

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta

Návrhy řešení krizových situací při hromadných chemických otravách

Diplomová práce

Autor: Bc. Silvie Benešová

Vedoucí práce: PharmDr. Marie Vopršalová, CSc.

Rok: 2007

The solution proposals for crisis situations caused by mass chemical intoxication

Abstrakt

The production and processing of various chemicals and raw materials all around the world currently exceeds hundreds of millions of tonnes a year and is constantly growing. In addition, the spectre of produced materials is increasing, including relatively toxic compounds. It is absolutely clear that such production volumes lead to a risk of accidents with the leakage of chemical toxicants, and – depending on the toxicity of the relevant substances – these accidents represent a serious threat for human health, animals and the environment.

Disasters involving chemicals drew public attention already in the 20th century, when ways were sought to guarantee the safety of production, storage and transportation of hazardous materials. This is also an essential prerequisite for the occurrence of an accident involving the leakage of chemical toxicants – the presence of such toxicants in the production, processing, storage or transportation.

Whether during wars or in peacetime, there are situations when large numbers of people can be exposed to the effects of a wide spectre of hazardous chemical substances (NCHL). These situations include military operations, campaigns by the integrated rescue system (IZS), industrial accidents or acts of terror. In developed industrial countries, the capacities used for the production, storage, processing and transportation of NCHL are usually localized in urban industrial zones. The high concentrations of these hazardous chemical substances within these zones represent a potential health risk for the people nearby.

Chemical safety is a challenge and a must. I find this issue attractive and therefore decided to analyse, in my thesis, the causes of mass chemical intoxication and their consequences on the affected population.

The objective of this diploma thesis is to compare the forms of protection and liquidation of the consequences of such accidents and try to find, structure and unify the recommendations regarding the solution of emergencies associated with mass chemical intoxications. Another objective was to verify the hypothesis that regulations and

existing procedures regarding the solution of emergencies associated with mass chemical intoxications do not correspond with today's standards and the on-going development of chemical noxious agents.

Key words: Chemical accidents; Military conflict; Toxicity of chemical substance; Modelling of accidental consequences.

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci na téma „Návrhy řešení krizových situací při hromadných chemických otravách“ vypracovala 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 zdravotně sociální fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích: 28. 5. 2007

Podpis studenta

Velmi vřele děkuji vedoucí diplomové práce **pí. PharmDr. Marii Vopršalové, CSc.** za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěla k vypracování této diplomové práce.

OBSAH

Úvod	8
1 Historie toxikologie	9
1. 1. Starověk	10
1. 2. Středověk a renesance	13
1. 3. Barokní doba	15
1. 4. Osvícenství, vznik toxikologie jako vědního oboru	16
1. 5. Toxikologie jako moderní vědecká disciplína	19
2 Definice chemické otravné látky (OL) a chemické zbraně (CHZ)	20
3 Náhodné a cílené použití chemických látek - analýza	21
3. 1. Vojenské použití chemických látek	22
3. 1. 1. Použití chemických zbraní v I. světové válce	23
3. 1. 2. Období mezi dvěma světovými válkami	24
3. 1. 3. Chemické zbraně v II. světové válce	26
3. 1. 4. Chemické zbraně a „studená válka“	28
3. 2. Chemické látky ve službách terorismu	31
3. 3. Chemické průmyslové havárie	35
3. 3. 1. Dioxinová havárie v Sevesu 1976 (Itálie)	36
3. 3. 2. Chemická havárie v Bhópálu 1984 (Indie)	38
3. 3. 3. Čpavková havárie v Bělehradě 1998 (Srbsko)	40
3. 3. 4. Toulouse 2001 (Francie)	40
3. 3. 5. Přehled nejznámějších havárií v ČR	42
4 Úvod do problematiky prevence závažných havárií	44
4. 1. Legislativní rámec pro prevenci závažných havárií s únikem NCHL	45
4. 1. 1. Předpisy EU	45
4. 1. 2. Předpisy v ČR	47
4. 1. 2. 1. Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií	48
4. 1. 2. 2. Zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A nebo skupiny B ...	49
4. 1. 2. 3. Charakteristika nezařazených zdrojů rizika	53

5	Krizová řešení a návrhy	56
5. 1.	Odhad následků havárií s nebezpečnými látkami v rámci prevence	56
5. 1. 2.	Identifikace nebezpečí	57
5. 1. 3.	Analýza a hodnocení rizik	58
5. 1. 4.	Modelování dopadů průmyslových havárií softwarem ROZEX	61
5. 1. 4. 1.	Práce s programem ROZEX 2001	62
5. 2.	Metodologie postupu IZS při hodnocení havarijních situací v terénu	69
5. 2. 1.	Metody a struktura systému	70
5. 2. 1. 1.	Analytický modul	70
5. 2. 1. 2.	Fyzikální modul	72
5. 2. 1. 3.	Toxikologický modul	73
5. 2. 1. 4.	Vnější znaky závažné havárie	76
5. 2. 1. 5.	Opatření k přípravě a realizaci prevence, ochrany a likvidace následků průmyslových havárií	77
6	Diskuse	78
	Závěr	81
	Seznam literatury	83
	Přílohy	

Úvod

Dnešní život si prakticky nedokážeme představit bez chemického průmyslu. Chemie je zdrojem celé škály stěží nahraditelných výrobků, pohodlí i pracovních míst, má ale i svou odvrácenou tvář. Nezodpovědnost chemických koncernů již stála životy a zdraví statisíců lidí po celém světě. Rizika chemie bychom neměli podceňovat; hrozbám se navíc můžeme často zcela vyhnout. Řada nebezpečných látek dnes má bezpečné alternativy, existují i moderní náhrady celých technologií. Zisky chemických koncernů by už nikdy neměly být příčinou žádných dalších lidských obětí.

Při slovech „průmyslová havárie“ si zřejmě většina lidí vybaví výbuch ukrajinské jaderné elektrárny Černobyl nebo na katastrofu chemičky v indickém Bhópálu. Rádi bychom se uklidnili vírou, že havárie se odehrávají jen v chudých zemích, kde chybí moderní technologie, fungující zákony a přísná kontrola. Byl by to však omyl. K vážným neštěstím dochází i ve vyspělých zemích.

Také v České republice jsou úniky nebezpečných látek do životního prostředí hrozivě časté. Tisíciletá povodeň v roce 2002 odhalila, že mnohé chemické továrny jsou zabezpečené ledabyly nebo vůbec a havarijní informační systémy nefungují. Děsivé byly zprávy o několika po sobě jdoucích únicích chlóru z Spolany Neratovice, sudy chemikálií ze stejné továrny plující po Labi, a zejména mlžení managementu chemičky a skrývání pravdivých informací před ohroženými lidmi. Ve stejném roce jsme byli svědky požáru Spolchemie Ústí nad Labem, při němž explodovaly sudy chemikálií i celá výrobní zařízení. Podnik, umístěný v centru stotisícového města, do té doby neustále ujišťoval, jak je bezpečný. V lednu 2006 unikly kyanidy z Lučebních závodů Draslovka v Kolíně a zamořily více než 80 kilometrů řeky Labe. Na hladinu vyplavaly desítky tun mrtvých ryb. Továrna únik přiznala až ve chvíli, kdy bylo očividné, že havárii nemohl způsobit nikdo jiný. Výčet neštěstí, která zavinil průmysl a o kterých nebyli včas informováni obyvatelé, by byl hodně dlouhý.

