



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 a ochrana obyvatelstva  
v národním podniku Budějovický Budvar při úniku  
nebezpečných látek**

Vypracoval: Bc. Martin Jirka

Vedoucí práce: prof. Dr. rer. nat. Friedo Zölzer

Konzultant: Ing. Libor Líbal

České Budějovice 2014

## Abstrakt

Diplomová práce popisuje problematiku havarijní připravenosti a ochrany obyvatelstva v národním podniku Budějovický Budvar při úniku nebezpečných látek. Práce je zaměřena na důležité aspekty, které podmiňují zpracování návrhu havarijní dokumentace.

Jedním z aspektů je množství nebezpečné chemické látky – amoniaku. Celkový obsah amoniaku v objektu činí 22 tun. Toto množství je dle *zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů*, 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 zpracovat havarijní dokumentaci (avšak jsou-li krajským úřadem zahrnuti do havarijního plánu, musí poskytovat a aktualizovat požadované podklady). Tato práce se ale nezabývá masivním únikem 22 tun amoniaku. Na základě analýz byly vytipovány 2 rizikové zdroje. Prvním z nich je zásobník o obsahu 10 tun, který je umístěn na střeše strojovny. Maximální reálné zaplnění se pohybuje kolem 6 tun. Druhým rizikovým zdrojem je expanzní nádoba o obsahu 14 tun, nacházející se v budově s cylindrónickými tanky (dále jen „CKT“). Uvažované zaplnění expanzní nádoby se pohybuje kolem 7 tun.

Přestože se v řešeném případě nejedná o objekty a zařízení, ve kterých je nakládáno s takovým množstvím nebezpečných chemických látek, které by byly rozhodné pro zařazení do příslušné skupiny, provedu dostupné analýzy podle předpisů vydaných, ev. podpůrně využívaných k analýzám a hodnocení rizik podle zákona o prevenci závažných havárií.

Nebezpečné účinky amoniaku jsou dalším důležitým aspektem. Podle *vyhlášky č. 103/2006 Sb., o stanovení zásad pro vymezení zóny havarijního plánování*

*a o rozsahu a způsobu vypracování vnějšího havarijního plánu* je amoniak považován za středně toxickou látku, která dráždí oči, sliznice a ve vysokých koncentracích může způsobit i smrt. Velkou výhodou z hlediska ochrany obyvatelstva jsou jeho varovné vlastnosti. Charakteristická štiplavost je znát už ve velmi slabých koncentracích. Také díky jeho rozpustnosti ve vodě není likvidace nebezpečných koncentrací technologicky náročná. Dalším nebezpečným účinkem kromě toxicity je jeho výbušnost (mez výbušnosti 15-28 %) a hořlavost. Naštěstí stále kontrolovaný kondenzační tlak zamezuje vzniku zahoření a výbuchu amoniaku. Riziko exploze amoniaku a jeho zahoření není v práci analyzováno, jelikož rozsah účinků způsobených únikem několika tun amoniaku je z toxikologického hlediska více ohrožující. Dopadem nebezpečných koncentrací nejsou ohroženi jen lidé, ale také zvířata a životní prostředí.

Dalším aspektem uvažovaným v diplomové práci je havarijní připravenost. Havárie může nastat lidským pochybením, přírodními živly nebo dalšími nehodami, při kterých jsou ohroženy životy, zdraví, majetek a životní prostředí. A protože národní podnik Budějovický Budvar není zařazen do skupiny A či B, není zákonem stanovena povinnost k vypracování vnitřního či vnějšího havarijního plánu nebo jiné havarijní dokumentace.

Práce se dále zabývá analýzou a hodnocením rizik. Výsledky tohoto zkoumání jsou důležitým prvkem návrhu havarijní dokumentace. Během zpracování je počítáno s metodami IAEA-TECDOC-727, Dow's Chemical Exposure Index, Odhad toxického působení a softwarovým modelovacím programem ALOHA. Další výzkum je vytvořen prostřednictvím metod Brainstorming a polostandardizovaného rozhovoru se zaměstnanci podniku.

Metodou Dow's Chemical Exposure Index je stanoven dosah ohrožení pro ERPG hodnoty, metodou Odhadu toxického působení je zjištěna smrtelná a zraňující expozice, metodou IAEA-TECDOC-727 je spočítáno společenské riziko a odhad vnějších následků.

Softwarovým programem ALOHA je vizuálně nastíněn dopad účinků havárie s únikem amoniaku se zřetelem na meteorologickou situaci. Výstupem je zóna ohrožení,

kde je znázorněno, jaký rozsah bude mít únik 6 a 7 tun amoniaku a nebezpečné koncentrace v určitém bodě od místa úniku.

Analýza brainstorming a polostandardizovaný rozhovor přinesl do diplomové práce cenné informace ke zpracování návrhu havarijní dokumentace, které nelze zjistit rešerší nebo jinou zde použitou analytickou metodou. Dále byla zjištěna nedostatečnost znalostí u většiny zaměstnanců ohledně dané problematiky.

Závěrem práce je vhodné vypracování návrhu havarijních karet a havarijní dokumentace (byť ne v rozsahu podle zákona o prevenci závažných havárií), podle níž by probíhala reakce na případné úniky nebezpečných chemických látek (amoniaku) do prostředí a ochrana zaměstnanců a veřejnosti nacházejících se v prostorách areálu nebo v zóně účinků amoniaku uniklého mimo areál národního podniku Budějovický Budvar. Využití touto prací navržené dokumentace je vhodné také z hlediska umístění objektu do poměrně hustě obydlené oblasti krajského města České Budějovice.

### **Klíčová slova**

Analýza rizik, Amoniak, Hodnocení rizik, Nebezpečné chemické látky, Havarijní dokumentace, Ochrana obyvatelstva

## **Abstract**

The thesis describes the issue of emergency preparedness and protection of the inhabitants in the National Corporation Budweiser Budvar during the release of hazardous substances. The thesis is focused on important aspects that determine the drafting of emergency documentation.

One of aspects is the amount of hazardous chemical - ammonia. The total ammonia content in the object is 22 tons. This amount is according to the *Act No. 59/2006 Coll., concerning prevention of major accidents caused by selected dangerous chemical substances or chemical preparations and concerning amendment of Act No /2000 Coll., concerning the protection of public health and concerning the amendment of certain associated acts, as subsequently amended, and Act No 320/2002 Coll., concerning the amendment and cancellation of certain acts in connection with the termination of activities of district authorities, as subsequently amended*, as a sub-limit amount and not as an object into group A or B. On these not-classified resources are not subject to some duties under this Act, especially the obligation to prepare an emergency documentation (except where the regional authority include in the emergency plan then must provide and update the required documents). This paper doesn't discuss by the massive leakage of 22 tons of ammonia. On the basis of analyzes were identified two sources of the risk. The first is a reservoir about the content of 10 tons which is located on the roof of the engine room. Maximum real filling is around 6 tons. The second source of risk is an expansion tank about the content of 14 tons, which is located in the building with cylinderconicals tanks (CKT). Considered fulfillment of the expansion vessel is about 7 tons.

Although in this case is not about buildings and facility in which is treated with such a amount of dangerous chemical substances, which would belonged to the relevant group, I will perform available analysis according to a regulations issued or supportively used to analysis and risk assessment in according to the Act No. 59/2006 Coll., concerning prevention of major accidents.

Harmful effects of ammonia are another important aspect. According to the *Notice of the Ministry of Interior No. 103/2006 Coll., concerning establish principles defining the emergency planning zone and the extent and method of preparation of an external emergency plan*, ammonia is taken as moderately toxic substance that irritates the eyes, mucous membranes, and in high concentrations can cause death. The great advantage from the point of view of the protection inhabitants are the warning properties. Characteristic pungency is already known in very weak concentrations. Also disposal of hazardous concentrations isn't technologically challenging, due to its solubility in the water. Another dangerous effect, except the toxicity is its explosiveness (explosive limit from 15 to 28 %) and flammability. Fortunately controlled condensing pressure prevents ignition and explosion of ammonia. Risk of the explosion and ignition of ammonia isn't analyzed in this thesis, because the range of effects caused by leakage of several tons, is from a toxicological point of view more threatening. Impacts of hazardous concentrations aren't threat only for people but also for animals and the environment.

Another aspect under consideration is an emergency preparedness in this thesis. Accidents can happen by human error, acts of nature, or other accidents which threatening life, health, property and the environment. And because Budweiser Budvar National Corporation isn't included in group A or B, there is no statutory obligation to prepare an internal or external emergency plan or other emergency documentation.

The thesis focuses on the analysis and evaluation of risks. The results of this research are an important element of the draft of emergency documentation. During the processing is calculated with methods IAEA-TECDOC-727, Dow's Chemical Exposure Index, Estimation of toxicity and software modeling program ALOHA. Further research is being done by brainstorming and semi-standardized interviews with employees of the company.

By the method of Dow's Chemical Exposure Index is determined the reach of threat for ERPG values, by the method of Estimating of toxicity is detected mortal and wounding exposure and by IAEA-TECDOC-727 is calculated social risk and estimation of external consequences.

With the software program ALOHA is visually outlined the impact of effects of the accidental release of ammonia with a respect to the meteorological situation. The output is a threat zone, where it is shown how extent will have leak of 6 and 7 tons of ammonia and dangerous concentrations at a certain point from the place of accident of the leak.

Analysis of brainstorming and semi-structured interview brought to the thesis valuable information to the drafting of emergency documentation which can't be find here by research or any other analytical method used. Furthermore was finding the lack of knowledge regarding the issue at the majority of employees.

In conclusion of the thesis is appropriate the drafting of emergency cards and emergency documentation (although not in range under the Act of concerning prevention of major accidents), according to which the reaction proceeded for any leakage of dangerous chemicals (ammonia) into the environment and the protection of workers which occur at the public premises or in the premises of the zone of impact of ammonia spilled outside the area Budweiser Budvar, NC. The use of the draft of emergency documentation is also conditioned by the location of the object in relatively densely populated areas of the county town of České Budějovice.

### **Key words**

Risk Analysis, Ammonia, Risk assessment, Hazardous chemicals, Emergency documentation, Protection of inhabitants

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval 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 19. 5. 2014

.....

Martin Jirka



## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval konzultantovi mé diplomové práce panu Ing. Liborovi Líbalovi za cenné rady a odborné vedení. Dále děkuji panu Ing. Štefanovi Győřögovi za věcné poznámky a všem zaměstnancům národního podniku Budějovický Budvar, kteří se zúčasnili analytických metod za vstřícnou ochotu. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat Lucii K. a své rodině za trpělivost a podporu během studia.

## OBSAH

<b>1. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>15</b>
1.1 Základní pojmy .....	15
1.2 Nebezpečné chemické látky.....	18
1.2.1 Označování a identifikace nebezpečných chemických látek a směsí.....	20
1.2.2 Vlivy na šíření nebezpečných chemických látek .....	22
1.2.3 Havárie s únikem nebezpečné chemické látky.....	27
1.2.4 Omezení rozsahu ohrožení.....	28
1.3 Amoniak .....	29
1.4 Právní předpisy.....	32
1.5 Havarijní připravenost .....	38
1.5.1 Havarijní plánování .....	38
1.5.2 Prevence závažných havárií .....	40
1.5.3 Hodnocení rizik nezařazených zdrojů rizik .....	41
1.6 Ochrana obyvatelstva .....	42
1.6.1 Zásady chování obyvatelstva při havárii s únikem nebezpečných chemických látek.....	48
1.7 Analýza a hodnocení rizik .....	50
1.7.1 Přístup deterministický a probablistický.....	51
1.7.2 Příklady dílčích metod hodnocení rizika .....	52
1.7.3 Případové metody analýzy rizik .....	55
1.7.4 Míra rizika.....	59
1.7.5 Přijatelnost rizika.....	60
1.7.6 Softwarové programy .....	60
<b>2. VÝZKUMNÁ OTÁZKA.....</b>	<b>63</b>
<b>3. METODIKA.....</b>	<b>64</b>
<b>4. VÝSLEDKY .....</b>	<b>71</b>
4.1 Výpočty analýz.....	71
4.1.1 Analýza metodou Dow's Chemical Exposure Index pro unikající kapalinu.....	71
4.1.2 Odhad toxického působení.....	77

4.1.3	Odhad vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo pomocí metody IAEA TECDOC-727 .....	79
4.1.4	Odhad pravděpodobnosti výskytu velké havárie.....	84
4.1.5	Společenské riziko .....	88
4.2	Modelace softwarovým programem ALOHA ® 5.4.4.....	90
4.3	Návrh havarijní dokumentace .....	97
4.3.1	Informační část .....	97
4.3.2	Operativní část.....	103
4.3.3	Grafická část.....	118
<b>5.</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>120</b>
<b>6.</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>127</b>
	<b>SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....</b>	<b>129</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>136</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>137</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>138</b>

## Seznam zkratek

<b>ADR</b>	Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po silnici (L'Accord européen relatif au transport international des marchandises <b>d</b> angereus par route)
<b>Dow's CEI</b>	index chemické expozice společnosti Dow Chemicals (Dow's Chemical <b>E</b> xposure <b>I</b> ndex)
<b>CKT</b>	cylindrokónický tank
<b>TCTV</b>	telefonní centrum tísňového volání
<b>EEC</b>	Evropské hospodářské společenství (European Economic Community)
<b>EPS</b>	elektronická požární signalizace
<b>EU</b>	Evropská Unie
<b>HZS ČR</b>	hasičský záchranný sbor
<b>IZS</b>	integrovaný záchranný systém
<b>LC<sub>50</sub></b>	koncentrace pro 50% úmrtnost (střední smrtná koncentrace)
<b>JSVV</b>	jednotný systém varování a vyrozumění
<b>LPG</b>	zkapalněné ropné plyny (obvykle tvořen dvěma plyny: propan a butan)
<b>MU</b>	mimořádná událost
<b>MŽP</b>	Ministerstvo životního prostředí
<b>NCHL</b>	nebezpečné chemické látky
<b>NL</b>	nebezpečné látky
<b>PaPFO</b>	právnícká a podnikající fyzická osoba
<b>ppm</b>	počet částic na milion (parts per million)
<b>PVC</b>	polyvinylchlorid
<b>RID</b>	Mezinárodní řád týkající se mezinárodní dopravy nebezpečného zboží po železnici ( <b>R</b> eglement concernant le transport <b>i</b> nternational des merchandise <b>d</b> angereus par chemin de fer)
<b>TRINS</b>	transportní informační a nehodový systém
<b>VniHP</b>	vnitřní havarijní plán

## Úvod

V České republice používá bezvodý amoniak (klasifikovaný jako toxická látka) v technologii chlazení nespočet zařízení, mezi které řadíme pivovary, mlékárny, mrazírny, zimní stadiony, jatka atd. Přesto zmíněné objekty a zařízení využívající amoniak jako chladicí médium často nespádají pod dikci *zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů*, jelikož je hmotnostní limit pro zařazení objektů nebo zařízení dle tohoto zákona do skupiny A stanoven na více než 50 tun a méně než 200 tun. To ovšem znamená, že zdroje rizik s 50 tunami a méně amoniaku jsou v podstatě zákonně osvobozeny od zajištění prevence závažných havárií a tím pádem jsou zaměstnanci, obyvatelé, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek méně chráněny před nebezpečnými účinky nebezpečných chemických látek.

Bez ohledu na to, jak velká pozornost je věnována vybavení a personálu, neexistuje žádná záruka, že u jakéhokoliv zařízení nedojde k nechtěnému a nečekanému úniku amoniaku, protože během několika let provozu zařízení podléhá korozi, erozi, tlaku, nechtěným nárazům a jiným činnostem, které mohou postupem času vést k úniku nebo rozlítí chladicího média. Z těchto důvodů je důležité, aby zaměstnanci byli řádně vyškoleni a vybaveni, pro zajištění schopnosti najít a izolovat jakýkoli únik nebo rozlítí. Měli by být též obeznámeni s bezpečnostními listy.

Stejným podmínkám čelí i Budějovický Budvar n. p., a proto bych chtěl přiblížit situaci, kdy i z nezařazeného zdroje může dojít k závažné havárii, která svými účinky a dopady ohrožuje mnoho lidských životů, hospodářská zvířata a životní prostředí.

Pro zajištění technických a havarijních informací jsem využil brainstormingu, polostandardizovaných rozhovorů, softwarového modelovacího programu ALOHA a případových studií analýzy rizik.

Softwarový program ALOHA použiji pro modelování následků havárie s únikem amoniaku, s jehož pomocí graficky znázorním plochu zasaženou amoniakem, jeho koncentraci v určité vzdálenosti od místa úniku, rychlost úniku a celkové uniklé množství. Pro komparaci výsledků jsem použil kromě softwarového programu i metody pro analýzu rizik. Analýzou metody Dow's CEI jsem kromě indexu chemického ohrožení vypočítal odhad nebezpečné vzdálenosti, rychlost unikající kapaliny, celkové množství uniklé kapaliny, plohu vzniklé louže a rychlost jejího odparu. Analytickou metodou Odhad toxického působení jsem spočítal rozsah smrtelné a zraňující expozice pro únik amoniaku. Pomocí metody IAEA – TECDOC – 727 jsem zjistil dopad na obyvatelstvo a zaměstnance v případě úniku amoniaku z jednotlivých zásobníků a pravděpodobnost výskytu této události, kterou jsem zanesl do matice společenského rizika.

Na základě výsledků již zmíněných analýz jsem si stanovil cíl diplomové práce, kterým je: vhodné vypracování návrhu havarijních karet a havarijní dokumentace, podle níž by probíhala reakce na případné úniky nebezpečných chemických látek do prostředí a ochrana zaměstnanců a veřejnosti nacházejících se v prostorách areálu nebo v zóně účinků nebezpečných látek uniklých mimo areál podniku.

# 1. TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Základní pojmy

**Riziko** lze matematicky vyjádřit riziko jakou součin ohrožení a zranitelnosti. Ohrožení je velikost mimořádné události (dále jen „MU“) zahrnující škodlivé interakce a zranitelnost je citlivost k chráněným zájmům na projevy MU (škodlivé interakce) v dané oblasti. Z tohoto důvodu je při stanovení rizik důležité určení chráněných zájmů, nepřijatelných dopadů a jevů, které by měli dopady na chráněné zájmy. Avšak ne všechna rizika lze odstranit, proto se musí s určitými riziky vždy počítat a připravovat se na ně. Za určitých podmínek už nezáleží na množství vynaložených finančních prostředků, protože riziko již dále neklesá. Z tohoto důvodu je vhodné riziko řídit, tedy eliminovat ho na nejmenší možnou míru. (1)

**Nebezpečí** je definováno vlastností látky nebo fyzikálním stavem, který má schopnost způsobit škodu na životech, zdraví, majetku nebo životním prostředí. (2)

**Havárie** je mimořádná událost, která vznikla v souvislosti s provozem technických zařízení a budov, užitím, zpracováním, výrobou, skladováním nebo přepravou nebezpečných látek včetně nakládání s nebezpečnými odpady. V průmyslu se využívá termínu průmyslová nebo provozní havárie, ke které dochází při neočekávané situaci při práci nebo v případě narušení technologického procesu, které vedou k úmrtí osob, zřícení budov, materiálních hodnot atd. Havárie s únikem nebezpečných chemických látek (dále jen „NCHL“) jsou podle *zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů* (dále jen „zákon o prevenci závažných havárií“)

definovány jako: „*mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, například závažný únik, požár nebo výbuch, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení, v němž je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována, a vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážnému dopadu na životy a zdraví lidí, hospodářských zvířat a životní prostředí nebo k újmě na majetku*“ (1)

K **expozi**ci dochází při vystavení lidského organismu účinkům nebezpečné chemické látky. Je to proces vnikání látky do těla včetně transportu do místa účinku. Expozici můžeme rozdělit podle místa pronikání do organismu na inhalační, perorální a perkutánní (přes kůži) a další. Expozici lze dále rozdělit na akutní či chronickou a na jednorázovou nebo opakovanou. (3)

**Přípustný expoziční limit (PEL)** je celosměnově časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, kterým mohou být za současného stavu znalostí vystaveni 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. (4)

**Nejvyšší přípustné koncentrace (NPK)** chemických látek v pracovním ovzduší jsou takové koncentrace, které nesmí být v žádném případě během pracovní doby překročeny. (4)

**NOAEL** (*no observed adverse effect level*) je nejvyšší dávka, která ještě nezpůsobuje škodlivé účinky na lidské zdraví. (4)

**LOAEL** (*lowest observed adverse effect level*) je nejnižší dávka, při které byl pozorován nepříznivý účinek na organismus. (4)



**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. (4)

**ERPG–1** 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). (4)

**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. (4)

**ERPG–3** je maximální koncentrace látky v ovzduší, u které se předpokládá, že exponovaní jedinci v délce 1 hodiny budou ještě bez prožitků nebo rozvoje zdravotních účinků ohrožujících na životě. (4)

**AEGL–1** je koncentrace chemické látky ve vzduchu, která může obyvatelstvu způsobit mírné zdravotní potíže. (5)

**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. (5)

**AEGL–3** je koncentrace chemické látky ve vzduchu, která je pro obyvatelstvo smrtelná nebo životohrožující. (5)

## 1.2 Nebezpečné chemické látky

Nebezpečné chemické látky a směsi se rozdělují dle *zákona č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (dále jen „chemický zákon“)* 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. (6)

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. (6)

V případě uniku takto nebezpečné chemické látky, může dojít k ohrožení nejen lidí, kteří se nachází poblíž místa úniku, ale i lidí v okolí nehody a to pomocí fyzikálních, fyzikálně-chemických, chemických a toxikologických vlastností uniklé látky. Navíc nebezpečnosti přidává i to, že řada látek ve směsi se vzduchem a za přítomnosti vhodného iniciačního zdroje vybuchuje. Při havárii z pohledu ochrany obyvatelstva hrají také důležitou roli některé vlastnosti uniklých toxických látek, jako je zápach, barva nebo projevy nebezpečné chemické látky na organismus. Avšak toxické látky mohou vznikat i při hoření. Nemusí se uvolňovat jen oxid uhelnatý, ale například při hoření bez přístupu vzduchu u některých umělých vláken uniká kyanovodík nebo u polyvinylchloridu (dále jen „PVC“) fosgen. (6)

### Přeprava nebezpečných chemických látek

Mezi jednou z nejčastěji přepravovaných a skladovaných toxických látek patří amoniak, který se využívá v řadě chemických výroby a jako chladicí medium. (6) V silniční dopravě je povoleno přepravovat nebezpečné látky díky mezinárodní dohodě o silniční přepravě nebezpečných věcí (dále jen „ADR“), v železniční dopravě pomocí

mezinárodní dohody o železniční přepravě nebezpečného zboží (dále jen „RID“). (7) U ADR lze nalézt potřebné údaje o chemické látce v nákladových listech (UN kód, počet kusů, třída a číslice ADR, hmotnost/objem) a v písemných pokynech pro řidiče (UN kód, název a identifikační číslo, bezpečnostní opatření, charakter látky, a jak se chovat při havárii). V rámci železniční dopravy je důležitým dokumentem nákladní list, kde lze nalézt název přepravované látky, UN kód, třída a číslice RID. (8) Dále se využívá grafického označení NCHL pomocí bezpečnostních značek, a to jak při přepravě, tak při skladování. (6)

V případě havárie jsou dalšími doklady písemné pokyny pro řidiče, kde jsou základní informace pro provedení zásahu a ochrany obyvatel. (8) Dále lze využít i služby transportního informačního a nehodového systému (dále jen „TRINS“), kterou tvoří síť středisek po celé republice, jež se skládá ze společností podnikajících v chemickém průmyslu, (7) například Chemopetrol, Spolana, Aliachem, Chemické závody. (6) TRINS lze využít v případě, kdy nelze dostatečně rychle kontaktovat výrobce nebo distributora anebo doklady o látce jsou nedostupné. Tato pomoc se zásadně poskytuje přes operační střediska. TRINS poskytuje služby ve třech formách, podle závažnosti. První forma je telefonická porada. Druhá už je porada na místě události a třetí je vyslání specializovaného týmu, který pomůže přímo v místě zásahu. (7)

Během zdolávání mimořádných událostí může Hasičský záchranný sbor ČR (dále jen „HZS“) využít databáze *Nebezpeční látky* a *Medis Alarm*. Mezi specifické informace z těchto databází patří Diamant, dekontaminace, H a P věty a u databáze *Nebezpečné látky* i informace o reaktivitě nebezpečných látek se sloučeninami a nutnosti použití ochranných obleků. (7)

### 1.2.1 Označování a identifikace nebezpečných chemických látek a směsí

Je mnoho způsobů jak identifikace dosáhnout, ale tradiční je využití UN kódu, Kemler kódu, dále existuje možnost využití indexového čísla nebo CAS. (7)

#### CAS číslo

CAS je mezinárodní číslo, sloužící k jednoznačné identifikace látky v Chemical Abstracts Services. (9)

#### Indexové číslo

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. (9)

#### Kemler kód

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. (7)

#### UN kód

UN kód označuje identifikační číslo nebezpečné látky, dle dohod ADR a RID. 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. (7)

### **Bezpečnostní list**

Bezpečnostní list je hlavním dokumentem pro sdělování informací, které se týkají vlastností látek a přípravků. Bezpečnostní list by měli mít povinně na pracovišti všichni zaměstnanci nebo jejich zástupci pro přístup k informacím o nebezpečných chemických látkách a přípravcích/směsích, jejichž účinkům mohou být vystaveni a umožňuje osobám zacházejícími těmito látkami či přípravky přijímat cílená opatření k ochraně života a zdraví. (9)

### **Bezpečnostní značka**

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 obdelníku 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 označeni i na bočních stranách a navíc mají ještě na bocích a zadní části bezpečnostní značky. (8)

Podle Evropské dohody o mezinárodní silniční a železniční přepravě nebezpečných látek, jsou tyto látky rozděleny do tříd nebezpečnosti podle fyzikálně chemických vlastností (Příloha č. 1). Každá třída má tak přiřazený vlastní grafický symbol. (10)

### **Označení obalů nebezpečných chemických látek**

Označení NCHL na obalu je značeno 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. (9) Na označení nebezpečnosti se pro Kemler kód používá kombinace devíti číslic (Příloha č. 2). (10)

### **1.2.2 Vlivy na šíření nebezpečných chemických látek**

Únik a následné šíření NL je ovlivněno především jejími fyzikálně-chemickými vlastnostmi, množstvím, rychlostí úniku do ovzduší a parametry atmosféry. Mezi fyzikálně-chemické vlastnosti můžeme zařadit teplotu varu, měrné teplo, měrné výparné teplo nebo dále hutnost plynů a par. (4) Rychlost šíření oblaku látky dále závisí na zdroji úniku a jeho umístění, na vlastnostech, druhu a množství uniklé látky, na způsobu úniku, na členitosti a pokrytosti terénu a na meteorologických podmínkách. Meteorologické podmínky pak ovlivňuje například vertikální stálost atmosféry (izomerie, inverze, konvekce), směr a rychlost přízemního větru, teplota či vlhkost atmosféry. (6)

#### **Vliv fyzikálně-chemických vlastností**

##### Teplota varu

Na teplotě varu do jisté míry závisí, jak bude NL 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). (4)

##### Měrné teplo

Měrné teplo vyjadřuje, jaké množství tepla přijme 1 kg látky, aby se ohřála o 1°C. U plynů je třeba určit přesně probíhající děj, například zda se zachovává konstantní tlak nebo objem. Měrné výparné teplo je množství tepla, které musíme dodat látce v kapalném stavu za daného tlaku k přeměně na fázi plynou. Tyto veličiny hrají

důležitou roli pro rychlost a hmotnost výronu a odparu nebezpečné látky (4) – u havárie stlačeného nebo zkapalněného plynu, během které dochází k okamžitému odparu (k čemuž je zapotřebí velké množství energie, která je získávána z okolí) hrozí riziko omrzlin. (6)

### Hutnost plynů

Hutnost plynů a par lze vypočítat na základě relativní molekulové hmotnosti. Výsledná hutnost plynů a par následně určuje, (4) 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. 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 a ohrožovat tak obyvatelstvo v podzemních prostorech. Kromě toho, že může jejich koncentrace způsobit různé otravy, také mohou vytěsňovat vzduch a tedy i kyslík (min 17 % O<sub>2</sub>, aby byl vzduch dýchatelný). (6)

### **Vliv meteorologických podmínek na šíření oblaku nebezpečných chemických látek**

Meteorologické podmínky jsou ovlivňovány směrem a rychlostí větru a stabilitou atmosféry, která vychází z vertikálního tepelného zvrstvení. (11)

Směr a rychlost větru ovlivňuje chování chemické látky, teplota vzduchu a půdy zase ovlivňuje skupenství, dobu účinku a stálost na kontaminovaném terénu. U srážek déšť sráží částice v oblaku a smývá rozpustné látky z povrchů. Oblačnost sice neovlivňuje chování uniklé látky, ale ovlivňuje teplotu vzduchu a vertikální stálost vzduchových vrstev tím, že zabraňuje průniku slunečnímu záření. (12)

Velikost zóny, kde dochází k opatřením pro ochranu obyvatelstva, je závislá na parametrech atmosféry, jako je právě již zmíněný vertikální teplotní gradient, rychlost a směr větru, vertikální profil rychlosti větru a atmosférická difúze. (4)

## **Vliv atmosférické difúze**

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 způsobena 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). (4)

## **Vliv vertikálního teplotního gradientu**

Jestliže se vzduchová částice pohybuje v atmosféře vertikálním směrem, při vzestupu se ochlazuje a při sestupu ohřívá. Z toho plyne, že při vzestupu nebo sestupu látky v atmosféře dochází ke změnám tlaku a rozpínání látky. Při vertikálním teplotním gradientu dochází ke změně teploty vzduchu na jednotku výšky (evropská hodnota uvádí  $-0,6 \text{ }^\circ\text{C} / 100 \text{ m}$ ). Tento gradient charakterizuje teplotní rozvrstvení ovzduší. Změny v teplotním vertikálním gradientu ve spodních vrstvách atmosféry lze charakterizovat jako inverzi, izotermii, konvekci a adiabatický gradient (nedochází k výměně tepla mezi okolím). (4)

### Inverze

Teplota vzduchu roste s výškou, promíchávání vzduchu je tlumeno a vertikální pohyby v atmosféře jsou bržděny. K inverzi dochází za rychlého ochlazení zemského povrchu a vznik je nejčastější za jasných bezvětřných nocí. Pokud uniknou NL, nejvyšší koncentrace se udržují v přízemní vrstvě atmosféry. (4)



## Izotermie

Izotermie většinou vzniká za oblačnosti během ranních a večerních hodin. Vertikální pohyby jsou v atmosféře brzděny, promíchávání vzduchu je tlumeno, avšak méně než u inverze. (4)

## Konvekce

Konvekce vzniká za jasných letních dnů při západu nebo východu slunce, (4) kdy se vzduch ohřívá těsně nad zemským povrchem a rychle stoupá vzhůru. Horní chladnější vrstvy oproti tomu klesají a dochází k cirkulaci i turbulenci a oblak nebezpečné chemické látky se trhá, rozptyluje a koncentrace slábnou. (12)

## **Třídy stability**

Atmosférická stabilita má velký vliv na způsob rozptylu látek v atmosféře. Mnoho výpočetních programů počítá s Pasquillho třídami značených A – F. Tyto třídy závisí převážně na rozdílu teplot mezi atmosférou a povrchem. (13) Třídy lze charakterizovat jako třídy stability dle Pasquilla (Příloha č. 3) a dle Bubníka a Klodovského (Příloha č. 4). (11)

Obě zmíněné klasifikace se liší počtem tříd i charakteristikou stability ovzduší. Z hlediska praktických aplikací se používá konverze tříd stability podle Bubníka do tříd stability podle Pasquilla důležitých pro modelování následků úniku toxických látek. Třídy stability 1 a 2 podle Bubníka reprezentují třídu stability F podle Pasquilla. Obdobně třída 3 a 4 reprezentuje třídu stability D, třída 5 reprezentuje třídu B. Při srovnání obou členění lze konstatovat, že inverze 1. třída odpovídá označení F a nejčastější neutrální podmínky 4. třída odpovídají označení D. (11)

Pro účely modelování následků úniku nebezpečných látek se přednostně používají třídy stability B, D, E a F. Konverzi ze 6 tříd stability podle Pasquilla do 4 tříd stability obvykle používaných pro modelování následků znázorňuje Příloha č. 5. (11)

Abychom mohli určit meteorologickou situaci pro modelování úniku nebezpečných látek, musíme znát podmínky, za nichž se tak děje. Můžeme počítat konzervativně s těmi nejhoršími, nebo využít průměrné hodnoty viz Příloha č. 6.

### **Vliv rychlosti a směru větru**

Rozptyl látek též ovlivňuje rychlost větru a pro účely analýz se přihlíží k Beaufortovu rozdělení, viz Příloha č. 7. (13)

S průměrnou rychlostí větru na daném území lze počítat jako s přibližnou rychlostí šíření NL v atmosféře. Dojde-li k nárůstu rychlosti větru, dochází ke vznosu NL nad zdroj havárie a zároveň k urychlení zředování v horizontálním směru. (4)

Směr větru je určován podle světových stran nebo podle úhlových stupňů. Na směr větru má vliv rozložení terénu (údolí, hory, lesy) a zastavěnost území (orientace staveb). (4)

Pasquillovu typizaci rozptylových podmínek lze rozdělit podle průběhu dne v závislosti na síle větru (Příloha č. 8). (13)

### **Vliv vertikálního profilu rychlosti větru**

To, jak se budou šířit NL v atmosféře, do jisté míry závisí na vertikálním profilu rychlosti větru. Závislost rychlosti větru na výšce nad terénem lze vyjádřit pomocí: (4)

*Lajchtmanova vztahu*

$$v = v_1 \cdot \frac{z^\epsilon z_0^\epsilon}{z_1^\epsilon z_0^\epsilon} \quad [m/s]$$

nebo například

*Hellmanova vztahu*

$$v = v_1 \cdot \left(\frac{z}{z_1}\right)^n \quad [m/s]$$

Hodnoty potřebné k výpočtu Lajchtmanova a Hellmanova vztahu jsou k nalezení v Přílohách č. 9, 10 a 11.

