovice* 2007, 106 stran, ISBN 978-80-7040-934-3
- (25) WICHTERLOVÁ J., *Chemie nebezpečných anorganických látek, 1. vydání, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, Ostrava* 2001, 63 stran, ISBN 80-86111-92-X.
- (26) **BEZPEČNOSTNÍ LIST AMONIAKU pro Zora Olomouc, Unipetrol, 8. Vydání, 2014.**
- (27) BABINEC, F. *Management rizika: Loss Prevention & Safety Promotion.* Brno: Slezská Universita v Opavě, Ústav matematiky, 2005.

- (28) SKÁCEL, A.: Hodnocení zdravotních rizik expozicí chlóru a amoniaku. Protokol č. 131304, o autorizovaném hodnocení zdravotních rizik, Ostrava, Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, 2004
- (29) Instrukční příručka: pro centrální čpavkové chladicí zařízení čokoládovny NESTLÉ Česko s. r. o., závodu Zora. Olomouc, 2011, 87 s.
- (30) PROKEŠ J., Základy toxikologie, obecná toxikologie a ekotoxikologie, 1. vydání, Galén, Praha a Univerzita Karlova 2005, 248 s., ISBN 80-7262-301-X.
- (31) MARHOLD J., Přehled průmyslové toxikologie. Anorganické látky, 2. vydání, Avicenum, Praha 1980, 582 s., ISBN 08-035-8073521-08/29.
- (32) STUHLÁ, K., Analýza rizika pro účely vnějších havarijních plánů. 2. Ročník konference Bezpečnost v chemickém průmyslu. Sborník přednášek z konference, s.283 –287. Ústí nad Labem 19. – 20.9.2005.
- (33) BERNATÍK, Aleš a Petra NEVRLÁ. Vliv havárií na životní prostředí. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. ISBN 80-86634-46-9.
- (34) PALEČEK, Miloš, Jan BUMBA, Lubomír KELNAR a Vilém SLUKA. Postupy a metodiky analýz a hodnocení rizik. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2000, aktualizovaná terminologie spolehlivosti - 2. (cit. 2015-08-17). Dostupné z: www.vubp.cz/index.php/component/docman/doc_download/152-postupy-a-metodiky-analyz-a-hodnoceni-rizik-pro-ueuly-zakona-o-prevenci-zavanych-havarii
- (35) ŠENOVSKÝ, Michail, Vilém ADAMEC a Pavel ŠENOVSKÝ. Ochrana kritické infrastruktury. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 141 s. ISBN 978-80-7385-025-8
- (36) BERNATÍK, Aleš. Prevence závažných havárií I. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006, 86 s. ISBN 80-86634-89-2.

- (37) Vyhláška Ministerstva vnitra č. 328 ze dne 18. září 2001 o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému. In: Sbírka zákonů České republiky
- (38) STUHLÁ, K., Analýza rizika pro účely vnějších havarijních plánů. 2. Ročník konference Bezpečnost v chemickém průmyslu. Sborník přednášek z konference, s.283–287. Ústí nad Labem 19. – 20.9.2005.
- (39) KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše. Ochrana obyvatelstva. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, 140 s. ISBN 8086634701.
- (40) ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty. Praha. Český normalizační ústav, 2000, 114s.
- (41) ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty. Praha, Český normalizační institut, 2002, 142s.
- (42) Müller, G.: Kriterien Für Evakuierungsempfehlungen bei Chemikalienfreisetzungen, Bundesamt für Zivilschutz, Bonn, 1998, ISSN 0343-5164
- (43) BODINEK, Miloslav. Místní provozní předpis pro centrální čpavkové chladicí zařízení a využití odpadního tepla ze strojovny chlazení. NESTLÉ ČESKO s.r.o., závod ZORA Olomouc, 2009, 33s
- (44) BROŽ, Jiří. Diagram chladicího okruhu: Pro certifikaci dle Narízení 303/2008/EK. Svaz chladicí a klimatizační techniky ve spolupráci s firmou Schiessl, s.r.o, 2010. Dostupné také z: www.skoleni.chlazení.cz/res/data/002/000493.pdf
- (45) Havarijní plán pro případ úniku čpavku. Závod ZORA v Olomouci. 2009
- (46) BARTA, Jiří a Tomáš LUDÍK. TerEx – modelování a simulace: Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNAŘE). Brno: Univerzita obrany, 2012.

- (47) Centers for Disease Control and Prevention: Ammonia [online]. [cit. 2016-04-27].
Dostupné z: <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/7664417.html>
- (48) Městské klima: Klima Olomouce [online]. In: . [cit. 2016-04-27]. Dostupné z:
<http://mestskeklima.upol.cz/olomouc.html#teplota>
- (49) JAHODA, M., O. HOLEČEK a L. SCHREIBEROVÁ. E-Tabulky: Fyzikální vlastnosti látek [online]. Praha: Ústav chemického inženýrství, VŠCHT [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: http://www.vscht.cz/uchi/e_tabulky/
- (50) Informácia o zdroji ohrozenia - Tauris Nitria s.r.o. Mojmirovce a Mraziarne Nitra s.r.o. In: *Ministerstva vnútra Slovenskej republiky* [online]. 2011 [cit. 2016-04-27].
Dostupné z: <http://www.minv.sk/?informacia-o-zdroji-ohrozenia-tauris-nitria-s-r-o-mojmirovce-a-mraziarne-nitra-s-r-o>

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 UN a Kemler kód bezvodého amoniaku (12).....	22
Obrázek 2 Bezpečnostní tabulky vodných roztoků amoniaku (13).....	22
Obrázek 3 Průběh změn vertikálního teplotního gradientu ve spodních vrstvách atmosféry (5).....	25
Obrázek 4 Bezpečnostní značky amoniaku (13).....	31
Obrázek 5 Rozdělení evakuace (5)	43
Obrázek 6 Rozmístění společnosti v rámci ČR (zdroj autorka)	48
Obrázek 7 Legislativa Nestlé (autorka)	49
Obrázek 8 Zásobník amoniaku v závodě Zora (zdroj autorka)	50
Obrázek 9 Schéma chladicího okruhu (autorka).....	53
Obrázek 10 Úniky amoniaku v krajích ČR (autorka).....	69
Obrázek 11 Poloha areálu závodu ZORA (zdroj googlemaps)	73
Obrázek 12 Ohrožená zóna (googlemaps).....	76
Obrázek 13 Ishiakův diagram (autorka)	77
Obrázek 14 Rozměry strojovny amoniaku (autorka).....	91
Obrázek 15 Mapa únikových cest (zdroj Evakuační plán, Zora)	96
Obrázek 16 Návěs evakuace 2015 (autorka).....	97
Obrázek 17 Vypočtené vzdálenosti 1 (zdroj TerEx)	120
Obrázek 18 Mapka ohrožené oblasti 1 (zdroj TerEx).....	120
Obrázek 19 Vypočtené vzdálenosti 2 (zdroj TerEx)	124
Obrázek 20 Mapka ohrožené oblasti 2 (zdroj TerEx).....	125
Obrázek 22 Vypočtené vzdálenosti 3 (zdroj TerEx)	130
Obrázek 23 Mapka ohrožené oblasti 3 (zdroj TerEx).....	130
Obrázek 24 Nebezpečná zóna na mapě (googlemaps, autorka)	136
Obrázek 25 Nebezpečné zóny na mapě 2 (googlemaps, autorka)	139
Obrázek 26 Nebezpečná zóna na mapě 3 (googlemaps, autorka)	141

9. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Pasquillova typizace meteorologických situací (5)	27
Tabulka 2 Vlastnosti amoniaku (26).....	32
Tabulka 3 Přípustné hodnoty koncentrací škodlivin (27).....	33
Tabulka 4 Vliv amoniaku na lidský organismus (29).....	34
Tabulka 5 Druhy havarijních plánů (5).....	40
Tabulka 6 Seznam havárií v ČR (vlastní zpracování)	65
Tabulka 7 Ohrožení zaměstnanci z okolních firem (googlemaps, registr firem)	75
Tabulka 8 Výsledky CEI (autorka).....	86
Tabulka 9 CEI pro další rozměry defektu (autorka).....	87
Tabulka 10 Koncentrace látky a jejich účinky.....	90
Tabulka 11 Výsledky výpočtů (autorka)	92
Tabulka 12 Srovnání výpočtů (47, autorka)	95
Tabulka 13 Zadané parametry 1 (zdroj TerEx)	119
Tabulka 14 Zadané parametry 2 (zdroj TerEx)	124
Tabulka 15 Zadané parametry 3 (zdroj TerEx)	129
Tabulka 16 Výsledky simulace TerEx (zdroj TerEx).....	134
Tabulka 17 Vstupní data 1 (ALOHA)	135
Tabulka 18 Vstupní data 2 (ALOHA)	137
Tabulka 19 Vstupní data 3 (ALOHA)	140

10. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Počet úniků za rok (autorka).....	69
Graf 2 Místa úniku (autorka)	70
Graf 3 Množství uniklé látky (autorka)	70
Graf 4 Příčiny úniku (autorka).....	71
Graf 5 Zranění, škody (autorka)	72
Graf 6 Evakuace (autorka).....	72
Graf 7 Doporučený průzkum toxické koncentrace 1 (zdroj TerEx).....	121
Graf 8 Oblast možného výbuchu 1 (zdroj TerEx)	121
Graf 9 Poškození budov a počet ohrožených osob výbuchem 1 (zdroj TerEx).....	122
Graf 10 Nezbytná evakuace osob 1 (zdroj TerEx)	123
Graf 11 Časové závislosti 1 (zdroj TerEx)	123
Graf 12 Doporučený průzkum toxické koncentrace 2 (zdroj TerEx).....	126
Graf 13 Oblast možného výbuchu 2 (zdroj TerEx)	126
Graf 14 Poškození budov a počet ohrožených osob výbuchem 2 (zdroj TerEx).....	127
Graf 15 Nezbytná evakuace osob 2 (zdroj TerEx)	128
Graf 16 Časové závislosti 2 (zdroj TerEx)	128
Graf 17 Doporučený průzkum toxické koncentrace 3 (zdroj TerEx).....	131
Graf 18 Oblast možného výbuchu 3 (zdroj TerEx)	131
Graf 19 Poškození budov a počet ohrožených osob výbuchem 3 (zdroj TerEx).....	132
Graf 20 Nezbytná evakuace osob 3 (zdroj TerEx)	133
Graf 21 Časové závislosti 3 (zdroj TerEx)	133
Graf 22 Nebezpečné zóny 1 (ALOHA)	136
Graf 23 Nebezpečné zóny 2 (ALOHA)	138
Graf 24 Nebezpečné zóny 3 (ALOHA)	141

11. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Výsledky TerEx pro únik 6700kg amoniaku

Příloha 2 – Výsledky TerEx pro únik 1500kg amoniaku

Příloha 3 – Výsledky TerEx pro únik 50kg amoniaku

Příloha 4 – Výsledky ALOHA pro únik 6700kg amoniaku

Příloha 5 – Výsledky ALOHA pro únik 1500kg amoniaku

Příloha 6 – Výsledky ALOHA pro únik 50kg amoniaku

Příloha 7 – Havarijní karta pro výron čpavku

Příloha 1 – Výsledky TerEx pro únik 6700kg amoniaku

Výpočet byl proveden nejdříve pro následky úniku celkového množství amoniaku, který se nachází ve strojovně čpavku – tedy 6700 kg. Zadané parametry byly zvoleny tak, aby byl účinek havárie co nejhorší. Jako model byl zvolen jednorázový únik kapaliny (déletrvající únik není možný díky čidlům, které jsou nainstalovány uvnitř i vně strojovny a pravidelně stav látky v ovzduší monitorují). Inverzní situace v Olomouci také není vyloučená y důvodů velkého provozu a např. topně sezóny. Směr větru byl namířen tak, aby oblak amoniaku zasáhl budovy čokoládovny, ve kterých se nachází nejvíce pracovníků.

Tabulka 13 Zadané parametry 1 (zdroj TerEx)

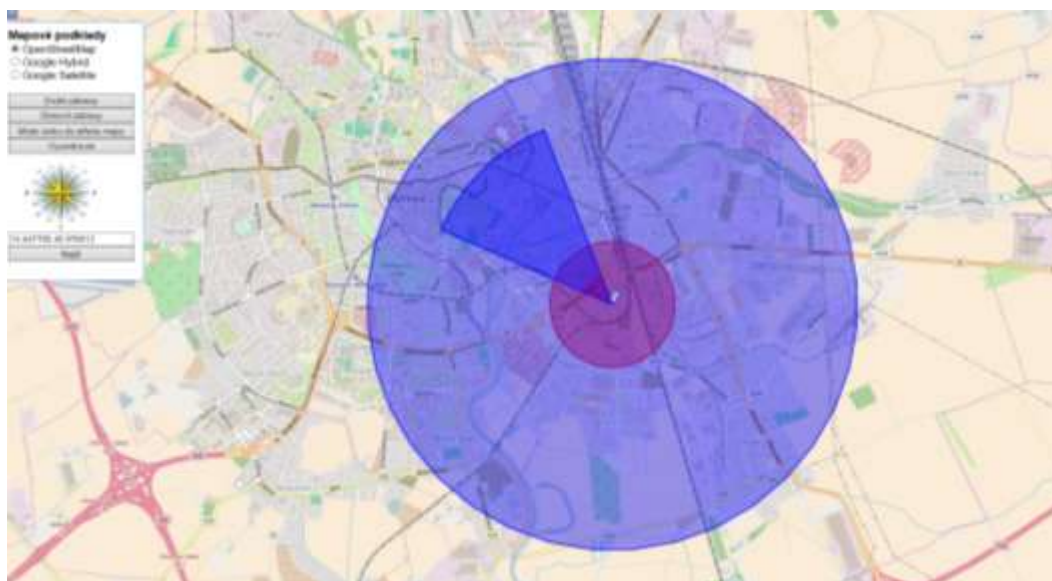
Model	PUFF – Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka	amoniak
Teplota kapaliny v zařízení	35°C
Celkové uniklé množství kapaliny	6700 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s
Směr větru	jihovýchodní
Pokrytí oblohy mraky	50%
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F - inverze

Software TerEx nám po zadání parametrů vypočítal bezpečnostní vzdálenosti. Aby nedošlo k ohrožení zaměstnanců a obyvatel touto toxickou látkou, měli by být evakuováni do vzdálenosti 1780 m od strojovny čpavku. Přitom průzkum toxické koncentrace látky by měla probíhat do vzdálenosti až 2335 m od ohniska havárie. Nejvíce jsou ohroženy osoby do 285 m, které ohrožuje přímé prošlehnutí oblaku nebezpečné látky.



Obrázek 17 Vypočtené vzdálenosti 1 (zdroj TerEx)

Na obrázku níže je celá situace znázorněna na mapce Olomouce. Jak je vidět, v tuto chvíli je ohrožena nemalá část města – především místa, kde je velká koncentrace obyvatelstva jako je hlavní vlakové nádraží, autobusové nádraží, rychlostní silnice E35, nákupní zóna okolo hypermarketu Kaufland. Podle výpočtů programu bude intoxikací ohroženo obyvatelstvo v městských částech Hodolany, Holice, Nový svět, Bělidla, Nové Sady a část centra města a městské části Pavlovičky.

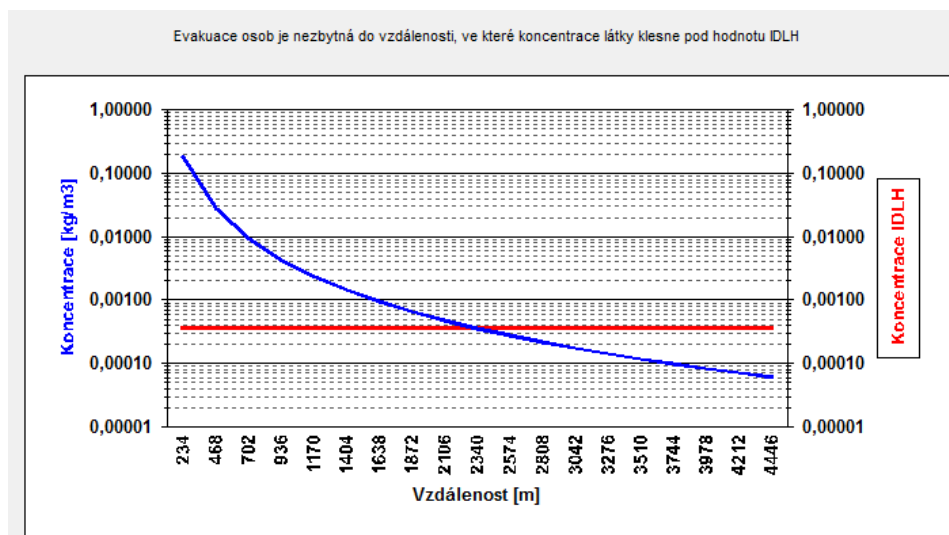


Obrázek 18 Mapka ohrožené oblasti 1 (zdroj TerEx)

Modrá křivka na následujícím grafu znázorňuje závislost koncentrace látky na vzdálenosti od místa úniku. Červená přímka ukazuje hranici maximální koncentrace NCHL, která bezprostředně ohrožuje životy a zdraví lidí (IDLH = ERPG 3). Do místa

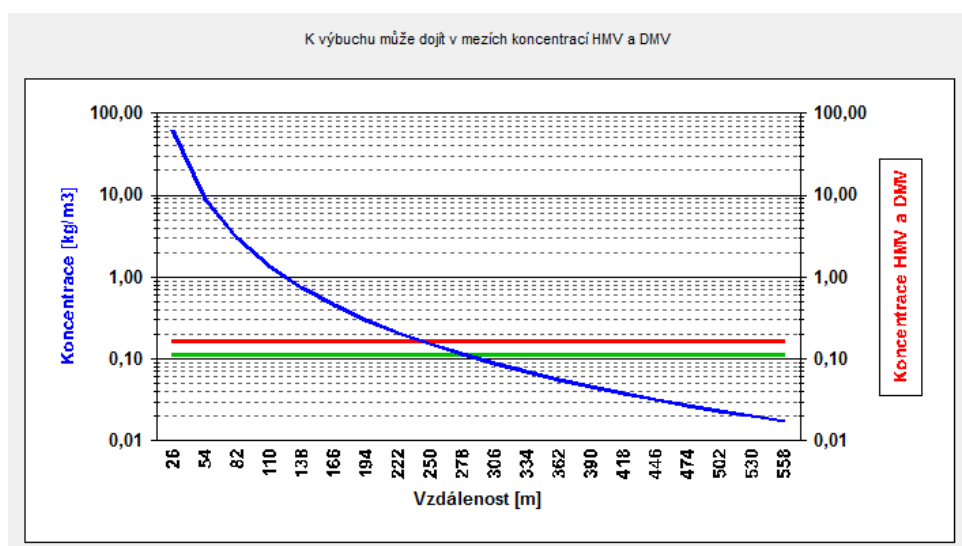
od této hranice se musí vzdálit obyvatelé do 30 minut od propuknutí havárie, aniž by jim vznikly jakékoliv újmy na zdraví. V našem případě je to vzdálenost asi 2300m.