K zamořování životního prostředí toxickými látkami ale nedochází jen při požárech a haváriích. Nedožrnné následky může mít i "běžný provoz" technologicky zastaralých průmyslových zařízení. Spalovny odpadů například kontaminují půdu ve

svém okolí jedovatými dioxiny, výroba dřevotřísky může mít za následek rakovinotvorný formaldehyd v ovzduší, elektrolytická výroba chlóru má za následek každodenní úniky rtuti do řek.

Hrozící rizika bychom neměli podceňovat; hrozbám se přitom často můžeme zcela vyhnout. Řada nebezpečných látek dnes má bezpečné alternativy, existují i moderní náhrady celých výrobních postupů. Není-li však průmysl vystaven tlaku legislativy a veřejného mínění, investuje do špičkových technologií, bezpečnosti a prevence jen s největším sebezapřením.

K větší bezpečnosti průmyslových podniků může svým dílem přispět každý člověk. Pokud žijeme v blízkosti chemičky či jiného velkého zařízení, máme právo se ptát, jakou používá technologii, jaké škodliviny vypouští do životního prostředí a jak je zabezpečeno proti případné havárii. Když uvidíme mrtvé ryby v řece nebo plameny šlehající z budov, je totiž na otázky a preventivní opatření vždy už příliš pozdě.

Chemická bezpečnost je výzvou i nezbytností. Tato problematika mě velmi zaujala, proto jsem se rozhodla ve své diplomové práci analyzovat příčiny vzniku hromadných chemických otrav a jejich důsledky pro postižené skupiny obyvatel. Cílem diplomové práce je porovnat způsoby řešení obrany a likvidace následků při jejich vzniku a pokusit se nalézt, sestavit a sjednotit doporučení pro krizový postup při řešení krizových situací při hromadných chemických otravách. Dalším cílem je i ověřit hypotézu, že předpisy a stávající postupy při řešení krizových situací při hromadných chemických otravách nedostačují dnešním standardům a neustálému vývoji chemických nox.

1. Historie toxikologie

Toxikologie (řec. *toxikon* = jed k napouštění šípů, *logos* – řec. *logia* = nauka) je mezioborový vědní obor studující účinky chemických látek na živé organismy a celé ekosystémy. Toxikologie je tedy velmi zjednodušeně řečeno nauka o jedech. Toxikologie provází lidský rod odnepaměti. Už pravěký člověk si všímal účinků rostlinných a živočišných látek na člověka. Ať již nešťastnou náhodou či záměrnými

pokusy objevil řadu toxických látek, které využíval jako zbraní k lovení zvěře nebo k obraně proti nepřátelům.

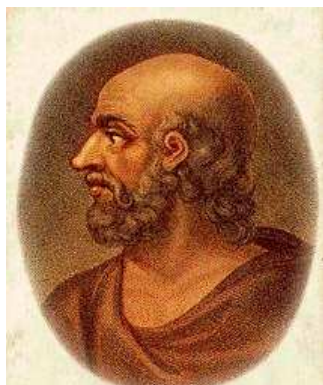
1. 1. Starověk

Jedním z nejstarších dochovaných písemných toxikologických pramenů je *Ebersův papyrus*, napsaný kolem roku 1600 př. Kr. Obsahuje přes devět set receptů staroegyptského lékařství, z nichž řada popisuje přípravu jedů a léčení otrav (např. sloučeniny arsenu, antimonu, rostlinné jedy z bohlavu, opia aj.). Dalšími zachovalými písemnými doklady jsou indické vědy, posvátné sanskrtské knihy vzniklé asi kolem roku 1000 př. Kr. V *Ájruvédě* neboli vědě o dlouhém životě je šestá část nazvaná *Agadatantra* věnována toxikologii. Jsou zde popsány jedy jako arsenik, akonitin apod. Ze starověké Číny je znám legendární císař Šen-nung (Rudý císař), který údajně kolem roku 1000 př. Kr. napsal knihu o léčivých bylinách. Podle legendy měl skleněný žaludek, takže mohl vyzkoušet chuť a účinek všech bylin rostoucích v jeho říši. Dodnes užívaným pramenem čínských znalostí o jedech a protijedech je klasický čínský lékopis *Pen-cchao kang-mu* (obr. 1).



Obrázek č. 1: čínský lékopis *Pen-cchao kang-mu*

O toxikologických znalostech starých Řeků jsme informováni především díky škole asklépiovců (asi 400 př. Kr.), jejímž čelným představitelem je Hippokrates (obr. 2).



Obrázek č. 2: Hippokrates



Obrázek č. 3: Corpus Hippocraticum

Jeho dílo bylo shrnuto do proslulého *Corpus Hippocraticum* (obr. 3), z něhož je zřejmé, že Řekové v té době měli profesionální vědomosti o jedech a základních principech toxikologie, zvláště o léčení otrav pozměněním jejich absorpce v organismu. V antickém světě bylo široce rozšířeno využívání jedů jako prostředku k odstraňování nepřátel, takže studium jedů a hledání protijedů bylo velmi důležité.

Jednou z nejproslulejších osobností v tomto oboru byl **Nikander Kolofonský** (185–135 př. Kr.), který měl povoleno dělat pokusy s jedy na odsouzencích. Výsledkem jeho studií jsou pojednání o protijedech proti jedovatým plazům a substancím *Theriaca* (obr. 4) a *Alexipharmaca*,



Obrázek č. 4: Pojednání „Theriaca“

v nichž zmiňuje řadu specifických jedů (např. olovnatou bělobu, oxidy olova, koniin z bolehlavu, akonitin ze šalamounku, hyoscyamin z blínu, opium a další). Jako antidota doporučuje čaj z lněného semínka k vyvolání zvracení nebo vysátí jedu z rány od jedovatého živočicha ústy.

Podobně pontský král **Mithridates VI. Eupator** (132–63 př. Kr.) používal odsouzenec při hledání antidot, a sestavil směs padesáti různých protijedů (tzv. mithridatum), kterou se stal odolným proti všem známým jedům (dodnes v toxikologii užívaný termín *mithridatismus* označuje zvýšenou odolnost jedince proti jedu). Nejproslulejší otravou helénského světa je bezesporu poprava Sókratova, který byl roku 399 př. Kr. odsouzen k vypití číše bolehlavu. Jeho smrt podrobně líčí Platón ve spise Faidon, přičemž popis otravy přesně odpovídá moderním znalostem o účinku koniinu, hlavní složky bolehlavu.

I ve starověkém Římě bylo travičství velmi rozšířeno, takže **Lucius Cornelius Sulla** (137–87 př. Kr.) vydal roku 82 př. Kr. „*Lex Cornelia*“, zákon proti nezodpovědnému rozšiřování jedů (obr. 5).