## Vliv terénu na šíření oblaku nebezpečných chemických látek

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. (13) 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. 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 rovinnatého nepokrytého terénu odpovídá asi 2 kilometrům hloubky lesa. (12)

### 1.2.3 Havárie s únikem nebezpečné chemické látky

Mezi nejčastější příčiny úniku nebezpečných látek patří technologické havárie. Z pohledu do historie lze uvést například havárii v Bhopálu, kdy doposud zemřelo na následky havárie přes 5 000 lidí, nebo havárie v Sevesu, která zapříčinila rozsáhlou kontaminaci terénu a rozsáhlou evakuaci obyvatelstva. (3) Mezi nejčastější příčiny těchto úniků jsou: (13)

- a) technologické nedostatky (nedostatečná znalost bezpečnostních parametrů, neadekvátní bezpečnostní a jistící prvky);
- b) selhání lidského činitele (chybný řídicí proces, nedostatečně kvalifikovaný personál, stres, úmysl);
- c) technická závada (konstrukční nedostatky, únava materiálu, skryté vady, koroze či opotřebení).

Havárie při úniku NCHL má specifické projevy, které se projevují určitými znaky jako viditelné projevy, zápach, mlha v místě havárie nebo při požáru neobvyklá barva

plamene. Tyto projevy mohou doplňovat i akustické jevy jako sykot unikajícího plynu, výbuchy apod. (6)

### **Havárie spojené s únikem amoniaku**

V pivovarech je k chlazení běžně využíván amoniak, ale není ho tolik, aby zařízení spadalo pod zákon o prevenci závažných havárií, jelikož dle tohoto zákona mají podlimitní množství amoniaku, což je méně než 50 tun, a tak nemusí zpracovávat dokumentace, které se týkají prevence a připravenosti na závažné havárie. Přesto můžeme předpokládat, že by v případě úniku většího množství amoniaku došlo k havárii, která by ohrožovala životy a zdraví lidí přítomných nejen v areálu, ale i v jeho okolí. Proto je vhodné věnovat pozornost analýze rizik v pivovaru s cílem posoudit, zda může při havárii chladícího zařízení dojít k ohrožení obyvatelstva. Na základě problému je třeba zhodnotit skutečný technický stav chladícího zařízení, vyhodnotit běžné poruchy, které jsou spojené s únikem amoniaku a podchytit je, vyobrazit následky úniku amoniaku a na základě těchto pozorování podpořit modernizaci stávajícího zařízení. (13)

Stručný přehled úniků amoniaku v České republice lze nalézt v Příloze č. 12. Pokud se ohlédneme na celosvětové statistiky velkých havárií, pak můžeme říci, že nejčastější příčinou havárií je až z 80 % lidská chyba, (14) více v Příloze č. 13 a 14.

#### **1.2.4 Omezení rozsahu ohrožení**

##### **Odvětrání nízko ležících prostor**

V prostorách jako jsou kanály, sklepy apod. může vzniknout nebezpečí otravy. Jedná se především o páry a plyny těžší než vzduch. Odvětrání se používá většinou tehdy, když šíření látky je ve venkovním prostoru omezeno. Lze využít lehkou pěnu k vytěsnění škodlivin z nízko ležících prostor. (7)

## Snížení odparu

Odpar lze snížit například přikrytím (fólie, střední pěna), přečerpáním do uzavřených nádob nebo snížením teploty. (7)

## Omezení rozsahu ohrožení dalšími činnostmi (7)

- a) **Utěsnění trhlin na obalu** či armatuře lze pomocí plastických klínů, instalačních zátek, těsnících vaků s popruhy, těsnících tkanin, hydraulických nůžek, speciálního tmelu apod.
- b) **K přečerpávání látek** nám mohou pomoci hadice nebo čerpadla.
- c) V případě **ohraničení vyteklé a rozšiřující se nebezpečné látky** lze použít pneumatické a hydrostatické uzávěrky kanalizačních vpustí, plastové fólie nebo ruční ženíjní nářadí.
- d) Ke **snížení kontaminace** okolního prostředí můžeme využít různé sorbenty, neutralizační prostředky.
- e) **Srážení par a plynů** je efektivní v omezené míře jen u látek, které se dobře rozpouští ve vodě, u ostatních látek lze zabránit vyšší koncentraci nebo šíření pomocí vodní clony.

## 1.3 Amoniak

Amoniak je lehčí než vzduch a běžně se používá v průmyslu k výrobě hnojiv, amonných solí, kyseliny dusičné, (8) umělých hmot, výbušnin, kaučuku, farmaceutických výrobků. (15) Dá se též snadno zkapalnit a když se odpařuje, absorbuje velké množství tepla, aniž by se změnila jeho teplota. Z těchto důvodů je široce používán jako chladivo. (16)

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. (17) Jenom v Českých Budějovicích amoniak využívá: Budějovický měšťanský pivovar a.s. + Pivovar Samson a. s., Budějovický Budvar n. p., MADETA a. s., Záruba M+K a. s. a zimní stadión. (18)

### **Fyzikálně chemická charakteristika**

Tento bezbarvý hořlavý plyn je charakteristický štiplavým zápachem a dráždivými účinky. Dobře se rozpouští ve vodě (dráždí hlavně horní cesty dýchací), (8) za vysokého tlaku jej lze stlačit na kapalinu a s kyselinami reaguje za vzniku amonné soli. (15) Během odpařování z kapalně fáze tvoří chladné mlhy, které jsou těžší než vzduch (rozlitý amoniak je přiveden ihned do varu, během kterého ochlazuje okolí). (17)

Amoniak je pro vodní organizmy velmi toxický. V půdě jsou jeho nízké koncentrace běžné (výživa rostlin), avšak vyšší koncentrace se luhují do spodních vod a ty se stávají závadnými. Mimo jiné je amoniak obsažen v tzv. „kyselých deštích“, které negativně ovlivňují vegetaci a živočichy. (15)

Ve směsi amoniaku se vzduchem jsou meze výbušnosti 15 až 28 %. Pod koncentrací 15 % se vzduchem je nebezpečí zapálení směsi malé, protože teplota směsi je pod zápalnou teplotou. V chladicím zařízení s amoniakem, které je správně vyrobeno a podle předpisů naplněné a provozované, je nebezpečí exploze téměř nemožné. Chladicí zařízení musí být dále dobře odvodušněno, což je signalizováno vysokým (nepřiměřeným) kondenzačním tlakem. (19)

Amoniak se velmi rychle ohřívá a cítit ho můžeme již v malých koncentracích. Z tohoto důvodu se také nevyužívá v nákupních střediscích (v chladicích vitrínách, nebo v klimatizačních zařízeních ve velkých halách), protože už při malých únicích tohoto chladiva je silně cítit a dochází ke strachu a panice, i když při malé koncentraci není životu nebezpečný. (Lidský čich je schopen zachytit relativně malé množství od 0,005 % ve vzduchu, což je 5 ppm, resp. 3,5 mg/m<sup>3</sup> vzduchu.) (19)

Prakticky je nemožný únik celé náplně nebo soustavy nádob velkého obsahu, neboť pro vypařování amoniaku je potřeba velké výparné teplo asi 1370 kJ/kg, které po rychlém ochlazení prostředí není k dispozici. Po vylití amoniaku na podlahu se

z 1 m<sup>2</sup> vypaří v prvních 2 minutách 0,23 kg amoniaku, v 2. až 10. minutě po 0,11 kg a v 10. až 120. minutě po 0,03 kg pro nedostatek zdroje tepla. (19)

Více informací o fyzikálně chemických vlastnostech amoniaku je k nalezení v Příloze č. 15.

### **Příznaky zasažení**

Vysoké koncentrace způsobují zástavu dechu a edém plic, což může vést až ke smrti. Jakmile dojde k inhalaci, může docházet ke dráždění ústředního nervstva, křečím, poškození ledvin a u těhotných k potratu. (4) Chronické působení nižších koncentrací může způsobit zelený zákal, (15) rozedmu plic, podráždění spojivek, sliznice nosohltanu a průdušek. (4) Styk s tekutinou vyvolává na nechráněných částech těla těžké omrzliny. (20)

K toxickým účinkům amoniaku dochází při příjmu takového množství, které je větší než tělo dokáže detoxikovat. Mezi expoziční cesty patří sliznice dýchací soustavy nebo exponovaná část kůže. Dlouhodobý pobyt v koncentracích 20 až 100 ppm je ještě přijatelný. Vzhledem k rychlému návyku lze vydržet v koncentracích 300 až 500 ppm i hodinu. Půl hodiny v koncentracích 2500 ppm je už životu nebezpečný a koncentrace přes 5000 ppm je smrtelná. U koncentrace nad 10 000 ppm dochází k poškozování kůže a je nebezpečná i přes ochranu dýchacích cest, (4) více v Příloze č. 16.

### **První pomoc**

Mechanismus otravy je vysvětlován vysokou rozpustností amoniaku ve vodě, kdy vzniká hydroxid amonný, jenž současně se značným místním tepelným účinkem (chemická reakce) působí destrukci sliznic a poleptání. (17)

První pomoc spočívá v přenesení postižených mimo zamořený prostor na čerstvý vzduch, uložení do stabilizované polohy a uvolnění těsných součástí oděvu. Potřísněné části oděvu (včetně obuvi) ihned vysvléknout (vyzout). Postižená místa na těle důkladně

opláchnout vodou. Při zasažení očí promývat 10-15 minut vodou a poté použít borovou vodu. (20)

Postižený musí mít úplný tělesný klid, je možné podávat uklidňující léky a zajistit ochranu proti chladu. Je zakázáno podávání alkoholických nápojů a kouření. Dále je možné je inhalovat vodní mlhu nebo 1% roztok kyseliny octové nebo citrónové. Při silném podráždění dýchacích cest lze proti kašli aplikovat použití aerosolového dávkovače s dexamethasonem podle návodu k použití a neprodleně zajistit odsun do zdravotnického zařízení, resp. přivolat lékaře. (20)

## **1.4 Právní předpisy**

### **Seveso I**

Směrnice Rady 82/501/EEC byla přijata na základě vzniku závažné havárie v italském Sevesu. Cílem této směrnice je především pro členské země Evropské unie (dále jen „EU“) zavedení jednotné a harmonizované legislativy, vztahující se na prevenci a připravenost na závažné průmyslové havárie s možným mezistátním dopadem a zpracování a uplatnění vhodných a účinných opatření. Mezi povinnosti provozovatelů a správních orgánů patří zejména oznamovací povinnost a povinnost zpracovat bezpečnostní studii, vypracovat havarijní plány, poskytovat informace a povinnost provádět kontroly. (13)

Díky této směrnici sice vznikaly postupy k vytvoření taktik pro oblast prevence havárií, ale bohužel se praktická aplikace v jednotlivých členských státech EU lišila. Z tohoto důvodu bylo potřeba tuto směrnici novelizovat s cílem eliminovat rozdíly v prevenci jednotlivých u členských států a zajistit vyšší úroveň bezpečnosti. Směrnice SEVESO I, která byla následně nahrazena Směrnicí SEVESO II, byla v České republice implementována jako zákon č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií. (13)



## Seveso II

U směrnice Rady 96/82/ES došlo k jednoduššímu zpracování než u Seveso I, například není rozlišována výroba nebezpečných látek a jejich skladování, došlo k redukci a úpravě seznamu nebezpečných látek, další úpravou si prošla kategorizace nebezpečných látek (např. přibyly látky nebezpečné pro životní prostředí), bylo zavedeno sčítání nebezpečných látek pro stanovení jejich celkového množství v podniku, dále podniky mají oznamovací povinnost včetně zpracování bezpečnostní studie. Novým požadavkem této směrnice se stalo zavedení bezpečnostního managementu, jehož správnost a funkčnost je předmětem kontrol. (13)

Bezpečnostní management klade důraz na bezpečnostní opatření podniku, aby byly sníženy všechny možnosti vzniku havárie. Další změna proběhla i v oblasti havarijního plánování, kde došlo ke konkretizaci obsahu s cílem minimalizovat účinky dopadů havárie a zajistit ochranná opatření na ochranu života, zdraví a životního prostředí před následky havárie, což zahrnuje i informování veřejnosti a správních úřadů. Aplikací podmínek ze směrnice SEVESO II vznikl zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, který nahradil dřívější zákon č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií. (13)

### **Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů**

Důležitým dokumentem pro havarijní plánování je zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích. Ten ukládá povinnosti právnickým a podnikajícím fyzickým osobám (dále jen „PaPFO“) při shromažďování a poskytování informací ohledně výskytu a vlastností nebezpečných chemických látek a směsí. (21)

Zákon upravuje práva a povinnosti PaPFO při: *„výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek nebo látek obsažených ve směsích nebo předmětech, dále při klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování a uvádění na trh*

*a dále tento zákon upravuje laboratorní praxi působnost správních orgánů při zajišťování ochrany před škodlivými účinky látek a směsí.“ (22)*

Dále zákon klasifikuje nebezpečné látky a směsi jako: výbušné, oxidující, extrémně hořlavé, vysoce hořlavé, hořlavé, vysoce toxické, toxické, zdraví škodlivé, žíravé, dráždivé, senzibilizující, karcinogenní, mutagenní, toxické pro reprodukci a nebezpečné pro životní prostředí. (22)

### **Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů**

Dojde-li u PaPFO k havárii nebezpečných chemických látek, a je-li tato osoba vlastníkem, správcem nebo uživatelem uvedených zařízení či budov, je povinna se dle tohoto zákona podílet na přípravě záchranných a likvidačních prací tím, že poskytne hasičskému záchrannému sboru údaje o zdrojích rizik, následcích havárie, likvidace havárie, účincích na obyvatele a životní prostředí a o opatřeních, které má ve své působnosti k provedení záchranných a likvidačních prací. Díky těmto povinnostem je zajištěno, že i ten, kdo havárii způsobil, se bude podílet na její likvidaci a asanaci. (23)

### **Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů**

Zákon se zabývá oblastí ochrany životního prostředí v průmyslových podnicích (stanovení provozních podmínek, emisních limitů pro znečišťující látky, přípustných limitů pro hluk, vibrace, teplo) včetně požadavku na prevenci průmyslových havárií a minimalizaci jejich dopadů na člověka a životní prostředí. (24)

## **Zákon č. 262/2006 Sb., Zákoník práce**

Z hlediska zpracovávaného tématu lze využít tyto povinnosti ze zákoníku práce. (25) Zákoník práce se mimo jiné zabývá prevencí rizik, kde ukládá provozovatelům povinnosti vyhledávat rizika, zjišťovat jejich příčiny a zdroje a přijímat opatření k jejich odstranění. (14)

Zaměstnavatel je povinen zajistit bezpečnost a ochranu zdraví zaměstnanců při práci s ohledem na rizika, které mohou ohrozit jejich život a zdraví při výkonu práce (např. prevence rizik, což jsou taková opatření, která mají za cíl odstranit rizika, předcházet jim anebo minimalizovat působení neodstranitelných rizik. Pokud rizika nelze odstranit, musí je zaměstnavatel vyhodnotit a následně přijmout opatření, který omezí jejich působení a ohrožení bezpečnosti bude minimalizováno, s tím souvisí i povinnost poskytnout zaměstnancům k práci osobní ochranné prostředky. Zaměstnavatel rizika také vyhledává a na základě jejich vyhledání provádí hodnocení, pomocí kterého přijímá různá opatření. Vyhledávání a hodnocení rizik je ze zákona povinné dokumentovat. Příkladem přijímaných opatření pro prevenci rizik může být například: omezení vzniku rizik nebo odstranění rizik u zdroje jejich původu, omezení počtu zaměstnanců, kteří jsou vystaveni působení rizikových faktorů, provádění opatření, které směřují k omezení úniku škodlivin ze strojů a zařízení, nahrazení fyzicky namáhavých prací technologiemi apod. (25)

Avšak i zaměstnanec má svá práva a povinnosti. Má právo na zajištění bezpečnosti a zdraví při práci, na informace o rizicích a o opatřeních sloužících jeho ochraně. Zaměstnanec má také práva a povinnosti vztahující se k vytváření bezpečného pracovního prostředí. Mezi základní povinnosti zaměstnance k ochraně zdraví při práci patří pravidelná účast na školeních, které zajišťuje zaměstnavatel, dodržování předpisů a pokynů, oznamovat vedoucímu nedostatky a závady na pracovišti a další dle tohoto zákona. (25)

## **Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií.**

Jeden z hlavních důvodů k zpracování zákona 59/2006 Sb., patří implementace změn ze směrnice Seveso II (č. 2003/105/ES). (14)

Zákon stanovuje pro objekty, kde je umístěna vybraná nebezpečná chemická látka nebo přípravek systém prevence závažných havárií s cílem snížit pravděpodobnost vzniku závažné havárie a omezit její následky na životy a zdraví obyvatel, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek. (26)

Dále se zákon zaměřuje na povinnosti PaPFO, které budou uvádět, vlastní nebo užívají objekt nebo zařízení s vybranou chemickou nebezpečnou látkou nebo přípravkem (26) a na působnost orgánů veřejné správy na úseku prevence závažných havárií, které mohou být způsobeny nebezpečnými chemickými látkami a přípravky. (27)

Každá PaPFO má povinnost zjistit, zda se tento zákon na jeho objekt nebo zařízení vztahuje. Podle množství nebezpečných látek se provozovatel zařazuje do skupiny A nebo B. Při zařazení do těchto skupin se lze řídit přílohou tabulkou v zákoně č. 59/2006 Sb. (26)

Pokud bude celkové množství NCHL stejné nebo vyšší než je množství uvedené v příloze č. 1 v části 1 sloupci 1 v tabulkách I nebo II tohoto zákona a současně nižší než v téže tabulkách ve sloupci 2, je objekt nebo zařízení provozovatelem navrženo k zařazení do skupiny A. (27)

Pokud bude celkové množství NCHL stejné nebo vyšší než je množství uvedené v příloze č. 1 v části 1 sloupci 2 v tabulkách I nebo II tohoto zákona a současně nižší než ve stejných tabulkách v sloupci 2, je objekt nebo zařízení provozovatelem navrženo k zařazení do skupiny B. (27)

V případě, že se v objektu nebo zařízení nachází více nebezpečných látek v množství menším, než se uvádí ve sloupci 1 tabulky I nebo II v příloze 1, musí PaPFO provést součet poměrných množství umístěných nebezpečných látek podle vzorce  $N = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_i}$ , (26) vysvětlivky vzorečku viz Příloha č. 17.

Provozovatel navrhne krajskému úřadu zařadit objekt nebo zařízení do skupiny A v případě, že je výsledek „N“ roven nebo je větší než 1, v množství „Q“ uvedeného ve sloupci 1 tabulky I nebo tabulky II, nebo do skupiny B, jestliže je výsledek „N“ roven nebo je větší než 1, v množství „Q“ uvedeného ve sloupci 2 tabulky I nebo tabulky II. (26)

Způsob zpracování dokumentace, která je potřebná pro objekty nebo zařízení zařazené do kategorie A nebo B se řídí podle vyhlášky č. 256/2006 Sb., o podrobnostech systému prevence závažných havárií. (26)

### **Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví**

Tento zákon mimo jiné stanovuje práva a povinnosti PaPFO při nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky, což znamená při jejich výrobě, dovozu, vývozu, prodeji, používání, skladování, balení, označování a při vnitropodnikové dopravě. Během těchto činností je každý povinen počínat si tak, aby chránil své zdraví, životní prostředí a řídil se výstražnými symboly nebezpečnosti, standardními pokyny pro bezpečné zacházení a standardními větami označující specifickou rizikovost. (28)

### **Vyhláška č. 328/2001 Sb., o podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému**

V rámci ochrany před NCHL lze tuto vyhlášku využít za účelem koordinace složek a operačních středisek integrovaného záchranného systému (dále jen „IZS“) při společném zásahu, například proti rozsáhlým haváriím k ochraně lidských životů, hospodářských zvířat, životního prostředí a majetku. (29)

## **Vyhláška č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva**

Díky této vyhlášce jsme schopni ochránit životy a zdraví obyvatel před projevy mimořádných událostí. Tato ochrana souvisí se způsobem provádění evakuace a jejího všestranného zabezpečení, se způsobem ukrytí, individuální a improvizované ochrany. Dále vyhláška zabezpečuje v rámci prevence technické provozní a organizační zabezpečení jednotného systému varování a vyrozumění a způsob poskytování tísňových informací. (30)

### **1.5 Havarijní připravenost**

#### **1.5.1 Havarijní plánování**

Rozvoj průmyslové výroby využívá stále více nových nebezpečných látek, stává se zdrojem možného ohrožení. Mohou nastat mimořádné události způsobené lidskou činností, haváriemi nebo nehodami, a může tak dojít k ohrožení zaměstnanců podniku, ohrožení okolního obyvatelstva a životního prostředí. Pak právě havarijní plán, který je součástí havarijní připravenosti, slouží k preventivní přípravě a zvládnutí mimořádných událostí za účelem ochrany života, zdraví, majetku a životního prostředí. (31)

Havarijní plány se zpracovávají pro mimořádné události, zpravidla pro vymezené objekty nebo území a můžeme je tak rozčlenit na havarijní plán kraje, který vyžaduje vyhlášení třetího nebo zvláštního stupně poplachu, (31) na havarijní plány a vnitřní havarijní plány (dále jen „VniHP“). (32)

#### **Vnitřní havarijní plán dle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií**

Pokud je zařízení nebo objekt zařazen do skupiny B, pak je provozovatel povinen zpracovat VniHP včetně interního opatření pro případ vzniku závažné havárie. (27) Tento plán stanovuje preventivní bezpečnostní opatření za účelem minimalizace

následků v případě vzniku závažné havárie uvnitř objektu nebo zařízení (3) a popisuje způsob zajištění havarijní připravenosti materiálních, informačních, lidských a ekonomických zdrojů pro případ vzniku závažné havárie, způsoby zvládnání možných havárií a jejich následků a způsob zajištění monitorování a sanace místa závažné havárie. (11)

VniHP se skládá z informativní a operativní části a ostatních schválených plánů řešení mimořádných událostí, které zpracoval provozovatel (například plány konkrétních činností). (11)

VniHP obsahuje jména, příjmení a funkční zařazení fyzických osob, které mohou realizovat preventivní bezpečnostní opatření (k ochraně života a zdraví obyvatel, hospodářských zvířat, životního prostředí a majetku), (3) scénáře možných havárií, jejich dopady a odezvy na ně, přehled ochranných zásahových prostředků, kterými provozovatel disponuje, způsoby varování a vyrozumění, plán prověření a spolupráce s IZS v případě zmírnění dopadů mimo objekt. (27)

Provozovatel je dále povinen pravidelně aktualizovat a prověřovat (cvičení) VniHP, zahrnout na základě rozhodnutí krajského úřadu (dále jen „KÚ“) do VniHP opatření proti vzniku domino efektu, prokazatelně seznámit zaměstnance a ostatní fyzické osoby zdržující se v objektu o rizicích závažné havárie, o preventivních bezpečnostních opatřeních a jak se chovat při jejím vzniku. Další povinností je uložení VniHP tak, aby byl dostupný osobám provádějící opatření a kontrolu. Podle VniHP se zpravidla postupuje v případě, když závažnou havárii nelze odvrátit nebo k ní už došlo. (6)

### **Vnější havarijní plán dle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií**

Pokud je provozovatel objektu nebo zařízení zařazen do skupiny B podle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, je povinen vypracovat a poskytnout krajskému úřadu písemné podklady ke stanovení zóny havarijního plánování a ke zpracování vnějšího havarijního plánu. (11)

Mezi písemné podklady se řadí identifikační údaje provozovatele, identifikace fyzické osoby odpovědné za zpracování podkladů, popis závažné havárie, jejíž dopady

se mohou projevit mimo objekt, popis těchto dopadů na životy, zdraví obyvatel, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek, přehled opatření vedoucí ke snížení těchto dopadů, přehled preventivních bezpečnostních prostředků sloužící ke zmírnění dopadů závažné havárie, seznam a popis věcných prostředků mimo objekt sloužící k odstranění následků závažné havárie a další nezbytné údaje vyžadované krajským úřadem. (11)

Vnější havarijní plán obsahuje část textovou (údaje operativního a informačního charakteru a plány konkrétních činností) a grafickou (mapy, grafy, schémata apod.). (32; 33)

### **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 rizikam dosah účinků havárie apod.) a částí grafickou (např. ilustrace dosahu účinků havárie). (34)

#### **1.5.2 Prevence závažných havárií**

V České republice (dále jen „ČR“) je vyráběno, zpracováváno, skladováno a manipulováno s velkým množstvím nebezpečných chemických látek, a také jsou ve značném množství přepravovány. Proto je především smyslem prevence předcházet možným haváriím nebo zmírnit její následky. Všeobecně se uvádí, že preventivní opatření jsou levnější než odstraňování následků havárie a to jak z hlediska ztráty finančních prostředků tak ztráty životů. (6)



## **Preventivní opatření sloužící k ochraně proti následkům havárie**

Mezi základní opatření lze zařadit: evidence významných potenciálních zdrojů havárií, vhodná analýza rizika vedoucí ke stanovení hlavních zdrojů rizik, hodnocení rizik, na základě výsledků analýzy stanovit organizační a technická bezpečnostní opatření, využívat posouzení požárního nebezpečí. Dále je vhodné vybudovat a kontrolovat detekční a monitorovací systém ke zjišťování přítomnosti NCHL jako je například amoniak, vybudovat a udržovat elektronickou požární signalizaci, informovat obyvatelstvo o konkrétních NCHL popř. vydávat informační letáky týkající se projevů NCHL a ochrany před nimi, pravidelně aktualizovat webové stránky. (6)

## **Ochrana objektu**

K plánování ochrany podniku se přistupuje z důvodu ochrany života, zdraví, majetku, hospodářských zvířat a životního prostředí. Z hlediska bezpečnosti by k ochraně objektu měla přispívat opatření proti zásahům nepovolaných osob. Dále by měla být podniková zařízení chráněna proti případným poškozením vyvolaným přímým úmyslem, nepovolenou manipulací bez znalostí nebo bez potřebných pomůcek, přírodními živly nebo nehodami takovým způsobem, aby byla vyloučena možnost vzniku vážného nebezpečí (exploze, únik nebezpečných látek). Mezi další způsob ochrany lze zahrnout ochranu hranic podniku, která zamezuje vstupu nepovolaným osobám, popř. nutí cizí osoby identifikovat. K ochraně před vniknutím nepovolaným osobám může sloužit například bezpečnostní služba, oplocení, monitoring pomocí videokamer, pravidelné obchůzky apod. (1)

### **1.5.3 Hodnocení rizik nezařazených zdrojů rizik**

Podle limitního množství nebezpečných látek uvedených v zákoně o prevenci závažných havárií můžeme určit, zda objekt nebo zařízení bude spadat do skupiny A nebo B. (14) To ovšem neříká nic o riziku, které vyplývá pro okolí. Na druhou stranu

mohou nastat i případy, kdy zdroj rizika s podlimitním množstvím nebezpečných látek, který je v hustě obydlené oblasti, může představovat větší ohrožení než zdroj s nadlimitním množstvím NL umístěný mimo obydlenou oblast. (14; 35)

Nezařazené zdroje rizik lze definovat jako technologická zařízení s obsahem nebezpečných látek menším než jsou limity zákona o prevenci závažných havárií. Prevence havárií těchto zdrojů není v současných právních předpisech nijak zabezpečena, a tak není vyvíjen tlak na tato zařízení, aby docházelo ke snižování rizik. Nezařazené zdroje rizik lze charakterizovat podle vlastností na toxické, hořlavé nebo výbušné. Mezi takové zdroje patří například amoniak (ve strojovných chlazení), který se hojně vyskytuje v pivovarech, mlékárnách, zimních stadionech, masokombinátech, dále například chlór v bazénech, koupalištích, úpravnách vod. Mezi další zdroje můžeme uvést acetylén nebo LPG. (14; 35)

Množství amoniaku se liší podle provozu (pivovary 7 – 25 t; mlékárny 6,6 – 10 t; u zimních stadionů 0,9 – 12 t). (14) Nezařazené zdroje sice nemusí zpracovávat havarijní dokumentaci, ale z bezpečnostního hlediska může krajský úřad rozhodnout o zahrnutí PaPFO do havarijního plánu kraje nebo vnějšího havarijního plánu. Tato osoba je následně povinna bezplatně poskytnout a aktualizovat požadované podklady. (23)

## **1.6 Ochrana obyvatelstva**

K ochraně obyvatelstva při chemické havárii patří: varování a vyrozumění, ukrytí, detekce a monitorování chemické situace, improvizovaná ochrana, lokalizace a likvidace požáru, vyhledávání a vyprošťování zasažených osob, zdravotnická pomoc, uzavření ohroženého a postiženého prostoru a regulace pohybu, vodní clony k zamezení rozšíření NCHL, dočasná evakuace, dekontaminace. (6)

Přípravenost obyvatelstva pro přežití nebo zvládnutí jednotlivých mimořádných událostí ve svém bydlišti nebo pracovišti není stále na požadované úrovni. Zásadní je včas poskytnutá informace, která v potřebném rozsahu může napomoci k ochraně

života, zdraví, majetku i životního prostředí nebo alespoň zmírnit dopady události. Aby se lidé mohli chránit je zapotřebí vytvářet jejich vědomosti, dovednosti a návyky, protože v prvních kritických momentech se musí lidé spolehnout na svépomoc a vzájemnou pomoc než se na místo zásahu dostanou profesionální záchranáři. Tento kritický moment se občas označuje jako 10 (někdy 15) minut pro život. (31)

## **Varování a vyrozumění**

Pro zabezpečení varování a vyrozumění je v ČR vybudován jednotný systém varování a vyrozumění (dále jen „JSVV“), za který je zodpovědný HZS ČR. (36) Současný systém varování je ve stálé pohotovosti a umožňuje tak včasné varování v případě hrozící či nastalé mimořádné události nebo krizové situace. Pro varování obyvatelstva byl zaveden jednotný varovný signál „Všeobecná výstraha“ (kolísavý 140 sekund trvající tón), který je doplněn o tísňovou informaci. K předání signálu slouží sirény a k předání tísňové informace hromadné sdělovací prostředky. (31)

Po vyhlášení varovného signálu se pro obyvatelstvo doporučuje, aby zachovali klid a rozvahu, začali okamžitě sledovat informace v hromadných sdělovacích prostředcích nebo se řídili pokyny od zasahujících složek nebo orgánů státní správy a samosprávy. V případě možnosti, ujistit se, že o dané situaci ví i sousedé. (36)

## **Ukrytí**

V době míru se k ukrytí před účinky chemických látek využívají ochranné vlastnosti obytných a jiných budov, jako například: místnosti na odvracené straně od zdroje ohrožení, které jsou utěsněné proti průniku nebezpečných látek. To je důležité, (37) protože jsme-li venku nebo v autě, vyhledáme nejbližší budovu a ukryjeme se ve vyšších patrech. Pokud jsme doma, přesuneme se do vyšších pater a utěsníme dveře, okna a další netěsnosti. (6)

Ukrytí a ochrana v budovách před procházejícím mrakem chemických látek se provádí ihned po varování obyvatelstva, bez čekání na výsledky monitorování skutečné

chemické situace a rozhodnutí velitele zásahu. Ukrytí obyvatelstva je třeba dát přednost před evakuací během přechodu mraku chemické látky. (20)

## **Evakuace**

Z pohledu požární ochrany je evakuace osob chápána jako krátkodobý proces zakončený přemístěním unikajících osob do bezpečného prostoru. V určitých případech dochází k následné kontrole počtu evakuovaných osob shromážděných na určitém místě, popř. zajištění zdravotnické pomoci. A z hlediska ochrany obyvatelstva je evakuace osob chápána jako déletrvající proces zahrnující další opatření, které souvisí s následnou péčí o evakuované osoby jako například náhradní ubytování či stravování. (4) Avšak 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. (36) Volí se vždy, když není jiná možnost, jak provést efektivní ochranu života, zdraví a majetku. (6)

Evakuace se vyhláší až po vyhlášení mimořádné situace a obyvatelstvo se o prohlášení evakuace vyrozumívá prostřednictvím hromadných informačních prostředků. Časné provedení evakuace je nejúčinnějším ochranným opatřením. Krátkodobou evakuaci je možné přednostně provádět před příchodem mraku nebezpečné látky. (20)

## **Individuální prostředky protichemické ochrany osob**

Tyto prostředky slouží k ochraně uživatele před nebezpečnými účinky chemických látek na organismus (pomocí bariér), včetně umožnění výkonu potřebných činností. (38)

Volba protichemického prostředku závisí na mnoha faktorech, mezi které patří například: druh látky; v jaké formě se látka vyskytuje (plyn, aerosol); způsob intoxikace; klimatické podmínky; kvalita materiálu; riziko sekundární intoxikace (např. u dekontaminace) atd. (38)

Protichemickou ochranu můžeme rozdělit na dva druhy a to na ochranu dýchacích orgánů (ochranné masky, polomasky, respirátory ...) a na ochranu celého těla (ochranné oděvy, pláštěnky, kombinézy ...). Ochranné působení pak může být izolační, filtrační, polopropustné (Goretex – umožní odvod potu a brání vnikání kapalin a par z vnějšího prostředí), hydrofobní nebo kombinované. Na tyto ochranná hlediska navazuje rozsah ochrany. Sem patří například ochrana úplná, částečná, dlouhodobá, krátkodobá, hermetická, nehermetická či jednorázová. (38)

### **Improvizovaná ochrana**

Oproti zasahujícím složkám civilní obyvatelstvo využívá k ochraně před účinky NCHL prostředky improvizované ochrany dýchacích cest, očí a povrchu těla. Obyvatelstvu se doporučuje k této ochraně pláštěnka do deště, pryžové holinky a rukavice, vícevrstvé oblečení z materiálů, které jsou schopny na krátkou dobu ochránit před průnikem par a kapek. (37) Provádí se hlavně při pohybu mimo budovy a úkrytů, kdy je nebezpečí vdechování chemických látek jejich usazování na odkrytých částech těla. (20)

Tuto ochranu můžeme využít jako nouzovou a dočasnou všude tam, kde došlo k nečekané situaci, a kde se nechráněné osoby ocitli v ohrožení života a zdraví kvůli nebezpečným škodlivinám. Tato událost nastala nenadále a ohrožené osoby jsou tak v rámci ochrany života nuceni reagovat improvizovaně. (38)

Při stavu ohrožení státu a válečném stavu se provádí výdej prostředků individuální ochrany pro vybrané kategorie osob. (30)

### **Monitoring**

Provádí se aktivace veškerých složek monitorovacího systému a zajišťuje se nepřetržité sledování situace. Cílem monitorování území je v počáteční fázi zjistit aktuální stav chemické situace, poskytnout urychlené podklady pro vypracování prognózy vývoje a na optimální realizaci ochranných opatření. (20)

## **Regulace pohybu osob a vozidel**

Toto opatření stanoví konkrétní činnosti při regulaci pohybu osob a vozidel v reakci na vznik MU. Plán regulace je zpracován pro celé území ZHP a pro pozemní komunikace sloužící jako evakuační nebo objízdné trasy. Plán regulace stanovuje opatření k zabezpečení činností prováděných orgány veřejné správy, složkami integrovaného záchranného systému (dále „IZS“), právníckými a fyzickými osobami.