Graf 7 Doporučený průzkum toxické koncentrace 1 (zdroj TerEx)



Z dalšího grafu lze vyčíst horní (červená přímka) a dolní mez výbušnosti látky (zelená přímka), mezi kterými lze počítat s výbuchem látky a ohrožením zaměstnanců a obyvatelstva prošlehnutím oblaku látky. V našem případě je mez výbušnosti mezi 250 – 280m od vzniku havárie).

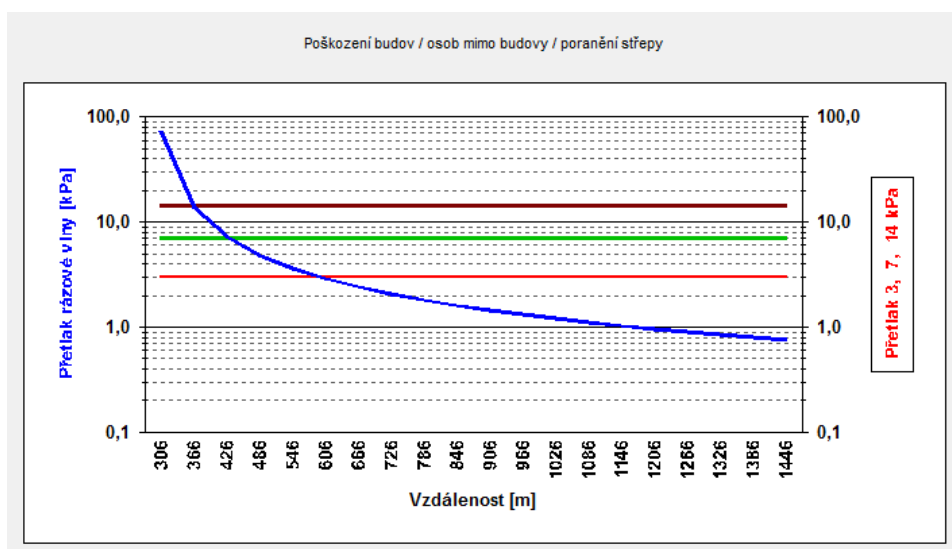
Graf 8 Oblast možného výbuchu 1 (zdroj TerEx)



Modrá křivka na třetím grafu znázorňuje přetlak rázové vlny. Bod, kde protíná zelenou přímku, značí vzdálenost, do které jsou osoby ohroženy mimo budovy (asi

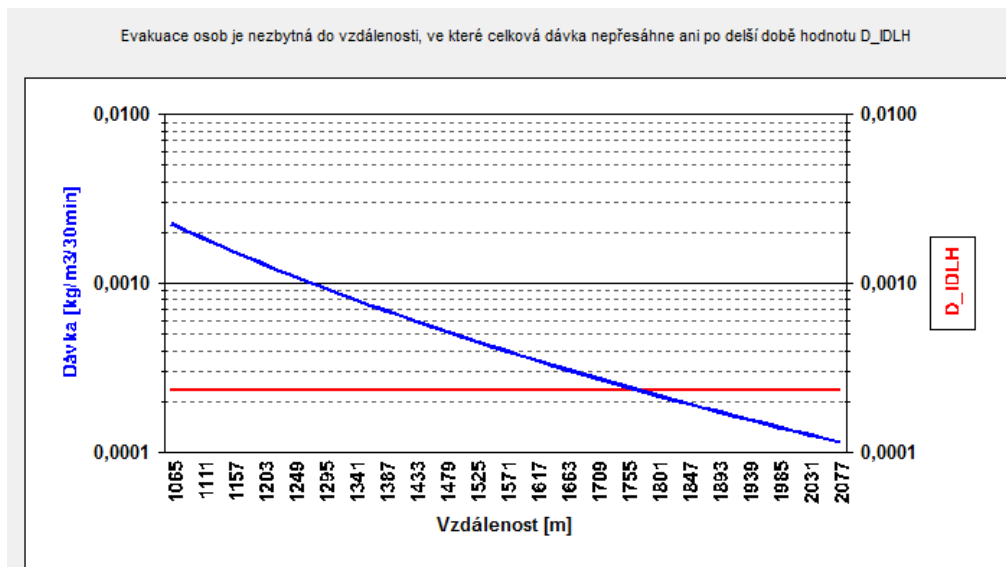
426m). Průtnutím Modré křivky a červené přímky zobrazuje bod, do jaké vzdálenosti vzniká ohrožení střepy (606m). Průsečík modré křivky a hnědé přímky vyznačuje bod, do jaké vzdálenosti dojde k poškození budov (v našem případě 366m od epicentra).

Graf 9 Poškození budov a počet ohrožených osob výbuchem 1 (zdroj TerEx)



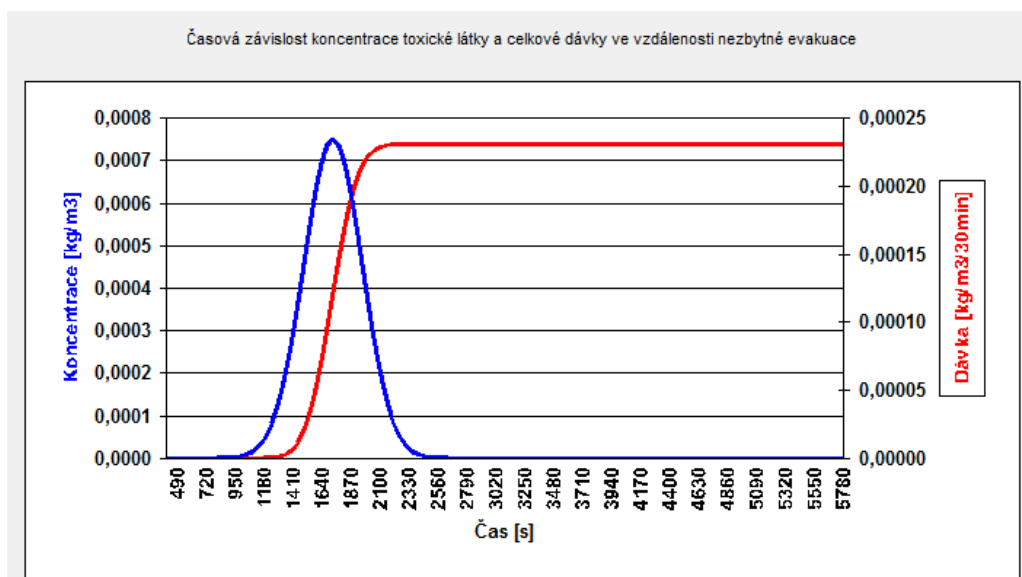
Na dalším grafu nám modrá křivka znázorňuje dávku látky v kg/m³/30min a červená přímka D_IDLH. V jejich průsečíku je bod, který zobrazuje vzdálenost od místa úniku amoniaku, do které by měla být provedena evakuace osob. Při úniku 6700kg amoniaku to tedy znamená evakuaci do 1780m od výronu NCHL.

Graf 10 Nezbytná evakuace osob 1 (zdroj TerEx)



Poslední graf zobrazuje časovou závislost koncentrace látky a celkovou dávku ve vzdálenosti nezbytné pro evakuaci. Místo, kde se střetávají dvě křivky je bodem, který značí čas, po který se koncentrace nebezpečné látky kulminuje – přibližně 2000s, což je 33 minut.

Graf 11 Časové závislosti 1 (zdroj TerEx)



Příloha 2 – Výsledky TerEx pro únik 1500kg amoniaku

Situace, která je mnohem reálnější a proto byla taky namodelována, je únik 1500kg amoniaku, tedy přibližný objem jednoho zásobníku. Protože se jedná stále o velké množství látky, následky takovéto havárie jsou také značné a ohrozí daleké okolí. V následující tabulce jsou opět zaznamenány vstupní údaje pro výpočet bezpečnostních vzdáleností a nebezpečných zón. Nastavení se změnilo pouze v objemu uniklé látky.

Tabulka 14 Zadané parametry 2 (zdroj TerEx)