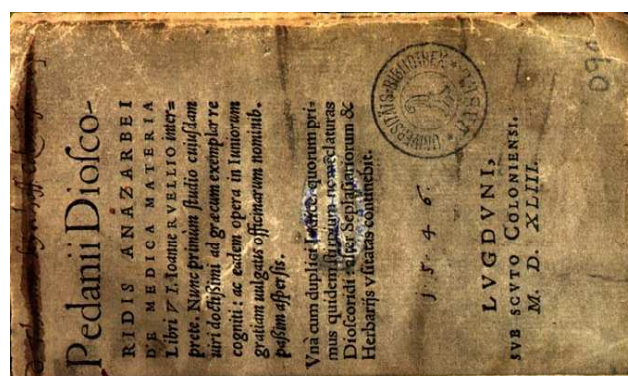


Obrázek č. 5: Lucius Cornelius Sulla



Obrázek č. 6: Dioscordies Pedanius

Řecké a římské znalosti o jedech shrnul **Dioscordies Pedanius z Anazarbu** (obr. 6) (40–90 po Kr.), který ve svém spise „*De materia medica libri quinti*“ (obr. 7) z roku 78 klasifikoval jedy jako živočišné, rostlinné a minerální a prosazoval užitečnost dávení pro zmírnění otravy. Přes Sullův zákon se starověký Řím stal doslova rájem travičů.



Obrázek č. 7: Spis „De materia medica libri quinti“

Nejznámější travičkou byla Locusta, zodpovědná mj. za smrt Britannica či císaře Claudia. Její „konkurentkou“ byla **Livia Drusila** (55 př. Kr.–29 po Kr.), manželka císaře Augusta. Jedem byli zavražděni například Herodes Antipas, Augustus, Vespasianus, Titus, Dormitanus, Commodus, Marcus Aurelius aj. [32]

1. 2. Středověk a renesance

I ve středověku představovaly jedy důležitý „prostředek“ řešení politických i osobních cílů. Oblíbenými středověkými jedy byly především organické látky, např. alkaloidy blínu, durmanu, bolehlavu, jedovaté houby. Z anorganických látek byly používány především sloučeniny arsenu, olova a rtuti. Systém „aplikace“ jedů byl vypracován od prostého přidání do jídla nebo nápoje, až po rafinovanější způsoby jako byly rukavice potřené arsenovou pastou (např. císař Otto III., vévoda bretaňský Connan II.), jedem preparované košile (Amadeus Savojský) či paruky (vévoda z Holsteinu). K oblíbeným způsobům patřilo otravování rohů stránek v knihách (biskup Jan z Lutychu), otrávení oltářních pláten, hostie či mešního vína (papež Klement II).

Proto i nadále zůstala aktuální otázka hledání protijedů. Důležitou osobností na tomto poli byl **Rabbi Móšé ben Maimún** (1135–1204), zvaný též Rambam nebo Maimonides (obr. 8), jenž je autorem díla „*Jedy a jejich antidota*“. V něm podrobně uvedl postupy, o kterých se soudilo, že jsou proti jedům účinné.



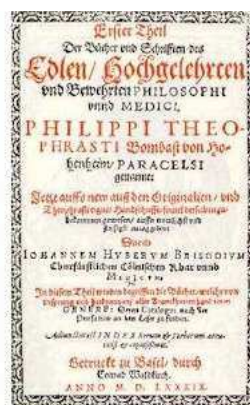
Obrázek č. 8: Rabbi Móšé ben Maimún

Za prvního skutečného toxikologa je považován švýcarský lékař **Philippus Aureolus Theoprastus Bombastus von Hohenheim** (1492–1541), známější jako **Paracelsus** (obr. 9). Jako první došel k názoru, že podstatou jedů je jejich chemické působení na organismus. Zjistil, že terapeutické a toxické vlastnosti látek jsou při pohledu na látku nerozlišitelné, kromě jediného parametru – dávky, tedy množství dodané do organismu.

Tak vznikla teorie o závislosti odpovědi organismu na dávce. Podle Paracelsa jsou všechny sloučeniny jedy a neexistuje sloučenina, která by jedem nebyla. Paracelsus tuto skutečnost shrnul větou „*Dosis sola facit venenum*“, tedy pouze dávka činí látku jedovatou (obr. 10).



Obrázek č. 9: Paracelsus



Obrázek č. 10: Spis

Tato definice zůstává dodnes jednou ze základních toxikologických definic.

Přes Paracelsův přínos byla ve středověku a renesanci toxikologie i nadále zneužívána. Zejména v Itálii a Francii byli v té době traviči vyhledávanými osobnostmi. Travičství využívaly i nejvýše postavené osobnosti. Z mnoha zmiňme např. francouzskou královnu Kateřinu Medicejskou (1519–1589), která sama připravovala jedy, testovala je na chudých a nemocných a pozorovala klinické příznaky. Údajně s sebou všude kromě skříňky s léčivými nosila i skříňku s jedy.

První zmínkou o použití jedů v naší historii je ne zcela spolehlivý zápis z latinské kroniky *Liber certarum historiarum* korutanského kronikáře **Johanna Victoriensis**, kde je udáno, že Přemysl Otakar II., když nemohl dosáhnout souhlasu papeže se svým rozvodem s Markétou Babenberskou, dal ji roku 1261 v Křemži otrávit.

Spolehlivějším údajem je zmínka *Zbraslavské kroniky*, která popisuje vpád německého vojska Albrechta Habsburského do Čech roku 1304. Albrecht se pokoušel dobít Kutnou Horu, ale horníci naházeli do potoka, který protékal Albrechtovým ležením, strusku obsahující olovnaté a arsenité sloučeniny a řada oblátek podlela otravě. Dalším známým údajem je pokus o otravu královny Karla (pozdějšího Karla IV.), k němuž došlo v roce 1331 v italské Pavii, o čemž píše sám Karel ve *Vita Caroli*. Známy je rovněž pokus o vraždu Vladislava II. Jagelonského jedem roku 1474, k němuž se z návodu Matyáše Korvína propůjčil staroměstský lékárník Tomášek z domu U zlaté lilie. [32].

1. 3. Barokní doba

Ani v baroku se nic na zneužívání jedů k politickým a osobním cílům nezměnilo. Z mnoha travičů té doby připomeňme **Theofanii Palermskou**, která od roku 1659 nejprve v Palermu, později v Neapoli prodávala proslulý jed známý jako Aqua Tophana, kterou prodávala v lahvičkách jako údajný olej prýstící z hrobu sv. Mikuláše. Teprve po roce 1709 byla stíhána světskou mocí a posléze zatčena a upálena v Neapoli.

Ve Francii působila jako dodavatelka jedu pro šlechtice proslulá Catherine Monvoisin (1640–1680), známá i jako **La Voisinová** (obr. 11), její zákaznicí byla např. milenka Ludvíka XIV. markýza de Montespan. Vznešenější „konkurentkou“

Monvoisinové byla **Marie markýza de Brinvilliers** (1630–1676), která otrávila celou řadu svých příbuzných, aby se mohla zmocnit jejich majetku (obr. 12). Praktika otravování příbuzných za účelem dědictví se v té době ve Francii tak rozšířila, že arsenik byl nazýván *poudre de succession*, dědický prášek. Ludvík XIV. musel zřídit zvláštní soudní dvůr určený jen pro případy travičství.



Obrázek č. 11: La Voisin



Obrázek č. 12: Marie d'Aubray, markýza de Brinvilliers

Z českých dějin si z té doby zasluhuje zmínku staroměstský lékárník **František Dirix z Brucku a Rottenbergu**, který roku 1676 připravil a demonstroval účinnost universálního léku proti otravě založeného na emetickém principu.