## **Částečná hygienická očista**

Hygienická očista je jedním ze základních protichemických opatření ke snížení nebo k odstranění následků působení nebezpečných látek. Částečná hygienická očista se provádí s cílem zajistit omezení působení následků povrchové kontaminace těla na co nejmenší možnou míru. Provádí se zpravidla před ukrytím, pokud je podezření z kontaminace nebo po ukrytí, a to svépomocí dostupnými prostředky (setření povrchu oděvu, omytí těla – obzvláště ta část, která nebyla chráněna oděvem, jako jsou vousy, vlasy). Kontaminovaný materiál je následně zpravidla odkládán do neprodyšných obalů. (20)

## **Informovanost obyvatelstva**

Úspěšná ochrana obyvatelstva také závisí na znalostech a dovednostech ohrožených osob. Včasné varování je pouze začátek v procesu jak obyvatelstvo před NCHL ochránit. Proto důležitou roli hraje i informovanost, aby lidé věděli, jak se v případě průmyslové havárie zachovat, protože z řady průzkumů vyplývá, že spousta lidí by se v případě průmyslové havárie ukryla do sklepních prostor, a jelikož je většina běžných průmyslových látek těžších než vzduch, právě v těchto prostorech by byli ukrytí jedinci nejvíce ohroženi. (39)

Vhodné je informování prostřednictvím brožur nebo letáků, prostřednictvím tisku, regionálního rozhlasu, televize, internetu, besed či call centra. (39)

## **Dekontaminace**

V případě havárie nebo nehody je nutné provést dekontaminaci co nejdříve, ale musíme brát v úvahu charakter a druh dané látky. V případě nehody na pracovišti se vychází z předpokladu, že pracovníci jsou ze zákona proškoleni o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci. (37)

Tento proces slouží k odstraňování nebo zneškodňování škodlivých látek. Kontaminaci lze zabránit třemi různými způsoby. První způsob spoléhá na rozklad škodlivin, tím dojde k přeměně na látku méně škodlivou. Druhý způsob je založen na zachycení škodliviny ve vhodném materiálu (absorpcí nebo adsorpcí) například praním nebo odvětráním. Problém může nastat, kdy rozkladné produkty jsou rovněž toxické, a tak je nutná dodatečná dekontaminace. Posledním způsobem je izolace kontaminovaného prostoru do té doby, než bude možno škodlivinu rozložit nebo jinak zlikvidovat. (38)

## **Dekontaminační látky a směsi**

Dekontaminační látky reagují s kontaminantem za vzniku méně toxického produktu, kdežto dekontaminační směsi se připravují z dekontaminačních látek a slouží k provedení dekontaminace. (40)

Podle charakteru škodliviny se látky kyselé povahy dekontaminují nejlépe 1-2% roztokem hydrogenuhličitanu sodného (jedlá soda) a látky zásadité povahy nejlépe roztokem zředěného octa. V případě, že nejsou tyto prostředky k dispozici, užíváme k dekontaminaci velké množství vody. Při zasažení očí je rychlost dekontaminace velmi důležitá (kyselé látky – jedlá sůl, zásaditá – borová voda). Tyto prostředky by neměly chybět v lékárníčkách na pracovištích ale i doma. (37)

## **Provedení dekontaminace**

V případě zásahu na nebezpečné látky je důležité vytvořit si kontrolované zóny a přesné dodržování postupů a zásad v těchto zónách. Tyto zóny můžeme rozdělit podle charakteristiky nebezpečí na: nebezpečnou zónu (zde jsou nejvíce ohroženy síly a prostředky), vnější zónu (obklopuje nebezpečnou zónu a jsou zde dekontaminační a nástupní prostory) a zónu ohrožení (prostor možného šíření nebezpečné látky). (40)

Postup provádění hromadné dekontaminace se liší podle stanoviště dekontaminace osob, ale princip je všude stejný, a to: svléknutí a odložení oděvu a cenností do neprodyšných obalů, výplach očí, uší, nosu a dutin, omytí dekontaminačním roztokem + omytí teplou vodou a usušení ručníky na jedno použití. (40)

### **1.6.1 Zásady chování obyvatelstva při havárii s únikem nebezpečných chemických látek**

V případě vzniku ohrožení nebo zasažení je důležité zachovat klid, nepanikařit, nepodceňovat hrozící nebo vzniklou situaci, varovat nejbližší okolí a pomoci starým a nemohoucím lidem. (6)

Další zásadou je nepřibližovat se k místu havárie, protože v místě havárie je koncentrace NCHL nejvyšší. Koncentrace NCHL se snižuje se vzdáleností od místa havárie, avšak záleží na směru větru, rychlosti proudění, meteorologických podmínkách, množství uniklé NCHL a dalších podmínkách. (3)

Důležitou roli v ochraně před NCHL hraje i vhodný výběr místnosti. Hlavní je, aby byla v co nejvyšším nadzemním patře a umístěna na odvrácené straně budovy od úniku NL, (4) protože většina chemických látek, až na pár výjimek, je těžší než vzduch a drží se při zemi. (6) Důležitým aspektem je utěsnit místnost a štěrby textilními obklady a vypnout nucené systémy jako digestoř či ventilace a uhasit otevřený oheň. (4) NCHL lehčí než vzduch jsou v terénu málo stálé, a tak je nepravděpodobné, že by pronikly do utěsněné místnosti. (3) Obecně lze tak říci, že koncentrace NL v budovách je velmi ovlivněna výměnou vzduchu mezi budovou a okolním prostředím – ventilace spárami.



Vyhnutí se vyšších koncentrací lze například pomocí systému kaskády. To znamená, že v případě třístupňové kaskády bude nejnižší koncentrace NL v poslední (třetí) místnosti a to na závětrné straně. (4)

A jelikož české právní předpisy nepočítají s prostředky individuální ochrany pro obyvatelstvo v případech nebezpečných chemických havárií, je nutné použít tzv. prostředky improvizované ochrany dýchacích cest a povrchu těla. (3)

V dané situaci je vhodné si připravit zásobu pitné vody pro omývání těla, dále neutralizační roztoky pro ošetření očí a v případě kontaminace se co nejrychleji osprchovat a vzít si čisté oblečení. (3)

Pokud bylo provedeno varování obyvatelstva varovným signálem všeobecná výstraha, je důležité věnovat pozornost hromadným sdělovacím prostředkům, které nás budou informovat o podrobných údajích o nehodě a sdělovat konkrétní postupy k ochraně obyvatelstva. (3)

Také není žádoucí zatěžovat telefonní spojení, jelikož může dojít k přetížení telekomunikační sítě, což by mohlo mít negativní důsledky. (3)

Během mimořádné události s únikem NCHL je důležité se vyvarovat větší fyzické námaze, protože se nám zvyšuje příjem inhalovaného vzduchu, a tak i zvýšený příjem nebezpečné chemické látky ve vzduchu obsažené. Rozdíl přijímaného vzduchu mezi chůzí a během je tak až šestinásobný. (3)

Dále by obyvatelé měli respektovat pokyny a nařízení složek IZS a popřípadě se připravovat na možnou evakuaci (evakuaci lze předpokládat tam, kde hrozí kontaminace rozsáhlé oblasti a dekontaminace bude činností dlouhodobou). (3)

## **1.7 Analýza a hodnocení rizik**

### **Analýza rizik**

Důležitou částí během procesu plánování je analýza rizik, jež zahrnuje například identifikaci (nepodaří-li se riziko identifikovat, nebude ho možno ani analyzovat a připravit se na něj) a klasifikaci zdrojů rizika, určení priority rizikům a hodnocení rizik. (34) Na základě výsledků analýz můžeme zabránit vzniku havárie, nebo alespoň pravděpodobnost jejího vzniku minimalizovat. Výsledek pak slouží k určení závažnosti a přijatelnosti rizika. 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. (6)

### **Vnímání rizik**

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). Příkladem by mohlo být podceňování rizika s vysokou pravděpodobností vzniku, ačkoliv ovlivňuje malé procento lidí – kouření, obezita. Naopak nadhodnocování rizika dochází často u událostí s malou pravděpodobností, ale s vysokými následky jako je havárie jaderné elektrárny. (2)

### **Hodnocení rizik**

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. Efektivní hodnocení rizik pak umožňuje zaměřit naši pozornost na ta rizika, která mají nejpravděpodobnější negativní uplatnění. (41)

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. (35)

### 1.7.1 Přístup deterministický a probablistický

Deterministický přístup je orientován na následky a je založen na myšlence, že všechny následky mají své příčiny, jejichž pravděpodobnost je buď možná nebo nemožná ( $P = 1$  nebo  $P = 0$ ). Zde se neuvažuje o četnosti, protože se předpokládá, že když se stanoví dostatečná bezpečnostní opatření na nejhorší možný scénář, budou tato opatření účinná i pro méně závažné události. Výsledky jsou prezentovány v podobě zón. (2)

Druhým přístupem je přístup probabilistický, který uvažuje s určitou pravděpodobností všech možných jevů ( $P=(0,1)$ ). Hlavním předpokladem probabilistického přístupu je nezávislost výskytu veškerých událostí. Na základě tohoto přístupu jsou zkoumány následky různých havarijních scénářů a jejich pravděpodobnosti. (2)

### Hodnocení kvalitativní a kvantitativní

Avšak na hodnocení rizika lze pohlížet i z ohledu kvalitativního a kvantitativního. 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. (2)

## **1.7.2 Příklady dílčích metod hodnocení rizika**

Přehled technik identifikace zdrojů rizika a jejich použití v jednotlivých etapách života zařízení viz Příloha č. 18.

### **Kontrolní seznam (Check list)**

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. (1) 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. (41) 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. (1)

### **Analýza „Co se stane, když“ (What if)**

Tato metoda zahrnuje diskuzi a hledání nápadů skupinou zkušených lidí, které jsou seznámeni s procesem a během této diskuzi si kladou otázky a vznášejí úvahy možných nežádoucích událostí. (6) Hlavním tématem jsou existující bezpečnostní opatření, možné nehodové situace nebo události, odchylky, zdroje rizika a jejich identifikace. Při přemýšlení nad otázkami se často začíná otázkou „Co se stane, když ...“, ale není to pravidlem. Zaznamenávají se všechny otázky, které jsou následně rozděleny podle oblastí zájmu. Každá oblast je následně zkoumána více odborníky. (41)

## **Bezpečnostní prohlídka (Safety audit)**

Tato metoda stejně jako CHECK list může být aplikována v jakékoli fázi procesu. Obvykle se skládá z inspekčních pochůzek, které mohou být vizuální, informační nebo několikadenní metodické týmové vyšetřování. Tato metoda slouží k identifikaci činností nebo podmínek, které mohou vést ke zranění, ztrátě majetku nebo poškození životního prostředí. Během bezpečnostní prohlídky dochází k rozhovorům s lidmi z celého podniku, jako jsou technici, manažeři, operátoři, údržbáři atd. (6)

Základním požadavkem této metody je správně vyškolený personál, který je obeznámen s bezpečnostními standardy a postupy. Výsledkem bezpečnostní prohlídky je například návrh nebo doporučení opatření, termíny ke splnění, doporučování odpovědnosti. Účelem této metody je hlavně ověření, že provozní a údržbářské postupy v podniku odpovídají stanovenému postupu a normám. (41)

## **Analýza stromu událostí (Event Tree Analysis – ETA)**

Metoda využívá induktivního postupu. Logický graf metody popisuje rozvoj scénáře od iniciační události k možné závažné události včetně pravděpodobnostní úvahy scénáře s ohledem na možné následky. Jakmile nastane v provozu neočekávaná událost (nehoda), zahájí ochranou funkci tzv. bezpečnostní systémy, které brání rozšiřování nehody. Tuto funkci plní i obsluha zařízení. Tyto systémy mohou zasáhnout úspěšně, ale i neúspěšně. Následky iniciačních událostí jsou v konečném stavu vyhodnocovány s ohledem na bezpečnostní systémy a lidskou spolehlivost. (14)

Postup analýzy stromu událostí je skryt ve čtyřech bodech: identifikování sledované iniciační události, identifikování bezpečnostních funkcí, sestavení stromu událostí a vyhodnocení logického grafu a možných dopadů. (14)

## **Analýza stromu poruch (Fault Tree Analysis – FTA)**

FTA je graficko-statistická metoda založená na zpětném rozboru událostí, které by mohli vést k hlavní události. Tato metoda je zobrazena jako rozvětvený graf, který určuje poruchy a chyby, jež mohou způsobit vrcholové nežádoucí události - nehody. (1)

Než se analýza zahájí, je důležité vyřešit tyto úkoly: přesně definovat vrcholovou událost (vysoký tlak v potrubní větvi, vysoká hladina amoniaku v zásobníku), za jakých podmínek nastanou sledované události, stanovit, jaké okolnosti se během analýzy nebudou brát v úvahu (nepravděpodobné např. tornádo), stanovení hranic systému, popsat stav systému (uzavřené/otevřené ventily, výška hladin, provozní stavy), definovat podrobnost analýzy (ventil – soubor nebo prvek?). Důležité je také posouzení logického vztahu mezi dílčí událostí a vrcholovým stavem. Pokud dojde k vrcholové události za současného výskytu všech dílčích událostí, je to logický operátor „and“, pokud má dílčí událost za následek vrcholovou událost, je logický prvek „or“. (14)

Na základě výsledků se provádí zmírňující nebo preventivní opatření ke snížení pravděpodobnosti vzniku příčiny nehody. Tato metoda je použitelná v případě, kdy byla jinou metodou nalezena důležitá nehoda a vyžaduje detailnější analýzu. (1)

## **Analýza příčin a následků poruch (FMEA)**

Metoda je vhodná k identifikaci jednoduchých poruch, které mohou přispět ke vzniku havárie. Lze ji snadno využít i při změnách či modifikacích procesu. Výsledkem této metody je kvalitativní seznam zařízení s možností kvantifikace jejich poruch a následků. Často bývá prezentována v tabulkové formě. (14)

### 1.7.3 Případové metody analýzy rizik

#### IAEA-TECDOC-727

Tato metoda je zaměřena na klasifikaci a prioritizaci zdrojů společenského rizika v průmyslové oblasti avšak vyžaduje další podrobnější hodnocení rizik. Metodika tohoto modelu vychází z *Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents and process and related industries*. V metodice jsou užívány jen ty nejdůležitější faktory k odhadu možných následků havárií a jejich pravděpodobnosti. Metoda vychází z historických zkušeností. (13)

Předností této screeningové metody je jednoduché hodnocení následků a frekvence potenciálních havárií. Touto metodou lze klasifikovat nebezpečí z mobilních a stálých zdrojů a z produktovodů a následně hodnotit dopady havárií doplněnými o pravděpodobnostní hledisko. (14)

K odhadům následků se využívají průměrné povětrnostní podmínky a 100 % úmrtnost uvnitř oblasti definovanou specifickými účinky (výbuch). Avšak nejistota použitých kritérií ( $LC_{50}$ ) a dalších vlivů (tepelná radiace) zajišťuje pouze hrubý odhad následků. Metodu lze využít pro stanovení kvantitativního přehledu všech možných zdrojů společenského rizika v průmyslové oblasti a k jejich prioritizaci pro další analýzy. Klasifikace rizik je založena na odhadu následků a pravděpodobností možných havárií. Výsledky jsou následně často prezentovány v maticové podobě. K modelování lze využít atmosférickou stabilitu D (sice není nejhorší, ale jedná se o průměrné povětrnostní podmínky) o rychlosti větru 5 m/s a kritéria výbuchu, požáru a úniku toxických látek ( $LC_{50}$  po dobu více než 30 min) při nichž v zasažené oblasti vždy dojde k 100% úmrtnosti. (13)

Výsledkem metody je soubor zdrojů rizika. Každý zdroj rizika je charakterizován dvojicí hodnot – frekvencí výskytu neočekávané události a počtem fatálních případů. Srovnání závažnosti zdrojů rizik je realizován formou matice rizik, což je grafické znázornění posuzovaných zdrojů rizika v souřadnicích. Poloha zdroje rizika charakterizuje míru rizika, na jejímž základě se provede jeho prioritace. (14)

## **Metoda Dow's Chemical Exposure Index (CEI)**

Index chemického ohrožení je kvantitativní metoda k posouzení potenciálního ohrožení lidského zdraví chemickými provozy, kde existuje reálná možnost úniku NL. 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. (14; 42)

### Scénáře pro odhad rozptylu uniklého amoniaku

Scénáře v metodě CEI se uvažují pro uniklou látku jako kapalina nebo pára. Při úniku toxické látky ze zásobníku metoda CEI uvažuje o úniku kapaliny ze spodní výpusti, páry z vrchní výpusti nebo úniku páry přes pojistný ventil. Avšak kapalina nacházející se v zásobníku nebo potrubí může uniknout na zem, kde bude vytvářet louži (obr. A). Dále se z louže může částečně odpařovat, nebo už při úniku může vytvářet oblak (obr. B). Další možností je únik kapaliny, který okamžitě přechází do plynného stavu nebo aerosolu (obr. C). Dále může docházet při úniku kapaliny k vytvoření louže a následnému odparu do ovzduší. (obr. D) Seznam obrázků A až D viz Příloha č. 19). Metodu nelze využít ke stanovení dvoufázového toku (kapalina + pára) vzhledem ke složitým výpočtům. (14; 42)

### Podmínky k výpočtům

#### *Přetlakové ventily s vyústěním přímo do atmosféry*

Stanoví se celkové množství unikající látky při otevíracím tlaku pojistného ventilu. Předpokládá se, že veškerý materiál uvnitř nádrže se rozptýlí do ovzduší. (14; 42)



### *Potrubní větve*

Dojde-li k roztržení potrubní větve, velikost roztržení se určuje na základě těchto podmínek: (14; 42)

- a) Pro průměry potrubí menší než 2 palce (5,08 cm) se uvažuje o úplném roztržení.
- b) Pro průměry potrubí od 2 do 4 palců (5,08 – 10,16 cm) se zvažuje roztržení průměru 2 palců.
- c) Pro průměry potrubí vyšší než 4 palce (10,16 cm) se uvažuje o roztržení odpovídajícímu 20% průřezu.

### *Zásobníky*

Uvažuje se o roztržení potrubí největšího průřezu připojeného k zásobníku podle podmínek uvedených u potrubí. (14; 42)

### **Rychlost a hmotnost výronu a odparu**

Rychlost výronu a odparu udává rychlost výtoku NL z havarovaného zásobníku nebo potrubí a rychlost následného úniku plynné fáze do ovzduší. Tyto veličiny je těžké odhadovat, obzvlášť tehdy, když chybí konkrétní údaje o charakteru nehody. Pro modelování rychlosti výronu a odparu jsou důležité poznatky, zda jde o únik z potrubí nebo ze zásobníku a jestli došlo k porušení v místě, kde se NL nachází v plynné fázi, kapalně fázi nebo v obou fázích. Podstatný je také způsob, jakým může být zkapalněný plyn uveden do atmosféry, (4) viz Příloha č. 20.

### **Odhad toxického působení**

Hlavním úkolem je určit rozsah zraňující a smrtelné zóny a předpokládaný směr šíření oblaku. Během takového odhadu se zpravidla uvažuje s nejhorsími možnými

podmínkami (únik veškerého množství, nejhorší meteorologická situace, volný terén apod.) (13)

Při odhadování toxického působení, musíme též brát ohled, zda se jedná o venkovskou oblast nebo městskou zástavbu. Pro rozhodnutí, zda je příslušná oblast venkovská nebo městská, můžeme využít následující pomůcku: nachází-li se alespoň 50 % krajiny v okruhu jedné míle (1,61 km), pak lze tuto plochu klasifikovat jako městskou. Podmínky pro městskou zástavbu jsou následující: (43)

- a) Těžký průmysl = Velké chemické závody, 3 až 5 patrové budovy, mírné zalesnění, rovné střechy
- b) Lehký, až středně těžký průmysl = železniční nádraží, nákladní sklady, 1 až 3 patrové budovy, ploché střechy
- c) Komerční zástavba = kanceláře, byty, hotely do 10 pater
- d) Obytná zástavba = rodinné domy blízko sebe, budovy do dvou pater, šikmé nebo ploché střechy

Pokud se žádná z výše uvedených zástaveb nehodí do posuzované oblasti, pak je klasifikovaná plocha považována za venkovskou. (43)

Předpokládanou vzdálenost ke koncovému bodu toxicity na základě přijatých podmínek lze shlédnout v Příloze č. 21. Avšak odhad toxického působení nemusíme měřit pouze jako vzdálenost, nýbrž i jako časovou hodnotu. V tomto případě, lze využít hodnot AEGL (akutní hodnoty směrné úrovně) k odhadu toxického působení z hlediska času viz Příloha č. 22.

#### 1.7.4 Míra rizika

Mezi nejčastěji užívané míry rizika lze zařadit rizika individuální a společenská. (41)

##### **Individuální riziko – kritéria**

Individuální riziko lze definovat jako: „*pravděpodobnost, že bude v průběhu jednoho roku nechráněná osoba zasažena následky neočekávané události u zdroje rizika.*“ Tuto situaci lze popsat následujícím schématem, jež znázorňuje kritéria individuálního rizika. (11) Obrázek znázorňující individuální riziko lze nalézt v Příloze č. 23.

Za přijatelnou frekvenci výskytu fatální události pro jednotlivce je považována frekvence  $10^{-8}$  a nižší (lze interpretovat jako 1 fatální případ na 100 milionů obyvatel). Jako nepřijatelná frekvence výskytu fatálních událostí je udávána hodnota  $10^{-6}$  a vyšší. (11)

##### **Společenské riziko**

Společenské riziko lze nazvat, je-li více osob zasaženo případnou událostí, a tyto osoby jsou vystaveny stejné hladině rizika. Společenské riziko představuje rozsah následků možných událostí a je prezentováno křivkami F a N v grafickém vztahu, kde F je frekvence události a N je počet nežádoucích následků (fatálních případů). Za předpokladu, že nežádoucí následky budou pro nás úmrtí osob, bude graf nejen vyjadřovat pravděpodobnost určitého počtu úmrtí, ale i počet lidí vystavených této hladině rizika. (41) Společenská kritéria jsou znázorněna na matici společenského rizika. Jak vyplývá ze schématu Přílohy č. 24, je zřejmé, že společenské riziko je vyšší než individuální. Pro společenské riziko je ještě přijatelný 1 fatální případ při frekvenci  $10^{-5}$ , kdy s rostoucím počtem fatálních následků akceptovatelnost frekvence klesá. Za nepřijatelnou frekvenci je následně udávána hodnota  $10^{-3}$  při 1 fatálním případě. (11)

### 1.7.5 Přijatelnost rizika

Základní kritéria pro stanovení přijatelnosti rizika jsou: stanovení mezní hodnoty třídy pravděpodobnosti, třídy následků a kombinace obou tříd. Kritéria pro přijatelnost rizika nelze jednoduše určit, musí být definována ještě před tím, než je úloha řešena. Často bývají prezentovány formou matic, kde jsou snadno identifikována. (11) Příklad matice v Příloze č. 25.

Rizika spojená se zdroji rizika se skládají ze svých kategorií závažnosti jak z frekvence, tak následků a celkové riziko je vyjádřeno dvojicí znaků např. „C3“ – to vyjadřuje, že zdroj rizika má přiřazenou frekvenci pro hodnotu C a následky pro hodnotu 3. (41)

Stínování v matici rizika označuje závažnost zdrojů rizika. Černá pole jsou považována za velmi vážná a vyžadují okamžité řešení k nápravě a snížení závažnosti. Bílá pole naopak nevyžadují žádné další bezpečnostní opatření, avšak pole mezi bílou a černou zónou vyžadují určité úpravy nebo vylepšení. (41) Z toho vyplývá, že nejvyšší prioritu mají rizika s vysokou pravděpodobností a závažnými následky. Avšak musíme brát v úvahu, že riziko s nejvyšší třídou následků a nízkou frekvencí je důležitější než riziko spojené s malými následky a vysokou frekvencí. (11) Avšak vše záleží na financích - čím je zdroj rizika blíže černému rohu, tím dříve se musí řešit. (41) Činnosti, které překračují stanovená kritéria, jsou vybrána pro detailnější analýzu. (11)

### 1.7.6 Softwarové programy

V současné době existuje mnoho programů, které umí vytvořit poměrně kvalitní prognózy havarijních dopadů mimořádných událostí (většinou se počítá s nejhorší možnou variantou). Zpravidla jsou vybaveny databází s údaji o řadě nebezpečných chemických látek a jejich využití se často využívá tam, kde není znám dostatek vstupních informací. (6) Mezi nejznámější programy, o kterých bych se rád zmínil je softwarový modelovací program TerEx a ALOHA.

## **TerEx**

Program TerEx je využíván pro rychlé prognózování dopadů a následků způsobenými NL nebo výbušnými systémy. (13) Také je vhodný k analýzám rizik a plánování a nabízí uživateli možnost vyhodnotit havárii ze čtyř modelů. (6) Model TOXI vyhodnocuje na základě koncentrace NL tvar a dosah oblaku. Model UVCE hodnotí dosah rázové vlny způsobenou výbuchem směsi látky a vzduchu. (13) Model UVCE obsahuje dále model PLUME (zabývající se déletrvajícím únikem plynu nebo rychlovroucí kapaliny do oblak a pomalým odparem z louže do oblak) a model PUFF (vyhodnocuje jednorázový únik plynu nebo rychlovroucí kapaliny do oblak). Model FLASH FIRE vyhodnocuje rozsah plamenné zóny, která ohrožuje osoby. (6) Posledním modelem je TEROR, který hodnotí možné dopady detonace výbušných systémů. (13)

## **ALOHA**

ALOHA slouží ke zjišťování následků při úniku nebezpečných látek do ovzduší, což umožňuje modelování rozptylu neutrálního plynu (plyn s podobnou hustotou jako vzduch), plynu lehčího než vzduch (využívá se Gaussův disperzní model – využívá se v případě chybějící potřebné informace o vlastnostech látky nebo v případě úniku malého množství) a plynu těžšího než vzduch (lze využít i u látek v podchlazeném stavu). ALOHA stejně jako TerEx obsahuje databázi nejběžnějších chemických látek s jejich fyzikálně chemickými vlastnostmi. Výsledkem modelace programu je znázornění hranice zón (smrtící, zraňující koncentrace). (13)

Program pracuje se vstupními informacemi, jako jsou informace o uniklé látce (databáze 652 chemických látek nejčastěji se využívajících v průmyslu), o stavu atmosféry (rychlost a směr větru, teplota a vlhkost vzduchu, oblačnost, drsnost povrchu země, třídy atmosférické stability) a o zdroji úniku (přímý zdroj, louže, zásobník nebo potrubí). (13)

Zdroje úniku mohou být uvedeny jako přímý zdroj, o kterých uvažujeme, pokud známe množství látky uniklé do atmosféry – nebere se v úvahu odpar, proto se používá

pouze pro plyny. Do programu jsou zadávány další parametry ohledně typu úniku (okamžitý/kontinuální), množství uniklé látky a výšky zdroje nad povrchem a rychlosti úniku. Dalším typem zdroje je louže. Tato volba je vhodná v případě odparu kapaliny z louže, která už neuniká. Při výpočtu se berou v potaz parametry plochy rozlité kapaliny, objemu, hmotnosti či hloubky nádrže, typu a teploty podkladu a teploty uniklé látky. Zásobník je další volbou pro určení zdroje a uvažuje se jeho volba pro případ, kdy uniká látka z poškozeného zásobníku za následného vypařování do atmosféry. Parametry potřebné pro program jsou: typ a orientace zásobníku (kulový/válcový a vertikální/horizontální), jeho objem, výška nebo průměr, stav a teplota látky v zásobníku, rozměry otvoru, typ úniku (díra, krátké potrubí), výška otvoru nade dnem, typ a teplota podkladu, existence záchytné jímky (popř. její rozměry). Tlak je následně vyhodnocen automaticky. Posledním typem zdroje je potrubí. Výpočet nelze využít pro kapaliny a zadávacími parametry jsou délka a průměr potrubí, napojení na zásobník, teplota, tlak a drsnost potrubí. (13)

Výstupní data programu zahrnují maximální rychlost úniku (u kapalin se jedná o rychlost odparu, ne o rychlost úniku), maximální minutový průměr rychlosti úniku (u kapalin jde opět o odpar), celkové množství uniklé látky za dobu max. jedné hodiny, maximální dosah nebezpečné zóny, kdy koncentrace bude na maximální hodnotě, maximální koncentrace uniklé látky na libovolném místě (terén, budovy) a maximální dávka ve zvoleném místě, kterou by organismus přijal během jedné hodiny. (13)

## 2. VÝZKUMNÁ OTÁZKA

Havarijní připravenost si svým způsobem zpracovává každý podnik. Někdy jde o formu havarijní dokumentace, někdy pouze o školení. Avšak účinnost oné připravenosti můžeme hodnotit až potom, co se stane neštěstí. V mém případě nemůžeme čekat, až se stane neštěstí, jelikož únik velkého množství amoniaku by mohl vážně ohrozit zaměstnance a obyvatelstvo v okolí. Z tohoto důvodu je nutné provést analytickými metodami výzkum, abych zjistil dopady a rozsah případné havárie a mohl tak navrhnout havarijní dokumentaci ke zlepšení havarijní připravenosti. Na tomto základě byla vytvořena výzkumná otázka.

**Výzkumná otázka:** *Přispěje havarijní připravenost národního podniku Budějovický Budvar k ochraně obyvatel, vyskytujících se v zóně účinků, před uniklými nebezpečnými látkami?*

### **3. METODIKA**

Diplomová práce je zpracována pomocí rešerše a komparace dostupných materiálů ve světě a České republice. Kromě dostupné literatury je využito osobních schůzek kompetentních osob z národního podniku Budějovický Budvar, kde jsou pomocí brainstormingu a polostandardizovaného rozhovoru získávány informace o hrozbách a rizicích, charakteristikách ohrožení, bezpečnostních systémech, způsobu provozu zařízení, kde se provádí činnosti s nebezpečnými chemickými látkami apod. Informace získané touto cestou jsou základem pro tvorbu havarijní dokumentace a pro analýzu rizik, která je prováděna pomocí případových metod analýzy rizik a modelovacích softwarových programů.

#### **Brainstorming a polostandardizovaný rozhovor**

Metoda brainstorming byla provedena v zasedací místnosti, které se zúčastnil bezpečnostní inženýr podniku, dozorce strojovny chladicího zařízení a vedoucí oddělení techniky a energetiky. Hlavní téma brainstormingu se neslo v duchu analýzy rizik a havarijní připravenosti. Téma bylo zaměřeno na užší okruh podniku a to konkrétně na ohrožení nebezpečnými chemickými látkami. První část procesu trvala 15 minut, během které bylo zaznamenáno spousty námětů. Po této fázi, docházelo k ohodnocení a projednání veškerých návrhů. Poté jsem získal potřebné návrhy a náměty ke tvorbě havarijní dokumentace.

Během zpracovávání bylo zjištěno, že ne vše se stačilo probrat a vymyslet během brainstormingu, a tak jsem si připravil seznam otázek, které jsem potřeboval využít jak k výpočtům, tak ke zpracování havarijní dokumentace. Z důvodu poučení z předešlé metody byla použita metoda polostandardizovaného rozhovoru, kdy jsem položil předem předpřipravené otázky, avšak nechal jsem si prostor pro další náměty v případě doplňujících otázek nebo pro případ nepochopení odpovědi. Tato metoda neproběhla pouze jednou, ale docházelo k jejímu opakování v průběhu zpracování, kdy už jsem šel



pro specifické údaje ke konkrétním lidem, a to zejména k bezpečnostnímu inženýrovi podniku a k dozorci strojevný chladicího zařízení.

Seznam otázek položených během polostandardizovaných rozhovorů lze najít v Příloze č. 26.

### Metoda DOW's Chemical Exposure Index (CEI)

Tato metoda je využita ke zjištění CEI hodnot podle vzorce  $CEI = 655,1 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG 2}}$  a následně pro zjištění nebezpečné vzdálenosti HD od zdroje úniku nebezpečné chemické látky podle vzorečku  $HD = 6551 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG1}}$ . Nejprve se musí definovat scénáře nehod způsobených únikem amoniaku. Metoda dává na výběr, zda se jedná o únik plynu nebo kapaliny. Výběr je směřován k volbě pro kapalinu, protože amoniak je v zásobnících zkapalněn pomocí tlaku. Dále se musí stanovit aktuální hodnoty ERPG. Metoda postupuje následujícími kroky:

První krok metody je odhadnutí rychlosti výtoku unikajícího amoniaku  $L$ , podle vzorečku:  $L = 9,44 \cdot 10^{-7} \cdot D^2 \cdot \rho_1 \sqrt{\frac{1000 \cdot P_g}{\rho_1} + 9,8 \Delta h}$ .