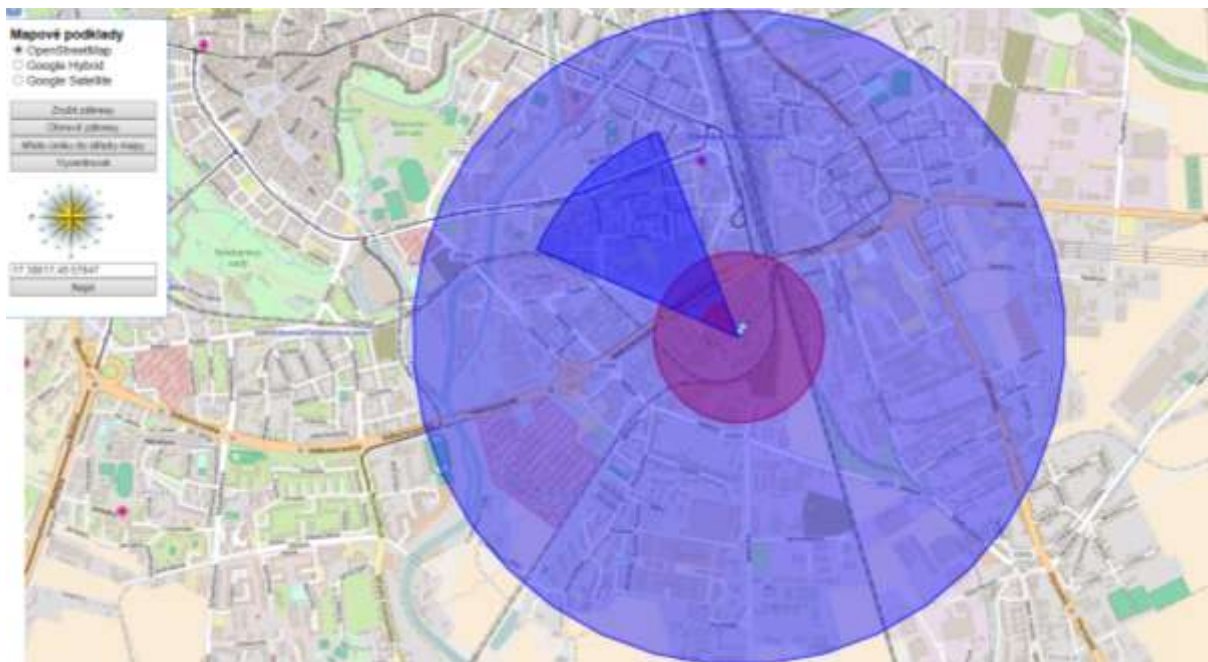
Model	PUFF – Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka	amoniak
Teplota kapaliny v zařízení	35°C
Celkové uniklé množství kapaliny	1 500 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s
Směr větru	jihovýchodní
Pokrytí oblohy mraky	50%
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F - inverze

Všechny nebezpečné zóny jsou opět zaznamenány na následujícím obrázku. Aby nedošlo k ohrožení zaměstnanců a obyvatel touto toxickou látkou, měli by být evakuováni do vzdálenosti 1780 m od strojovny čpavku. Přitom průzkum toxické koncentrace látky by měla probíhat do vzdálenosti až 2335 m od ohniska havárie. Nejvíce jsou ohroženy osoby do 285 m, které ohrožuje přímé prošlehnutí oblaku nebezpečné látky.



Obrázek 19 Vypočtené vzdálenosti 2 (zdroj TerEx)

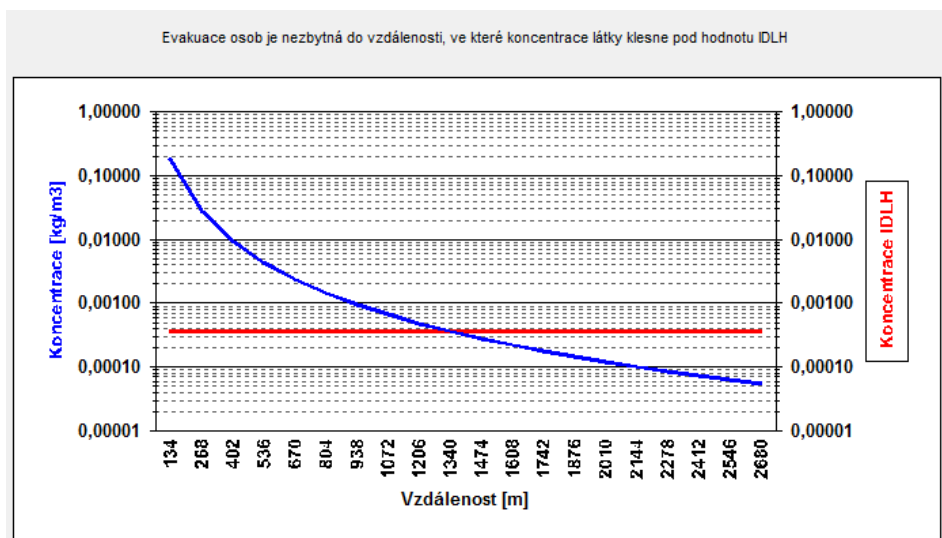
Na obrázku níže je celá úniku situace 1500kg amoniaku znázorněna na mapce Olomouce. Opět je podle výpočtu softwaru ohrožena značná oblast Olomouce – hlavní nádraží a část železnice, silnice E35 nákupní zóny, Štursova střední škola, Moravská vysoká škola apod.



Obrázek 20 Mapka ohrožené oblasti 2 (zdroj TerEx)

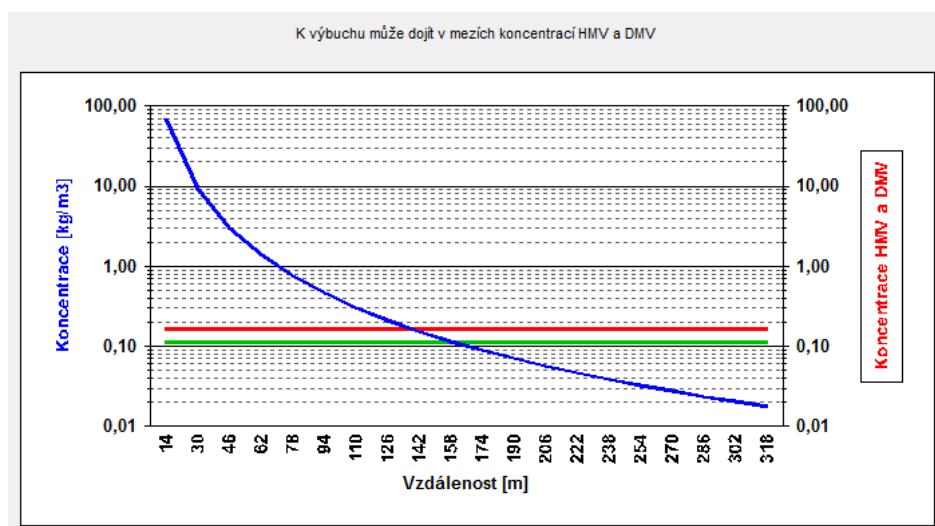
Modrá křivka na následujícím grafu znázorňuje závislost koncentrace látky na vzdálenosti od místa úniku. Červená přímka ukazuje hranici maximální koncentrace NCHL, která bezprostředně ohrožuje životy a zdraví lidí (IDLH). Do místa od této hranice se musí vzdálit obyvatelé do 30 minut od propuknutí havárie, aniž by jim vznikly jakékoliv újmy na zdraví. V tomto případě je to vzdálenost asi 1340m.

Graf 12 Doporučený průzkum toxické koncentrace 2 (zdroj TerEx)



Z dalšího grafu lze vyčíst horní (červená přímka) a dolní mez výbušnosti látky (zelená přímka), mezi kterými lze počítat s výbuchem látky a ohrožením zaměstnanců a obyvatelstva prošlehnutím oblaku látky. V našem případě je mez výbušnosti mezi 142-160m od vzniku havárie).

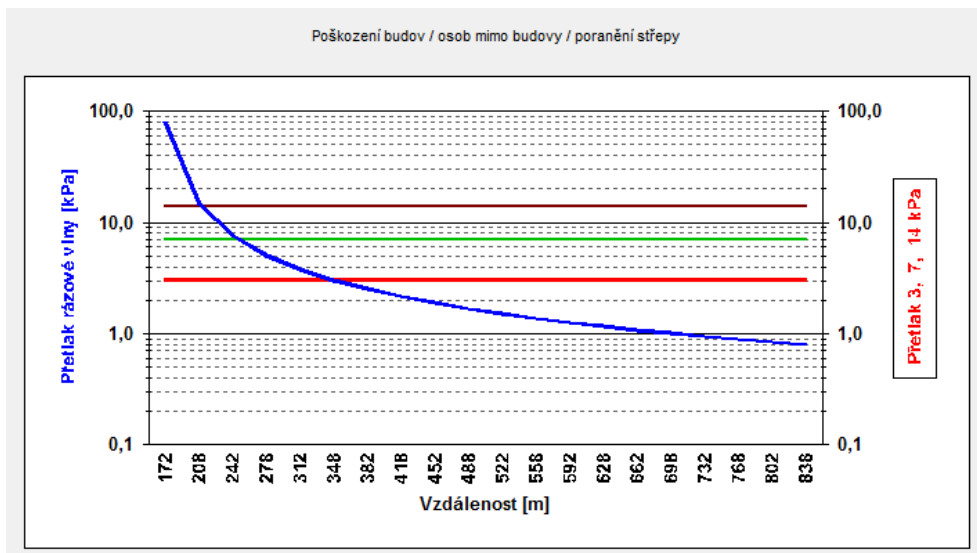
Graf 13 Oblast možného výbuchu 2 (zdroj TerEx)



Modrá křivka na třetím grafu znázorňuje přetlak rázové vlny. Bod, kde protíná zelenou přímku, značí vzdálenost, do které jsou osoby ohroženy mimo budovy (asi 250m). Protínáním Modré křivky a červené přímky zobrazuje bod, do jaké vzdálenosti

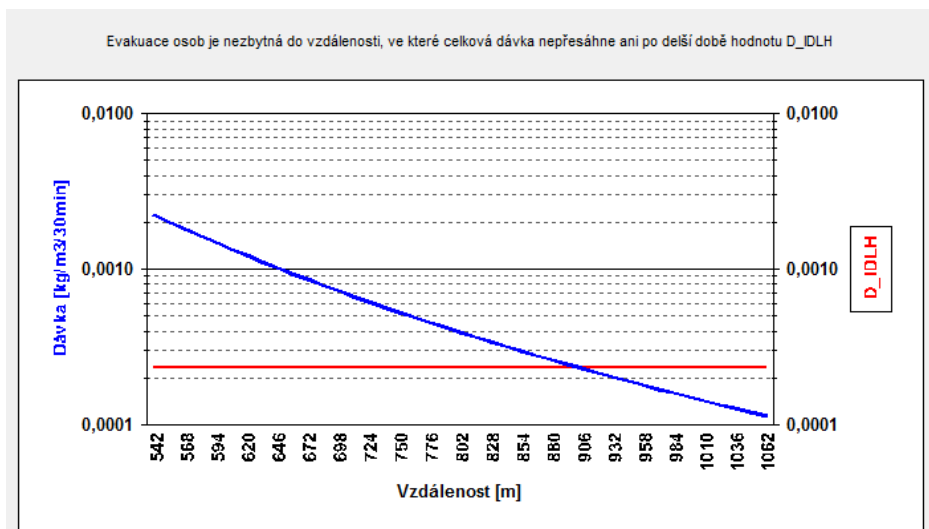
vzniká ohrožení střepy (350m). Průsečík modré křivky a hnědé přímky vyznačuje bod, do jaké vzdálenosti dojde k poškození budov (v našem případě 225m od epicentra).