1. 4. Osvícenství, vznik toxikologie jako vědního oboru

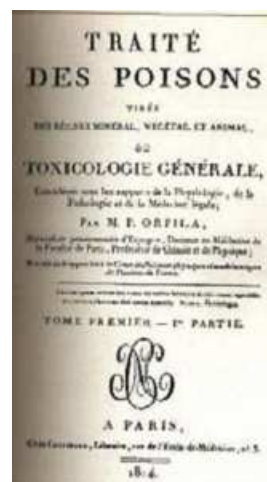
Teprve osvícenská doba a nastupující 19. století znamenaly prudkou změnu ve vývoji toxikologie jako vědního oboru. Za jednu z prvních prací, která si všímá nikoliv akutních, ale chronických, tedy dlouhodobých otrav, je práce italského lékaře **Bernardina Ramazziniho** (1633–1714), který se ve své knize „De morbis artificum diatriba“ (obr. 13 a obr. 14) z roku 1700 věnoval problematice chorob z povolání, mj. i působení olovnaté běloby na hrnčíře a malíře. Dalším příkladem může být studie londýnského lékaře **Percivala Potta** (1713–1788), který publikoval korelaci mezi zaměstnáním kominíků a rakovinou šourku (Chirurgical Observations Relative to the

Cataract, the Polypus of the Nose, and the Cancer of the Scrotum, the Different Kinds of Ruptures, and the Mortification of the Toes and Feet, 1775).



Obrázek č. 13: Bernardino Ramazzini Obrázek č. 14: Spis „De morbis artificum diatriba“

Nejvýznamnější postavou tohoto období je bezesporu španělský lékař **Mathieu Joseph Bonaventure Orfila** (1787–1853). Původně měl být obchodníkem, ale nakonec studoval nejprve ve Španělsku a posléze ve Francii chemii a matematiku a až posléze lékařství. Roku 1823 se stal prvním profesorem toxikologie a soudního lékařství na Sorbonně (obr. 15). Jako první definoval toxikologii jako samostatnou vědeckou disciplínu. [30]

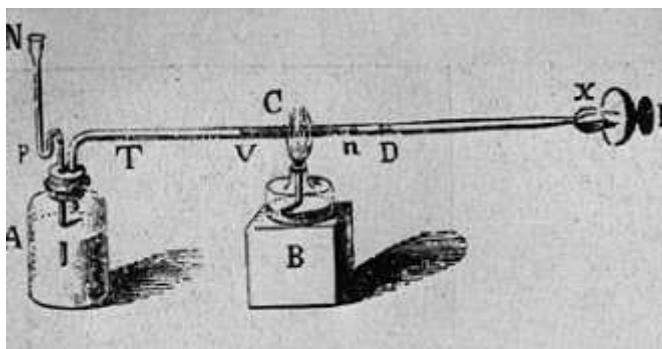


Obrázek č. 15: Joseph Bonaventure Orfila

Obrázek č. 16: Spis „Traite des Poions“

Studium soustředil na toxické a terapeutické účinky chemických sloučenin. Zavedl kvantitativní metodologii do studií účinků chemikálií na zvířata a je proto právem pokládán za otce moderní toxikologie. Hlavním jeho dílem je spis *Traité des Poisons tirés des Régnes minéral, végétal et animal, ou Toxicologie Générale Considérée sous les rapports de la Physiologie, de la Pathologie et de la Médecine Libérale* (obr. 16), vydaný v Paříži roku 1814, v němž mj. poukázal na význam chemické analýzy jako průkazu, že nalezené příznaky otravy mají vztah k přítomnosti chemikálie v těle. Mnoho jeho návrhů, týkajících se léčení otrav je i dnes přijímáno. Mezi léčebnými postupy prosazoval takové jako je umělé dýchání. Pochopil některé z mechanismů vylučování jedů z těla. [4]

Neméně důležitou událostí, jež v podstatě zastavila a omezila travičské pokusy na minimum, bylo zavedení chemické analýzy do toxikologické a soudní praxe. Byla to zejména **Marshova zkouška** (obr. 17) na arsen, zavedená roku 1832. Ta např. sehrála klíčovou roli v travičském „procesu století“, případu **Marie Lafargeové** (obr. 18), obžalované a posléze – právě na základě chemické analýzy – odsouzené za vraždu manžela Charlese Lafargea arsenikem. [4]



Obrázek č. 17: Marshova zkouška



Obrázek č. 18: Marie Lafarge

1. 5. Toxikologie jako moderní vědecká disciplína

Od počátku 20. století dochází k nepřetržitému rozvoji toxikologie jako moderní vědecké disciplíny. Pozornost toxikologů se postupně soustřeďovala na studium mechanismu účinku jedů a na vyvozování obecnějších hypotéz a teorií o vztazích mezi strukturou chemických látek a jejich účinky. K rozvoji toxikologie nepochybně přispěl i rozvoj analytické chemie, který vedl k možnosti stanovit stopové koncentrace škodlivin v libovolných biologických materiálech a důraz na testování toxicity léčiv po thalidomidové tragédii (aféra Contergan).

Velký vliv na toxikologii měl i rozvoj chemických výrob a s ním i uvolňování obrovského množství chemikálií do životního prostředí; např. v roce 1950 činila světová výroba chemikálií 7 mil. tun, v roce 2000 již 300 mil. tun. Další vliv má i výroba nových chemikálií, s nimiž se člověk během svého vývoje dosud nesetkal (rozvoj organické chemie). Hybnou pákou rozvoje toxikologie jsou ale i chemické katastrofy, jako užívání DDT, nemoc Itai-itai z rýže kontaminované kadmiiem v Japonsku, nemoc Minamata způsobená rybami zamořenými dimethylrtutí, či katastrofa v Bhópálu v roce 1984. K tomu lze přidat nescíslný počet menších katastrof, které vznikly z distribuce aditiv s neznámými účinky v potravinách, v kosmetice, zavedením nejrůznějších přípravků v zemědělství, atd.

Moderní toxikologie je vědním oborem řazeným k lékařským vědám, na němž se podílejí prakticky všechny známé obory od teoretické fyziky po klinickou medicínu. Toxikologie dnes volně přebírá poznatky z nejrůznějších základních věd. Využívá principů a zákonů chemie, zvláště biochemie. Je závislá na znalostech fyziologie, ale i anatomie a patologie. Teoretická fyzika dává nahlédnout do nejzákladnějších mechanismů toxických účinků – slabých mezimolekulárních interakcí. V posledních desetiletích se bouřlivě rozvíjí i teoretické modely odhadu toxicity na počítačích.

Hlavním cílem toxikologie je zjištění škodlivých a nežádoucích biologických vlastností (toxicity) chemických sloučenin i jejich směsí. Hledá preventivní opatření na ochranu před jejich škodlivými účinky, a pokud již k otravě dojde pak také účinné způsoby diagnostiky a léčby. [32]

2. Definice chemické otravné látky (OL) a chemické zbraně (CHZ)

Otravná látka (OL) je každá chemická látka, která způsobí smrt, dočasně zneschopní nebo trvale poškodí lidi nebo zvířata prostřednictvím chemického účinku na životní procesy. Může též způsobit zničení nebo znehodnocení potravin, hospodářských plodin, polních kultur a znemožnit nebo ztížit použití zamořeného materiálu a techniky. To zahrnuje všechny chemické látky nezávisle na jejich původu či metodě výroby a nezávisle na tom, zda vznikají v objektech, v municích či jinde.