Druhý krok zjišťuje celkové množství uniklého amoniaku  $WT$  na základě vzorečku:  $WT = 15 \cdot 60 \cdot L$ . Vyjde-li  $WT$  více, než je množství látky v zásobníku, je počítáno s hodnotou objemu kapaliny v zásobníku.

Třetí krok výpočtu bere v úvahu množství odpařené kapaliny. To je závislé na tom, zda je teplota látky v zařízení uchovávána při teplotě vyšší nebo nižší než je její bod varu. Byla-li by nižší, lze tuto část postupu přeskočit na krok čtvrtý. Na základě bodu varu amoniaku, který je  $-33,34$  °C a jeho uchování v zásobnících při teplotě nad bodem varu, tento krok není přeskočen a je určeno množství odpařené kapaliny  $F_v$  podle vzorečku:  $F_v = \frac{c_p}{H_v} \cdot (T_s - T_b)$ . Součástí tohoto kroku je zjištění, zda dochází během výronu k utváření louže  $AQ_f$  dle vzorečku:  $AQ_f = 5 \cdot F_v \cdot L$ . Vyjde-li výsledek  $F_v$  větší nebo roven hodnotě 0,2, pak louže nevzniká a je možno pokračovat šestým krokem.

Čtvrtý krok metody určuje velikost louže  $W_p$  dle výpočtu:  $W_p = W_T \cdot (1 - 5 \cdot F_v)$ . V případě, že by do této fáze bylo přeskočeno v souladu s podmínkami ze třetího kroku, pak by se  $W_p$  rovnalo výsledku  $WT$  z kroku druhého. Pokud je známo celkové množství tvořící louži  $W_p$ , lze následně určit i plochu louže  $A_p$  dle vzorečku:  $A_p = 100 \cdot \frac{W_p}{\rho}$ . Výpočet plochy tvořící louži lze aplikovat za podmínek, pokud dojde k přetečení místnosti nebo záchytné jímky, či se zdroj rizik nachází na volném prostranství bez bariér zachycující nebezpečnou chemickou látku. Zda dojde k přetečení či nikoliv lze zjistit ze vzorce pro výpočet objemu:  $V = \frac{m}{\rho}$ .

Pátý krok zjišťuje, jak rychle a v jakém množství se bude odpařovat utvořená louže  $AQ_p$  na základě výpočtu:  $AQ_p = 9,0 \cdot 10^{-4} \cdot (A_p^{0,95}) \cdot \frac{(MW) \cdot P_v}{T+273}$ . Opět jsou zde určité podmínky, konkrétně pro teplotu kapaliny. Je-li teplota kapaliny nižší než bod varu, ale vyšší než teplota okolí, pak teplota louže je rovna provozní teplotě. V případě, že je teplota kapaliny vyšší než bod varu, teplota louže je rovna teplotě varu kapaliny. Proto je počítáno s teplotou  $-33,34^\circ\text{C}$ .

V šestém kroku je zjišťováno celkové množství rozptýlené látky  $AQ$ , kdy dochází k sumarizaci již vypočítaných hodnot  $AQ_f$  a  $AQ_p$ . V případě, že hodnota  $AQ$  je vyšší než hodnota  $L$  z prvního kroku, dosadí se do  $AQ$  hodnota z  $L$ .

V sedmém kroku je podle hodnoty  $AQ$  počítán index toxicity  $CEI$  pro  $ERPG-2$  hodnotu.

Vyjde-li výsledek  $CEI$  více než 200 (což je hraniční hodnota), je zapotřebí následné posouzení analýzy rizik dalšími metodami. U všech výpočtů  $CEI$  jsou předpokládány neutrální povětrnostní podmínky a rychlost větru 5 m/s.

Osmým a posledním krokem metody  $CEI$  je výpočet nebezpečné vzdálenosti  $HD$ , která v sobě zahrnuje hodnoty  $ERPG-1$ , 2, a 3. Avšak i zde existuje podmínka a to, vyjde-li vzdálenost  $HD$  větší než 10 000 m, pak je výsledná hodnota 10 000 m.

## Odhad toxického působení

Pro odhadnutí zraňující a smrtelné zóny jsou využity výpočty pro odhad toxického působení  $R$  ze vzorce:  $R = 54,2 \cdot N \cdot \sqrt[3]{\frac{m^2}{d^2 \cdot v^2 \cdot k^2}}$ . A jelikož je uvažováno o nejhorších (konzervativních) podmínkách, může být použit zjednodušený tvar této rovnice:  $R = 34 \cdot N \cdot \sqrt[3]{\frac{m^2}{d^2}}$ .

V první fázi výpočtu je důležité nejprve vypočítat teplotně závislý korekční faktor

$N$  dle vzorečku:  $N = \sqrt[3]{\left(\frac{t-t_v}{t-t_v+L_v/c_p}\right)^2}$ . Zde a ostatně i u všech dále zmiňovaných metod

je zapotřebí znát fyzikálně chemické parametry pro výpočet rovnic. Po vypočítání korekčního faktoru  $N$ , který je následně dosazen do hlavní rovnice, je vypočítán poloměr rozsahu toxického působení  $R$  pro smrtelnou a zraňující expozici.

## IAEA-TECDOC-727

### Výpočet odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo

Tuto metodu se využívá k odhadu rizika a k stanovení priorit zdrojů rizika. Stejně jako v jiných metodách musí být zpočátku shromážděny informace důležité k pokračování této metody jako například fyzikálně chemické údaje o zdroji ohrožení, o nebezpečném zařízení apod.

Po shromáždění veškerých potřebných údajů, je zahájen výpočet odhadu vnějších následků velké havárie  $C_{a,s}$  dle výpočtu:  $C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_a \cdot f_d \cdot f_m$ . Tento výpočet obsahuje spousty parametrů.

První parametr  $A$  definuje ovlivněnou oblast únikem amoniaku. Ta je stanovena z příslušných tabulek dle referenčního čísla amoniaku. Dále dochází ke kategorizování následků dle množství amoniaku ve stabilním zařízení a na základě jeho určení je zjištěna z tabulky pro maximální dosah následků hodnota  $A$ .

Další parametr je stanovení hustoty obyvatelstva  $\delta$  na základě příslušné tabulky této metody, nebo podle přesných statistických dat.

Korekční faktor  $f_\alpha$  pro rozdělení obyvatelstva v oblasti je vypočítán dle vzorečku:  $f_\alpha = f_r \cdot f_\alpha$ . Parametr pro výpočet podílu plochy kruhu  $f_r$ , který představuje obydlenu plochu k ploše kruhu s nejvyšší hodnotou poloměru  $R$  je získán z výpočtu:  $f_r = \frac{R_{max}^2 - R_{min}^2}{R^2}$ . Poloměry  $R$  k výpočtu  $f_r$  jsou stanoveny nejdelším a nejmenším poloměrem  $R_{max}$  a  $R_{min}$  k obydlené oblasti z celkové oblasti zjištěné z tabulky pro maximální dosah následků, která je též využita k získání parametru  $A$ . Druhým parametrem je ovlivněná oblast  $f_\alpha$  získaná podílem dvou údajů a to: úhel charakterizující ovlivněnou oblast  $\theta$ , který definují symboly kategorií v tabulce pro kategorizaci následků dle množství amoniaku ve stabilní zařízení, která byla též užitá pro zjištění parametru  $A$ . Druhým údajem je úhel zahrnující obydlenu oblast  $\alpha$ , který je zjištěn z elektronické mapy a podle poloměru rozsahu, kdy na základě parametru  $\theta$  je vytyčen úhel pomocí elektronické tužky a úhlooměru. Výpočet parametru  $f_\alpha$  je dle vzorečku:  $f_\alpha = \frac{\alpha}{\theta}$ . Po výpočtu dle hlavního vzorce  $f_\alpha = f_r \cdot f_\alpha$  je zjištěn výsledek, který je následně přepočítán na hodnotu korekčního faktoru  $f_\alpha$  za využití tabulky pro rozložení hlavní obydlené oblasti v kruhu, jehož poloměr představuje maximální dosah účinků v zasažené oblasti.

Korekční faktor pro odhadnutí vzdálenosti k obydlené oblasti  $f_d$  je opět využita urbanistická mapa, kde dochází k procentuálnímu odhadnutí zasažené plochy.

Posledním korekčním faktorem je faktor zmírnění následků  $f_m$ , který je určen pomocí příslušné tabulky.

Poslední fáze výpočtu souvisí s dosazením hodnot do hlavního vzorce pro výpočet odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo  $C_{a,s}$ .

## Odhad pravděpodobnosti výskytu velké havárie

Pro odhad frekvence výskytu závažné havárie spojené s únikem amoniaku  $P_{i,s}$  se nejprve vypočítá pravděpodobnostní číslo  $N$  dle vztahu: 
$$N_{i,s} = N \cdot i, s + n_l + n_f + n_o + n_p.$$

Pravděpodobnostní číslo  $N_{i,s}$  pro stabilní zařízení je stanoveno dle referenčního čísla. Dále je zapotřebí stanovit korekční faktor pravděpodobnostního čísla  $n_l$  pro četnost nakládání a vykládání a to na základě příslušné tabulky této metody.

Dalším parametrem je korekční parametr pravděpodobnostního čísla  $n_o$  pro organizační bezpečnostní opatření, který je stanoven opět dle příslušné tabulky a na základě pohovoru s bezpečnostním inženýrem podniku.

Korekční parametr pravděpodobnostního čísla  $n_p$  pro směr větru vzhledem k obydlené oblasti zasažené zóny je zjištěn z příslušných tabulek a dle povětrnostních podmínek z větrné růžice pro České Budějovice.

Korekční faktor bezpečnosti pro hořlavou látku  $n_f$  nebyl stanoven, jelikož tento faktor je zaměřen na látky hořlavé, což amoniak ve své podstatě není, dle zákona je to látka toxická.

V závěru této metody dochází k součtu všech hodnot, dle vzorce pro výpočet pravděpodobnostního čísla. Poté je výsledek přepočítán na četnost  $P_{i,s}$  dle příslušné tabulky této metody.

## Společenské riziko

Pro odhad společenského rizika je vytvořena matice pravděpodobnosti a následků a výsledné hodnoty z odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo a z odhadu pravděpodobnosti výskytu velké havárie jsou zakomponovány do této matice.

## ALOHA

V aplikaci programu ALOHA v horní záložce *SiteData* v položce *Location* se zadá lokalizace rizikové oblasti a v položce *Building Type* typ okolní krajiny.

V další horní záložce *SetUP*, v položce *Chemical*, se navolí nebezpečná chemická látka z databáze. Po výběru chemické látky se v záložce *Atmospheric* ve stejné záložce nastaví atmosférické podmínky. Aplikace nás požádá o zadání oblačnosti s rychlosti a směru větru v určité výšce. Poté se určí, zda se jedná o otevřenou krajinu nebo o urbanistickou oblast. Po vyplnění prvního okénka nás aplikace znovu požádá o vyplnění dalších údajů, které vyžadují teplotu a vlhkost vzduchu, třídu atmosférické stability (A-F) a zda se uvažuje o inverzi, pokud ano, tak v jaké výšce se inverze nachází. Po dokončení atmosférických údajů, v stále stejné záložce v položce *Source* se zadají parametry rizikového zdroje, teploty, množství a skupenství náplně a rozměrech a umístění ruptury. V neposlední řadě nás aplikace vyzve k informaci, zda se jedná o únik se zahořením či nikoliv. V horní záložce *SetUp* dále dochází ke specifikování, jakým modelem bude rozptyl látky vypočítáván. Zda se bude jednat o Gaussův model, model těžkého plynu anebo jestli necháme rozhodnutí na programu.

Jakmile jsou zadány všechny parametry, pokračuje se kliknutím na položku *Display* a následně na položku *Threath Zone*. Program následně nabídne další možnosti úniku pro výpočet oblasti: zamořené nebezpečnými koncentracemi látky, zasažené požárem a zasažené tlakovou vlnou při explozi par. Poté už zbývá pouze zvolit, jaké limitní hodnoty budou přínosné (ERPG, AEGL) a zaškrtnout, zda budou ve výsledném grafu vykreslovány konfidenční linie.

Získání výstupu v textové formě dojde kliknutím na položku *Display* a poté na *Text Summary*. Pro zjištění rychlosti úniku látky v čase, poklepem na položku *Display* a následně na položku *Source Strength*.

Výsledný graf a výstupní hodnoty přináší důležitá data o koncentracích v určité vzdálenosti, avšak oblast pro určitou koncentraci může též dosahovat hodnot mnohem vyšších, a známe-li vzdálenost od zdroje v příslušném směru, lze takovou hodnotu koncentrace v příslušném čase a vzdálenosti zjistit tak, že poklepaním otevřeme záložku *Display* a následně položku *Threath At Point*.

## **4. VÝSLEDKY**

### **4.1 Výpočty analýz**

V kapitole výpočty budou znázorněny praktické dovednosti s metodami pro analýzu rizik. Jednotlivé výsledky poslouží jak pro všeobecné objasnění rizikovosti jednotlivých zdrojů rizik, tak pro aplikaci do havarijní dokumentace. Na základě brainstormingu a polostandardizovaného rozhovoru byly vybrány rizikové zdroje, u kterých je nejprve důležité určit jejich rizikovost, rozsah, dopady a pravděpodobnost.

Postupy výpočtů jednotlivých analýz byly nastíněny v kapitole metodika, z tohoto důvodu zde nejsou jednotlivé příklady vysvětlovány, ale provádí se přímo výpočet.

#### **4.1.1 Analýza metodou Dow's Chemical Exposure Index pro unikající kapalinu**

Pro tuto metodu byla vytvořena na následující straně tabulka I, kde jsou k nalezení souhrnné hodnoty pro výpočet CEI indexu a nebezpečné HD vzdálenosti.

Tabulka I Hodnoty pro výpočty k metodě Dow's Chemical Exposure Index

			Zásobník - strojovna	Zásobník - CKT
Označení	Značka	Jednotka	Hodnota	Hodnota
Provozní přetlak	P <sub>g</sub>	kPa	1250	270
Tenze par kapaliny při bodu varu (44)	P <sub>v</sub>	kPa	-	101,8
Hustota kapaliny při provozní teplotě	ρ <sub>l</sub>	kg/m <sup>3</sup>	587,4	644
Hustota kapaliny při bodu varu	ρ	kg/m <sup>3</sup>	681,9	681,9
Výška hladiny nad místem úniku	Δh	m	0,56	0,7
Průměr otvoru (podmínky)	D	mm	80 (50,8)	50
Celkové množství uniklé kapaliny (podmínky)	WT	kg	59 490 (6 000)	28 260 (7 000)
Celkové množství kapaliny tvořící louži	W <sub>p</sub>	kg	0	2 870
Bod varu kapaliny	T <sub>b</sub>	°C	-33,34	-33,34
Provozní teplota kapaliny	T <sub>s</sub>	°C	35	-4
Teplota louže	T	°C	-	-33,34
Tepelná kapacita kapaliny/ výparné teplo	CP / H <sub>v</sub>	[J/kg.°C]/ [J/kg]	0,00401	0,00401
Podíl odpařené kapaliny	F <sub>v</sub>	-	0,274	0,118
Rychlost úniku kapaliny	L	kg/s	66,1	31,4
Rozptýlené množství kapaliny	AQ <sub>f</sub>	kg/s	66,1	18,53
Odpar kapaliny z povrchu louže	AQ <sub>p</sub>	kg/s	-	2
Rychlost toku kapaliny	A <sub>q</sub>	kg/s	66,1	20,53
Plocha louže	A <sub>p</sub>	m <sup>2</sup>	-	42,5
Molekulová hmotnost	MW	g/mol	17,03	17,03
ERPG-1 (45)		ppm (mg/m <sup>3</sup> )	25 (17,5)	25 (17,5)
ERPG-2 (45)		ppm (mg/m <sup>3</sup> )	150 (105)	150 (105)
ERPG-3 (45)		ppm (mg/m <sup>3</sup> )	1 500 (1 050)	1 500 (1 050)

Zdroj: Vlastní výzkum



### Výpočet rychlosti unikající kapaliny (14; 42)

$$L = 9,44 \cdot 10^{-7} \cdot D^2 \cdot \rho_1 \sqrt{\frac{1000 \cdot P_2}{\rho_1} + 9,8 \Delta h} \quad [\text{kg/s}]$$

Strojovna:  $L = 9,44 \cdot 10^{-7} \cdot 50,8^2 \cdot 587,4 \sqrt{\frac{1000 \cdot 1250}{587,4} + 9,8 \cdot 0,56} \doteq \mathbf{66,1 \text{ kg/s}}$

CKT:  $L = 9,44 \cdot 10^{-7} \cdot 50^2 \cdot 644 \sqrt{\frac{1000 \cdot 270}{644} + 9,8 \cdot 0,70} \doteq \mathbf{31,4 \text{ kg/s}}$

### Stanovení celkového množství uniklé kapaliny (14; 42)

$$WT = 15 \cdot 60 \cdot L \quad [\text{kg}]$$

Strojovna:  $WT = 15 \cdot 60 \cdot 66,1 = \mathbf{59\ 490 \text{ kg}}$

CKT:  $WT = 15 \cdot 60 \cdot 31,4 = \mathbf{28\ 260 \text{ kg}}$

Při porovnání celkového množství uniklé kapaliny s objemem v systému se skutečná hodnota uvažuje jako ta menší z obou hodnot. Celkové množství uniklé kapaliny je větší než celkové množství látky v zásobníku, a proto nastane jeho celkové vyprázdnění. (14) Celkové uniklé množství kapaliny bude rovno objemu zásobníku, tedy pro zásobník ve strojovně **6 000 kg** a pro zásobník v CKT **7 000 kg**.

### Zjištění celkového množství odpařené kapaliny (14; 42)

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

Strojovna:  $F_v = 0,00401 \cdot [35 - (-33,4)] = \mathbf{0,274}$

CKT:  $F_v = 0,00401 \cdot [-4 - (-33,4)] = \mathbf{0,118}$

### Množství kapaliny odpařené během úniku (14; 42)

$$AQ_f = 5 \cdot F_v \cdot L \quad [\text{kg/s}]$$

Strojovna:  $AQ_f = L = \mathbf{66,1 \text{ kg/s}}$

CKT:  $AQ_f = 5 \cdot 0,118 \cdot 31,4 = \mathbf{18,53 \text{ kg/s}}$

### Výpočet celkového množství kapaliny tvořící louži (14; 42)

$$W_p = W_T \cdot (1 - 5 \cdot F_v) \quad [\text{kg}]$$

Strojovna: *louže nevzniká (viz metodika:  $F_v > 0,2$ ), pak  $W_p = W_T$*

CKT:  $W_p = 7\,000 \cdot (1 - 5 \cdot 0,118) = \mathbf{2870 \text{ kg}}$

### Výpočet plochy louže (14; 42)

Plochu louže můžeme stanovit za předpokladu, že její hloubka je 1 cm a to vztahem:

$$A_p = 100 \cdot \frac{W_p}{\rho}$$

Jelikož se louže u zásobníku situovaného na střeše strojovny v případě havárie nebude vyskytovat, výpočet plochy louže budeme provádět pouze u expanzní nádoby situované v prvním patře budovy CKT.

Plochu louže lze vypočítat již zmíněným vzorcem, ale v potaz musíme brát i rozměry místnosti, kde se expanzní nádoba nachází. Ta je 8,5 m dlouhá a 5 m široká = 42,5 m<sup>2</sup>. Výška místnosti ke dveřím je 0,2 m, tzn., že místnost pohltí až 8,5 m<sup>3</sup> kapaliny, aniž by přetekla. Pokud se ohlédneme na předešlou podmínku výpočtu a opomene, že hloubka (výška) rozlité kapaliny je pouze 1 cm, můžeme potvrdit, že veškerý uniklý objem (2870 kg) je schopna daná místnost pojmout, pak objem vyteklého množství zjistíme ze vztahu:  $V = \frac{m}{\rho} = \frac{2870}{681,9} = 4,2 \text{ m}^3$

**Stanovení množství kapaliny rozptýlované odparem z povrchu louže (14; 42)**

$$AQ_p = 9,0 \cdot 10^{-4} \cdot (A_p^{0,95}) \cdot \frac{(MW) \cdot P_v}{T + 273} \quad [kg/s]$$

Strojovna:  $F_v \geq 0,2$  pak  $AQ_f = L$  a louže se neutváří =  $AQ_p = 0 \text{ kg/s}$

CKT:  $AQ_p = 9,0 \cdot 10^{-4} \cdot (42,5^{0,95}) \cdot \frac{(17,03) \cdot 101,8}{-33,34 + 273} \doteq 0,23 \text{ kg/s}$

**Výpočet celkového rozptýlovaného množství látky (14; 42)**

$$AQ = AQ_f + AQ_p \quad [kg/s]$$

Strojovna:  $AQ = 66,1 + 0 = 66,1 \text{ kg/s}$

CKT:  $AQ = 18,53 + 0,23 = 18,76 \text{ kg/s}$

**Index toxicity CEI (14; 42)**

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

Strojovna:  $CEI = 655,1 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG\ 2}} = 655,1 \sqrt{\frac{66,1}{105}} \doteq 520$

CKT:  $CEI = 655,1 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG\ 2}} = 655,1 \sqrt{\frac{18,76}{105}} \doteq 277$

### Výpočet nebezpečné vzdálenosti (14; 42)

$$HD = 6551 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG}} \quad [m]$$

#### Strojovna

$$HD = 6551 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG1}} = 6551 \cdot \sqrt{\frac{66,1}{17,5}} \doteq \mathbf{12\ 732\ m}$$

$$HD = 6551 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG2}} = 6551 \cdot \sqrt{\frac{66,1}{105}} \doteq \mathbf{5\ 198\ m}$$

$$HD = 6551 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG3}} = 6551 \cdot \sqrt{\frac{66,1}{1050}} \doteq \mathbf{1\ 643\ m}$$

#### CKT

$$HD = 6551 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG1}} = 6551 \cdot \sqrt{\frac{18,76}{17,5}} \doteq \mathbf{6\ 783\ m}$$

$$HD = 6551 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG2}} = 6551 \cdot \sqrt{\frac{18,76}{105}} \doteq \mathbf{2\ 769\ m}$$

$$HD = 6551 \sqrt{\frac{AQ}{ERPG3}} = 6551 \cdot \sqrt{\frac{18,76}{1050}} \doteq \mathbf{876\ m}$$

### Shrnutí dat

V tabulce II jsou znázorněna výsledná data, plynoucí z metody: Dow's Chemical Exposure Index.

*Tabulka II Závěrečná tabulka pro index chemického ohrožení*

Zařízení	Hodnota	Koncentrace		Dosah ohrožení
		mg/m <sup>3</sup>	ppm	m
Zásobník – strojovna (6t)	ERPG1	17,5	25	12 732 (10 000)
	ERPG2	105	150	5 198
	ERPG3	1 050	1 500	1 643
Zásobník – CKT (7t)	ERPG1	17,5	25	6 783
	ERPG2	105	150	2 769
	ERPG3	1 050	1 500	876

*Zdroj: Vlastní výzkum*

#### 4.1.2 Odhad toxického působení

Pro výpočet odhadu toxického působení byla sestavena tabulka III, ve které jsou veškeré hodnoty pro získání poloměru rozsahu toxického působení pro smrtelnou a zraňující zónu.

Tabulka III Hodnoty pro výpočet odhadu toxického působení

Označení	Značka	Jednotka	Zásobník - strojovna	Zásobník - CKT
			Hodnota	Hodnota
Teplotně závislý korekční faktor uvažující o mžikovém odparu	N	-	0,1776	0,1506
Teplota v místě výroby	t	°C	9*	20
Teplota varu	t <sub>v</sub>	°C	-33,34	-33,34
Měrné výparné teplo (44)	L <sub>v</sub>	kJ/kg	1369,5	1369,5
Měrné teplo v plynné fázi (44)	C <sub>p</sub>	$\left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$	2,077	2,008
Hmotnost amoniaku v zásobníku	m	kg	6 000	7 000
Expoziční součinn smrtelný (46; 20)	d <sub>1</sub>	$\frac{\text{ppm} \cdot \text{min}}{\left( \frac{\text{mg} \cdot \text{min}}{\text{dm}^3} \right)}$	172 560 (120)	172 560 (120)
Expoziční součinn zraňující (46; 20)	d <sub>2</sub>	$\frac{\text{ppm} \cdot \text{min}}{\left( \frac{\text{mg} \cdot \text{min}}{\text{dm}^3} \right)}$	21 570 (15)	21 570 (15)

Zdroj: Vlastní výzkum

\* průměrná roční teplota v Českých Budějovicích prorok 2013 (47)

#### Výpočet teplotně závislého korekčního faktoru, který uvažuje o mžikovém odparu (13)

Teplotně závislý korekční faktor byl vypočítán podle vztahu: 
$$N = \sqrt[3]{\left( \frac{t - t_v}{t - t_v + L_v / c_p} \right)^2}$$

Strojovna: 
$$N = \sqrt[3]{\left( \frac{9 - (-33,34)}{9 - (-33,34) + 1369,5 / 2,077} \right)^2} \doteq 0,1538$$

CKT: 
$$N = \sqrt[3]{\left( \frac{20 - (-33,34)}{20 - (-33,34) + 1369,5 / 2,008} \right)^2} \doteq 0,1739$$

### Výpočet poloměru rozsahu toxického působení (13)

$$R = 34 \cdot N \cdot \sqrt[3]{\frac{m^2}{d^2}} \quad [\text{m}]$$

**Strojovna:** Únik veškerého amoniaku ze zásobníku na strojovně

Smrtelná expozice:  $R = 34 \cdot N \cdot \sqrt[3]{\frac{m^2}{d_1^2}} = 34 \cdot 0,1538 \cdot \sqrt[3]{\frac{6\,000^2}{120^2}} \doteq 71 \text{ m}$

Zraňující expozice:  $R = 34 \cdot N \cdot \sqrt[3]{\frac{m^2}{d_2^2}} = 34 \cdot 0,1538 \cdot \sqrt[3]{\frac{6\,000^2}{15^2}} \doteq 283 \text{ m}$

**CKT:** Únik veškerého amoniaku ze zásobníku v CKT

Smrtelná expozice:  $R = 34 \cdot N \cdot \sqrt[3]{\frac{m^2}{d_1^2}} = 34 \cdot 0,1739 \cdot \sqrt[3]{\frac{7\,000^2}{120^2}} \doteq 89 \text{ m}$

Zraňující expozice:  $R = 34 \cdot N \cdot \sqrt[3]{\frac{m^2}{d_2^2}} = 34 \cdot 0,1739 \cdot \sqrt[3]{\frac{7\,000^2}{15^2}} \doteq 356 \text{ m}$

### Shrnutí dat

V tabulce IV jsou znázorněna výsledná data, plynoucí z metody: Odhad toxického působení.

*Tabulka IV Závěrečná tabulka pro odhad toxického působení*

Zdroj úniku	Expozice	Dosah (m)
Strojovna	Smrtelná	71
	Zraňující	283
CKT	Smrtelná	89
	Zraňující	356

*Zdroj: Vlastní výzkum*

### 4.1.3 Odhad vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo pomocí metody IAEA TECDOC-727

Pro metodu IAEA-TECDOC-727 byla zpracována následující tabulka V, ve které jsou dosazené souhrnné hodnoty parametrů a faktorů pro získání odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo.

*Tabulka V Hodnoty pro výpočet odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo z hlediska objemu jednotlivých zásobníků.*

Zásobník s amoniakem pro strojovnu i CKT			
Označení	Značka	Jednotka	Hodnota
Ovlivněná oblast	A	ha	1,5
Hustota populace v zalidněné oblasti uvnitř ovlivněné oblasti	$\delta$	obyvatelé	160
korekční faktor rozdělení obyvatelstva v oblasti pro obyvatelé mimo areál podniku (pokud jde o % ze zasažené plochy mimo areál)	$f_a$	-	0,1
korekční faktor rozdělení obyvatelstva v oblasti pro zaměstnance	$f_a$	-	1
korekční faktor vzdálenosti k obydlené oblasti pro zaměstnance	$f_d$	-	0,6 (60%)
Strojovna: korekční faktor vzdálenosti k obydlené oblasti pro obyvatelé mimo areál podniku (pokud jde o % ze zasažené plochy mimo areál)	$f_d$	-	0,05 (5%)
CKT: korekční faktor vzdálenosti k obydlené oblasti pro obyvatelé mimo areál podniku (pokud jde o % ze zasažené plochy mimo areál)	$f_d$	-	0,15 (15%)
korekční faktor zmírnění následků	$f_m$	-	0,1
CKT: Výpočet podílu plochy kruhu, jež představuje obydlenou oblast	$f_r$	-	0,20
CKT: Úhel zahrnující obydlenou oblast	$\alpha$	°	34*
CKT: Úhel charakterizující ovlivněnou oblast Kategorie II (48)	$\theta$	°	180
CKT: maximální vzdálenost obydlené oblasti od nebezpečné aktivity	$R_{max}$	m	100
CKT: minimální poloměr obydlené zóny od nebezpečné aktivity	$R_{min}$	m	90
Poloměr dosahu toxické látky určeného dle tabulky č. VIII	R	m	100

*Zdroj: Vlastní výzkum*

\* Viz Příloha č. 27

## Stanovení ovlivněné oblasti A únikem amoniaku

Tabulka VI Klasifikace látek podle kategorií účinků (33; 48)

Amoniak		
Referenční číslo	Popis látky	Toxicita
<b>31</b>	<b>Zkapalněný tlakem</b>	Střední
36	Zkapalněný chlazením	
40	V potrubí	

Tabulka VII Klasifikace kategorií následků pro stabilní zařízení (13; 48)

Referenční číslo	Množství (t)								
	0,2-1	1-5	5-10	10-50	50 - 200	200 - 1000	1000 - 5000	5000 - 10000	10000 a více
<b>31</b>	B II	C II	<b>C II</b>	D III	E III	F III	F III	G III	H III
<b>36</b>	-	A II	B II	C II	D III	D III	E III	F III	G III

(Vysvětlivky symbolů viz Příloha č. 28)

Na základě tabulky VI, VII a VIII jsem zjistil, jak velká rozloha by byla ovlivněna unikem amoniaku ze zásobníku ve strojovně (s množstvím 6 tun NH<sub>3</sub>) a ze zásobníku na CKT (s množstvím 7 tun NH<sub>3</sub>), čímž jsem stanovil hodnotu A pro oba zásobníky (C II).

Tabulka VIII Kategorie následků – maximální dosah a zasažená oblast (13; 48)

Kategorie dosahu [m]		Kategorie zasažené oblasti [ha]		
		I	II	III
A	0-25	0,2	0,1	0,02
B	25-50	0,8	0,4	0,1
<b>C</b>	<b>50-100</b>	3	<b>1,5</b>	0,3
D	100-200	12	6	1
E	200-500	80	40	8
F	500-1 000	-	-	30
G	1 000-3 000	-	-	300
H	3 000-10 000	-	-	1 000



## Stanovení hustoty obyvatelstva $\delta$

Tabulka IX Hustota obyvatelstva (13)

Popis oblasti	Hustota [osoba/ha]
Zemědělská oblast, rozptýlená zástavba	5
Jednotlivá obydlí	10
Vesnice, klidná obytná zóna	20
Osídlené oblasti	40
Rušné osídlené oblasti	80
<b>Sídlště, obchodní centra, centra města</b>	<b>160</b>

## Stanovení korekčního faktoru $f_a$ pro rozdělení obyvatelstva v oblasti (48)

$$f_a = f_r \cdot f_\alpha$$

Výpočet podílu plochy kruhu  $f_r$ , jež představuje obydlenu oblast k ploše kruhu s nejvyšší hodnotou poloměru R.:

$$f_r = \frac{R_{max}^2 - R_{min}^2}{R^2}$$

CKT:

$$f_r = \frac{100^2 - 90^2}{100^2} \doteq \mathbf{0,20}$$

Strojovna:

Nemohl jsem určit, a tak jsem postupoval podle tabulky č. X

výpočet poměru  $f_\alpha$ :

$$f_\alpha = \frac{\alpha}{\theta}$$

CKT:

$$f_\alpha = \frac{34}{180} \doteq \mathbf{0,18}$$

faktor ovlivněné oblasti  $f_a$ :

$$f_a = f_r \cdot f_\alpha$$

CKT:

$$f_a = 0,20 \cdot 0,18 \doteq 0,04 = \mathbf{4\%}$$

Dle tabulky X je nejbliže této hodnotě hodnota 5%, a tak jsem využil této hodnoty.

Tabulka X Korekční faktor  $f_a$  pro rozložení hlavní obydlené oblasti v kruhu, jehož poloměr představuje maximální dosah účinků (13; 48)

Kategorie zasazené oblasti	Zlomek osídlení [%] z kruhové oblasti				
	100 %	50%	20%	10%	5%
I	1	0,5	0,2	0,1	0,05
<b>II</b>	1	1	0,4	0,2	<b>0,1</b>
III	1	1	1	1	1

### Stanovení faktoru vzdálenosti k obydlené oblasti

Pro odhadnutí korekčního faktoru vzdálenosti k obydlené oblasti  $f_d$  jsem využil urbanistickou mapu Českých Budějovic, výčet nejvyššího možného počtu zaměstnanců v areálu podniku a tabulku č. VII pro určení pásma zasazené oblasti (viz Příloha č. 27 a 29).

### Stanovení korekčního faktoru $f_m$ pro zmírnění následků

Tabulka XI Korekční faktor  $f_m$  pro zmírnění účinků (13; 48)

Látky (referenční čísla)	Faktor
Hořlaviny (1-12)	1
Hořlaviny (13)	0,1
Výbušniny (14,15)	1
Toxická kapalina (16-29, 43-46)	0,05
Toxický plyn (30-34, 40-42)	0,1
Toxický plyn (35-36)	0,05

### Výpočet odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo (13)

$$C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_a \cdot f_d \cdot f_m$$

Strojovna i CKT: Zásobník ohrožující zaměstnance (amoniak zkapalněný tlakem)

$$C_{a,s} = 1,5 \cdot 160 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,1 \doteq 15$$

Strojovna: Zásobník + obyvatelé (amoniak zkapalněný tlakem)

$$C_{a,s} = 1,5 \cdot 160 \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \doteq 1$$

CKT: Zásobník + obyvatelé (amoniak zkapalněný tlakem)

$$C_{a,s} = 1,5 \cdot 160 \cdot 0,1 \cdot 0,15 \cdot 0,1 \doteq 1$$

### Shrnutí dat

V tabulce XII jsou znázorněna výsledná data, plynoucí z metody IAEA TECDOC-727 pro oba zásobníky z hlediska získání odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo.