Graf 14 Poškození budov a počet ohrožených osob výbuchem 2 (zdroj TerEx)



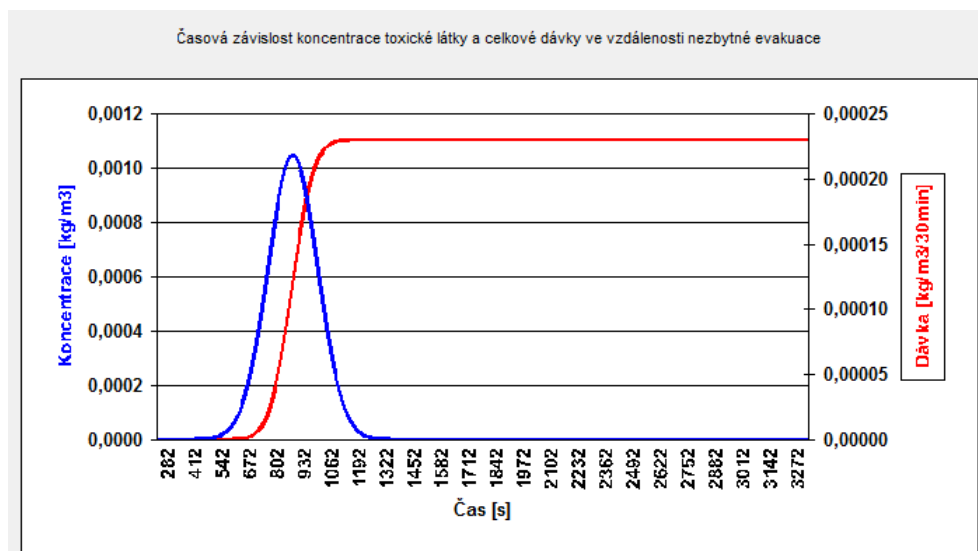
Na dalším grafu nám modrá křivka znázorňuje dávku látky v $\text{kg/m}^3/30\text{min}$ a červená přímka D_{IDLH} . V jejich průsečíku je bod, který zobrazuje vzdálenost od místa úniku amoniaku, do které by měla být provedena evakuace osob. Při úniku 1500kg amoniaku to tedy znamená evakuaci do 906m od výronu NCHL.

Graf 15 Nezbytná evakuace osob 2 (zdroj TerEx)



Poslední graf zobrazuje časovou závislost koncentrace látky a celkovou dávku ve vzdálenosti nezbytné pro evakuaci. Místo, kde se střetávají dvě křivky je bodem, který značí čas, po který se koncentrace nebezpečné látky kulminuje – přibližně 932s, což je 15min 30s.

Graf 16 Časové závislosti 2 (zdroj TerEx)



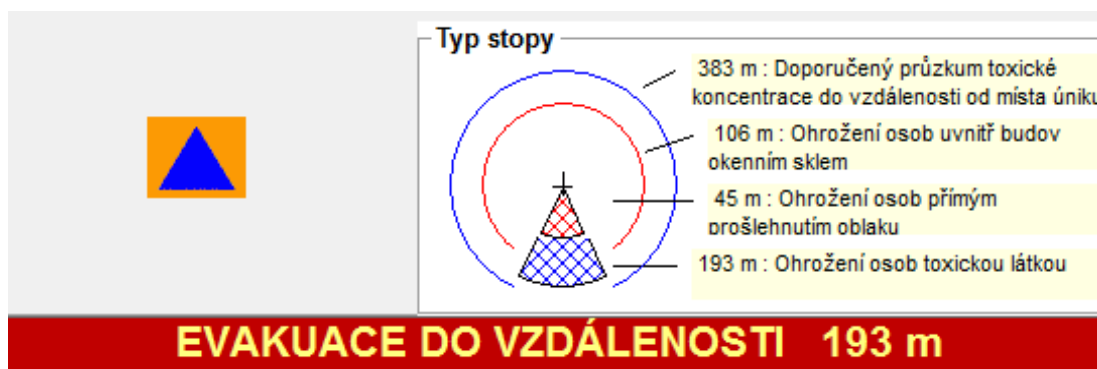
Příloha 3– Výsledky TerEx pro únik 50kg amoniaku

Situace, která je mnohem reálnější a proto byla taky namodelována, je únik 1500kg amoniaku, tedy přibližný objem jednoho zásobníku. Protože se jedná stále o velké množství látky, následky takovéto havárie jsou také značné a ohrozí daleké okolí. V následující tabulce jsou opět zaznamenány vstupní údaje pro výpočet bezpečnostních vzdáleností a nebezpečných zón. Nastavení se změnilo pouze v objemu uniklé látky.

Tabulka 15 Zadané parametry 3 (zdroj TerEx)

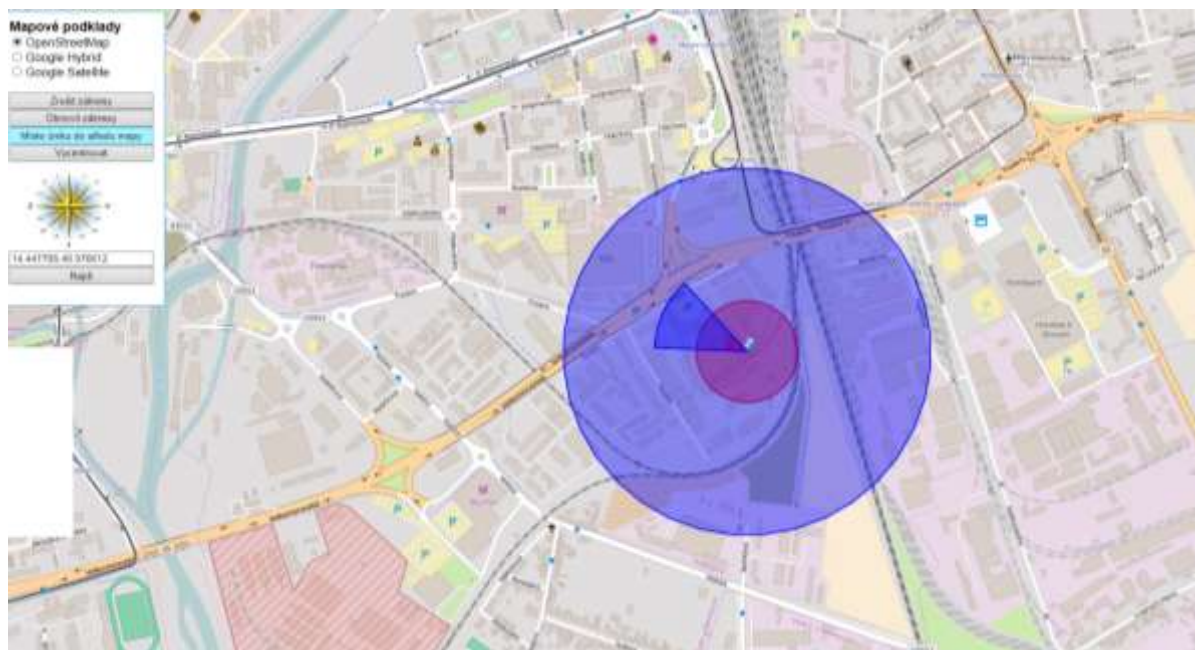
Model	PUFF – Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka	amoniak
Teplota kapaliny v zařízení	35°C
Celkové uniklé množství kapaliny	50 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s
Směr větru	jihovýchodní
Pokrytí oblohy mraky	50%
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F - inverze

Všechny nebezpečné zóny jsou opět zaznamenány na následujícím obrázku. Aby nedošlo k ohrožení zaměstnanců a obyvatel touto toxickou látkou, měli by být evakuováni do vzdálenosti 193 m od strojovny čpavku. Přitom průzkum toxické koncentrace látky by měla probíhat do vzdálenosti až 383 m od ohniska havárie. Nejvíce jsou ohroženy osoby do 45 m, které ohrožuje přímé prošlehnutí oblaku nebezpečné látky.