Můžeme říct, že mezi pojmem OL a chemickou zbraní CHZ neexistuje ostrá hranice. V klasické literatuře se do pojmu chemických zbraní zahrnovaly jednak bojové chemické látky (BCHL), jednak nosné systémy. Mezi BCHL byly obvykle zařazovány otravné látky (OL), zápalné látky (ZL) a dýmotvorné látky (DL). Toto dělení však dnes již neodpovídá změnám, kterými prošla chemická výzbroj v období po druhé světové válce. [8]

Podle současného pojetí pokládáme chemické zbraně spolu s jadernými a biologickými zbraněmi za prostředky hromadného ničení. *Dne 13. ledna 1993 v Paříži byla vytvořena smlouva o zákazu vývoje, výroby, hromadění zásob a použití chemických zbraní a o jejich zničení.* Ve smyslu této smlouvy byly za chemické zbraně definovány: toxické chemické látky a jejich prekurzory, munice a prostředky určené k usmrcení, nebo jiné poškození zdraví prostřednictvím chemických toxických látek, libovolné zařízení určené na přímé použití v návaznosti na použití už uvedené munice. *Bojová chemická látka, chemická munice a prostředek dopravy* na cíl tvoří dohromady **chemickou zbraň (CHZ)**. [7]

3. Náhodné a cílené použití chemických látek - analýza

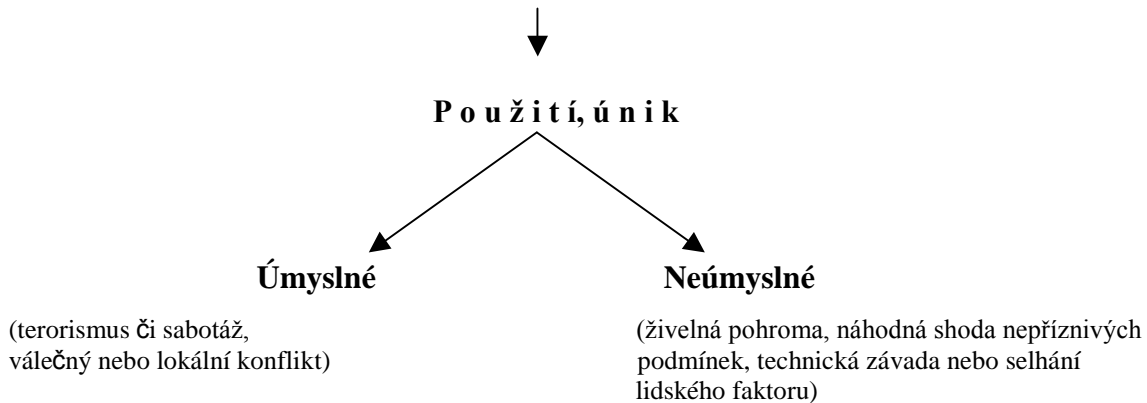
Výroba a zpracování nejrůznějších chemických látek i surovin na celém světě v současné době přesahuje stamiliony tun ročně a neustále se zvyšuje. Roste také spektrum vyráběných látek a vyskytují se mezi nimi i relativně toxické sloučeniny. Samozřejmě je jasné, že takový objem výroby s sebou nese nebezpečí havárií s únikem chemických škodlivin a podle jedovatosti příslušných látek pak tyto havárie představují závažné ohrožení zdraví lidí, zvířat a v návaznosti na další přírodu i ekologická rizika.

I když příčiny havárií mohou být různé, v podstatě je možné je rozdělit na havárie úmyslné a neúmyslné. Úmyslné havárie jsou způsobeny lidmi; u neúmyslných havárií sice lidský faktor většinou hraje svoji významnou roli, ale není zde úmysl havárii způsobit. Dost často jsou havárie spojeny s explozí a následným ohněm. Nemusí se přitom vždy jednat o havárie s účinky na lidskou populaci, působící poškození zdraví až smrt, ale často to jsou havárie spojené s poškozením flóry nebo fauny. Ve svém důsledku však tyto havárie mají na lidstvo svůj nepříznivý dopad také.

Již ve 20. století byly závažné chemické havárie od počátku předmětem zájmu a zkoumání, jak by se dala zajistit bezpečnost výroby, skladování i dopravy nebezpečných materiálů. To je také základním předpokladem pro vznik havárie provázené únikem chemických škodlivin – existence jedovaté látky při výrobě či zpracování, skladování nebo transportu.

Příčin těchto havárií provázených uvolněním toxické látky může být celá řada, ale kromě havárií s únikem chemických škodlivin z přírodních zdrojů (např. sirné plyny při výbuchu sopky) se může jednat o následující faktory nebo jejich kombinace:

v ý r o b a , z p r a c o v á n í , s k l a d o v á n í , t r a n s p o r t
(jak pro úmyslné, tak pro neúmyslné použití)



Příkladů takových nehod je v historii možné najít mnoho a určitě zde nebudou zcela vyčerpány. [1]

3. 1. Vojenské použití chemických látek

Pro úmyslné zneužití chemických látek připadá v úvahu jejich dnes již klasické vojenské použití. Typickým válečným konfliktem, v němž byly chemické látky použity k vojenským účelům jako chemické zbraně (CHZ) je 1. světová válka.

Zájem o CHZ však sahá již do 19. století, kdy anglický admirál Dundonald navrhl využít jedovaté plyny proti ruským vojskům během krymské války, avšak nedosáhl podpory anglické vlády (r. 1855). V roce 1862 během občanské války v Severní Americe poradil J. Dount z New Yorku tehdejšímu ministru války E. Stentonovi použít v bojích proti lidské síle chlór. I když tento návrh nebyl realizován, je zřejmé, že původní myšlenka masového použití otravných látek průmyslově vyráběných patří Američanům. Tyto a jiné příklady použití jedovatých látek proti člověku se stávaly stále častějšími a objektivně vytvořily podmínky pro hromadné nasazení otravných látek ve 20. století. [15]

3. 1. 1. Použití chemických zbraní v I. světové válce

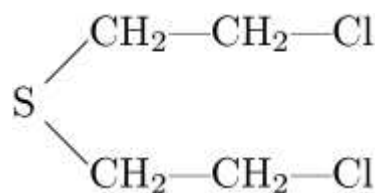
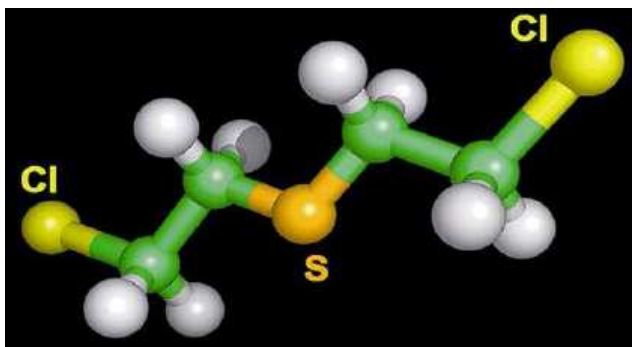
Poprvé byla moderní chemická zbraň v masovém měřítku použita během 1. světové války. Za počátek éry CHZ je všeobecně považován útok německých vojsk s použitím chlóru dne 22. 4. 1915 na 6–8 km úseku fronty u belgického města Ypres (obr. 19) v západních Flandrech proti Francouzům. Během 5 minut bylo do vzduchu rozptýleno kolem 180 tun **chlóru**. Výsledkem plynového útoku bylo 15 000 zasažených osob, z nichž do 2 dnů zemřela jedna třetina.