Tabulka XII Shrnutí metody IAEA-TECDOC-727

Název látky	Množství látky (t)	Vzdálenost účinku (m)	Počet ohrožených osob	
			Zaměstnanci	Obyvatelé
Amoniak zásobník 1	7	100	15	1
Amoniak zásobník 2	6	100	15	1

Zdroj: Vlastní výzkum

#### 4.1.4 Odhad pravděpodobnosti výskytu velké havárie

Ke zjištění odhadu pravděpodobnosti výskytu velké havárie byla sestavena tabulka XIII se souhrnými hodnotami pro výpočet pravděpodobnostního čísla  $N$  a jeho následnou konverzi na četnost událostí za rok.

Tabulka XIII Hodnoty pro výpočet odhadu pravděpodobnosti výskytu velké havárie

Zásobník s amoniakem pro strojovnu i CKT			
Označení	Značka	Jednotka	Hodnota
Střední hodnota pravděpodobnostního čísla pro danou jednotku a látku	$N_{i,s}$	-	5
Korekce podle frekvence zatěžování	$n_l$	-	0,5
Korekce na bezpečnost pro hořlavou látku	$n_f$	-	0
Korekce zahrnující organizační opatření	$n_o$	-	0
Korekce zahrnující vliv směru větru s ohledem na polohu obydlené oblasti*	$n_p$	-	0,5
Konverze pravděpodobnostního čísla ( $N$ ) na četnost ( $P$ )	$P$	událost/rok	$1 \cdot 10^{-7}$

Zdroj: Vlastní výzkum

\* údaje pro rok 2010 jsou v Příloze č. 30

#### Stanovení průměrného pravděpodobnostního čísla $N_{i,s}$

Tabulka XIV Průměrná pravděpodobnostní čísla  $N_{i,s}$  pro stabilní zařízení (13; 48)

Látky (referenční čísla)	Činnosti	
	Skladování	Výrobní zařízení
Hořlavá kapalina (1-3)	8	7
Hořlavá kapalina (4-6)	7	6
Hořlavý plyn (7)	6	5
Hořlavý plyn (9)	7	6
Hořlavý plyn (10,11)	6	-
Hořlavý plyn (13)	4	-
Výbušná látka (14,15)	7	6
Toxická kapalina (16-29)	5	4
<b>Toxický plyn (30-34)</b>	<b>6</b>	5
Toxický plyn (35-39)	6	-
Toxický plyn (42)	5	4

### Stanovení korekce zatěžování $n_1$

Tabulka XV Korekční faktory pravděpodobnostního čísla  $n_1$  pro četnost Nakládání/Vykládání (13; 48)

Četnost nakládání/vykládání za rok	Parametr
<b>1-10</b>	<b>+0,5</b>
10-50	0
50-200	-1
200-500	-1,5
500-2 000	-2

### Stanovení korekce bezpečnosti pro hořlavé látky

Faktor korekce na bezpečnost pro hořlavou látku  $n_f$  jsem vynechal, jelikož dle tabulek této metody amoniak není zařazen mezi hořlavé látky.

Tabulka XVI Korekční faktory pravděpodobnostního čísla  $n_f$  pro hořlavé látky (13; 48)

Látka (referenční číslo)	Bezpečnostní opatření	Parametr
Hořlavý plyn (7,13)	Sprinklerový systém	0,5
Hořlavý plyn (10)	Zdvojená prevence	1
Hořlavý plyn (13)	Požární stěna	1

### Stanovení faktoru organizačního opatření $n_o$

Tabulka XVII Korekční parametry pravděpodobnostního čísla  $n_o$  pro organizační bezpečnostní opatření (13)

Úroveň řízení zabezpečení	Hodnota
Nadprůměrná	+0,5
<b>Průměrná</b>	<b>0</b>
Podprůměrná	-0,5
Velice nízká až zanedbatelná	-1
Řízení bezpečnosti v podniku neexistuje	-1,5

Dle rozhovoru s kompetentními zaměstnanci národního podniku Budějovický Budvar by maximální možný únik nastal při kompletní destrukci zásobní nádrže – a to 7 a 6 tun. Riziko exploze je přesto výrazně sníženo spřažením tlakových čidel monitorujících soustavu a kompresorů. Při přesažení určitého tlaku se omezí výkon kompresorů a při dalším zvýšení se kompresory zastaví. Riziko imploze je z podstaty přetlakového procesu prakticky vyloučeno. Přesto jsem vyhodnotil bezpečnostní opatření jako průměrná.

### **Stanovení korekce zahrnující vliv směru větru s ohledem na polohu obydlené oblasti $n_p$**

Posledním faktorem je korekce zahrnující vliv směru větru s ohledem na polohu obydlené oblasti  $n_p$ . Základní údaje pro tento faktor jsem získal na základě větrné růžice pro České Budějovice z roku 2010 a konečnou hodnotu jsem vyhodnotil z tabulky XVIII.

*Tabulka XVIII Korekční parametry pravděpodobnostního čísla  $n_p$  pro směr větru vzhledem k obydlené oblasti zasažené zóny (13; 48)*

Kategorie zasažené zóny	Obydlená oblast (%) zasažené zóny				
	100	50	20	10	5
I	0	0	0	0	0
<b>II</b>	0	<b>+0,5</b>	+0,5	+0,5	+0,5
III	0	+0,5	+0,5	+1	+1,5

### Výpočet odhadu pravděpodobnosti výskytu velké havárie

$$N_{i,s} = N \cdot i, s + n_i + n_f + n_o + n_p$$

$$N_{i,s} = 6 + 0,5 + 0 + 0 + 0,5 = 7$$

Tabulka XIX Konverze pravděpodobnostního čísla (N) na četnost (P, událost/rok) (13; 48)

N	P	N	P	N	P
0	$1 \cdot 10^{-0}$	5	$1 \cdot 10^{-5}$	10	$1 \cdot 10^{-10}$
0,5	$3 \cdot 10^{-1}$	5,5	$3 \cdot 10^{-6}$	10,5	$3 \cdot 10^{-11}$
1	$1 \cdot 10^{-1}$	6	$1 \cdot 10^{-6}$	11	$1 \cdot 10^{-11}$
1,5	$3 \cdot 10^{-2}$	6,5	$3 \cdot 10^{-7}$	11,5	$3 \cdot 10^{-12}$
2	$1 \cdot 10^{-2}$	<b>7</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-7}</math></b>	12	$1 \cdot 10^{-12}$
2,5	$3 \cdot 10^{-3}$	7,5	$3 \cdot 10^{-8}$	12,5	$3 \cdot 10^{-13}$
3	$1 \cdot 10^{-3}$	8	$1 \cdot 10^{-8}$	13	$1 \cdot 10^{-13}$
3,5	$3 \cdot 10^{-4}$	8,5	$3 \cdot 10^{-9}$	13,5	$3 \cdot 10^{-14}$
4	$1 \cdot 10^{-4}$	9	$1 \cdot 10^{-9}$	14	$1 \cdot 10^{-14}$
4,5	$3 \cdot 10^{-5}$	9,5	$3 \cdot 10^{-10}$	14,5	$3 \cdot 10^{-15}$

Konečné pravděpodobnostní číslo vzniku závažné havárie jsem zjistil pomocí převodu z tabulky XIX na:  $N_{i,s} = 1 \cdot 10^{-7}/\text{rok}$

## Shrnutí dat

V tabulce XX jsou znázorněna výsledná data, plynoucí také z metody IAEA TECDOC-727, avšak nyní z hlediska odhadu pravděpodobnosti výskytu závažné havárie.

Tabulka XX Závěrečná tabulka odhadu pravděpodobnosti výskytu závažné havárie

Název látky	Pravděpodobnost výskytu velké havárie
Amoniak zásobník - CKT	$1 \cdot 10^{-7}$ /rok
Amoniak zásobník - Strojovna	$1 \cdot 10^{-7}$ /rok

Zdroj: Vlastní výzkum

### 4.1.5 Společenské riziko

K sestavení matice společenského rizika byly využity hodnoty z metod IAEA TECDOC-727 a odhadu pravděpodobnosti výskytu velké havárie, které jsem začlenil do tabulky XXI a následně vyznačil do matice.

Tabulka XXI Hodnoty pro výpočet společenského rizika

Název látky	Číslo zdroje		Množství látky (t)	Vzdálenost účinku (m)	Počet ohrožených osob		Pravděpodobnost výskytu velké havárie
	Z	O			Zaměstnanci	Obyvatelé	
<b>Amoniak zásobník 1</b>	1		7	100	15	1	$1 \cdot 10^{-7}$ /rok
	a	b					
<b>Amoniak zásobník 2</b>	2		6	100	15	1	$1 \cdot 10^{-7}$ /rok
	a	b					

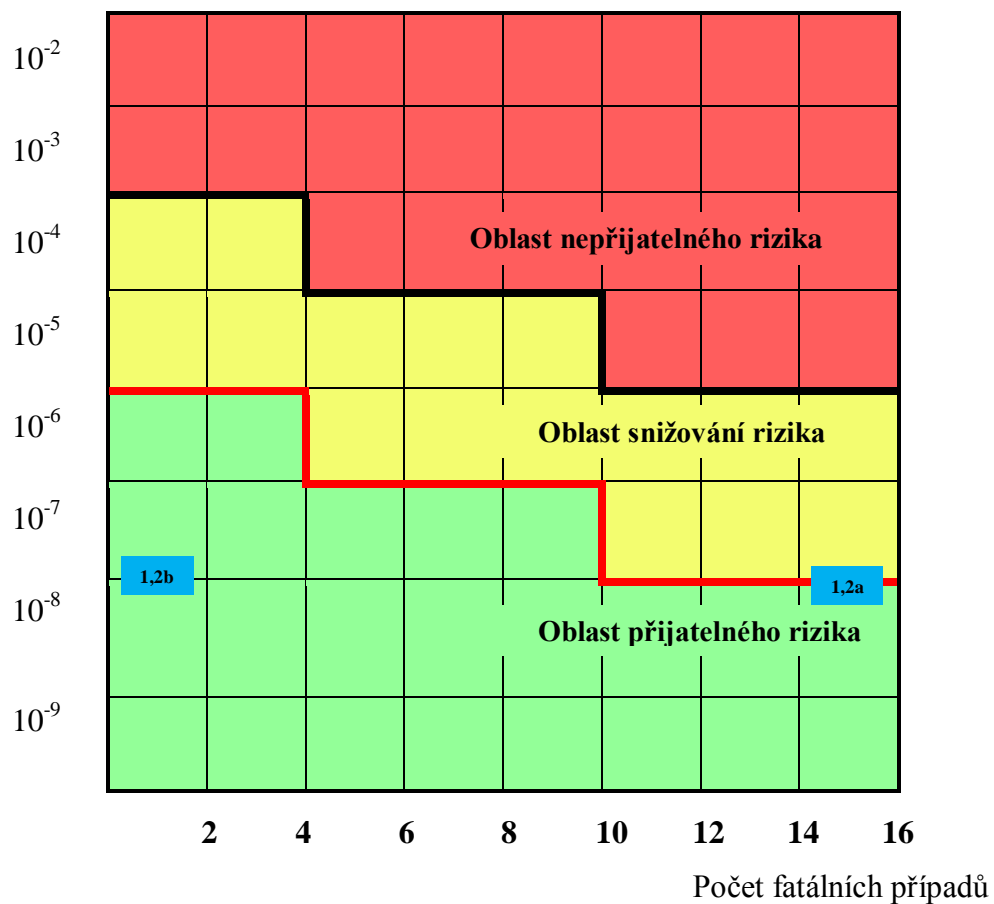
Zdroj: Vlastní výzkum

Z = zaměstnanci  
O = obyvatelé



### Matice společenského rizika

Frekvence  
(událost/rok)



## 4.2 Modelace softwarovým programem ALOHA ® 5.4.4

Tabulka XXII Vstupní hodnoty pro simulaci

Parametr	Hodnota
jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku	PUFF
Teplota látky v zařízení	CKT: 4°C
	Strojovna: 35°C
Celkové uniklé množství látky	CKT: 7 000 kg
	Strojovna: 6 000 kg
Oblačnost	oblačno až zataženo 70 % oblohy
Atmosférická stálost	izotermie
Pasquillova typizace rozptylových podmínek	E
Rychlost větru	2 m/s
Typ povrchu pro šíření oblaku	Městská zástavba
ERPG-3	1 500 ppm
ERPG-2	150 ppm
ERPG-1	25 ppm

Zdroj: Vlastní výzkum

Pro modelování jednorázového i kontinuálního úniku amoniaku mi byly předlohou 2 zásobníky. První zásobník, který se nachází na střeše strojovny s kapacitou 10 tun amoniaku. Druhý zásobník nacházející se v budově CKT v prvním nadzemín patře má kapacitu 14 tun. Zásobník v budově CKT je naplněn na 50 % objemu a zásobník na střeše strojovny může být naplněn až do 60 % objemu.

Průběh koncentrací byl počítán za přesně definovaných meteosituačních ve vzdálenostech 100, 500 a 1000 metrech. Výška otvoru byla počítána v co nejnižším místě, tedy u dna nádoby. Ruptura zásobníku je počítána podle velikosti plnicího potrubí a usměrněna dle podmínek metody CEI.

### ALOHA

Pro pravděpodobné úniky amoniaku jsou zvoleny tzv. konzervativní podmínky. To znamená, že se jedná o pravděpodobné a současně nejhorší podmínky z hlediska zasažení osob viz tabulka XXII.

## Zásobník CKT

### Výstupní data

ALOHA® 5.4.4

#### Údaje stránky:

Lokace: České Budějovice, Česká republika  
Poměr výměny vzduchu za hodinu: 0,12 (dvoupodlažní uzavřená budova)  
Čas: Únor 16, 2014

#### Chemická data:

Název chemikálie: Amoniak Molekulová hmotnost: 17,03 g/mol  
AEGL-1 (60 min): 30 ppm AEGL-2 (60 min): 160 ppm AEGL-3 (60 min): 1 100 ppm  
ILDH: 300 ppm LEL: 150 000 ppm UEL: 280 000 ppm  
Bod varu: -34,3 °C  
Tenze ar za okolní teploty: vyšší než 1 atm  
Koncentrace nasycených par v okolí 100%

#### Meteorologická data: (manuálně vložená)

Vítr: 2 m/s od východu v 10 metrech nad zemí  
Drsnost terénu: městská zástavba či les  
Teplota vzduchu: 20 °C  
Bez inverze  
Oblačnost: 70%  
Třída stability: E  
Relativní vlhkost: 50 %

#### Síla zdroje:

Únik z otvoru v horizontálním cylindrickém zásobníku  
Hořlavý únik chemické látky ze zásobníku (Bez zahoření)  
Průměr zásobníku: 2,31 metrů Délka zásobníku: 5 metrů  
Objem nádrže: 21 m<sup>3</sup>  
Nádoba obsahuje kapalinu Vnitřní teplota: 4 ° C  
Hmotnost chemikálie v nádrži: 7 000 kg  
Tank je naplněn na 52,4 % původního objemu  
Průměr kruhového otvoru: 2 stopy  
Otvor je 0 m od dna nádrže  
Doba úniku: 1 minuta  
Maximální průměrná rychlost úniku: 117 kg / s (v průměru za minutu nebo více)  
Celkové uniklé množství: 7 000 kg  
Poznámka: chemikálie unikla jako směs plynu a aerosolu (dvoufázové proudění).

#### Zóna ohrožení:

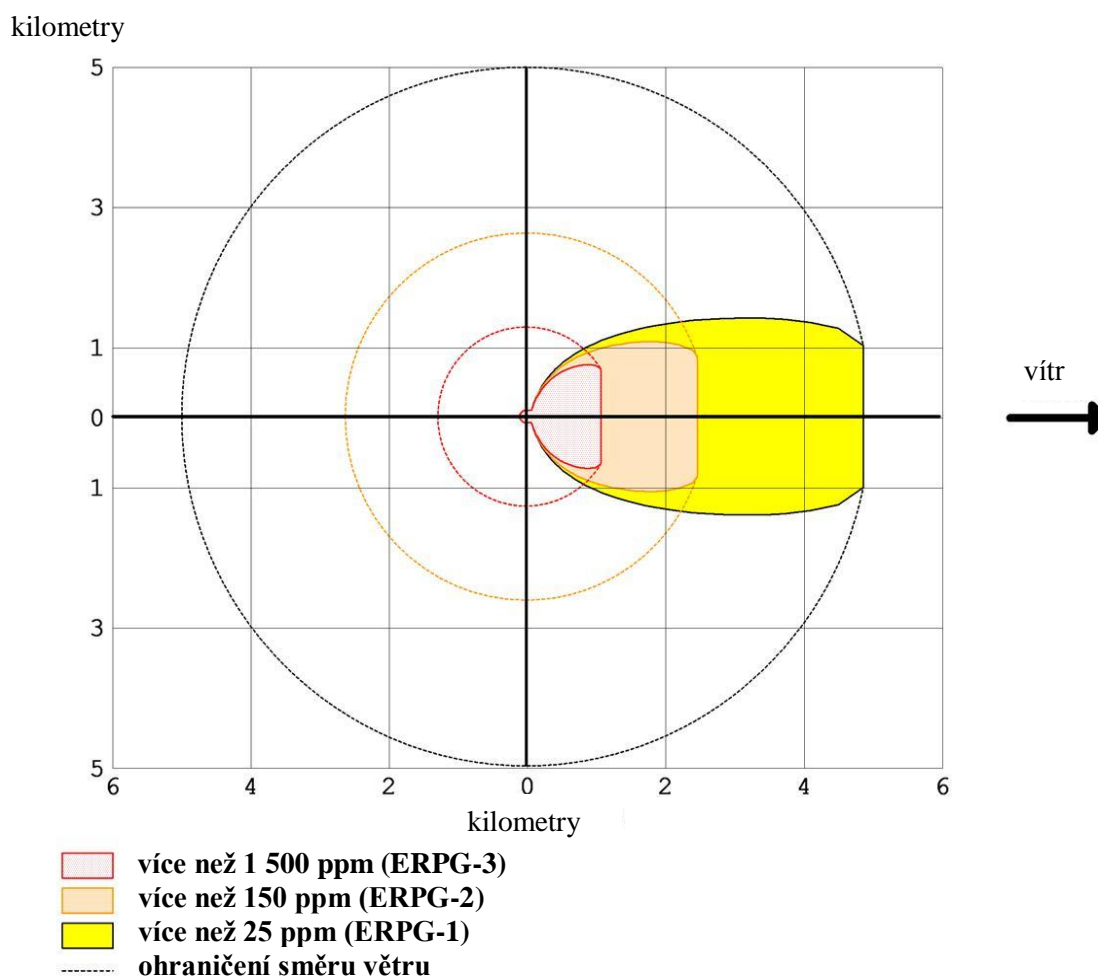
Modelace pro typ: Plyn těžší než vzduch  
Červená: 1,1 kilometru (1 500 ppm = ERPG-3)  
Oranžová: 2,5 kilometru (150 ppm = ERPG-2)  
Žlutá: 4,9 kilometru (25 ppm = ERPG-1)

*Originální výstup viz Příloha č. 31*

### Zóna účinků havárie s únikem amoniaku ze zásobníku situovaného v CKT budově

Dojde-li k úniku celkového množství amoniaku (7 tun) ze zásobníku situovaného v prvním patře budovy CKT, pak koncentrace vyšší než hodnoty ERPG-3 zasáhnou plochu do vzdálenosti 1,1 kilometru, ERPG-2 až do 2,5 kilometru a ERPG-1 do délky nejméně 4,9 kilometru. Názornou ukázkou rozsahu účinků havárie představuje graf I.

*Graf I Vzdálenost dopadu havárie s únikem 7 t amoniaku*



Zdroj: ALOHA ® 5.4.4

Jak můžeme vidět ve výstupní zprávě, jedná se pouze o průměrné hodnoty v dané oblasti, protože je-li dle programu ALOHA průměrná rychlost úniku amoniaku ze zásobníku 117 kg/s a dojde-li k vyprázdnění během jedné minuty, pak můžeme

uvažovat, že v určitém čase a v určitém bodě jak bude mrak procházet oblastí, budou koncentrace kolísat od enormních hodnot až po prakticky nedetekovatelné.

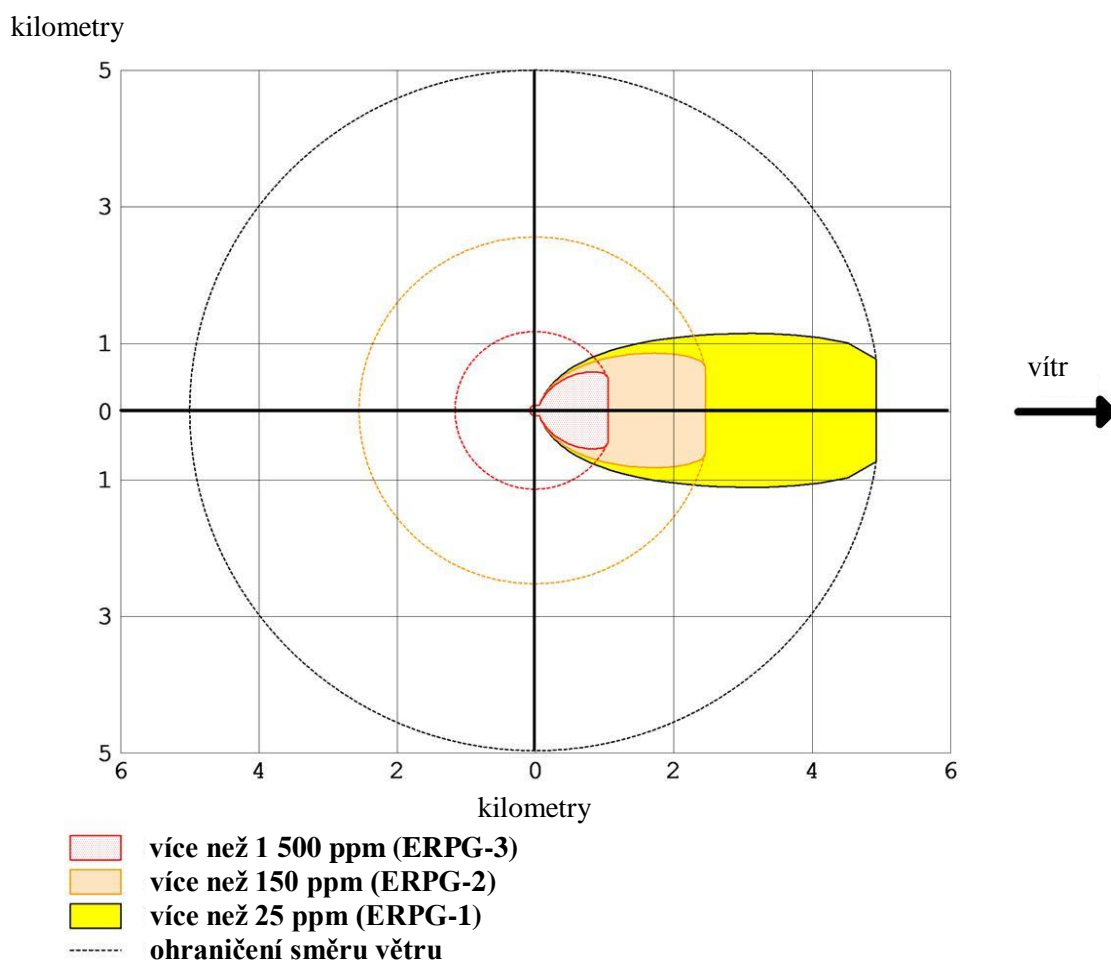
Hlavní roli při ohrožení obyvatelstva zde bude hrát kromě rychlosti uplatnění bezpečnostních opatření a rychlosti úniku amoniaku i meteorologická situace. Tyto faktory budou určovat, jak moc bude mrak amoniaku koncentrovaný a jak rychle se bude pohybovat po ohrožené oblasti.

### **Zóna účinků havárie s únikem amoniaku ze zásobníku nacházejícím se na střeše strojovny**

Dojde-li k úniku celkového množství amoniaku v zásobníku umístěném na střeše strojovny, pak koncentrace vyšší než hodnoty ERPG-3 zasáhnou oblast do vzdálenosti 1,1 kilometru, ERPG-2 až do 2,5 kilometru a ERPG-1 do délky nejméně 4,9 kilometru.

Průběh ohrožení obyvatelstva je principiálně stejný jako u předešlé modelace úniku amoniaku ze zásobníku situovaného v budově CKT. Rozsah dopadu havárie lze znázornit na grafu II, viz další strana.

Graf II Vzdálenost dopadu havárie s únikem 6 t amoniaku



Zdroj: ALOHA ® 5.4.4

## Zásobník strojovna

### Výstupní data

ALOHA® 5.4.4

#### Údaje stránky:

Lokace: České Budějovice, Česká republika  
Poměr výměny vzduchu za hodinu: 0,50 (volné prostranství)  
Čas: Únor 16, 2014

#### Chemická data:

Název chemikálie: Amoniak Molekulová hmotnost: 17,03 g/mol  
AEGL-1 (60 min): 30 ppm AEGL-2 (60 min): 160 ppm AEGL-3 (60 min): 1 100 ppm  
ILDH: 300 ppm LEL: 150 000 ppm UEL: 280 000 ppm  
Bod varu: -34,3 °C  
Tenze ar za okolní teploty: vyšší než 1 atm  
Koncentrace nasycených par v okolí 100%

#### Meteorologická data: (manuálně vložená)

Vítr: 2 m/s od východu v 10 metrech nad zemí  
Drsnost terénu: městská zástavba či les  
Teplota vzduchu: 9 °C  
Bez inverze  
Oblačnost: 70%  
Třída stability: E  
Relativní vlhkost: 50 %

#### Síla zdroje:

Únik z otvoru v horizontálním cylindrickém zásobníku  
Hořlavý únik chemické látky ze zásobníku (Bez zahoření)  
Průměr zásobníku: 1,84 metrů Délka zásobníku: 6 metrů  
Objem nádrže: 16 m<sup>3</sup>  
Nádoba obsahuje kapalinu Vnitřní teplota: 4 °C  
Hmotnost chemikálie v nádrži: 6 000 kg  
Tank je naplněn na 63 % původního objemu  
Průměr kruhového otvoru: 2 stopy  
Otvor je 0 m od dna nádrže  
Doba úniku: 1 minuta  
Maximální průměrná rychlost úniku: 100 kg / s (v průměru za minutu nebo více)  
Celkové uniklé množství: 6 000 kg  
Poznámka: chemikálie unikla jako směs plynu a aerosolu (dvoufázové proudění).

#### Zóna ohrožení:

Modelace pro typ: Plyn těžší než vzduch  
Červená: 1,1 kilometru (1 500 ppm = ERPG-3)  
Oranžová: 2,5 kilometru (150 ppm = ERPG-2)  
Žlutá: 4,9 kilometru (25 ppm = ERPG-1)

*Originální výstup viz Příloha č. 32*

## Závěrečná shrnutí

Tabulka XXIII Závěrečná shrnutí výsledků z použitých analytických metod

Zdroj rizika	Množství látky (t)	Metoda hodnocení	Následky		Dosah účinků (m)		Pravděpodobnost vzniku havárie
			Ob.	Zm.			
Zásobník CKT	7	CEI	-		25 ppm	6 783	-
					150 ppm	2 769	
					1 500 ppm	876	
		IAEA TECDOC-727	15	1	100		1 . 10 <sup>-7</sup> /rok
		ALOHA	-		ERPG-1	4 900	-
					ERPG-2	2 500	
					ERPG-3	1 100	
		TerEx	-				-
Odhad toxického působení	-		Smrt.	Zraň.	-		
			89	356			
Zásobník Strojovna	6	CEI	-		25 ppm	12 732	-
					150 ppm	5 198	
					1 500 ppm	1 643	
		IAEA TECDOC-727	15	1	100		1 . 10 <sup>-7</sup> /rok
		ALOHA	-		ERPG-1	4 900	-
					ERPG-2	2 500	
					ERPG-3	1 100	
		TerEx	-				-
Odhad toxického působení	-		Smrt.	Zraň.	-		
			71	283			

Zdroj: Vlastní výzkum



### 4.3 Návrh havarijní dokumentace

**Účel a cíl návrhu havarijní dokumentace:** Návrh havarijní dokumentace představuje souhrn opatření k provádění záchranných a likvidačních prací k odvrácení nebo omezení bezprostředního působení mimořádných událostí a k odstranění jejich následků, jehož cílem je teoretická příprava a poskytnutí metodiky k zajištění připravenosti národního podniku Budějovický Budvar na řešení mimořádných událostí. Návrh havarijní dokumentace je zaměřen na řešení mimořádné události způsobenou antropogenní havárií, během níž dojde k masivnímu úniku toxického amoniaku. Obsahem návrhu havarijní dokumentace jsou informace sestavené z části popisné, ze scénáře havarijních situací a z havarijní karty.

#### 4.3.1 Informační část

##### **Identifikační údaje o objektu**

Obchodní jméno: **Budějovický Budvar, národní podnik, Budweiser Budvar, National Corporation, Budweiser Budvar, Entreprise Nationale**

Sídlo: **Karolíny Světlé 512/4, 370 21, České Budějovice**

Statutární zástupce: **Ing. Jiří Boček.**

##### Personální charakteristika podniku

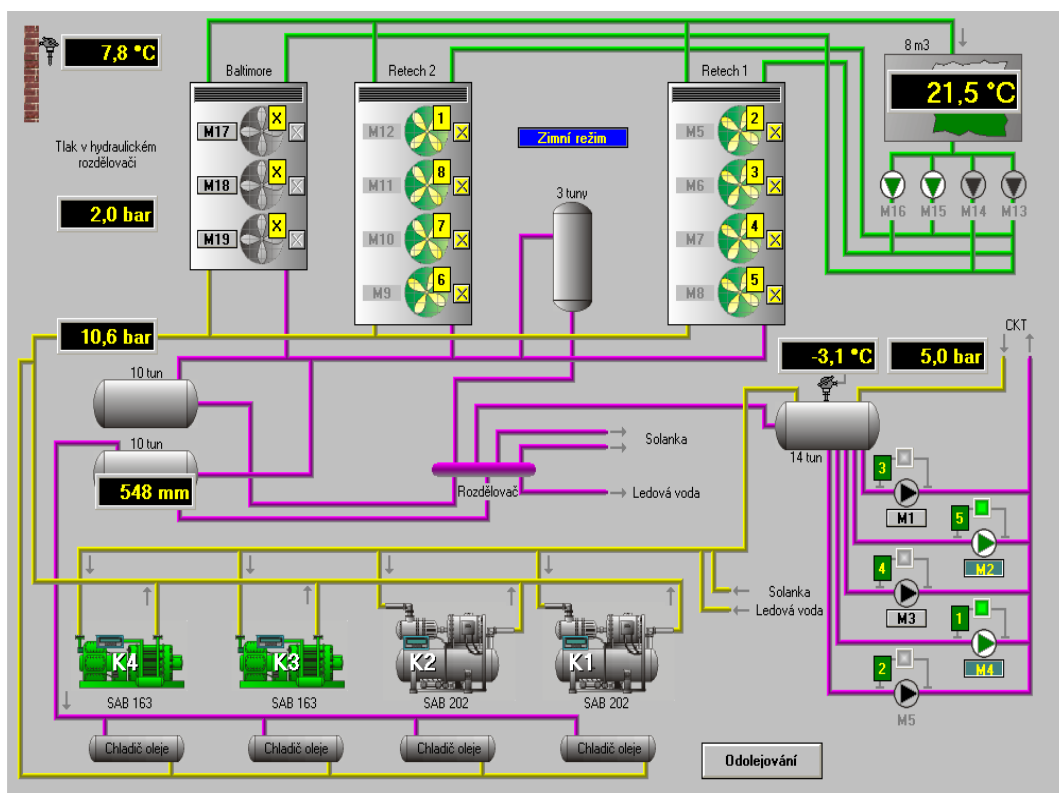
Celkový počet zaměstnanců je 495, z toho 295 je na denní + ranní směně, 170 na odpolední směně a 30 na směně noční. Dále se mohou v areálu podniku pohybovat i cizí osoby v počtu 12.

##### Technický popis chlazení

V chladicím systému národního podniku Budějovický Budvar je v současné době 22 tun amoniaku. Šroubové kompresory nasávají a stlačují páry amoniaku, které proudí

do kondenzátorů. Kapalný amoniak stéká do sběrače amoniaku (Příloha č. 33), kde je veden do rozdělovací stanice a odtud se nastříkuje přes odlučovač do trubkových výparníků ledové vody a solanky (Příloha č. 34), dále pak do expanzní nádoby na CKT (Příloha č. 35), kde je pomocí čerpadel dopravován do jednotlivých tanků, kde se amoniak za sníženého tlaku odpařuje. Mokrý amoniakální páry následně proudí zpět do odlučovače, kde se zbylá kapalná fáze oddělí a vrátí zpět do výparníku, zatímco syté páry jsou opět nasávány kompresory a cyklus se opakuje. Schématickou ukázkou technického popisu chlazení znázorňuje graf III.

Graf III Technické schéma chlazení



Zdroj: Print Screen z monitoru velína

Na schématu je voda znázorněna barvou zelenou, plynný amoniak barvou žlutou a kapalný amoniak barvou fialovou. Kompresory jsou značeny zkratkami K 1-4 a označení Baltimore a Retech patří vodním sprchovým chladičům, které chladí z teploty 75 °C na 35 °C.