Obrázek 21 Vypočtené vzdálenosti 3 (zdroj TerEx)

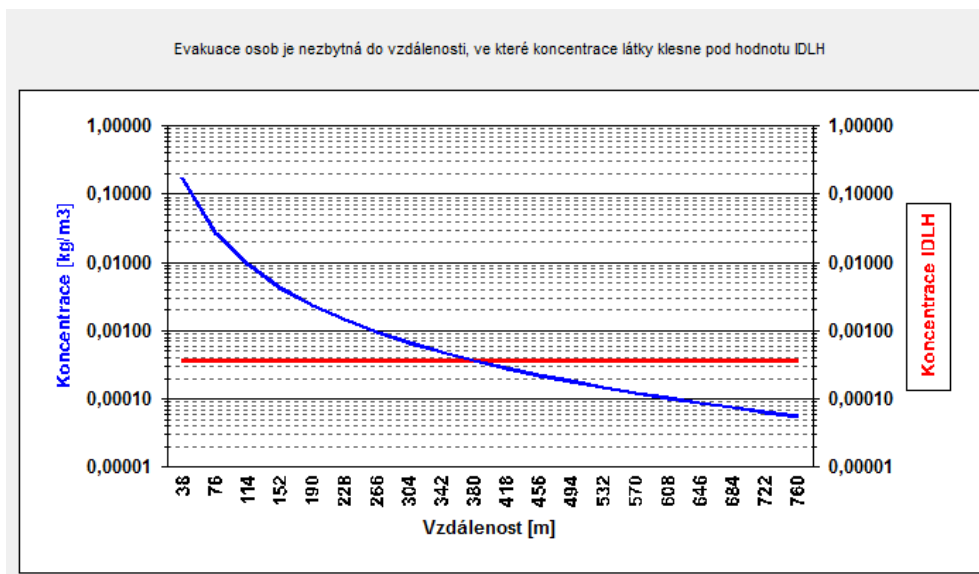
Na obrázku níže je celá úniku situace 50kg amoniaku znázorněna na mapce areálu. Podle výpočtů softwaru je víceméně ohrožena pouze čokoládovna, přilehlá ubytovna, silnice E35 a železnice.



Obrázek 22 Mapka ohrožené oblasti 3 (zdroj TerEx)

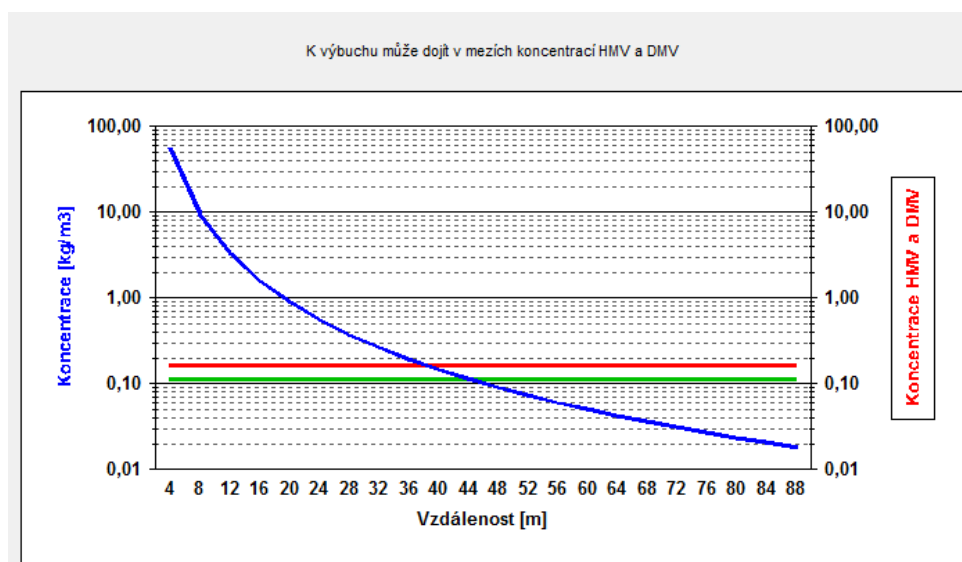
Modrá křivka na následujícím grafu znázorňuje závislost koncentrace látky na vzdálenosti od místa úniku. Červená přímka ukazuje hranici maximální koncentrace NCHL, která bezprostředně ohrožuje životy a zdraví lidí (IDLH). Do místa od této hranice se musí vzdálit obyvatelé do 30 minut od propuknutí havárie, aniž by jim vznikly jakékoliv újmy na zdraví. V tomto případě je to vzdálenost asi 380m.

Graf 17 Doporučený průzkum toxické koncentrace 3 (zdroj TerEx)



Z dalšího grafu lze vyčíst horní (červená přímka) a dolní mez výbušnosti látky (zelená přímka), mezi kterými lze počítat s výbuchem látky a ohrožením zaměstnanců a obyvatelstva prolehnutím oblaku látky. V našem případě je mez výbušnosti mezi 39-45m od vzniku havárie).

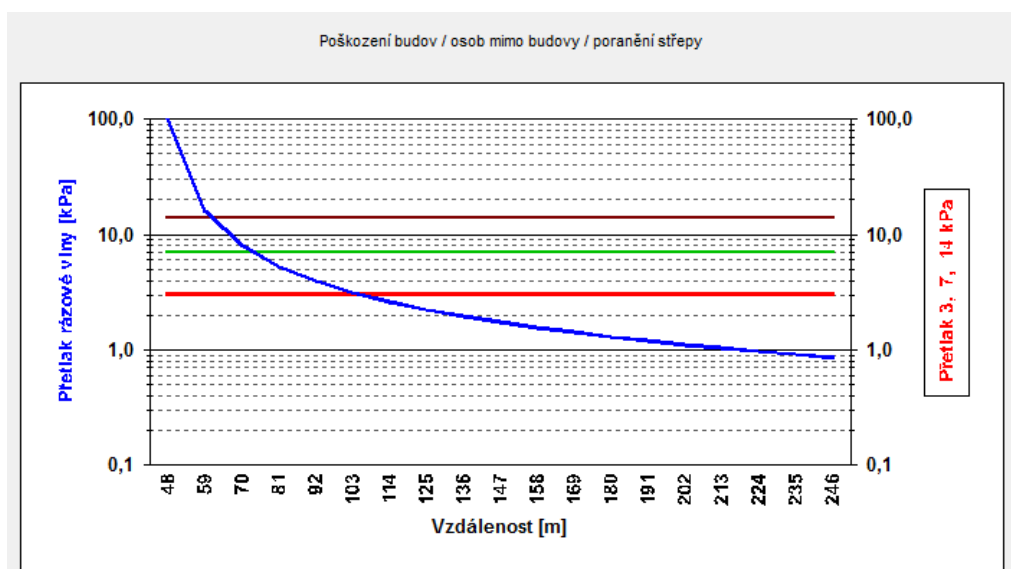
Graf 18 Oblast možného výbuchu 3 (zdroj TerEx)



Modrá křivka na třetím grafu znázorňuje přetlak rázové vlny. Bod, kde protíná zelenou přímku, značí vzdálenost, do které jsou osoby ohroženy mimo budovy (asi

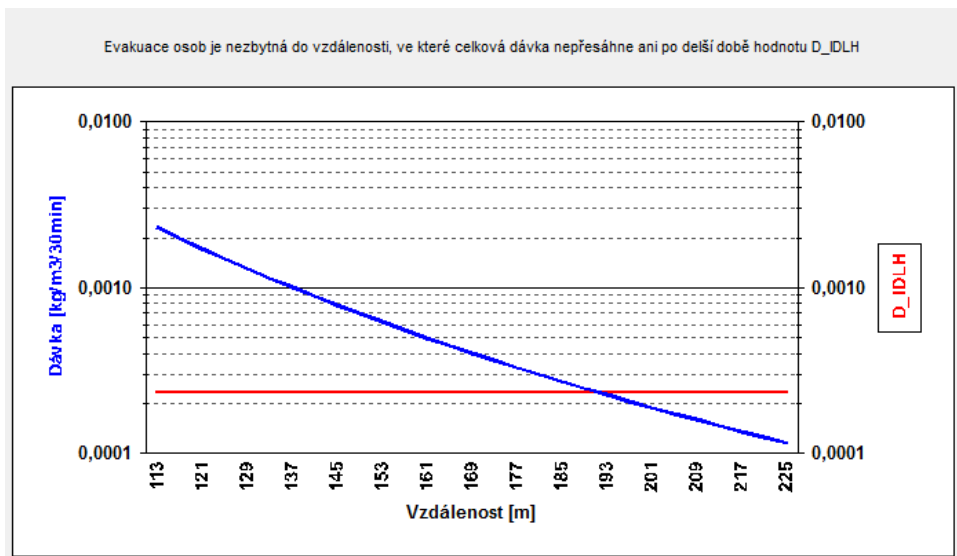
75m). Průtnutím Modré křivky a červené přímky zobrazuje bod, do jaké vzdálenosti vzniká ohrožení střepy (109m). Průsečík modré křivky a hnědé přímky vyznačuje bod, do jaké vzdálenosti dojde k poškození budov (v našem případě 66m od epicentra).