Koncem května 1915 provedli Němci u Bolimova další útok proti ruským vojskům. Na 12km úseku fronty vypustili 264 tun chlóru. Účinek byl opět značný – 9000 osob otráveno, 1200 z nich zemřelo. V prosinci 1915 Němci poprvé použili toxichtější plyn – fosgen, který se poté stal nejpoužívanější otravnou látkou 1. světové války. Připadá na něj celkem 80 % obětí chemické války let 1914–1915.



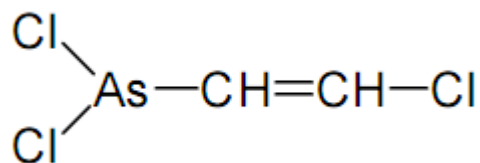
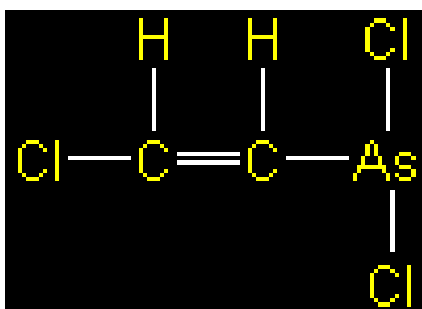
Obrázek č. 19: Vojáci s ochrannými maskami v zákopech u Ypres

Téměř přesně po dvou letech po použití chlóru (12. 7. 1917) použila německá armáda s překvapením na stejném místě (u Ypres) novou otravnou látku se zpuchýřujícím účinkem. Jednalo se o β,β -di-chlordiethylsulfid nazývaný také *hořčičný plyn*. Po použití u Ypres vešel do historie pod názvem **yperit** (obr. 20)



Obrázek č. 20: Vzorec a model yperitu

Zdravotnické ztráty vzniklé účinkem yperitu převyšovaly asi 8krát ztráty způsobené všemi ostatními látkami (počítáno po roce 1917). Proto byl také někdy nazýván „králem plynů“. Jiná zpuchýřující látka – *lewisit* – byla zase Američany nazývána „rosa smrti“ (obr. 21).



Obrázek č. 21: Vzorec lewisitu

Američané začali chemické zbraně používat v červnu 1919. V letech 1914–1919 bylo vyrobeno a naplněno do munice 136 400 tun následujících látek. Celkově bylo na bojištích 1. světové války použito kolem 45 druhů otravných chemických látek, z nichž 18 bylo smrtících a 27 v různé míře dráždivých.

Nejnebezpečnějšími byly chlór, fosgen, difosgen, kyanovodík a yperit. Množství otravných látek použitých oběma stranami dosáhlo 110 000 až 120 000 tun. Zasaženo a intoxikováno bylo 1 300 000 osob, z nichž téměř 100 000 zemřelo.

	1915	1916	1917	1918	SUMA
NĚMECKO	2 900	7 000	15 000	28 000	52
FRANCIE	300	3 500	7 500	15 000	26
ANGLIE	200	1 600	4 900	7 700	14
RAK.-UHERSKO	-	800	2 700	4 400	7 900
ITÁLIE	-	400	2 500	3 400	6 300
RUSKO	200	1 800	2 700	-	4 700
USA	-	-	-	1 000	1 000
CELKEM	3 600	15 100	35 300	59 500	113

Tabulka 1: Množství použitých otravných látek v I. světové válce v tunách

Efektivnost chemických zbraní ve srovnání s klasickou municí byla zřejmá na první pohled: jestliže 1 tuna klasických výbušnin způsobila 4,9 % zdravotnických ztrát, potom 1 tuna otravných látek způsobila zhruba dvojnásobek. Otravné látky tedy byly nejméně dvakrát účinnější, a jestliže vezmeme jako příklad jen látky zpuchýřující, které se udržely v arzenálech armád do současné doby, pak 1 tuna těchto látek způsobila 36,4 % ztrát, tj. byly sedminásobně účinnější. A to se jednalo o látky, jejichž efekt je ve srovnání se současnými typy mnohonásobně nižší. [17]

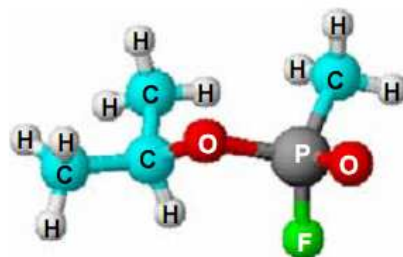
3. 1. 2. Období mezi dvěma světovými válkami

Třicátá léta minulého století byla poznamenána obrovským nárůstem zbrojení poté, co se Německo začalo připravovat na chemickou válku. Do března 1936 tvořily zásoby otravných látek asi 1 000 tun yperitu. Po nástupu fašismu v Německu vojenská vývojová základna zesílila. Vojensko - chemický výzkum byl zaměřený na několik hlavních oblastí. Prvořadou úlohou byla výroba doposud známých a v I. světové válce vyzkoušených látek. Výzkum směřoval k novým toxickým sloučeninám fosforu. A tak v roce 1934 dostal dr. Gerhard Schrader (pracující v laboratořích firmy Bayer) příkaz na vývoj prostředků na ochranu rostlin. Se svými spolupracovníky objevil velmi toxické sloučeniny fosforu. Objevem *tabunu* (obr. 22) se však vývoj organofosfátových látek nezastavil.

Dr. Schrader roku 1938 připravil ještě toxičtější látku – izopropylmethylfluorofosfonát. Dostala název *sarin* (obr. 23) podle jmen vedoucích osob pracujících na vývoji: *Schrader, Ambros, Ritter a Linde*.



Obrázek č. 22: Tabun



Obrázek č. 23: Sarin

Velká příležitost na masové použití otravných látek se naskytla při útoku Itálie na Etiopii, který začal 4. října 1935. Italové nasazovali chemické zbraně od prosince 1935 a využívali jich skoro ve všech vojenských operacích. Z použitého množství asi 700 tun otravných látek bylo 60 % látek zpuchýřujících. Zasáhnuto bylo asi 250 000 lidí. Z toho zahynulo 10 000 vojáků a 5 000 civilistů. Největší využití našel yperit, který byl při vysokých teplotách v Etiopii velmi prchavým. Obzvláště účinný byl proti nechráněné pokožce domorodých obyvatelů. Poslední chemický útok vedený hlavně proti civilnímu obyvatelstvu se uskutečnil 7. dubna 1936 v oblasti Alamaty.

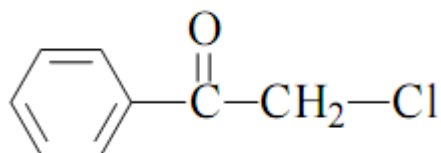
Zkušenosti Itálie v Etiopii se snažilo co nejvíc využít Japonsko při své invazi do Číny. Bylo to zejména použití dráždivých látek typu Clark II ve formě aerosolu vyvíjeného dýmovicemi nebo minami. Přitom našel své využití i yperit a lewisit. [7]

3. 1. 3. Chemické zbraně v II. světové válce

Druhá světová válka se od první lišila hlavně tím, že na jejích frontách nebyly chemické zbraně použité masovým způsobem. Důvodem, proč se tak nestalo, byla obava z odvetného nasazení stejných látek. Na konci II. světové války zásoby otravných látek představovaly okolo 400 tisíc tun. Takové množství bylo dvojnásobkem celkového množství vyrobeného v 1. světové válce. Největší podíl tvořily zpuchýřující látky yperit a lewisit, kterých bylo vyrobeno v množství asi 270 tisíc tun.