## Provádění dozoru

Dozor nad chladicím zařízením je kontrolní činnost, během které se ověřuje současný stav zařízení a zaznamenávají se předepsané parametry a údaje. Dozor může být:

- a) *při provozu zařízení* = kontrolní činnost, která se provádí pravidelnou obchůzkou zpravidla 1 x za hodinu. Během obchůzky se zjišťuje těsnost zařízení (čich, zrak), provádí se zápis provozních parametrů či závad dle Provozních předpisů do Provozního deníku.
- b) *nad zařízením při provozní přestávce* = kontrolní činnost, která se provádí pravidelnou obchůzkou zpravidla 1 x za směnu (8 hodin). Během obchůzky se zjišťuje těsnost zařízení (čich, zrak), provádí se kontrola maximálního přetlaku v zařízení a kontrola stavu elektrozařízení. Dále se provede zápis zjištěného stavu do záznamu strojovny s udáním data, hodiny a podpisu osoby, která prováděla obchůzku.
- c) *nad zařízením v klidu* = kontrolní činnost, která se provádí pravidelnou obchůzkou zpravidla 2 x za týden. Tato činnost se shoduje s dozorem nad zařízením při provozní přestávce (bod b).
- d) *stálý* = kontrolní činnost nad manuálně ovládaným zařízením v provozu. Tato činnost je shodná s rozsahem dozoru při provozu zařízení (bod a).

Je-li dozor nad zařízením ve strojovně na směně sám, pak nesmí provádět jakékoliv opravy, doplňování amoniaku, oleje, odvzdušňování a jakýkoliv zásah do chladicího okruhu.

## Povinnosti zaměstnanců a dozoru nad chladicím zařízením při vzniku závažné havárie

Všichni zaměstnanci podniku mají povinnost hlásit jakýkoliv únik amoniaku a to během pracovní doby vedoucímu zaměstnanci a v ostatní době zaměstnanci, který provádí ostrahu objektu strojovny.

Odpovědnost za organizování záchranných a likvidačních prací během pracovní doby má ředitel národního podniku Budějovický Budvar anebo jeho odpovědný zástupce a v ostatní době má odpovědnost vedoucí zaměstnanec ostrahu objektu strojovny, kterému podléhají všichni přítomní zaměstnanci. Odpovědný zaměstnanec za organizování záchranných a likvidačních prací rozhoduje na základě rozsahu havárie o způsobu likvidace. Rozhoduje, zda se jedná o malou nebo závažnou havárii, zda je možné zlikvidovat danou havárii vlastními silami a prostředky, anebo zda se musí na likvidaci podílet i jiné organizace a složky IZS.

### **Informace o regionu**

Počet obyvatel Českých Budějovic čítá 93 467 obyvatel k roku 2013. Rozloha tohoto města činí 55,56 km<sup>2</sup> a rozkládá se na soutoku dvou řek Vltavy a Malše. Nejčastěji zde vanou větry severní a severozápadní a dále v o něco menší míře východní a jihovýchodní. Poloha Českých Budějovic během zimního období umožňuje snadnější vznikání inverzí a to díky umístění města v Českobudějovické pánvi. Hustota zástavby a širší betonové a vydlážděné plochy obecně způsobují nižší rychlosti větru s vyššími teplotami v centru města. (49)

Sídlo podniku je situováno severně od centra města, v jehož relativní blízkosti se nachází:

- 1) nákupní zóna
  - a. Okay elektrospotřebiče (420 m, JZ)
  - b. Terno (500 m, JZ)
  - c. Interspar (620 m, JZ)

- d. Möbelix (500 m, JZ)
- e. Jena (510 m, JZ)
- f. Unihoby (480 m, JJZ)
- g. Siko koupelny (500 m, JJV)

2) Dopravní komunikace

- a. Železnice – Severní zastávka (140 m, V)
- b. Pražská třída (80 m, V)
- c. Kněžskodvorská (100 m, Z)

3) průmyslové objekty

- a. Montela (390 m, JJZ)
- b. Ferona (320 m, JJZ)
- c. Bosh (640 m, SZ)
- d. Motor Jikov Fostron (240 m, SSZ)
- e. ÚAMK (240 m, JV)

4) Veterinární a zdravotnická střediska

- a. centrum léčebné rehabilitace (200 m, JZ)
- b. doktor Jan Piskač (150 m, Z)
- c. Státní veterinární ústav (300 m, V)
- d. veterinární nemocnice (390 m, V)

5) Zahrádkářská osada

- a. ulice Blahoslavova (640 m, JV)
- b. ulice Suchomelská (560 m, SZ)

6) Školní a sociální zařízení

- a. Střední škola obchodu, služeb a podnikání a Vyšší odborná škola (120 m, Z)
- b. Základní škola Kněžské Dvory (560 m, S)
- c. Centrum sociálních služeb empatie (280 m, V)

7) Ubytovací zařízení

- a. Hotel u Budvaru (280 m, JJZ)
- b. Penzion za Budvarem (550 m, S)
- c. Penzion Minor (570 m, SSZ)

8) obydlené oblasti

- a. mezi Horní a Dolní ulicí jižně od krematoria (480 m, SV)
- b. mezi ulicemi Školní a Hany Kvapilové (460 m, S)

**Nebezpečné látky a zdroje rizika**

K identifikaci zdrojů rizik jsem využil zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů. Na základě klasifikace tohoto zákona byla identifikována nebezpečná látka – amoniak.

Následně jsem na základě konzultací s dozorcem strojovny chladícího zařízení a s bezpečnostním inženýrem určil rizikové objekty a zařízení, které obsahují tuto nebezpečnou látku a to:

1. expanzní nádoba o obsahu 14 tun, která se nachází v budově CKT
2. zásobník amoniaku o obsahu 10 tun situovaný na střeše strojovny

### 4.3.2 Operativní část

#### Scénář havarijních situací

Na základě technických parametrů, softwarového programu ALOHA, výpočtů a konzultací s již zmíněnými pracovníky jsem dospěl k závěru, že nejrizikovější scénář by nastal v případě: Havárie expanzních nádob nebo zásobníku amoniaku.

#### Činnosti zamezující úniku amoniaku v případě havárie

Vznikne-li havárie v této sekci, kromě bezprostředního varování obyvatelstva (podle závažnosti) a zaměstnanců dochází k okamžitému vypnutí kompresorů a oběhových čerpadel amoniaku. Následně si zasahující síly obléknou celotělový ochranný oblek a nasadí dýchací kyslíkový přístroj. Poté se zapne odsávání a otevrou se dveře, v místnosti s expanzní nádobou na CKT, poté se do proudu amoniaku a amoniakové mlhy začne stříkat proud vody. Během této akce se uzavírají ventily na příslušných nádobách (pro parní i kapalnou fázi) a výtlačné ventily na amoniakových čerpadlech.

#### Nebezpečné vzdálenosti

Pro parametry účinků toxické koncentrace byly vybrány nejkonzervativnější metody, a proto byly vybrány hodnoty s největšími parametry, viz tabulka XXIV.

*Tabulka XXIV Vzdálenosti zóny smrtelné, ERPG-2 a ERPG-3*

<b>Zóna smrtelná</b>	
<b><u>CKT:</u></b>	<b>89 m</b>
<b><u>Strojovna:</u></b>	<b>71 m</b>
<b>Zraňující zóna ERPG-2</b>	<b>2 500 m</b>
<b>Zraňující zóna ERPG-3</b>	<b>1 100 m</b>

*Zdroj: Vlastní výzkum*

## Likvidace uniklého amoniaku

Nebezpečná chemická látka bude zkrápěna hasicí vodou až do maximální úrovně rozpustnosti za dané teploty (65 % hm. při 20 °C). Hasicí voda je zajištěna venkovními hydranty (6 l/s). Za předpokladu, že by zkrápění trvalo 30 minut, vzniklo by až 10,8 m<sup>3</sup> roztoku, který bude jímán do záchytné nádrže. Hrozí-li vniknutí amoniaku do kanalizace, k zamezení se využijí kanalizační rychloucpávky (odstranění prachu a hrubých nečistot z okolí kanalizační vpusti, vyjmutí desky z obalu a následné přitisknutí na kanalizační vpust', aby došlo k zakrytí okolí).

## Stupně havárií

### *0. stupeň*

Rozsah účinků a jejich ohrožení nepřesáhne hranice stanoveného nebo dílčího objektu, kde je zajišťována činnost s nebezpečnou chemickou látkou. Eliminace působení účinků je realizována vlastními silami a prostředky. Vyžaduje li to situace, provádí se utěsnění kanalizací kanalizačními ucpávkami (platí i pro ostatní stupně).

### *1. stupeň*

Vyhlášení prvního stupně předpokládá překročení koncentrace 100 ppm. Únikem jsou ohroženy objekty hal, právních subjektů a veřejnost. O varování právních subjektů a obyvatelstva rozhodne na základě meteorologických dat velitel zásahu, to samé platí i pro uzavření nebezpečných oblastí. Likvidaci havárie 1. stupně provádějí zaměstnanci podniku, v případě nutnosti je využita pomoc JPO HZS Jihočeského kraje.



## *2. stupeň*

Vyhlášení druhého stupně předpokládá překročení koncentrace 300 ppm. Likvidaci havárie 2. stupně řídí operační a informační středisko (dále jen „OPIS) HZS v čele s velitelem zásahu. Krizová komise národního podniku Budějovický Budvar se bude řídit rozhodnutím velitele zásahu.

## *3. stupeň*

Vyhlášení třetího stupně předpokládá překročení koncentrace 500 ppm. Další náležitosti jsou stejné jako u 2. stupně.

### **Síly a prostředky k likvidaci havárie**

V této sekci jsou uvedeny obecné informace o civilních zdrojích a technických prostředcích k likvidaci havárie z hlediska organizace.

#### Civilní zdroje:

- a) Obsluha strojovny
- b) Ostatní zaměstnanci

#### Technické prostředky

*Detektory chemických látek (čpavková čidla) se nachází*

- a) u ledogenerátoru,
- b) v kompresorovně,
- c) u kolektoru,
- d) ve sklepě,
- e) u solankových výparníků

f) v CKT 1 a CKT 2

#### *Hasicí prostředky*

- a) oxid uhličitý,
- b) suchý chemický prášek,
- c) vhodná pěna,
- d) vodní postřik nebo mlha (amoniak je vysoce rozpustný ve vodě).

#### *Přenosné hasicí přístroje*

Přenosné hasicí přístroje jsou rozmístěny v celém objektu organizace v dostatečném množství a druzích dle zákona 133/1985 Sb., o požární ochraně (§ 6b, písmeno c) a následně dle vyhlášky č 246/2001 Sb., o požární prevenci (§ 3, 9 a 10) anebo podle dokumentace požárně bezpečnostního řešení stavby.

#### *Světelná a zvuková signalizace*

- místní rozhlas

#### *Telefony a jejich modifikace*

- a) Telefonní ústředny
- b) Telefony a mobilní telefony

#### *Zásoby požární vody (hydrantové rozvody)*

- a) nadzemní hydranty C52
- b) podzemní hydranty B75

*Havarijní kontejner (sklad civilní obrany u nákladové vrátnice (Příloha č. 36))*

*1. požární část*

- a) požární hadice – 5ks (C52, 20 metrů)
- b) hydrantový nástavec – 1ks
- c) proudnice – 2ks (C52 – 12,5)
- d) hydrantový klíč

*2. ekologická část*

- a) záchytná ocelová nádrž na jímání kontaminované vody (Jímaná voda je vždy před odčerpáním k úpravě analyzována akreditovanou laboratoří. Podle výsledků analýzy se rozhodne o způsobu likvidace)
- b) sorpční a utěšňovací prostředky: chemické rohože a ponožky, kanalizační rychloucpávka a uzávěr (textilní nafukovací vak), VAPEX, PVC plachta
- c) ostatní: prázdné sudy a pytle na poškozené zboží, krumpáč, brýle, rukavice, smeták, smetáček, lopatka, plechové vědro, zástěra, lopata

*3. prostředky první pomoci*

- a) nosítka, (Příloha č. 38), dlahy,
- b) vyprošťovací zařízení,
- c) protichemický oblek, (Příloha č. 39)
- d) prostředky pro ochranu dýchacích cest,

*Poznámky*

Jsou-li osobní ochranné prostředky během likvidace havárie porušeny, pak se tyto závady musí ihned oznámit veliteli. Ovlivňuje-li porucha bezpečnost personálu nebo

dokončení zásahu, musí tato osoba ihned opustit zakázanou zónu. Vrátit se může až poté, co budou osobní ochranné pomůcky opraveny nebo vyměněny a po povolení vstupu velitelem.

## **Vyrozumění o havárii a předávání informací**

Systém vyrozumění o havárii a předávání informací slouží k předávání informací a varování zaměstnanců a zasahujících složek.

### Varování

Vyhlášení poplachu je prováděno akustickým pronikavým tónem. Na chodbách a ve venkovním prostoru jsou nainstalovány poplachové sirény, které vysílají nepřerušovaný tón po dobu 3 minut. O varování obyvatelstva či o poskytnutí informací do hromadných sdělovacích prostředků rozhodne velitel zásahu.

### Vyrozumění

V první řadě dochází k telefonickému uvědomění vedoucího objektu a na základě údajů ho vyrozumět o stupni chemického poplachu. V případě havárie 2. a 3. stupně uvědomí ostatní členy krizové komise vedoucí krizové komise v pracovní době nebo ostražka objektu v mimopracovní době.

Bezprostředně po vyrozumění vedení, dochází k telefonickému vyrozumění OPIS HZS, Policie ČR, zdravotnické záchranné služby a primátora města České Budějovice. Součástí vyrozumění je poskytování informací o situaci na místě havárie a o předpokládaných následcích na životy, zdraví, majetek a životní prostředí. O dalších opatřeních k ochraně obyvatelstva rozhodne velitel zásahu.

Předávání informací sdělovacím prostředkům a varování veřejnosti bude probíhat cestou OPIS HZS Jihočeského kraje na základě rozhodnutí velitele zásahu.

## *Systém hlášení havárie*

- a) **INFORMOVÁNÍ PROSTĚ:** *Zde v národním podniku Budějovický Budvar v 10:00 hod byl v objektu vyhlášen chemický poplach 1. stupně, opakují ...*
- b) **INFORMOVÁNÍ PO UKONČENÍ HAVÁRIE:** *Zde v národním podniku Budějovický Budvar v 10:20 hod byla lokalizována a likvidována chemická havárie 0. stupně v dílčím objektu ...*
- c) **OHLÁŠENÍ O HAVÁRII:** *Zde v národním podniku Budějovický Budvar ... v objektu XYZ probíhá likvidace havárie vyhlášené jako chemický poplach 0. stupně, opakují ...*
- d) **VYHLÁŠENÍ POPLACHU:** *Zde v národním podniku Budějovický Budvar ... vyhláší chemický poplach 1. stupně pro objekt ..., opakují ...*

## **Řízení zásahu při likvidaci havárie**

Pro případ vzniku havárie, která nepřesahuje rámec objektu a k jejíž likvidaci jsou dostačující síly a prostředky podniku s využitím JPO HZS Jihočeského kraje, si národní podnik Budějovický Budvar vytváří vlastní Krizovou komisi. Krizová komise se skládá z vedoucího krizové komise (ředitel podniku) a členů krizové komise.

Složení krizové komise pro případy vzniku závažné havárie k provádění záchranných a likvidačních prací je následující:

<b>FUNKCE</b>	<b>JMÉNO</b>	<b>TELEFON</b>
Vedoucí krizové komise	XYZ	XXX-XXX-XXX
Člen krizové komise	XYZ	XXX-XXX-XXX
Člen krizové komise	XYZ	XXX-XXX-XXX
Člen krizové komise	XYZ	XXX-XXX-XXX

Dojde-li k havárii, která byla zlikvidována vlastními silami a prostředky, i přesto vyrozumí předseda krizové komise OPIS IZS.

Dosáhne-li havárie dle této dokumentace 2. nebo 3. stupně, pak likvidaci havárie řídí operační středisko hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje v čele s velitelem zásahu. Krizová komise podniku se bude řídit rozhodnutím velitele zásahu, přičemž při příjezdu JPO vedoucí krizové komise provede seznámení velitele JPO:

- a) o rizicích vzniklé mimořádné události
- b) o skutečnostech, které by mohly ohrozit životy nebo zdraví osob provádějících zásah nebo ostatního obyvatelstva,
- c) o způsobu likvidace uniklé látky
- d) o evakuaci nebo ukrytí zaměstnanců
- e) o přehledu a množství osob vyskytujících se v místě mimořádné události
- f) o množství a druzích zásahových a ochranných prostředků nacházejících se v havarijním kontejneru
- g) o množství a rozmístění zasahujících složek n. p. Budějovický Budvar

### **System spojéní**

Vytypovaná zóna musí být stále pokryta signálem pro vzájemnou komunikaci. Využívány budou jak přenosné telefony, tak v případě nouze i tlampače pro hlasovou komunikaci. Telefonní komunikace by měla být v co nejrychlejší době stanovena u krizové skupiny.

### Náhradní způsob spojéní

Náhradní způsob spojéní je zajišťován dopravními prostředky nebo svépomocí bez dopravních prostředků.

## Komunikace s externími stranami

Spojení s externími stranami v průběhu havarijních opatření zabezpečuje tabulka XXV.

*Tabulka XXV Komunikace s externími stranami*

Externí strana	Kontakt
OPIS HZS kraje	150
TCTV	112
Policie ČR	158
Městská policie	156
Zdravotní záchranná služba	155
Nemocnice	387 871 111
Magistrát	
odbor životního prostředí	386 801 102/101
oddělení krizového řízení	386 802 929/930
tajemník	386 802 001
Voda	800 120 112
Plyn	1239
Elektrické rozvodny, pohotovost	800 225 577
Statutární zástupce organizace	XXX XXX XXX
Ohlašovna havárií (ostraha)	XXX XXX XXX

*Zdroj: Vlastní výzkum*

## **Monitoring**

Slouží jednak k porovnávání atmosférických stavů a jednak k vyhodnocování dosahu účinků havárie v prostředí a sledování jejího průběhu.

Pro meteorologické informace je vhodný jak personální tak přístrojový sběr a vyhodnocení dat. K upřesnění a doplnění informací mohou posloužit sdělovací prostředky. Dále je vhodné mít indikátor směru větru na místě viditelném z míst řízení havárie a z míst kumulace osob, dále teploměry, protože teplota může hrát podstatnou roli při výběru zásahových prostředků a pro střídání zasahujících osob.

## **Evakuace**

Místo řízení evakuace je z prostoru hlavní vrátnice, kde je zároveň umístěna ústředna EPS, a která je vybavena telefonem pro přivolání pomoci. Evakuaci řídí vedoucí pracovníci pracovišť. V době nepřítomnosti pověřený pracovník. Při evakuaci se zaměstnanci a návštěvníci řídí pokyny vedoucího příslušného pracoviště a velitele zásahu.

Pro evakuaci je možno využít všech únikových cest ústících na volné prostranství. Jednotlivé únikové cesty jsou označeny zelenými značkami a vyznačeny na grafických plánech, které jsou vyvěšeny v každém patře ve všech objektech. Evakuace z objektů bude převážně prováděna po schodištích, proto bude evakuace probíhat jako postupná po jednotlivých patrech v závislosti na místě ohrožení. O pořadí rozhodne řídící evakuace.

Evakuované osoby budou soustředěny v prostoru odstavné plochy pro nákladní vozidla naproti nákladové vrátnici (Příloha č. 36). V případě úniku amoniaku bude shromaždiště evakuovaných záviset na směru větru, ale vždy za zónou účinků. Případná evakuace materiálu bude provedena po dohodě s velitelem zásahu.

Schéma evakuačních východů z objektů v areálu na volné prostranství viz Příloha č. 37.

## **Asanace havárie**

Po každé likvidaci havárie s únikem amoniaku se počítá se spláchnutím amoniaku na betonovém podlaží dostatečným a regulovaným množstvím vody, která bude jímána do havarijní nádrže, aby mohlo dojít k její úpravě, na jejímž základě akreditovaná laboratoř rozhodne o způsobu likvidace. Dále se provádí ucpávání kanalizačních vpustí.



## Způsoby dekontaminace

### *Dekontaminace postižených osob*

- 1) Odstraňte veškerý oděv.
- 2) Omyjte se mýdlovou vodou a následně opláchněte vlažnou vodou.
- 3) Omývání praktikujte vždy od zhora dolů (od hlavy k patě).
- 4) Postiženého zakryjte, aby se zabránilo šoku a ztrátě tělesného tepla.
- 5) Opláchněte se vlažnou vodou.

### *Dekontaminace osobních ochranných pomůcek*

- 1) Omyjte osobní ochranné pomůcky (dále jen „OOP“) mýdlovou vodou a měkkým kartáčkem.
- 2) Omývání praktikujte vždy od zhora dolů (od hlavy k patě).
- 3) Ujistěte se, že jste si omyly všechny oblasti, zejména záhyby na oblečení.
- 4) Opláchněte se vodou.
- 5) Odstraňte si OOP tak, aby nedošlo ke kontaminaci povrchu těla.
- 6) Umístěte osobní ochranné pomůcky do předem určených nádob.

### *Dekontaminace zařízení a životního prostředí*

- 1) Pokud je to možné, nedotýkejte se ani nepřecházejte přes rozlitá činidla.
- 2) Při dekontaminaci životního prostředí použijte vhodné OOP.
- 3) Udržujte hořlaviny (např. dřevo, papír, olej) od rozlitého prostředku.
- 4) Použijte vodní postřik k redukci výparů.
- 5) Zamezte odtoku amoniaku do kanalizace, vodních toků a sklepů.
- 6) Nemiřte proud vody na zdroj úniku, může dojít k námraze.
- 7) Zastavte únik, je-li to možné bez ohrožení na životech a zdraví personálu,
- 8) Izolujte plochu, dokud se plyn nerozptýlí a větrejte prostory.

### *Likvidace roztoku amoniaku*

Roztok amoniaku může být zředěn vodou nebo alternativně zředěn vodou a neutralizován kyselinou chlorovodíkovou a následně směřován do kanalizace. Avšak hodnota amoniaku v kanalizaci nesmí překročit stanovené limity. Omezené množství plynného amoniaku může být vypouštěno do atmosféry. Avšak likvidace zkapalněného amoniaku nebo velkého množství plynného či vodného roztoku amoniaku do vody je nežádoucí z důvodu vývinu velkého množství tepla.

### **Zdravotní pomoc postiženým osobám.**

#### *První pomoc při zasažení očí*

1. Ihned vyveďte postiženého od zdroje expozice (na čerstvý vzduch).
2. Okamžitě omývejte oči velkým množstvím, mírně tekoucí vlažné vody po dobu nejméně 5 minut.
3. Zakryjte obě oči sterilním obvazem.
4. Vyhledejte lékařskou pomoc.

#### *První pomoc při nadýchání amoniaku*

1. Přijměte bezpečnostní opatření, aby byla zajištěna vlastní bezpečnost před pokusem o záchranu postiženého (např. použitím vhodných ochranných prostředků).
2. Vyneste postiženého ze zamořené oblasti na čistý vzduch.
3. Je-li postižený v bezvědomí a nedýchá, zahajte ihned resuscitaci.
4. Postiženého uložte vodorovně, odstraňte nebo uvolněte oděv, který brání volnému dýchání (knoflíky, kravata apod.).
5. Nedovoľte, aby se postižený zbytečně pohyboval.
6. Zajistěte transport do nemocnice.

#### *První pomoc při požití kapalného amoniaku*

1. Ihned vyveďte postiženého od zdroje expozice (na čerstvý vzduch).
2. Ujistěte se, že postižený nemá omezené dýchací cesty.
3. Nevyvolávejte zvracení.
4. Nesnažte se o žádnou aplikaci ústy.
5. Podejte postiženému dodatečné množství kyslíku a zajistěte větrání místnosti (pokud to meteorologické podmínky vzhledem k havárii dovolují).
6. Sledujte, zda jsou tekutiny a elektrolyty v rovnováze, a je-li rovnováha abnormální, pokuste se ji obnovit.
7. Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc.

#### *První pomoc při styku amoniaku s pokožkou*

1. Ihned vyveďte postiženého od zdroje expozice (na čerstvý vzduch).
2. Jemně odstraňte oděv nebo šperky, které by mohly omezit cirkulaci.
3. Opatrně vyřízněte oblečení, které se lepí na kůži, a odstraňte zbytek oděvu.
4. Volně pokryjte postižené místo sterilním obvazem.
5. Proveďte dekontaminaci pacienta (viz dekontaminace postiženého).
6. Nepokoušejte se chemické popáleniny ošetřovat na místě.
7. Nedovolte, aby oběť pila alkohol nebo kouřila.
8. Volejte toxikologické informační středisko nebo lékaře.

## Školení

Školení a termíny školení jsou zahrnuty v Tématickém plánu školení zaměstnanců, který je součástí samostatných závazných předpisů. Ověřování znalostí je prováděno podle zákoníku práce.

Teoretické ověřování zahrnuje seznámení všech řídicích funkcí zasahujících složek a všech zaměstnanců. Po secvičení 0. stupně uvnitř objektu, kdy je ověřena součinnost vedení podniku, provozních zaměstnanců a ohlášení havárie, může být uskutečněn nácvik příjezdu vnějších zásahových jednotek, a to vyhlášením 1. stupně chemického poplachu.

### Stručný obsah školení

*Zaměstnanci pracující s amoniakem musí během školení získat znalosti o:*

- a) bezpečnosti práce;
- b) bezpečnostních značkách, zákazech a příkazech na pracovišti;
- c) všech současných nebo očekávaných chemických, fyzikálních a biologických rizicích spojených s amoniakem;
- d) evakuačních postupech;
- e) schopnostech k použití správných osobních ochranných prostředků;
- f) dekontaminačních metodách;
- g) rizicích, které mohou zapříčinit požár amoniaku;
- h) bezpečnostních systémech;
- i) způsobu velení během havárie spojené s únikem amoniaku;
- j) nouzových telefonních číslech.


*Velitelé řídící havárii musí během školení navíc získat znalosti o:*

- a) řízení velení během havárie;
- b) varování a vyzoomění;
- c) řízení evakuace;
- d) řízení dekontaminace.

### **Aktualizace havarijní dokumentace**

Za aktualizaci havarijní dokumentace odpovídá správce dokumentu (statutární zástupce nebo jím pověřená osoba) a musí být provedena ve všech výtiscích. Plánovaná aktualizace se provádí v pravidelných cyklech a to vždy nejméně jednou za rok. K operativní aktualizaci se přistupuje před aktualizací plánovanou v případě, že se vyskytnou změny, které mají vliv na zabezpečení havarijní připravenosti a aktualizace tak nesnese odkladu.

### 4.3.3 Grafická část

<b>HAVARIJNÍ KARTA</b> <b>Budějovický Budvar n. p.</b> <b>Únik amoniaku ze zásobníku</b>		<b>HK 1/1</b>
<b>Zdroj nebezpečí</b>	Kapalný amoniak je skladován ve dvou ležatých ocelových zásobnících. Maximální plnění zásobníku nacházející se na strojovně je 10 tun a 14 tun u zásobníku nacházejícího se v budově CKT.	
<b>Nebezpečné vlastnosti</b> 	Toxický při vdechování. Vysoce toxický pro vodní organismy. Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí. Hořlavá látka, nebezpečí vznícení za vyšších teplot.	
<b>Rozsah ohrožení</b>	Neutrální meteosituaace	Poznámka
<b>Smrtelná zóna</b> CKT Strojovna	89 m 71m	Ve všech směrech.
<b>Zraňující zóna</b> <b>ERPG-3</b>	1 100 m	Ve všech směrech.
<b>Zraňující zóna</b> <b>ERPG-2</b>	2 500 m	Ve všech směrech.
<b>Koordinace zásahu</b>	Vedoucí krizové komise do příjezdu velitele zásahu. Velitel zásahu řídí činnost na místě mimořádné události. Koordinace s krizovým štábem pomocí centra tísňového volání.	
<b>Činnosti na místě zásahu</b>		
<b>Dozor nad chladicím zařízením</b>	Činnosti zamezující úniku amoniaku v případě havárie	
<b>Telefonní centrum tísňového volání</b>	Koordinování zásahu. Vyrozumění orgánů státní správy a samosprávy o havárii.	
<b>Krizová komise n. p. Budějovický Budvar</b>	Řízení záchranných a likvidačních prací před příjezdem velitele zásahu. Koordinace záchranných a likvidačních prací spolu s velitelem zásahu.	
<b>HZS Jihočeského kraje</b>	Varování obyvatelstva v zasažené zóně. Záchranné a likvidační práce. Monitorování.	
<b>Policie ČR</b>	Uzavírání ohroženého prostoru a regulace pohybu osob a dopravy. Varování obyvatelstva v ohrožené zóně. Zajištění bezpečnosti	
<b>Zdravotní záchranná služba</b>	Zdravotnická pomoc intoxikovaným osobám	
<b>Odvolání opatření v ochraně obyvatelstva</b>		
<b>JPO HZS Jihočeského kraje</b>	Provádění monitorování koncentrací amoniaku s ohledem na životu nebezpečné koncentrace a s ohledem na možnost výbuchu.	
<b>Telefonní centrum tísňového volání</b>	Informování orgánů státní správy a samosprávy. Na základě zjištěných koncentrací z monitorování se provádí odvolání opatření k ochraně obyvatelstva.	

**HAVARIJNÍ KARTA**  
**Budějovický Budvar n.p.**  
**Únik amoniaku ze zásobníku**

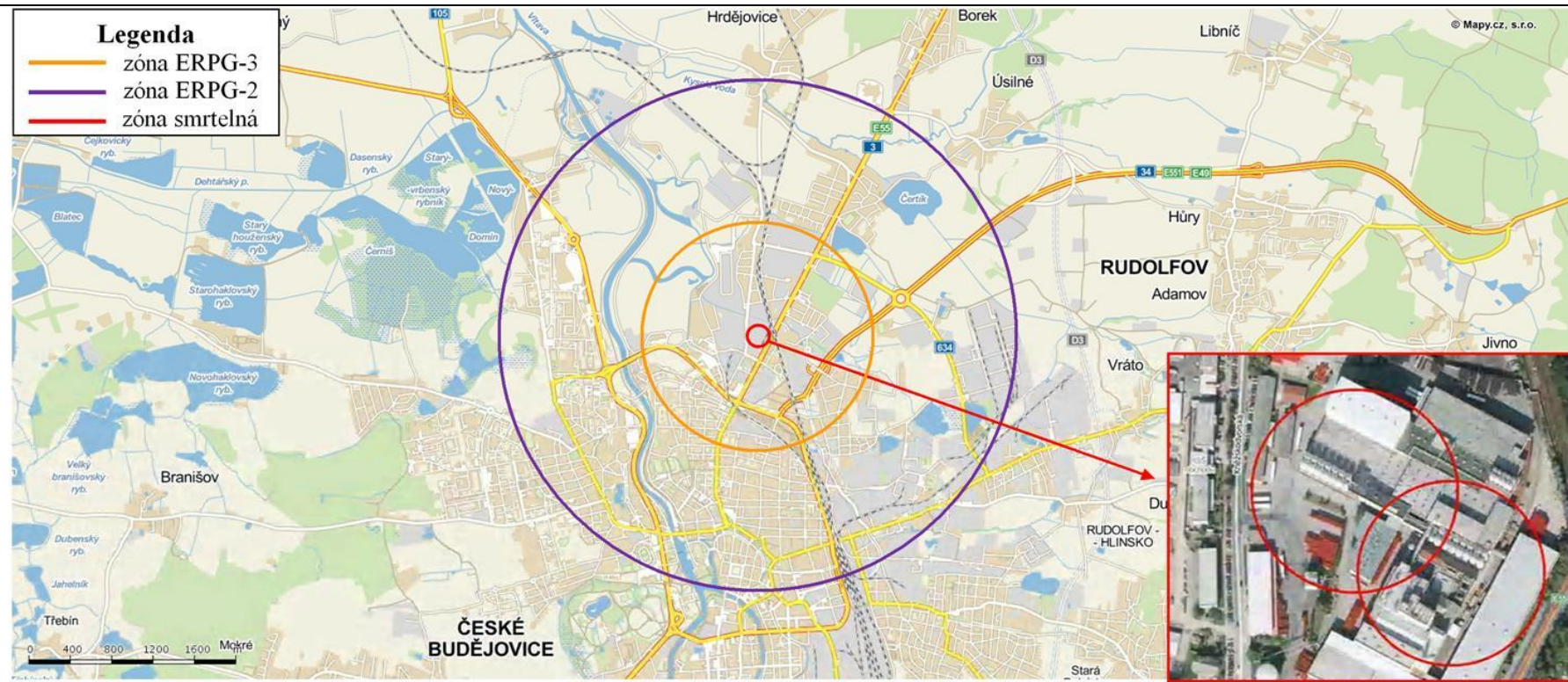
**HK 1/2**

**Relace pro varování obyvatelstva a zaměstnanců v národním podniku Budějovický Budvar**

*"Pozor - mimořádná zpráva! V podniku Budějovický Budvar došlo v ..... (čas) k úniku amoniaku. Ukryjte se ve vyšších patrech budovy na závětrné straně a nevycházejte z budov, utěsňt prosotry, kterými může amoniak vnikat do obydlí. Dýchací cesty chraňte navlhčeným kapesníkem. Dbejte pokynů zasahujících složek."*

**Odvolání havárie s únikem nebezpečných látek**

*"Vážení občané, věnujte prosím pozornost následující zprávě. Koncentrace amoniaku, která unikla v národním podniku Budějovický Budvar, již není nebezpečná. Tímto jsou odvolána veškerá opatření k ochraně obyvatelstva. Děkujeme za vstřícnost a trpělivost."*



## 5. DISKUZE

Jak již bylo několikrát zmíněno v teoretické části této práce, zpracování havarijní dokumentace mají povinně zpracovat podniky, které jsou dle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií zařazeni do skupiny A nebo B. Zvláštní podmínky k havarijní připravenosti jsou dány i právními předpisy z hlediska krizového řízení či právních předpisů dotýkajících se činnosti IZS. Jistě to má svá opodstatnění, ale budeme-li se zabývat dle konceptu diplomové práce národním podnikem Budějovický Budvar, pak 22 tun amoniaku v krajském městě dle mého subjektivního názoru představuje určitě větší ohrožení okolí, než objekt zařazený do kategorie A nebo B dle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, který se vyskytuje v neobydlené oblasti. Jak vyplývá z logického hlediska a jak je i koncipováno v této práci, prakticky nemůže dojít k havárii a následnému úniku veškerého amoniaku, ale největší rizika úniku se nacházejí právě v zásobnících, kde je též nemalé množství čpavku. A jak představuje zóna zasažené plochy dle softwarového programu ALOHA a ostatní použité analytické metody, dosah účinků by byl značný (koncentrace převyšující hodnoty ERPG – 3 by byly ve vzdálenosti stovek metrů od místa havárie). Už tato úvaha mi připadá logická právě k tomu, proč se zaměřit na nezařazené zdroje dle již zmíněného zákona a proč je důležité, aby v tak hustě obydlených oblastech takovými objekty mněli zpracovanou havarijní dokumentaci.