Graf 19 Poškození budov a počet ohrožených osob výbuchem 3 (zdroj TerEx)



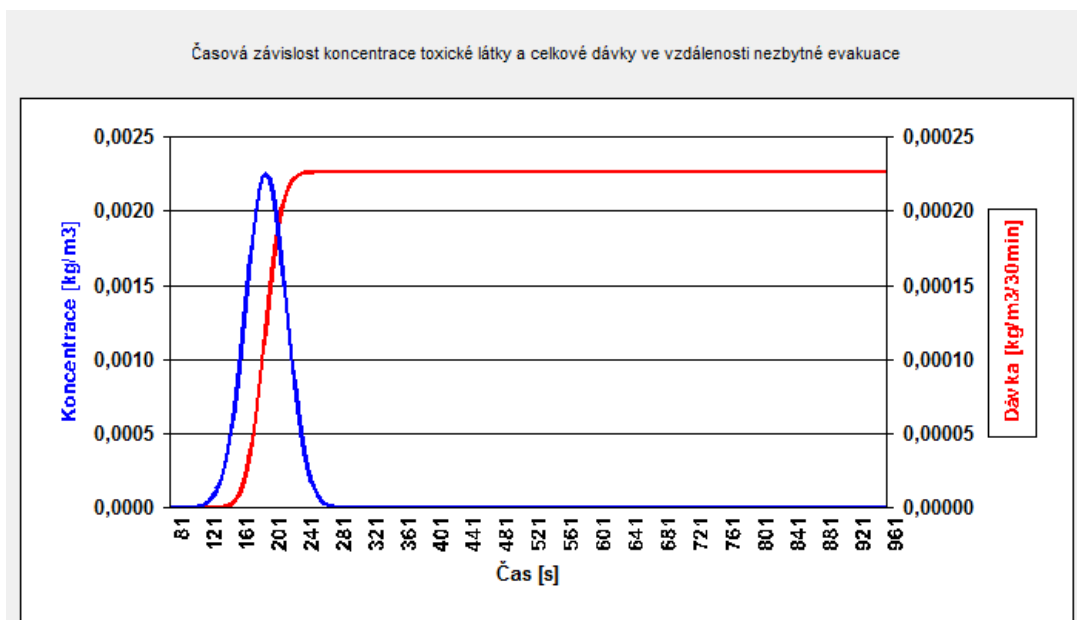
Na dalším grafu nám modrá křivka znázorňuje dávku látky v $\text{kg/m}^3/30\text{min}$ a červená přímka D_IDLH. V jejich průsečíku je bod, který zobrazuje vzdálenost od místa úniku amoniaku, do které by měla být provedena evakuace osob. Při úniku 50kg amoniaku to tedy znamená evakuaci do 193m od výronu NCHL.

Graf 20 Nezbytná evakuace osob 3 (zdroj TerEx)



Poslední graf zobrazuje časovou závislost koncentrace látky a celkovou dávku ve vzdálenosti nezbytné pro evakuaci. Místo, kde se střetávají dvě křivky je bodem, který značí čas, po který se koncentrace nebezpečné látky kulminuje – přibližně 200s, což je 3min 20s.

Graf 21 Časové závislosti 3 (zdroj TerEx)



Všechny výpočty programu TerEx jsou shrnuty v následující tabulce.

Pro přehlednost jsou všechny vypočtené hodnoty zapracovány do tabulky níže.

Tabulka 16 Výsledky simulace TerEx (zdroj TerEx)

	Únik 6700kg	Únik 1500kg	Únik 50kg
Doporučená evakuace	1780m	906m	193m
Průzkum toxické koncentrace	2335m	1344m	383m
Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku	285m	162m	45m
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem	596m	350m	106m
IDHL	2300m	1340m	380m
Vzdálenost meze výbušnosti	250-280m	142-160m	39-45m
Ohrožení osob mimo budovy	426m	250m	75m
Ohrožení střepy	606m	350m	109m
Poškození budov	366m	225m	66m
Čas kulminace látky v nebezpečné oblasti	33min	15min 30s	3min 20s

Příloha 4 - Výsledky ALOHA pro únik 6700kg amoniaku

Pro srovnání byl použit i druhý softwarový program, ALOHA. Nejdříve byly spočteny hodnoty pro únik veškerého množství látky, které se v areálu podniku nachází. Byly zadány také nejhorší možné meteorologické podmínky, které z velké části ovlivňují směr, jímž se nebezpečná látka pohybuje a její koncentraci na místě.

Tabulka 17 Vstupní data 1 (ALOHA)

Lokace:	
Olomouc, Česká republika Výměna vzduchu v budově za hodinu: 0,41 (jednopodlažní budova) 20. 4. 2016, 11:46 hod	
Chemická látka:	
Název látky	amoniak
Molekulová hmotnost	17,03 g/mol
AEGL-1 (60min)	30 ppm
AEGL-2 (60min)	160 ppm
AEGL-3 (60min)	1 100 ppm
IDLH	300 ppm
Bod varu	-33,4
Tenze par okolních teplot	1 atm
Koncentrace nasycených par v okolí	100%
Meteorologická data	
Vítr	1m/s v 3 metrech nad zemí
Terén	Městská zástavba
Teplota vzduchu	9°C
Třída stability	F
Pokrytí oblohy mraky	50%
Relativní vlhkost	50%
Zdroj úniku látky	
Přímý zdroj úniku	
Únik chemické látky (bez hoření)	
Množství látky	6 700 kg
Výška zdroje	2 m
Teplota kapaliny	35°C
Doba úniku	60 min
Maximální rychlost úniku	101 kg/s
Celkové uniklé množství	6 700 kg

Výpočet nebezpečné zóny: (ALOHA)

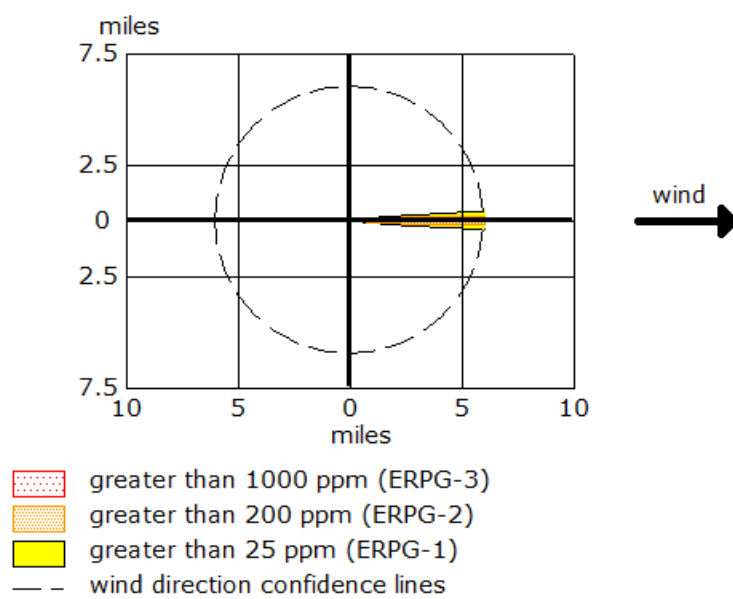
Modelace: Plyn těžší než vzduch

červená : 3520 m --- (1000 ppm = ERPG-3)

oranžová: víc než 10 km --- (200 ppm = ERPG-2)

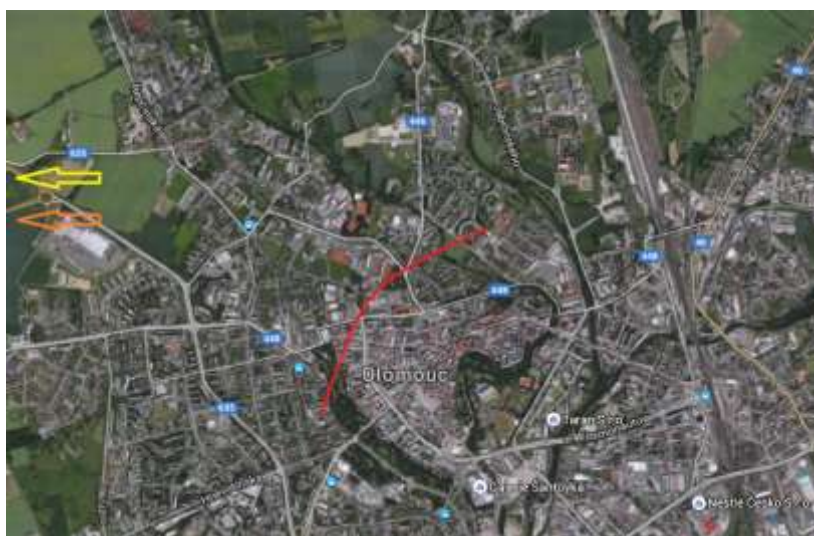
žlutá: víc než 10 km --- (25 ppm = ERPG-1)

Graf 22 Nebezpečné zóny 1 (ALOHA)



Note: Threat zone picture is truncated at the 6 mile limit.

Pro ještě větší zřehlednění situace byly vzdálenosti nebezpečných zón zakresleny do mapy (obrázek níže).



Obrázek 23 Nebezpečná zóna na mapě (googlemaps, autorka)

Příloha 5 - Výsledky ALOHA pro únik 1500 kg amoniaku

Jak už bylo řečeno, únik z jednoho ze zásobníků vlivem poškození je tím nejpravděpodobnějším scénářem s největším únikem. Výpočet byl tedy proveden i druhým softwarovým programem ALOHA. Zadány byly opět parametry, aby byly nebezpečné účinky co největší – nejhorší možný scénář.