Německo při realizaci plánů na dobytí Velké Británie počítalo s leteckou chemickou válkou. Luftwaffe počítala s nasazením 76 000 bomb typu KC-250 plněných yperitem, 5 000 bomb plněných fosgenem nebo difosgenem a 8 000 bomb s dráždivými látkami. Včetně chemických bomb se uvažovalo i o použití otravných látek formou postřiku. Nakonec se v bojích o Británii otravné látky naštěstí nepoužily.

Dostupné údaje potvrzují německé plány na chemickou válku. V čase od května 1940 do dubna 1941 vyrobily německé továrny okolo 13 052 tun otravných látek, z toho asi 6 212 tun yperitu, 2230 tun difosgenu a 1985 tun *chloracetofenonu* (obr. 24).



Obrázek č. 24: Vzorec Chloracetofenon-CN

Útoku na SSSR se zúčastnili čtyři speciální chemické pluky (Werferregiment), které měly ve výzbroji 106 raketometů Nebelwerfer 35 pro rakety kalibru 100 mm a 180 raketometů Nebelwerfer 41 pro rakety kalibru 150 mm. Každý pluk měl k dispozici 324 kusů zbraní a v jedinou salvou mohl odpálit až 6 tun otravných látek.

Do chemického způsobu boje ze strany Němců patřily i experimenty na lidech. Ty začaly v koncentračním táboře Sachsenhausen v září 1939 a pokračovaly prakticky

až do konce války. V tábore Natwzeiler-Struthof se vykonávaly práce na chemoterapii po zasáhnutí yperitem a pokusy s prostředkem proti otravě fosgenem. K fašistickému způsobu vedení války neodmyslitelně patřila fyzická likvidace válečných zajatců, Židů, Slovanů a jiných „nečistých ras“ prostřednictvím plynových komor. Vyhlazování se uskutečňovalo hlavně v koncentračních táborech Buchenwald, Osvětimi, Sachsenhausen, Neuengamm, Lublin, Ravensbrück, Treblinka a dalších. Provoz plynových komor v Mauthausenu začal v květnu 1942. [1].

V koncentračním táboře v Lublinu zkoušeli zabíjet *oxidem uhelnatým*, který byl produkován spalovacími motory ve výfukových plynech. Policejní komisař Wirth to „vylepšil“ zavedením tzv. speciálních sprch, které byly potrubím propojené s motorem.

V září 1941 byla v Osvětimi vyzkoušená nová metoda likvidace vězňů za použití cyklónu B. Tato metoda výrazně překonala tzv. Wirthovov-Heckenholtovo výfukové plyny. *Cyklón B* byl vyvinutý roku 1922 dr. Walterem Heerdttem jako vysoko účinný prostředek na ničení hmyzu a hlodavců. Tímto způsobem přišlo o život téměř 4 milióny lidí z celkového počtu 8 miliónů obětí koncentračních táborů.

Chemické zbraně používala i japonská armáda v roce 1939 ve válce s Čínou. Japonská taktika spočívala v dlouhodobém ostřelování obranných pozic protivníka granáty plněnými dráždivými látkami. CHZ plánovaly použít proti Japonsku i USA. Na poslední chvíli USA změnily svůj postoj a rozhodly se nepoužít chemické zbraně. Přednost dali atomové bombě vyvinuté v rámci gigantického projektu Manhattan.

Do konce 2. světové války bylo vyrobených přes 390 tisíc tun bojových TCHL, ale k hromadnému použití těchto látek naštěstí nedošlo. [7].

3. 1. 4. Chemické zbraně a „studená válka“

Ve válečném konfliktu se může jednat i o neúmyslné použití jedovatých chemikálií, které nebyly hlavní součástí použitých látek a vyskytovaly se zde jako příměsi. Typickým příkladem je používání chemických látek ve válce, kterou vedly USA ve Vietnamu v letech 1961–1971. Za toto období Američané vyzkoušeli 15 různých chemických látek a herbicidů k ničení lesů, polí, plantáží a keřových porostů.

Historie jednoho z největších konfliktů studené války, spojeného s použitím zbraní hromadného ničení, začala v podstatě už 15. srpna 1945. Koreu, kterou anektovalo Japonsko, rozdělily roku 1945 na dvě okupační zóny – sovětskou na sever od 38. rovnoběžky a americkou na jihu. Severní Korea v roce 1950 podnikla rozsáhlou invazi na jih. Začala tzv. Korejská válka, která trvala celé 3 roky (1950 – 1953). Ve válce v Koreji vyzkoušela americká armáda chemické zbraně. Šlo hlavně o bojové herbicidy, látky dusivé a ve velkém rozsahu i zbraně zápalné, zejména ohňomety a napalmové bomby. Podle statistických údajů představovalo množství použitého napalmu 32 557 tun.

Po osmileté koloniální válce Francie v Indočíně došlo k rozdělení Vietnamu dočasnou demarkační čarou podél 17. rovnoběžky na dvě části. V říjnu 1955 vznikla Jihovietnamská republika a na severu současně Vietnamská demokratická republika. Prezident USA Johnson nebyl ochotný připustit, že by se jižní Vietnam měl dostat do rukou komunistů ze severu. V prosinci 1964 proti severnímu Vietnamu začala operace s názvem „Flaming dart“, osmiletá letecká válka, která svou intenzitou neměla v dějinách obdoby (obr. 25).

Byly nasazeny tzv. herbicidy. V Indočíně se používaly tři základní typy a to Agent Orange, White a Blue, označené podle barevného kódu na přepravních sudech. Nejpoužívanější látka **Orange** je v podstatě směs kyseliny 2,4-dichlorfenoxyoctové (2,4-D) a kyseliny 2,4,5-trichlorfenoxyoctové (2,4,5-T).



Obrázek č. 25: Mapka okupace



Obrázek č. 26: Rozprašování chemické látky

Tato látka byla speciálně vyvinutá pro tvrdé porosty a širokolisté rostliny. Její účinnost dokládá zjištění, že na zasáhnutých mahagonových hájích se dodnes neobnovil plný růst (obr. 26).

Látka **White**, směs 2,4-D a Picrolamu (kyselina 4-amino-3,5,6-trichlorpikolinová), je moderní herbicid s vysokou stabilitou. Receptura **Blue** je vysoko toxická pro trávy, proto se používala na ničení rýžových polí. Obsahuje kyselinu dimetylarsinovou (kakodylovou) a její sodnou sůl. Na vyvolání symptomů nebezpečné otravy u člověka stačí řádově několik kapek.

Mimo těchto směsí použila americká armáda recepturu **Purple** (směs esterů 2,4-D a 2,4,5-T). V průběhu deseti let byla zasáhnutá 1/10 celého území jižního Vietnamu a 44 % ze všech jeho lesních ploch.