Veškerá havarijní dokumentace včetně návrhu by měla být dle mého názoru podložena analytickými metodami. V mém případě byly použity metody od diskuzí, přes výpočty až po použití softwarového programu ALOHA.

Brainstorming a polostandardizované rozhovory byly pro mne odrazovým můstkem, abych věděl od čeho začít, čemu z hlediska ohrožení přiřadit větší váhu a čemu se vyhnout. Během těchto analytických metod jsem se spolu s odborníky na tuto problematiku zaměřil na havarijní události s únikem amoniaku. Během tohoto procesu jsem získal spousty informací ohledně technických údajů a informací z hlediska havarijní připravenosti. Obecně řečeno návrh havarijní dokumentace byl zpracován převážně díky informacím z této analytické metody.



Dále se během brainstormingu a dalších rozhovorů napříč Budějovickým Budvarem ukázalo, že těch, co ví, jak se zachovat je velmi poskromnu a v případě havárie, by dle mého názoru v podniku vznikla panika, jelikož většina zaměstnanců nemá tušení co vlastně dělat a proč? Zkrátka povědomí zaměstnanců, kteří nepřichází do styku s chladicím médiem, je ohledně této problematiky poměrně mizivé. Většina zaměstnanců, kterých se dotýká havarijní připravenost v národním podniku Budějovický Budvar, spoléhá na to, že vše naleznou ve vnitřním havarijním plánu podniku. Z mého pohledu je to poměrně neprofesionální, protože jednak v okamžiku mimořádné události nezbyde moc času na prolístování vnitřního havarijního plánu a jednak samotný plán, co jsem do něj nahlížel, dle mého názoru, postrádá rozsáhlejší aktualizace a konkrétnější zpracování postupů v případě vzniku havárie. Dalším nepříjemným zjištěním pro mne bylo, že školení zaměstnanců nepřicházejících do styku s chladicím médiem se prakticky neprovádí a znalosti ohledně sebezáchrany v případě úniku amoniaku jsou také prakticky minimální. Mezitím co zaměstnanci při vzniku havárie nebudou vědět jak se zachovat, se předpokládá, že koordinaci obstará vrcholový management. Ano, ale jen v organizační oblasti. Dokonce vrcholový management zabývající se touto problematikou je dle mého názoru jen základně informován, avšak zaměstnanci provádějící dozor nad chladicím zařízením mají vysoké znalosti a přehled k tomu, aby správně a včas provedli prvotní opatření k minimalizaci dopadů závažné havárie s únikem amoniaku.

Pro návrh havarijní dokumentace jsem se z hlediska komplexnosti a přehlednosti zaměřil na modelovací program ALOHA. Tento program je velmi užitečný pokud chceme rychle naplánovat dopady účinků havárií s nebezpečnými chemickými látkami. ALOHA mě velmi dobře doplňoval v rámci předešlých analytických metod. Jenomže tento program není natolik přesný a důvěryhodný, abych mohl zůstat pouze u tohoto softwaru. Z tohoto důvodu jsem zařadil do diplomové práce pro porovnání i jiné výpočtové analytické metody, o kterých bych rád řekl něco přednostně.

Analytickou metodu Dow's Chemical Exposure Index jsem využil hlavně proto, že obdobně jako ALOHA umí vypočítat nebezpečnou vzdálenost. Na rozdíl od softwarového modelovacího programu tato analýza potřebuje více technických

parametrů, což predikuje k tomu, že by daná metoda mohla být více přesnější, avšak nevýhodou této metody je, že oproti modelovacímu programu ALOHA se zde neuvažuje o meteorologických pomínkách. Navíc program ALOHA počítá únik pouze jako průměr za minutu, kdežto metoda Dow's Chemical Exposure Index bere sice hodnotu úniku také jako průměrnou, s tím rozdílem, že obsah zdroje neunikne během minuty, také zohledňuje odpar z louže a další podmínky. To je při zpracovávání havarijní dokumentace dobré vědět. Tyto rozdíly v konečném důsledku hrají velkou roli při stanovování zón a opatření v okolí mimořádné události. Rozdíly výsledků obou analytických metod jsou znázorněny v tabulce XXVI.

*Tabulka XXVI Rozdíly výsledků metody ALOHA a metody CEI*

<b>Porovnání</b>	<b>Metoda CEI</b>	<b>ALOHA</b>
Zóna ERPG-1	CKT: 6 783 m Strojovna: 12 732 m	4 900 m
Zóna ERPG-2	CKT: 2 769 m Strojovna: 5 198 m	2 500 m
Zóna ERPG-3	CKT: 876 Strojovna: 1 643 m	1 100 m

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Další užitou metodou, kterou jsem využil, je Odhad toxického působení. Tuto metodu jsem do diplomové práce zařadil z důvodu, že oproti ostatním metodám ve výsledku přímo ukazuje vzdálenost pro expozici smrtelnou a zraňující, navíc z mého pohledu je znázornění těchto expozic více přehledné (a možná i jednoznačné) než ukazovat zóny pro ERPG hodnoty, už kvůli tomu, že v průběhu času se tyto hodnoty neustále mění. Na základě těchto podmínek jsem kromě expozice pro hodnotu ERPG-2 zařadil do návrhu havarijní dokumentace i hodnotu vzdálenosti pro smrtelnou expozici, protože smrtelná expozice není v těchto případech až tak proměnlivá, a to na základě menší zóny působení. Pak niance jsou maximálně v desítkách metrů, kdežto u ERPG hodnot to mohou být i stovky metrů (ovšem záleží na množství uniklé nebezpečné chemické látky). I zde bych rád uvedl připomínku, jak jsem již naznačil, že je důležité správně určit parametry pro stanovení dopadu havárie, jelikož nesprávně zvolený parametr může zónu zbytečně prodloužit, což může být negativní po stránce

ekonomické, nebo zmenšit, na čež doplatí obyvatelé, majetek, hospodářská zvířata a životní prostředí.

Oproti ostatním zmíněným metodám, metoda IAEA-TECDOC-727 má nespornou výhodu v tom, že dokáže odhadnout vnější následky velké havárie na obyvatelstvo. Z hlediska návrhu havarijní dokumentace lze tak usuzovat o předpokládaných ztrátách na životech jak osob mimo areál podniku, tak zaměstnanců. Další výhodou z hlediska analytických účelů plní i pravděpodobnost vzniku této havárie, která po zanesení do matice společenského rizika spolu s dopady na lidské životy znázorňuje, zda jsou bezpečnostní prvky v daném podniku spolu s množstvím nebezpečných látek na takové úrovni, že vyplývající riziko je pro společnost v oblasti přijatelné, snižování rizika nebo v oblasti nepřijatelné. V mém případě se potvrdilo, že národní podnik Budějovický Budvar s ohledem na množství skladovaného a používaného amoniaku a na kvalitě zabezpečení havarijní připravenosti, patří do oblasti přijatelného rizika a nepotřebuje korigovat bezpečnostní opatření vůči havárii spojenou s rozsáhlým únikem amoniaku. Přesto kromě kladů, jsou zde i nějaké zápory. Za mne největší nevýhodu spatřuji v stanovení nebezpečných vzdáleností, které jsou zde uváděny pouze intervalově (1 až 5 tun, 5 až 10 tun atd.). Z tohoto důvodu, použití samotné metody ke stanovení zón do havarijní dokumentace vidím jako nedostatečné, ale o této problematice později.

Modelový systém ALOHA, jak jsem již zmínil, je s ohledem na návrh havarijní dokumentace velmi názorný a to z důvodu své přehlednosti a komplexnosti. Tento program má zde nespornou výhodu v tom, že jako jediná použitá metoda v této diplomové práci zohledňuje meteorologickou situaci. Navíc z hlediska přehlednosti, lze výsledky zanást do grafu, které jsou pro snažší přehlednost znázorněny ve formě zón. Avšak i zde se počítá s průměrnými hodnotami, a proto pouhé grafy nestačí. Pokud se podíváme na únik amoniaku ze zásobníku, který se nachází v budově CKT, vidíme pouze zóny, které nám ukazují hodnoty „vyšší než“. Toto sdělení samo o sobě mnoho neříká, a proto je potřeba další práci s tímto programem. Konkrétně v záložce „*Threat at point*“ (hrozba v bodě), lze názorně představit, jaké koncentrace se budou nacházet v určité vzdálenosti od místa úniku, jakou dobu budou zde přetrvávat a jaká koncentrace bude v této vzdálenosti uvnitř budov. Abych lépe znázornil problematiku havárie

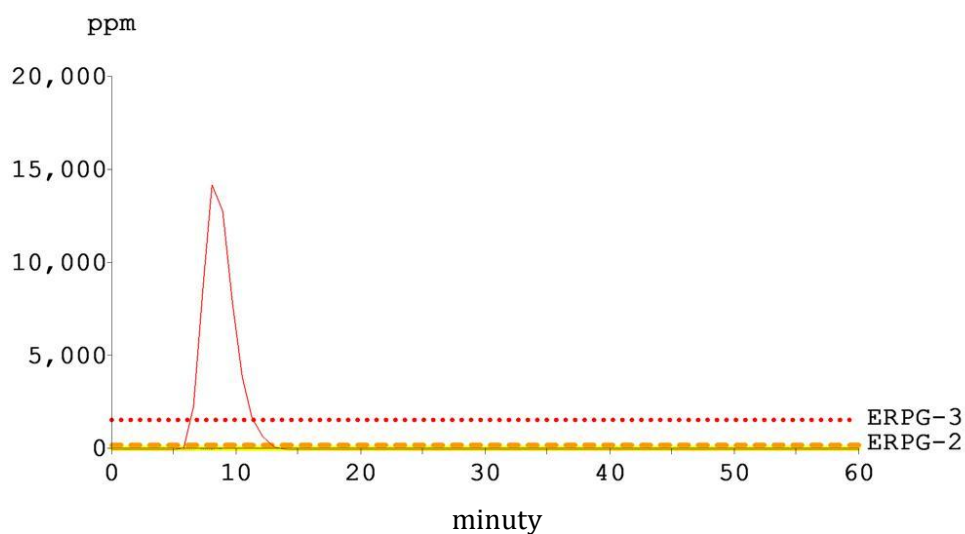
s únikem amoniaku z národního podniku Budějovický Budvar právě dle „*Threat at point*“ nástroje jsem si připravil názorný příklad (graf IV) pro průběh koncentrací ve vzdálenosti 500 metrů od místa havárie zásobníku s amoniakem situovaném v budově CKT.

Graf IV Koncentrace v bodě

**Koncentrace v bodě**

ALOHA® 5.4.4

Čas: Únor 16, 2014  
 Název chemikálie: Amoniak  
 Poměr výměny vzduchu za hodinu: 0,12 (dvoupodlažní krytá budova)  
**Ohrožení v bodě:**  
 Modelace pro typ: Plyn těžší než vzduch  
 Závětrí: 500 metrů Za osou proudění: 30 metrů  
 Maximální koncentrace  
 Venku: 14 200 ppm  
 Uvnitř: 80,8 ppm



— venkovní koncentrace  
 ..... koncentrace uvnitř budov  
 Body: Závětrí: 500 metrů Za osou proudění: 30 metrů

Zdroj: Vlastní výzkum

Na grafu je vidět červená křivka znázorňující koncentraci ve venkovním prostředí. Nebezpečný amoniakální mrak se do vzdálenosti 500 m od místa havárie dostane za pouhých 5,5 minuty od vzniku havárie. Z výstupu lze vypočítat, že hodnota ERPG-3 vedoucí rovnoběžně s osou X je několikanásobně překročena a maximální hodnoty koncentrace v tomto bodě mohou dosahovat až 14 200 ppm (9,5 krát větší než hodnota ERPG-3). Této hodnoty se dosáhne během krátké chvíle od příchodu amoniakálního mraku cca 2 minuty. Vzhledem k rychlému úniku amoniaku ze zdroje, se tato hodnota začne opět téměř stejně rychle snižovat a okolo 15 minuty se vrátí do téměř normálního stavu, kdy dojde k celkovému rozptýlení do ovzduší. Co se týče koncentrace uvnitř budov, maximální hodnoty (80,8 ppm) je dosaženo v rozmezí 6-14 minut po celkovém úniku. Modrou křivku zde nevidíme z důvodu překrytí ERPG hodnotami. Po 14 minutách se začne hodnota pomalu snižovat na úroveň kolem hodnoty ERPG-1, která uvnitř budov přetrvává minimálně 60 minut.

Dále bych chtěl poukázat na problematiku zpracování havarijních dokumentací pomocí analytických metod. Některé metody jsem již zmínil v této práci a rád bych se vyjádřil k tomu, jaký mají vliv při zpracování havarijní dokumentace. Mezi nejdůležitější a nejrozšířenější analytické metody z těch, které jsem představil, patří především modelovací programy, v mém případě program ALOHA a analytické metody např. IAEA-TECDOC-727. Mírné odchylky mezi nimi jsem již nastínil v předchozích odstavcích, ale s ohledem na rozsah dopadů havárie jsou mezi nimi značné rozdíly. Metoda IAEA-TECDOC-727, jejíž údaje jsou též zakotveny i ve *vyhlášce č. 103/2006 Sb., o stanovení zásad pro vymezení zóny havarijního plánování a o rozsahu a způsobu vypracování vnějšího havarijního plánu*, je dle mého názoru velmi hrubě nastavena. Pokud bych měl citovat přímo již zmíněnou vyhlášku, tak zjistíme, že poloměr R pro amoniak (referenční číslo 31) dle přílohy č. 1 tabulky č. 4a je pro množství amoniaku 1 až 5 tun 200 metrů a pro množství 5 až 10 tun také 200 metrů. Z toho vyplývá, že dle metody IAEA-TECDOC-727 tak dle této vyhlášky vyvolá únik 1 tuny amoniaku dopady do stejné vzdálenosti, jako únik 10 tun. Stejně paradoxy se vyskytují v oblasti úniku 50 až 200 tun, či 200 až 5 000 tun. Na základě takto hrubého rozčlenění je důležité znát přesné množství amoniaku v objektu či zařízení

a provést přesnější analýzu např. metodu Dow's Chemical Exposure Index. Další možnost vidím právě v pokračování softwarového modelovacího programu, v mém případě ALOHA, protože již nemusím hledat dopady dle intervalu, ale vypočítané či zjištěné množství přímo dosadím do programu, který do výpočtu pro rozsah dopadů havárie s únikem amoniaku zahrne i meteorologické údaje a další podmínky.

Také bych chtěl upozornit na fakt, že informace o zásobnících amoniaku poskytnuté od odborníků na danou problematiku z národního podniku Budějovický Budvar, jsou interpretovány ve formě obsahu amoniaku v tunách, nikoliv objemu v metrech krychlových. Na základě této polemiky bych chtěl, apelovat na to, aby během kontrol podniků, které ve svém areálu manipulují s nebezpečnými chemickými látkami, byla zohledněna i tato problematika, protože na základě rešerše z odborné literatury a havarijních plánů ostatních podniků je tento problém poměrně rozšířen.

V neposlední řadě bych se chtěl zaměřit na varování zaměstnanců v areálu podniku. Zde bohužel stále funguje stará siréna, která v případě nehody varuje ohrožené osoby akustickým nepřerušovaným signálem. Tento signál, který je v České republice znám jako Zkouška sirén, je dle mého názoru nedostatečný, protože ohrožené osoby si nemusí včas uvědomit, že se jedná o signál upozorňující na havárii. Naštěstí každý vedoucí směny je o mimořádné události včas informován pomocí bezdrátového mobilu, který nosí neustále při sobě a má povinnost tuto událost oznámit svým podřízeným. Avšak může se stát, že mobil zapomene anebo, že nebude dostatečně blízko svým zaměstnancům, kteří si varovný signál včas neuvědomili. Proto bych navrhoval modernizaci varovné sirény v souladu s Všeobecnou výstrahou.

Závěrem bych chtěl dodat, že návrh havarijní dokumentace a havarijní karta pro národní podnik Budějovický Budvar, bude jistě přínosem, jelikož je zde veden důraz na analýzu rizik a dopady závažné havárie s únikem amoniaku do prostředí, včetně koordinace zásahu a rychlé odezvy na vzniklou havárii. A tímto tvrzením bych zároveň kladně odpověděl na výzkumnou otázku: „*Přispěje havarijní připravenost národního podniku Budějovický Budvar k ochraně obyvatel, vyskytujících se v zóně účinků, před uniklými nebezpečnými látkami?*“ Navíc využití této dokumentace doporučuji také proto, že se objekt s 22 tunami amoniaku nachází v obydlené části stotisícového města.

## 6. ZÁVĚR

Jak již bylo zmíněno v teoretické části k únikům amoniaku, ale i jiných nebezpečných chemických látek z nezařazených zdrojů dochází poměrně ve velké míře. Zatím tyto následky neměly vážnější dopady, avšak je otázkou času, kdy dojde k něčemu vážnějšímu, a lidé budou mít tímto směrem otázky. K těmto nezařazeným zdrojům patří i národní podnik Budějovický Budvar, který se nachází v Českých Budějovicích. Právě jeho poloha s možným rizikem havárie činí tento objekt nebezpečný pro mnoho obyvatel.

Národní podnik Budějovický Budvar disponuje 22 tunami amoniaku, přesto celkový únik amoniaku se jeví jako nereálný, a tak na základě analytických metod bylo zjištěno, že nejvíce rizikové oblasti jsou zásobník amoniaku na střeše strojovny, jehož narušení může způsobit únik amoniaku o obsahu 6 tun a expanzní nádoba situovaná v budově CKT, kde by v případě havárie došlo k úniku 7 tun amoniaku. Podle těchto výsledků a analytického zkoumání jsem dospěl k názoru, že je zapotřebí vhodné vypracování návrhu havarijních karet a havarijní dokumentace, podle níž by probíhala reakce na případné úniky nebezpečných chemických látek do prostředí a ochrana zaměstnanců a veřejnosti nacházejících se v prostorách areálu nebo v zóně účinků nebezpečných látek uniklých mimo areál podniku.

Abych shrnul základní poznatky výzkumu a důvod stanovení cíle pro návrh havarijní dokumentace, rád bych se nejdříve zmínil o tom, že amoniak je středně toxická látka a již setrvání 30 minut v prostoru s amoniakem o koncentraci 2 500 ppm je smrtelně nebezpečné. Jak ukazuje softwarový výzkum, hranice pro hodnoty vyšší než 1 500 ppm (ERPG-3) je až do vzdálenosti 1,1 kilometru. To už ve stotisícovém městě je značně ohrožená oblast. Dalším pojítkem ke stanovení havarijní dokumentace nastínuje metoda Odhad toxického působení, která předvídá smrtelnou expozici. Pro zásobník na strojovně se udává dosah 71 metrů a u expanzní nádoby v CKT až metrů 89. „Výhodou“ je, že takto smrtelná expozice nepřesáhne areál podniku, jenomže i v podniku jsou lidé a není jich málo. Během nejvíce zatíženého provozu se v tomto areálu může vyskytovat až 295 osob. Bohužel jak již bylo zmíněno, většina těchto

zaměstnanců nemá tušení, co vlastně v takovéto situaci dělat a to je další z mnoha důvodů, proč je důležité vypracovat návrh havarijní dokumentace.

V neposlední řadě bych chtěl dodat, že návrh havarijní dokumentace, který jsem připravil pro národní podnik Budějovický Budvar, bude právě přínosem pro rychlou akceschopnost a rozhodnost zaměstnanců v době havárie, díky níž se omezí dopad havárie na životy, zdraví, hospodářská zvířata, majetkové hodnoty a životní prostředí.

Na závěr bych chtěl poukázat na fakt, že v závislosti na množství nezařazených zdrojů kolem nás a na základě podnětů z této diplomové práce stojí vzít v úvahu myšlenku, zda by nemělo být povinností každého nezařazeného zdroje (dle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií) v hustě obydlené oblasti si zpracovat havarijní dokumentaci k ochraně života a zdraví zaměstnanců a obyvatelstva žijících mimo areál podniku, životního prostředí či majetkových hodnot.



## SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) 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
- (2) BERNATÍK, Aleš a Petra NEVRLÁ. *Vliv havárií na životní prostředí*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. ISBN 80-86634-46-9.
- (3) KROUPA, Miroslav. Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek. [online]. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2004 [cit. 2013-10-29]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/chovani-obyvatelstva-v-pripade-havarie-s-unikem-nebezpecnych-chemickych-latek.aspx>
- (4) FOLWARCZNY, Libor a Jiří POKORNÝ. *Evakuace osob*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006, 125 s. ISBN 80-86634-92-2
- (5) Ammonia: Incident management. PRITCHARD, J. D. *Public Health England* [online]. 2011 [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: [http://www.hpa.org.uk/webc/hpawebfile/hpaweb\\_c/1194947405180](http://www.hpa.org.uk/webc/hpawebfile/hpaweb_c/1194947405180)
- (6) 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
- (7) 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.
- (8) BARTLOVÁ, Ivana. *Nebezpečné látky I*. 2. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, 211 s. ISBN 8086634590.

- (9) BARTLOVÁ, Ivana. *Vývoj v oblasti nebezpečných látek a přípravků*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008, 49 s. ISBN 9788073850500.
- (10) Kemler a UN: označování nebezpečných látek při silniční přepravě. *Požáry.cz: ohnisko žhavých zpráv* [online]. 2012 [cit. 2014-02-12]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>
- (11) BERNATÍK, Aleš. *Prevence závažných havárií II*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-86634-90-6.
- (12) MATOUŠEK, Jiří a Petr LINHART. *CBRN: chemické zbraně*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, 151 s. ISBN 808663471x.
- (13) 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.
- (14) BERNATÍK, Aleš. *Prevence závažných havárií I*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-86634-89-2.
- (15) Amoniak (čpavek). PETRLÍK, Jindřich a Ladislav KLEGER. *Arnika* [online]. © 2010 [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: <http://arnika.org/amoniak-cpavek>
- (16) Ammonia. *HowStuffWorks* [online]. © 1998-2014 [cit. 2014-02-12]. Dostupné z: <http://science.howstuffworks.com/ammonia-info.htm>
- (17) 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](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2011_07_514-517.pdf)

- (18) HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR JIHOČESKÉHO KRAJE. *ZÁSADY CHOVÁNÍ PŘI ÚNIKU NEBEZPEČNÉ LÁTKY*. České Budějovice, 2006. Dostupné z: [http://www.hzsjk.cz/download/upload/oob/Unik\\_NL.doc](http://www.hzsjk.cz/download/upload/oob/Unik_NL.doc)
- (19) BLAHA, Marián et al. *Sučasný stav amoniakových chladiacich zariadení: POUŽÍVANÉ CHLADIVÁ* [online]. Slovenský zväz pre chladiacu a klimatizačnú techniku, 2010 [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/42923726/12/Su%C4%8Dasn%C3%BD-stav-amoniakov%C3%BDch-chladiacich-zariadeni>
- (20) Informácia o zdroji ohrozenia - Tauris Nitria s.r.o. Mojmírovce a Mraziarne Nitra s.r.o. In: *Ministerstva vnútra Slovenskej republiky* [online]. 2011 [cit. 2014-01-28]. Dostupné z: <http://www.minv.sk/?informacia-o-zdroji-ohrozenia-tauris-nitria-s-r-o-mojmirovce-a-mraziarne-nitra-s-r-o>
- (21) ŠENOVSKÝ, Michail, Vilém ADAMEC a Zdeněk HANUŠKA. *Integrovaný záchranný systém*. 2. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 157 s. ISBN 9788073850074.
- (22) Zákon č. 350 ze dne 27. října 2011 o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*
- (23) Zákon č. 239 ze dne 28. června 2000 o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*
- (24) Zákon č. 76 ze dne 5. února 2002 o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci). In: *Sbírka zákonů České republiky*
- (25) Zákon č. 262 ze dne 21. dubna 2006 Zákoník práce. In: *Sbírka zákonů České republiky*

- (26) BARTLOVÁ, Ivana. *Prevence a připravenost na závažné havárie*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008, 47 s. ISBN 9788073850494.
- (27) Zákon č. 59 ze dne 2. února 2006 o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií). *In: Sbirka zákonů České republiky*
- (28) Zákon č. 258 ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. *In: Sbirka zákonů České republiky*
- (29) Vyhláška Ministerstva vnitra č. 328 ze dne 5. září 2001 o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému. *In: Sbirka zákonů České republiky*
- (30) Vyhláška Ministerstva vnitra č. 380 ze dne 9. srpna 2002 k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva. *In: Sbirka zákonů České republiky*
- (31) HORÁK, Rudolf, Lenka DANIELOVÁ, Jan KYSELÁK a Ladislav NOVÁK. *Průvodce krizovým plánováním pro veřejnou správu: Prevence řešení mimořádných krizových situací*. Praha: Linde Praha, 2011, 456 s. ISBN 978-80-7201-827-7
- (32) ŠENOVSKÝ, Michail, Vilém ADAMEC a Michal VANĚK. *Bezpečnostní plánování*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006, 86 s. ISBN 80-86634-52-4.

- (33) Vyhláška č. 103 ze dne 21. března 2006 o stanovení zásad pro vymezení zóny havarijního plánování a o rozsahu a způsobu vypracování vnějšího havarijního plánu. In: *Sbírka zákonů České republiky*
- (34) 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.
- (35) BERNATÍK, Aleš a Miluše VÁCHOVÁ. Aktuální otázky prevence závažných havárií v ČR. In: *Třetí ruka* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2009 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.tretiruka.cz/news/aktualni-otazky-prevence-zavaznych-havarii-v-cr/>
- (36) KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše. *Ochrana obyvatelstva*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, 140 s. ISBN 8086634701.
- (37) MATOUŠEK, Jiří, Iason URBAN a Petr LINHART. *CBRN: detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008, 232 s. ISBN 9788073850487.
- (38) SLABOTINSKÝ, Jiří a Stanislav BRÁDKA. *Ochrana osob při chemickém a biologickém nebezpečí*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006, 109 s. ISBN 8086634930.
- (39) STUHLÁ, Kateřina. Vnější havarijní plány a jejich vztah k ochraně obyvatelstva [online]. Ostrava [cit. 2013-10-07]. Dostupné z: [http://www.hzsmsk.cz/sklad/kraoo/publikace/PO\\_VHP\\_vztah\\_k\\_OO.doc](http://www.hzsmsk.cz/sklad/kraoo/publikace/PO_VHP_vztah_k_OO.doc)
- (40) KOTINSKÝ, Petr a Jaroslava HEJDOVÁ. *Dekontaminace v požární ochraně*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003, 126 s. ISBN 8086634310.

- (41) 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. Dostupné z: [www.vubp.cz/index.php/component/docman/doc\\_download/152-postupy-a-metodiky-analyz-a-hodnoceni-rizik-pro-uely-zakona-o-prevenci-zavanych-havarii](http://www.vubp.cz/index.php/component/docman/doc_download/152-postupy-a-metodiky-analyz-a-hodnoceni-rizik-pro-uely-zakona-o-prevenci-zavanych-havarii)
- (42) BABINEC, František. *Management rizika: Loss Prevention & Safety Promotion*. [online]. Brno: Slezská Universita v Opavě, Ústav matematiky, 2005 [cit. 2014-02-04]. Dostupné z: <http://www.slu.cz/math/cz/knihovna/ucebni-texty/Analiza-rizik/Analiza-rizik-1.pdf>
- (43) MODEL RISK MANAGEMENT PROGRAM AND PLAN FOR AMMONIA REFRIGERATION. In: *United States Environmental Protection Agency* [online]. Reston, VA: Science Applications International Corporation, 1996 [cit. 2014-02-07]. Dostupné z: <http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t3/memoranda/ammon.pdf>
- (44) JAHODA, M., O. HOLEČEK a L. SCHREIBEROVÁ. *E-Tabulky: Fyzikální vlastnosti látek* [online]. Praha: Ústav chemického inženýrství, VŠCHT [cit. 2014-02-05]. Dostupné z: [http://www.vscht.cz/uchi/e\\_tabulky/](http://www.vscht.cz/uchi/e_tabulky/)
- (45) EMERGENCY RESPONSE PLANNING GUIDELINE: AMMONIA. *American Industrial Hygiene Association: Protecting Worker Health* [online]. United States, Virginia, 2014 [cit. 2014-02-03]. Dostupné z: [https://www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines/Documents/Final%20Ammonia%20document%20for%202014%20set.pdf?Mobile=1&Source=%2Fget-involved%2FAIHAGuidelineFoundation%2FEmergencyResponsePlanningGuidelines%2F\\_layouts%2Fmobile%2Fview.aspx%3FList%3D686ef711-1867-4c16-8647-f42490a32818%26View%3D68d43981-b864-4108-a8f7-ad24a4dcf38e%26CurrentPage%3D1](https://www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines/Documents/Final%20Ammonia%20document%20for%202014%20set.pdf?Mobile=1&Source=%2Fget-involved%2FAIHAGuidelineFoundation%2FEmergencyResponsePlanningGuidelines%2F_layouts%2Fmobile%2Fview.aspx%3FList%3D686ef711-1867-4c16-8647-f42490a32818%26View%3D68d43981-b864-4108-a8f7-ad24a4dcf38e%26CurrentPage%3D1)

- (46) KROUPA, M. Improvizovaná ochrana dýchacích cest. *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci* [online]. 2002 [cit. 2014-02-04]. Dostupné z: [http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna-bozp/citarna/clanky/ochrana\\_zdravi/improvizovana\\_ochrana020807.html](http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna-bozp/citarna/clanky/ochrana_zdravi/improvizovana_ochrana020807.html)
- (47) Měsíční staniční data za rok 2013. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2014 [cit. 2014-02-05]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&nc=1&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_9\\_Mesicni\\_data&last=false](http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&nc=1&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_9_Mesicni_data&last=false)
- (48) BABINEC, František. Zkrácená příručka pro klasifikaci a priorizaci rizik velkých havárií v procesním a příbuzném průmyslu: Interagenturní program hodnocení a řízení zdravotního a environmentálního rizika energetických a komplexních průmyslových systémů. In: [online]. MEZINÁRODNÍ AGENTURA PRO ATOMOVOU ENERGIÍ IAEA, 2008 [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: <http://www.risk-management.cz/clanky/prirucka-pro-klasifikaci-a-priorizaci-rizik-velkych-havarii-v-procesnim-a-pribuznem-prumyslu.pdf>
- (49) České Budějovice. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cesk%C3%A9\\_Bud%C4%9Bjovice](http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cesk%C3%A9_Bud%C4%9Bjovice)

## SEZNAM GRAFŮ

Graf I	Vzdálenost dopadu havárie s únikem 7 t amoniaku .....	92
Graf II	Vzdálenost dopadu havárie s únikem 6 t amoniaku .....	94
Graf III	Technické schéma chlazení.....	98
Graf IV	Koncentrace v bodě .....	124



## SEZNAM TABULEK

Tabulka I	Hodnoty pro výpočty k metodě Dow's Chemical Exposure Index..	72
Tabulka II	Závěrečná tabulka pro index chemického ohrožení .....	76
Tabulka III	Hodnoty pro výpočet odhadu toxického působení .....	77
Tabulka IV	Závěrečná tabulka pro odhad toxického působení .....	78
Tabulka V	Hodnoty pro výpočet odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo z hlediska objemu jednotlivých zásobníků. ....	79
Tabulka VI	Klasifikace látek podle kategorií účinků.....	80
Tabulka VII	Klasifikace kategorií následků pro stabilní zařízení .....	80
Tabulka VIII	Kategorie následků – maximální dosah a zasažená oblast.....	80
Tabulka IX	Hustota obyvatelstva.....	81
Tabulka X	Korekční faktor $f_a$ pro rozložení hlavní obydlené oblasti v kruhu, jehož poloměr představuje maximální dosah účinků.....	82
Tabulka XI	Korekční faktor $f_m$ pro zmírnění účinků .....	82
Tabulka XII	Shrnutí metody IAEA-TECDOC-727 .....	83
Tabulka XIII	Hodnoty pro výpočet odhadu pravděpodobnosti výskytu velké havárie .....	84
Tabulka XIV	Průměrná pravděpodobnostní čísla $N_{i,s}$ pro stabilní zařízení.....	84
Tabulka XV	Korekční faktory pravděpodobnostního čísla $n_1$ pro četnost Nakládání/Vykládání .....	85
Tabulka XVI	Korekční faktory pravděpodobnostního čísla $n_f$ pro hořlavé látky... ..	85
Tabulka XVII	Korekční parametry pravděpodobnostního čísla $n_o$ pro organizační bezpečnostní opatření.....	85
Tabulka XVIII	Korekční parametry pravděpodobnostního čísla $n_p$ pro směr větru vzhledem k obydlené oblasti zasažené zóny .....	86
Tabulka XIX	Konverze pravděpodobnostního čísla na četnost .....	87
Tabulka XX	Závěrečná tabulka odhadu pravděpodobnosti výskytu závažné havárie .....	88
Tabulka XXI	Hodnoty pro výpočet společenského rizika .....	88
Tabulka XXII	Vstupní hodnoty pro simulaci .....	90
Tabulka XXIII	Závěrečná shrnutí výsledků z použitých analytických metod.....	96
Tabulka XXIV	Vzdálenosti zóny smrtelné, ERPG-2 a ERPG-3.....	103
Tabulka XXV	Komunikace s externími stranami .....	111
Tabulka XXVI	Rozdíly výsledků metody ALOHA a metody CEI .....	122