Tabulka 18 Vstupní data 2 (ALOHA)

Lokace:	
Olomouc, Česká republika	
Výměna vzduchu v budově za hodinu: 0,41 (jednopodlažní budova)	
20. 4. 2016, 11:46 hod	
Chemická látka:	
Název látky	amoniak
Molekulová hmotnost	17,03 g/mol
AEGL-1 (60min)	30 ppm
AEGL-2 (60min)	160 ppm
AEGL-3 (60min)	1 100 ppm
IDLH	300 ppm
Bod varu	-33,4
Tenze par okolních teplot	1 atm
Koncentrace nasycených par v okolí	100%
Meteorologická data	
Vítr	1m/s v 3 metrech nad zemí
Terén	Městská zástavba
Teplota vzduchu	9°C
Třída stability	F
Pokrytí oblohy mraky	50%
Relativní vlhkost	50%
Zdroj úniku látky	
Únik z otvoru v horizontálním cylindrickém zásobníku	
Hořlavý únik chemické látky ze zásobníku (bez hoření)	
Průměr zásobníku	0,6m
Délka zásobníku	3,5m
Objem nádrže	3,14m ³
Nádoba obsahuje kapalinu	Vnitřní teplota: 35°C
Hmotnost chemikálie v nádrži	1500 kg
Tank je naplněn	49,5%
Průměr kruhového otvoru	2,5 cm
Otvor je 0cm ode dna nádoby	
Doba úniku	3 min

Maximální rychlost úniku	675,7 kg/min
Celkové uniklé množství	1500 kg

Výpočet nebezpečné zóny: (ALOHA)

Modelace: Plyn těžší než vzduch

červená : 648,3 m --- (1000 ppm = ERPG-3)

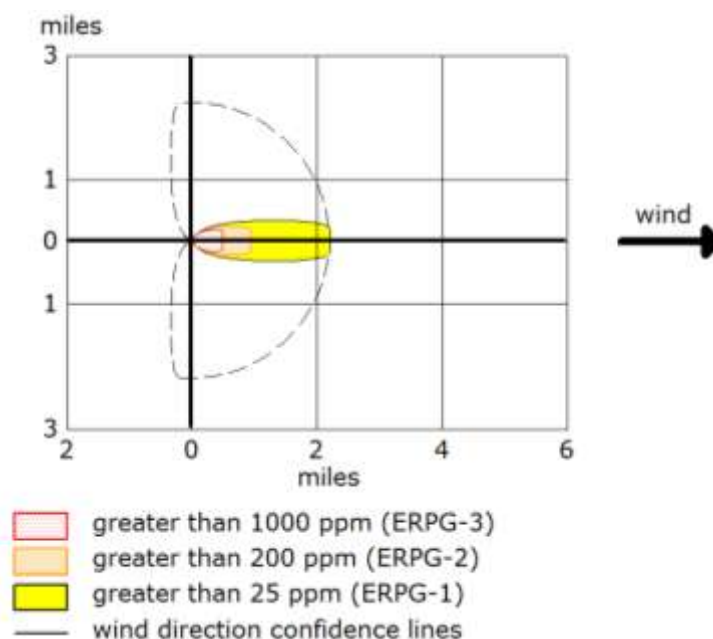
oranžová: 1221,6 m --- (200 ppm = ERPG-2)

žlutá: 2880 m --- (25 ppm = ERPG-1)

Podle výpočtů programu je tedy ohrožená zóna opět velice rozsáhlá. Jedná se pouze o průměrné hodnoty v dané oblasti. Podle ALOHA je průměrná rychlost výtoku amoniaku ze zásobníku 218kg/s a k vyprázdnění by tak došlo během několika sekund. Navíc vlivem tlaku by nádoba nejspíše praskla a všechna lýtka tak unikla ještě rychleji.

Hlavní roli při ohrožení zaměstnanců závodu a obyvatelstva v okolí bude hrát také samozřejmě meteorologická situace v místě výronu. Podle ní se bude látka chovat a určovat, jak moc bude mrak amoniaku koncentrovaný a jak rychle se bude pohybovat po ohrožené oblasti.

Graf 23 Nebezpečné zóny 2 (ALOHA)



Vzdálenosti nebezpečných zón ERPG 1, 2, 3 byly opět zaznamenány v mapě Olomouce.



Obrázek 24 Nebezpečné zóny na mapě 2 (googlemaps, autorka)

Příloha 6 - Výsledky ALOHA pro únik 50kg amoniaku

Stejně jako u programu TerEx, i v softwaru ALOHA byl proveden výpočet také pro 50 kg amoniaku, který unikl z domečku. Padesát kilogramů není zanedbatelné množství a jak ukáže výpočet, ani jeho nebezpečné zóny nejsou malé.

Tabulka 19 Vstupní data 3 (ALOHA)

Lokace:	
Olomouc, Česká republika Výměna vzduchu v budově za hodinu: 0,41 (jednopodlažní budova) 20. 4. 2016, 11:46 hod	
Chemická látka:	
Název látky	amoniak
Molekulová hmotnost	17,03 g/mol
AEGL-1 (60min)	30 ppm
AEGL-2 (60min)	160 ppm
AEGL-3 (60min)	1 100 ppm
IDLH	300 ppm
Bod varu	-33,4
Tenze par okolních teplot	1 atm
Koncentrace nasycených par v okolí	100%
Meteorologická data	
Vítr	1m/s v 3 metrech nad zemí
Terén	Městská zástavba
Teplota vzduchu	9°C
Třída stability	F
Pokrytí oblohy mraky	50%
Relativní vlhkost	50%
Zdroj úniku látky	
Únik z otvoru v horizontálním cylindrickém zásobníku	
Únik chemické látky ze zásobníku (bez hoření)	
Průměr zásobníku	1m
Délka zásobníku	0,5m
Objem nádrže	0,79 m ³
Nádoba obsahuje kapalinu	Vnitřní teplota: 35°C
Hmotnost chemikálie v nádrži	50 kg
Tank je naplněn	45%
Průměr kruhového otvoru	2,5 cm
Otvor je 0cm ode dna nádoby	
Doba úniku	1 min
Maximální rychlost úniku	0,83 kg/s
Celkové uniklé množství	50 kg

Výpočet nebezpečné zóny: (ALOHA)

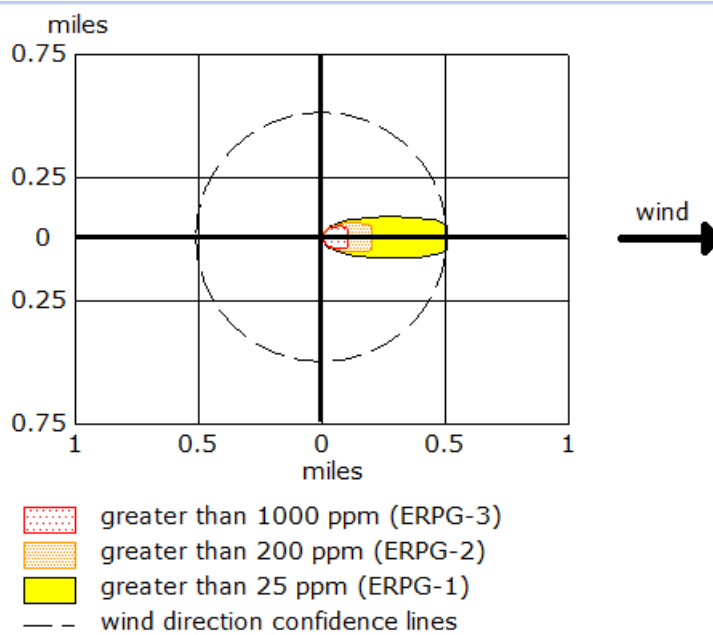
Modelace: Plyn těžší než vzduch

červená : 166,4 m --- (1000 ppm = ERPG-3)

oranžová: 329,2 m --- (200 ppm = ERPG-2)


žlutá: 816,5 m --- (25 ppm = ERPG-1)

Graf 24 Nebezpečné zóny 3 (ALOHA)



Obrázek 25 Nebezpečná zóna na mapě 3 (googlemaps, autorka)

Příloha 7 – Havarijní karty pro výron čpavku

 Nestlé Nestlé Česko s.r.o.	Havarijní plán pro případ úniku čpavku	
A-3.4-ZORA-ENG-00-01-02	Havarijní karta pro výron čpavku	Strana 1 z 1

AMONIAK – NH₃ : hořlavý , bezbarvý, toxický plyn s charakteristickým, k slzení dráždícím a dusivým zápachem a s palčivou louhovitou příchutí
 Vytékající zkapalněný plyn přechází rychle do plynné podoby
 Směs amoniaku a vzduchu je výbušná.
 Rozpusťnost amoniaku ve vodě je 32,2%.

ZÓNA	Množství uniklé látky v kilogramech			
	1 000	1 500	2 000	18 000
	Maximální rozměry zóny v metrech			
smrtelná	18	23	26	117
zraňující	70	90	110	455
poplach	I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň	

Toxikologie – silné dráždění sliznic očí a dýchacích cest, možnost poškození plic. Ve vysoké koncentraci poruchy centrálního nervového systému	Ochrana - ochranné masky s průmyslovým filtrem "K" Izolační dýchací přístroj Dýchací přístroj SATURN
	První pomoc – postižené osoby přemístit mimo zamořený prostor Při potřísnění svléknout postiženému oděv, provést opláchnutí postižené pokožky vodou, provést výplach očí čistou vodou nebo borovou vodou, provést výplach úst čistou vodou. Předat postiženého na odborné lékařské vyšetření
Technické zařízení – amoniakové chlazení kompresorové, jednostupňové, jako chladivo je použit čistý bezvodný amoniak	Provoz – chladicí zařízení v objektu chlazení
Druh havárie – netěsnost ucpávek a přírub technologického zařízení, porucha na vedení chladicí směsi	Druh nebezpečí – otrava, výbuch, požár
Činnost obsluhy – odstavit zařízení z provozu, uzavřít jednotlivé vstupy a výstupy, odstavit netěsný uzel, činnost provádět v ochranných prostředcích	Okamžitá opatření Informovat strojníka Hlásit na HZS Olomouc 150 Hlásit na policii Olomouc 158 Hlásit na Zs Olomouc 155 Magistrát města Olomouc 588 488 312 Povodí Moravy 585 711 217 Krajský úřad Olomouc 585 508 111 Krajská hygienická stanice Olomouc 585 419 956 Svolat Krizový výbor závodu
	Činnost jednotek Požární – vytvoření ochranné vodní clony Lokalizace případného požáru Účast na záchraně osob Policie – uzavření komunikací Organizace evakuace Záchraná služba – lékařská první pomoc Zabezpečení odsunu zraněných