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1	Třídy nebezpečnosti.....	140
Příloha č. 2	Značení Kemler kódu.....	140
Příloha č. 3	Třídy stability dle Pasquilla.....	141
Příloha č. 4	Třídy stability dle Bubníka a Klodovského .....	141
Příloha č. 5	Tabulka vybraných reprezentativních tříd dle Pasquilla.....	141
Příloha č. 6	Určování meteorologických situací pro modelování úniku nebezpečných látek.....	142
Příloha č. 7	Beafortovo rozdělení.....	142
Příloha č. 8	Pasquillova typizace rozptylových podmínek .....	142
Příloha č. 9	Průměrné hodnoty meteorologického exponentu a součinitele závislého na stavu vertikální rovnováhy ovzduší ve vrstvě povrchového tření.....	143
Příloha č. 10	Součinitel závislí na stavu vertikální rovnováhy ovzduší ve vrstvě povrchového tření $\varepsilon$ .....	143
Příloha č. 11	Hodnoty parametru drsnosti.....	143
Příloha č. 12	Stručný přehled úniků amoniaku v České republice .....	144
Příloha č. 13	Statistika z 530 velkých havárií - Příčiny .....	144
Příloha č. 14	Statistika z 530 velkých havárií – Následky .....	145
Příloha č. 15	Fyzikálně chemické vlastnosti amoniaku .....	145
Příloha č. 16	Příznaky zasažení amoniakem.....	146
Příloha č. 17	Vysvětlivy součtového vzorce.....	147
Příloha č. 18	Přehled technik identifikace zdrojů rizika a jejich použití v jednotlivých etapách života zařízení.....	147
Příloha č. 19	Příklady úniků toxické látky ze zásobníku.....	148
Příloha č. 20	Způsob uvedení zkapalněného plynu do atmosféry.....	148
Příloha č. 21	Předpokládaná vzdálenost ke koncovému bodu toxicity .....	149
Příloha č. 22	Akutní expozice směrné úrovně (AEGL) .....	149
Příloha č. 23	Graf individuálního rizika .....	150
Příloha č. 24	Graf společenského rizika .....	150
Příloha č. 25	Matice rizik .....	151
Příloha č. 26	Shrnutí otázek pro polostandardizovaný rozhovor.....	152
Příloha č. 27	Určení úhlu zahrnujícího obydlenu oblast a určení faktoru vzdálenosti k obydlené oblasti – CKT.....	153

Příloha č. 28	Vysvětlivky symbolů z tabulky VII Klasifikace kategorií následků pro stabilní zařízení.....	153
Příloha č. 29	Určení faktoru vzdálenosti k obydlené oblasti – Strojovna .....	154
Příloha č. 30	Povětrnostní údaje pro rok 2010.....	154
Příloha č. 31	Textový výstup programu ALOHA ® 5.4.4 pro zásobník v CKT .	155
Příloha č. 32	Textový výstup programu ALOHA ® 5.4.4 pro zásobník ve strojovně.....	156
Příloha č. 33	Sběrač amoniaku – Střecha strojovny.....	157
Příloha č. 34	Trubkové výparníky ledové vody a solanky .....	157
Příloha č. 35	Expanzní nádoba na CKT.....	158
Příloha č. 36	Strojovna, CKT a sklad civilní ochrany.....	159
Příloha č. 37	Schéma evakuačních východů na volné prostranství v národním podniku Budějovický Budvar.....	160
Příloha č. 38	Nosítka .....	161
Příloha č. 39	Protichemický celotělový oblek Saturn .....	161

**Příloha č. 1** Třídy nebezpečnosti (10)

Číslo	Nebezpečnost
1	Výbušné látky a předměty
2	Plyny
3	Hořlavé kapaliny
4.1	Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky a znečlivěné tuhé výbušné látky
4.2	Samozápalné látky
4.3	Látky, které ve styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny
5.1	Látka podporující hoření
5.2	Organické peroxidy
6.1	Toxické látky
6.2	Infekční látky
7	Radioaktivní látky
8	Žíravé látky
9	Jiné nebezpečné látky a předměty

**Příloha č. 2** Značení Kemler kódu (10)

Číslo	Nebezpečnost	Poznámky
2	Plynná látka	Uvolňování plynů pod tlakem
3	Hořlavá kapalina	Hořlavost par kapalin a plynů
4	Hořlavost pevných látek	
5	Látka podporující hoření	Oxidační účinky
6	Jedovatá látka	Toxicita
7	Radioaktivní látka	
8	Žíravá látka	Leptavé účinky
9	Samovolná reakce	Nebezpečí prudké, bouřlivé reakce
0	Dodatková číslice bez významu	
X	Látka nesmí přijít do styku s vodou	

**Příloha č. 3** Třídy stability dle Pasquilla (11)

Třída stability	Kategorie	Název	n*	p*
1	A	Velmi nestabilní (konvekce - nejméně vhodná pro šíření oblaku <sup>[2]</sup> )	0,13	0,07
2	B	Mírně nestabilní	0,13	0,07
3	C	Lehce nestabilní	0,18	0,1
4	D	Neutrální podmínky (izotermie - turbulence nejsou ani potlačovány ani podporovány <sup>[2]</sup> )	0,23	0,15
5	E	Lehce stabilní	0,52	0,35
6	F	Velmi stabilní (inverze - vhodné pro šíření oblaku <sup>[2]</sup> )	0,71	0,55

**Příloha č. 4** Třídy stability dle Bubníka a Klodovského (11)

Třída stability	Název	Vertikální teplotní gradient	n*	p*
I.	Superstabilní	$y < -1,6$	0,50	0,33
II.	Stabilní	$-1,6 < y < -0,7$	0,40	0,25
III.	Izotermní	$-0,6 < y < 0,5$	0,30	0,18
IV.	Normální	$0,6 < y < 0,8$	0,25	0,14
V.	konvektivní	$y > 0,8$	0,18	0,10

\* $P$  = hustota

\* $n$  = meteorologický exponent

**Příloha č. 5** Tabulka vybraných reprezentativních tříd dle Pasquilla (11)

Třída stability	Rychlost větru
B	Střední – 4 m/s
D	Nízká – 1,5 m/s
D	Střední – 4 m/s
D	Vysoká – 8 m/s
E	Střední – 4 m/s
F	Nízká – 1,5 m/s

**Příloha č. 6** Určování meteorologických situací pro modelování úniku nebezpečných látek (4)

Neutrální klimatické podmínky	Kritické klimatické podmínky
rychlost větru 3 m/s v 10 metrech,	rychlost větru 1,5 m/s v 10 metrech,
teplota 9 °C,	teplota 25 °C,
zastavěná oblast	zastavěná oblast
oblačno až zataženo 76 % oblohy	oblačno až zataženo 70 % oblohy
vlhkost vzduchu 76 %	vlhkost vzduchu 76 %

**Příloha č. 7** Beafortovo rozdělení (13)

Beaufortův stupeň	Označení větru	Rychlost větru [m/s]
0	Bezvětří	0,0 – 0,2
1	Vánek	0,3 – 1,5
2	Slabý vítr	1,6 – 3,3
3	Mírný vítr	3,4 – 5,4
4	Dostí čerstvý vítr	5,5 – 7,9
5	Čerstvý vítr	8,0 – 10,7
6	Silný vítr	10,8 – 13,8
7	Prudký vítr	13,9 – 17,1
8	Bouřlivý vítr	17,2 – 20,7

**Příloha č. 8** Pasquillova typizace rozptylových podmínek (13)

Rychlost větru [m/s]	Podmínky ve dne				Podmínky v noci		
	Sluneční záření				Oblačnost		
	Silné	Střední	Slabé	Zataženo	3/8 a méně	4/8 a více	Zataženo
<2	A	A – B	B	D	-	-	D
2-3	A – B	B	C	D	F	E	D
3-5	B	B – C	C	D	E	E	D
5-6	C	C – D	D	D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D	D	D

**Příloha č. 9** Průměrné hodnoty meteorologického exponentu a součinitele závislého na stavu vertikální rovnováhy ovzduší ve vrstvě povrchového tření (4)

Rychlost větru $v$ ve výšce $z$ [m/s]	Vertikální teplotní gradient [°C/100m]	Průměrný meteorologický exponent $n$
2	- 0,2	0,50
5	- 0,6	0,25
7	- 1,0	0,20

**Příloha č. 10** Součinitel závislí na stavu vertikální rovnováhy ovzduší ve vrstvě povrchového tření  $\epsilon$  (4)

Zvrstvení	Hodnota $\epsilon$
neutrální	0
stabilní	$0 < \epsilon < 0,5$
nestabilní	$-0,5 < \epsilon < 0$

**Příloha č. 11** Hodnoty parametru drsnosti (4)

Typ povrchu	$Z_0$
Velmi hladký povrch (led)	0,001
Urovnaný kompaktní povrch	0,01
Travnatá louka do 1cm	0,1
Rovina s řídkou trávou do 10 cm	0,7
Rovina s řídkou trávou do 50 cm	5,0
Rovina s hustou trávou do 10 cm	2,3
Rovina s hustou trávou do 50 cm	9-10
Velké město	100-200

**Příloha č. 12** Stručný přehled úniků amoniaku v České republice (14)

Datum	Zařízení	Příčina	Následek	Škoda
24.7.2000	Sladovna v Hodonicích u Znojma	Špatná práce při opravě chladicího zařízení	Únik 80 – 100 kg čpavku do Dyje, uhynutí ryb, zamoření Dyje	Cca 500 tis Kč
6.8.2000	Zimní stadion na Štvanici – Praha 7	Zastaralé vybavení strojovny	Únik několika kg čpavku	Nikdo zraněn
29.8.2000	Mochovské mrazírny	Prasklé potrubí	Únik čpavku	6 těžce zraněných zaměstnanců
2.5.2001	Masokombinát Cheb	Prasklé těsnění chladicího kompresoru	Únik cca 15 kg čpavku, následná evakuace 112 osob	
23.8.2001	Zimní stadion Praha 10	Špatná úprava chladicího zařízení a následné prasknutí ventilu	Únik čpavku do okolí	Nikdo zraněný, škoda v desítkách tisíc Kč
23.1.2002	Zimní stadion v Liberci	Neopatrná práce na tlakovém potrubí	Únik cca 50 kg čpavku z tlakového potrubí ve strojovně	Uzavření stadionu a okolí, odvolání chystaného zápasu
22.8.2003	Masokombinát Hroznětín (Karlovarsko)	Nedbalost	Únik cca desítek kg čpavku přes jímku do kanalizace a čpavkové vody do řeky	Uhynutí pstruhů v řece

**Příloha č. 13** Statistika z 530 velkých havárií - Příčiny (14)

Příčiny	Hodnocení (%)
vada materiálu	48
chyba člověka	31



**Příloha č. 14** Statistika z 530 velkých havárií – Následky (14)

Následky	Hodnocení (%)
znečištění vody	45
toxické emise	21
požáry	21
znečištění ovzduší	17
exploze	12

**Příloha č. 15** Fyzikálně chemické vlastnosti amoniaku (3; 4)

F-CH vlastnost	hodnota
Hutnota	0,6
Relativní molekulová hmotnost	17,03
Bod varu	- 33,4 °C
Teplota tání [°C]	-77,7
Těkavost (20 °C)	92 obj. %
Reaktivita	Vysoká rozpustnost ve vodě
Výbušnost	Mez výbušnosti = 15 až 28 % teplota vznícení = 650 °C
Výskyt nebezpečné chemické látky	Mrazírny, potravinářský průmysl, zimní stadiony, zemědělská velkovýroba
Měrné teplo v kapalně fázi $\left[ \frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$	4,73
Měrné výparné teplo $\left[ \frac{kJ}{kg} \right]$	1370
PEL <sup>[9]</sup>	20,13
NPK <sup>[9]</sup>	51,77
NOAEL <sup>[9]</sup>	9,22
LOAEL <sup>[9]</sup>	25

**Příloha č. 16** Příznaky zasažení amoniakem (3)

Subjektivní příznaky	objektivní příznaky	Doba působení (minuty)	Koncentrace ppm
Vnímání čichem	/	0,1 - 1	Od 0,02 do 30
Nepříjemný zápach, slabé dráždění nosu a nosohltanu	Mírné zarudnutí nosohltanu	2	50
Silné dráždění očí, nosu, nosohltanu	Zarudnutí spojivek a nosohltanu	120	100 až 200
Velmi silné dráždění očí, nosu, nosohltanu	Zarudnutí spojivek, nosohltanu, slzení, kýchání	60	200 až 300
Neúnosné dráždění očí, nosu, nosohltanu, bolesti za hrudní kosti	Silné zarudnutí nosu, nosohltanu, spojivek, slzení, kýchání, kašel	0,1	360
Okamžité dráždění, nevolnost, bolesti hlavy	Kýchání, kašel, slzení, zvýšení dýchání	0,1	360 - 500
Okamžité dráždění, bolesti: za hrudní kostí, žaludku, očí; zmatenost a nevolnost, bolesti hlavy	Záchvaty kašle, zrudnutí v obličeji, pocení, krvácení z nosu, závratě, dušnost a nervové vzrušení	0,1	500 - 1000
	Výše uvedené příznaky a křeče, zástava vylučování moči, ohrožení života	30	1000
	Poruchy dýchání a krevního oběhu ohrožení života	2-5	1730
	Poleptání horních cest dýchacích, otok plic, poruchy srdeční činnosti, poškození ledvin	do 30 - latence i několik hodin	2450
	Udušení následkem otoku plic, zástava dýchání	Do 10	5000

**Příloha č. 17** Vysvětlivy součtového vzorce (26)

Parametr	Vysvětlivka
$q_i$	množství nebezpečné látky $i$ umístěné v objektu nebo zařízení
$Q_i$	příslušné množství nebezpečné látky $i$ uváděné ve sloupci 1 (pro zařazení do skupiny A) nebo sloupci 2 (pro zařazení do skupiny B) tabulky I nebo tabulky II,
$n$	počet nebezpečných látek
$N$	ukazatel vyjadřující součet poměrů $q_i$ ku $Q_i$

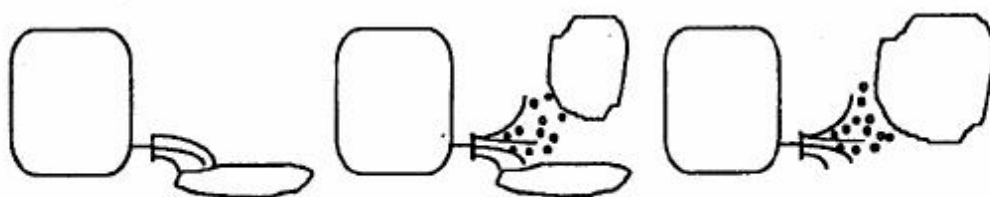
**Příloha č. 18** Přehled technik identifikace zdrojů rizika a jejich použití v jednotlivých etapách života zařízení (41)

	SR	CL	RR	PHA	W-I	W-I-CL	HAZOP	FMEA	FTA	ETA	CCA	HRA
Výzkum a vývoj	○	○	■	■	■	○	○	○	○	○	○	○
Koncepční návrh	○	■	■	■	■	■	○	○	○	○	○	○
Poloprovoz	○	■	○	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Detailní inženýring	○	■	○	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Konstrukce/ Najíždění	■	■	○	○	■	■	○	○	○	○	○	■
Běžný provoz	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rozšíření/ Modifikace	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vyšetřování událostí	○	○	○	○	■	○	■	■	■	■	■	■
Vyřazení z provozu	■	■	○	○	■	■	○	○	○	○	○	○

■ Metoda běžně používaná,

○ Metoda používaná buď výjimečně, nebo nevhodná metoda

**Příloha č. 19** Příklady úniků toxické látky ze zásobníku (14; 42)



Obrázek A

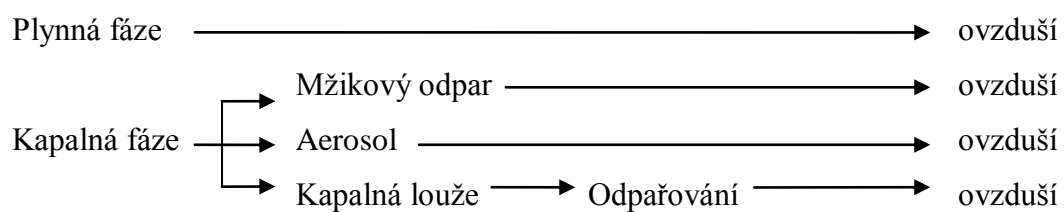
Obrázek B

Obrázek C



Obrázek D

**Příloha č. 20** Způsob uvedení zkapalněného plynu do atmosféry (4)



**Příloha č. 21** Předpokládaná vzdálenost ke koncovému bodu toxicity (43)

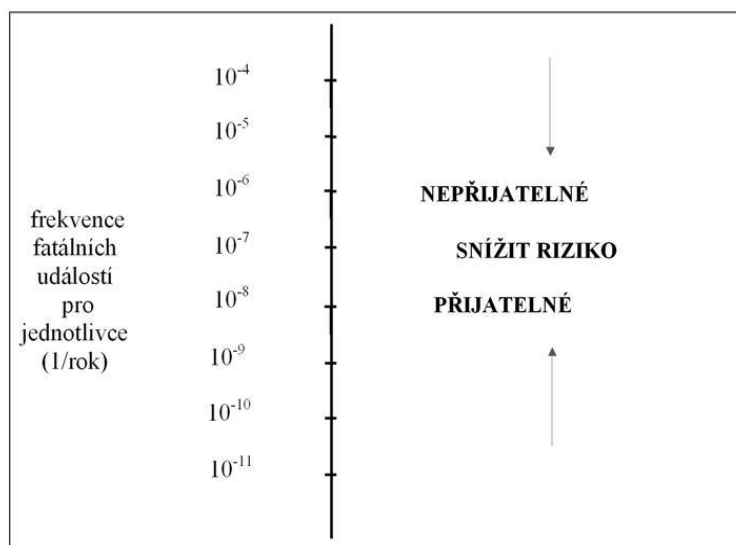
Celkové uvolněné množství amoniaku (kg)*	Předpokládaná vzdálenost ke koncovému bodu toxicity (m)*	
	venkovská	město
450	950	640
680	1 130	760
910	1 310	880
1 360	1 590	1 070
1 810	1 830	1 220
2 270	2 010	1 370
2 720	2 230	1 490
3 180	2 380	1 590
3 630	2 560	1 710
4 080	2 710	1 800
4 540	2 900	1 890
6 800	3 510	2 290
9 070	4 050	2 620
11 340	4 570	2 900
13 610	5 000	3 170
15 880	5 430	3 410
18 140	5 820	3 630
20 410	6 190	3 840
22 680	6 520	4 020
27 220	7 190	4 390

\* zaokrouhleno na 10

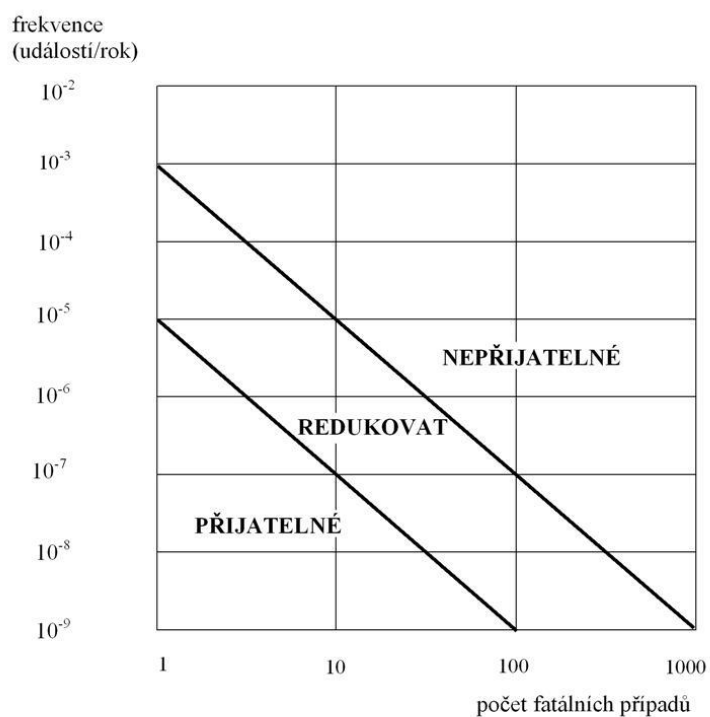
**Příloha č. 22** Akutní expozice směrné úrovně (AEGL) (5)

AEGL	Čas				
	10 min	30 min	60 min	4 hod	8 hod
AEGL-1	30 ppm	30 ppm	30 ppm	30 ppm	30 ppm
AEGL-2	220 ppm	220 ppm	160 ppm	110 ppm	110 ppm
AEGL-3	2 700 ppm	1 600 ppm	1 100 ppm	550 ppm	390 ppm

**Příloha č. 23** Graf individuálního rizika (11)



**Příloha č. 24** Graf společenského rizika (11)



**Příloha č. 25** Matice rizik (11)

		Kategorie závažnosti následků				
		5	4	3	2	1
Kategorie závažnosti frekvencí	A	Dark Gray	Medium Gray	Black	Black	Black
	B	Light Gray	Medium Gray	Dark Gray	Black	Black
	C	Light Gray	Light Gray	Medium Gray	Dark Gray	Black
	D	White	Light Gray	Light Gray	Dark Gray	Medium Gray
	E	White	White	Light Gray	Light Gray	Medium Gray

**Příloha č. 26** Shrnutí otázek pro polostandardizovaný rozhovor

1. Na jakém principu a jak funguje chlazení amoniakem zde v podniku
2. Jaké je celkové množství amoniaku v podniku?
3. Jaký je provozní tlak a teplota v plynné a kapalně fázi?
4. Jaká je průměrná teplota v okolí zásobníku s amoniakem?
5. Je amoniak zkapalněn tlakem či teplotou?
6. Jaké množství amoniaku je v jednotlivých zásobnících?
7. V kterých potrubích je amoniak kapalně a plynně?
8. Jaké jsou průřezy u potrubí s amoniakem?
9. Jaké jsou parametry jednotlivých zásobníků?
10. Jaká je plocha pod zásobníky?
11. Jaké jsou nejrizikovější části chladicího zařízení?
12. Jak často a v jaké míře dochází k doplňování amoniaku do systému?
13. Jaký tvar mají zásobníky s amoniakem a jak jsou vysoko nad zemí?
14. V jakém nejnižším bodě v zásobníku se nachází potrubí ústící do nitra nádrže?
15. Jaká jsou bezpečnostní opatření v případě úniku velkého množství amoniaku?
16. Jakým způsobem dochází k vyrozumění a varování zaměstnanců?
17. Jak je řešena evakuace v případě velké havárie s únikem amoniaku?
18. Jakým způsobem je zde řešena dekontaminace?
19. Jaké existují osobní ochranné pomůcky pro případ havárie?
20. Jak probíhá první pomoc zasažených osob amoniakem?
21. Kde se nachází sklad civilní obrany?
22. Kde se nachází evakuační shromaždiště?
23. Jaké se provádějí činnosti v případě vzniku havárie s únikem velkého množství amoniaku?
24. Jakým způsobem jsou zaměstnanci proškoleni v této problematice?
25. Jaké jsou povinnosti zaměstnanců vzhledem k havarijní připravenosti
26. Jaké povinnosti provádí dozor nad chladicím zařízením
27. Jaký je počet zaměstnanců v areálu podniku?
28. Kdo řídí záchranné a likvidační práce?

*Zdroj: Vlastní výzkum*



**Příloha č. 27** Určení úhlu zahrnujícího obydlenu oblast a určení faktoru vzdálenosti k obydlené oblasti – CKT



*Zdroj: internetová mapa: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) a MS Word 2007*

**Příloha č. 28** Vysvětlivky symbolů z tabulky VII Klasifikace kategorií následků pro stabilní zařízení (42; 48)

Forma havárie	Symbol	Tvra účinků	Pokrytí plochy kruhu	Znázornění
Detonace výbušnin	I	Kruhový tvar	100%	
Oblak vzniklý odpařením velkých ploch	II	Semikruhový tvar	50%	
Disperze	III	elipsa	10%	

**Příloha č. 29** Určení faktoru vzdálenosti k obydlené oblasti – Strojovna



Zdroj: internetová mapa: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) a MS Word 2007

**Příloha č. 30** Povětrnostní údaje pro rok 2010

Třídy rychlosti	Rychlost v m/s	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětrí	Součet
1	(0,0 - 0,5)	4,77	5,06	2,57	2,41	1,96	4,05	3,86	4,42	0,69	29,79
2	<0,5 - 2,5)	10,23	8,25	7,51	5,55	6,60	12,14	6,49	9,35	-	66,13
3	<2,5 - 7,5)	0,03	0,27	0,46	0,00	0,03	0,65	0,46	2,17	-	4,08
4	<7,5 - 10,0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
5	<10,0 - ∞)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
Suma		15,03	13,58	10,55	7,96	8,60	16,85	10,82	15,94	0,69	100,00

**zdroj:** [http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab\\_roc/2010\\_enh/cze/pollution\\_wrose/wrose\\_CCBDA\\_CZ.html](http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2010_enh/cze/pollution_wrose/wrose_CCBDA_CZ.html)

## Příloha č. 31 Textový výstup programu ALOHA ® 5.4.4 pro zásobník v CKT

### Text Summary

ALOHA® 5.4.4

```
SITE DATA:
Location: CESKE BUDIJOVICE, CESKA REPUBLIKA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.12 (sheltered double storied)
Time: February 16, 2014 1707 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol
AEGL-1 (60 min): 30 ppm AEGL-2 (60 min): 160 ppm AEGL-3 (60 min):
1100 ppm
IDLH: 300 ppm LEL: 150000 ppm UEL: 280000 ppm
Ambient Boiling Point: -34.3° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 2 meters/second from E at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 7 tenths
Air Temperature: 20° C Stability Class: E
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.31 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 21 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 4° C
Chemical Mass in Tank: 7000 kilograms
Tank is 52% full
Circular Opening Diameter: 2 feet
Opening is 0 meters from tank bottom
Release Duration: 1 minute
Max Average Sustained Release Rate: 117 kilograms/sec
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 7,000 kilograms
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase
flow).

THREAT ZONE: (HEAVY GAS SELECTED)
Model Run: Heavy Gas
Red : 1.1 kilometers --- (1500 ppm = ERPG-3)
Orange: 2.5 kilometers --- (150 ppm = ERPG-2)
Yellow: 4.9 kilometers --- (25 ppm = ERPG-1)
```

*Zdroj: ALOHA ® 5.4.4*

**Příloha č. 32** Textový výstup programu ALOHA ® 5.4.4 pro zásobník ve strojovně

**Text Summary**

ALOHA® 5.4.4

```
SITE DATA:
Location: CESKE BUDIJOVICE, CESKA REPUBLIKA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.50 (enclosed office)
Time: February 16, 2014 1707 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: AMMONIA                      Molecular Weight: 17.03 g/mol
AEGL-1 (60 min): 30 ppm  AEGL-2 (60 min): 160 ppm  AEGL-3 (60 min):
1100 ppm
IDLH: 300 ppm      LEL: 150000 ppm      UEL: 280000 ppm
Ambient Boiling Point: -34.3° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 2 meters/second from E at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 7 tenths
Air Temperature: 9° C                  Stability Class: E
No Inversion Height                    Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 1.78 meters      Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 10 cubic meters
Tank contains liquid            Internal Temperature: 35° C
Chemical Mass in Tank: 3,558 kilograms
Tank is 60% full
Circular Opening Diameter: 2 feet
Opening is 0 meters from tank bottom
Release Duration: 1 minute
Max Average Sustained Release Rate: 59.3 kilograms/sec
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 3,558 kilograms
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase
flow).

THREAT ZONE: (HEAVY GAS SELECTED)
Model Run: Heavy Gas
Red   : 839 meters --- (1500 ppm = ERPG-3)
Orange: 2.0 kilometers --- (150 ppm = ERPG-2)
Yellow: 4.0 kilometers --- (25 ppm = ERPG-1)
```

*Zdroj: ALOHA ® 5.4.4*

**Příloha č. 33** Sběrač amoniaku – Střecha strojovny



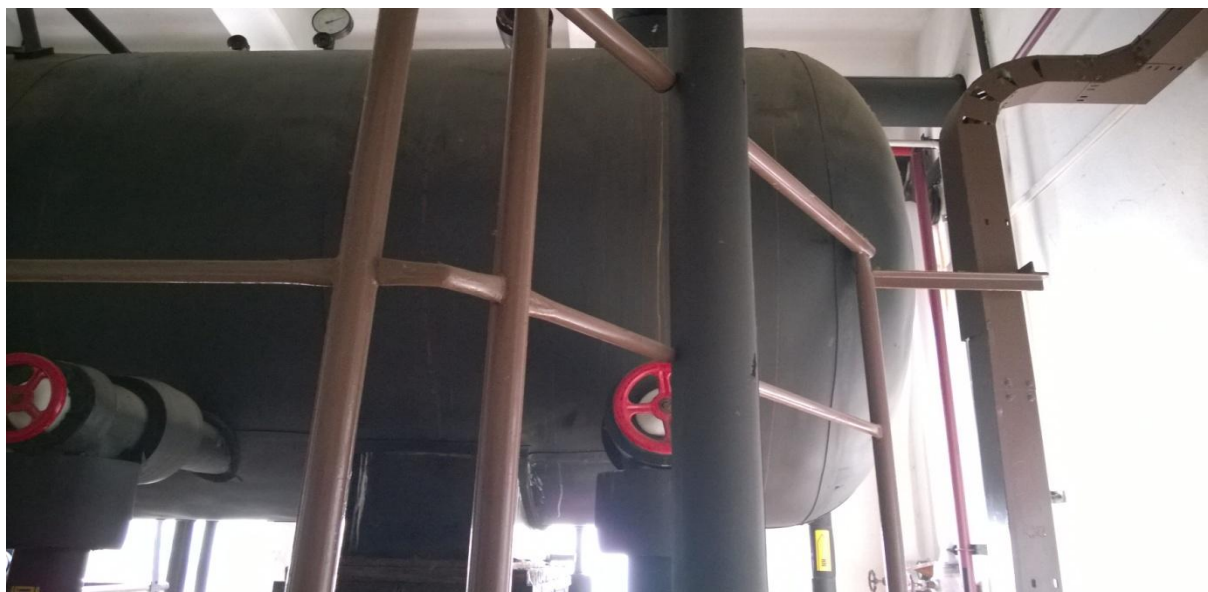
*Zdroj: Vlastní fotodokumentace*

**Příloha č. 34** Trubkové výparníky ledové vody a solanky



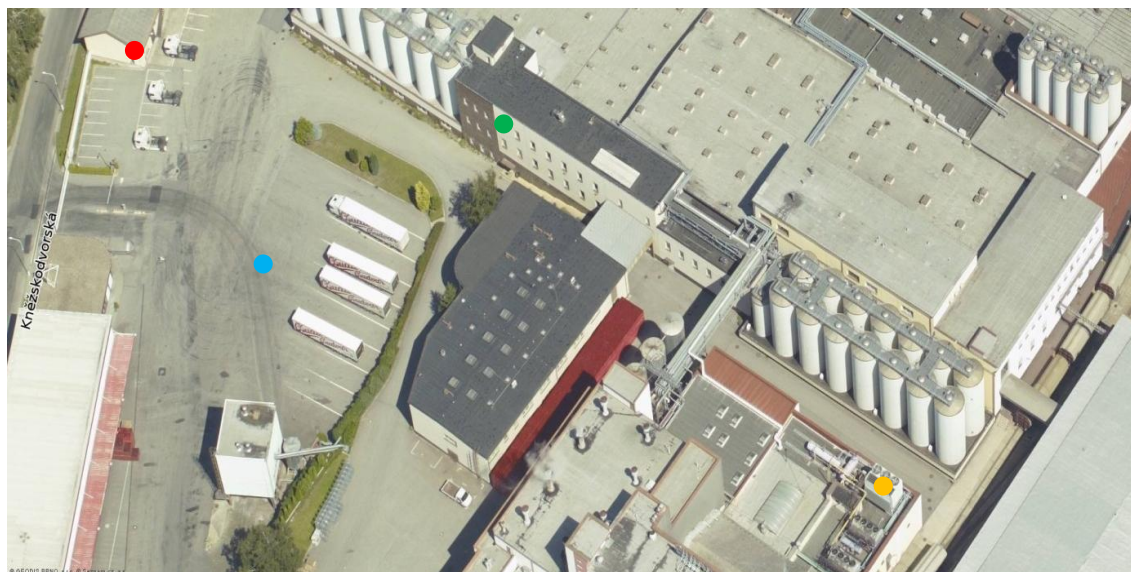
*Zdroj: Vlastní fotodokumentace*

**Příloha č. 35** Expanzní nádoba na CKT



*Zdroj: Vlastní fotodokumentace*

### Příloha č. 36 Strojovna, CKT a sklad civilní ochrany



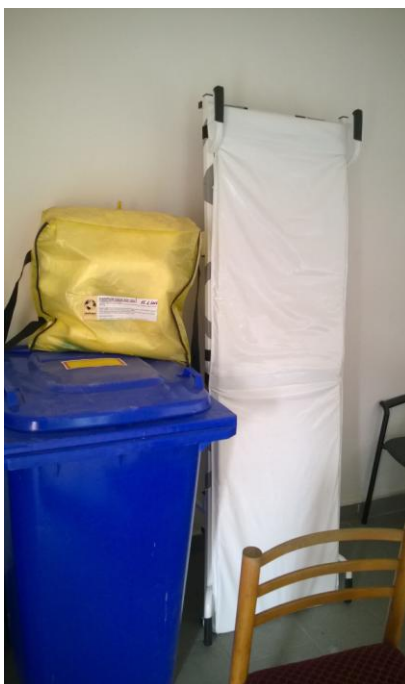
- ..... Expanzní nádoba na CKT
- ..... Sběrač amoniaku (strojovna)
- ..... Sklad civilní ochrany
- ..... Shromaždiště evakuovaných

*Zdroj: internetová mapa:  
www.mapy.cz a MS Word 2007*





**Příloha č. 38** Nosítka



*Zdroj: Vlastní fotodokumentace*

**Příloha č. 39** Protichemický celotělový oblek Saturn



*Zdroj: Vlastní fotodokumentace*