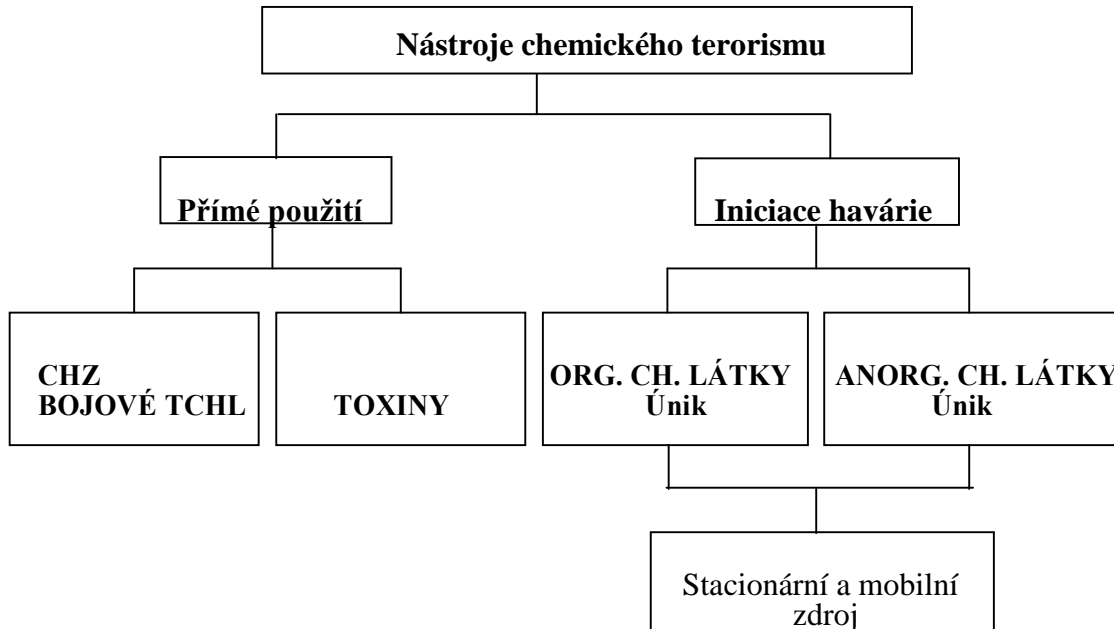
Dioxin, který byl jako technologické znečištění součástí mnoha použitých látek a který je pro člověka smrtelný již v nepatrném množství tisícín gramů se ještě dnes často nachází ve značných koncentracích v půdě až do hloubky 2 m. V rámci objektivitu je nutno zdůraznit, že o jeho přítomnosti nevěděla ani americká strana a na jeho účinky se přišlo v podstatě náhodně, když při použití herbicidů zahynulo v mírových podmínkách na jedné z amerických farem několik tisíc kuřat. Příčinou byla příměs dioxinu. Lékařské údaje jasně prokázaly zhoubnost této látky na lidský organismus. Následky se projevují po letech ve značně zvýšeném počtu nádorových onemocnění, především jater a krve (také u amerických vojáků, kteří s ním náhodně přišli do styku), hromadným výskytem vrozených vad u dětí a množstvím komplikací v těhotenství. O nebezpečnosti této látky se lidstvo přesvědčilo nejen ve válce, ale i při průmyslových haváriích spojených se zamořením dioxinem. Byl to již zmíněný Vietnam, kde se odhaduje, že v deseti tisících tun použité směsi herbicidů „Agent Orange“ bylo rozprášeno více než 110 kg dioxinu. Toto množství reprezentuje pro Jižní Vietnam dávku 6 g na každého obyvatele. Lokální konflikty jsou velmi podobné válečným, avšak vzhledem k zaměření na civilní obyvatelstvo, nevybavené ochrannými prostředky, mají hrozivější dopad. Použití CHZ v lokálním konfliktu v iránsko-irácké válce (1980–1988) proti Kurdům, včetně žen a dětí, mělo za následek poškození asi 100 000 lidí. Nejznámější je použití

CHZ v Halabdě, městu se zhruba 80 000 obyvateli. V březnu 1988 zde byl použit užit Saddámem Husajnem yperit a uvádí se kolem 5000 mrtvých. Ještě téměř dvě desítky let po této válce nesou některé oběti útoku jeho následky – asi 16 000 lidí je postiženo dlouhodobým poškozením plic, očí a kůže. [7] a [8].

3. 2. Chemické látky ve službách terorismu

Sabotážní použití chemických látek může být zaměřeno na likvidaci nepohodlných jednotlivců či na určitý závod nebo sklad za účelem např. zničení konkurence. Teroristické činy se organizují a realizují obecně za určitým účelem – dosáhnout politického, ekonomického, ideologického nebo teologického cíle (obr. 27).

Chemický terorismus používá jako nástroj násilí chemické jedovaté látky, ať již bojové otravné látky nebo jiné chemické škodliviny. U teroristického použití chemických látek je možné uvažovat o přímém použití toxických látek nebo o teroristickém útoku na objekt, kde se jedovatá látka vyskytuje (vyrábí, skladuje).



Obrázek č. 27 : Předpokládané nástroje chemického terorismu

Mezi nejznámější případy patří atentát z roku 1978, kdy byl v Londýně bulharskou tajnou službou zavražděn injekcí *ricínu* bulharský disident G. Markov, stejně jako v roce 1980 B. Korczak. Co je možná méně známo, je vražda látkou VX v Osace v prosinci 1994. Muži byla vstříknuta (ne vpíchnuta!) *VX-látka* do zadní části krku. Jednalo se tedy o perkutánní intoxikaci, která skončila fatálně asi po 2 týdnech. Metabolity prokazující použití VX však byly detekovány. Dalším případem je pravděpodobné použití *dioxinu*: ukrajinský prezident (ještě jako kandidát na prezidenta) *Viktor Juščenko* byl touto látkou otráven v roce 2004 (obr. 28). [10]



Obrázek č. 28 : Tvář Viktora Juščenka před a po otravě dioxinem

Jako zajímavost je možno uvést, že při atentátu na R. Heydricha v červnu 1942 byl údajně použit botulotoxin – sir Paul Fides, vedoucí britského výzkumného týmu, uvedl, že granát použitý při atentátu obsahoval *botulotoxin*, což by mohlo vysvětlit smrt Heydricha i po chirurgicky dobře ošetřeném zranění.

Teroristické útoky chemickými látkami se staly již klasickou ukázkou zneužití – např. známé použití *sarinu* sektou Óm šinrikjó v Japonsku. Teroristicky úspěšné použití sarinu se však poprvé neuskutečnilo v tokijském metru, ale v japonském městě Macumoto 27. června 1994 (na jaře 1994 se sice pokoušela sekta Óm šinrikjó zabít v Tokiu sarinem Daisakua Ikedu, vůdce budhistické organizace, ale neúspěšně, protože systém k rozprašování sarinu selhal a došlo k požáru). Skutečností je, že 20. března 1995 byl v Tokiu na několika místech v metru použit sarin. Zasaženo bylo kolem 10

000 lidí, z nichž 12 zemřelo a více než 5000 bylo vážně intoxikováno. Sarin měli teroristé v plastických sáčcích, které měli v metru propíchnout deštníkem s nabroušenou špičkou. Při zkoušení sáčků (modelově s vodou) bylo poukázáno na to, že některý z cestujících by si mohl všimnout št'ouchání deštníkem do sáčku, a to by mohlo vzbudit podezření. Proto bylo doporučeno, aby si sáčky zabalili do novin. Podařilo se propíchnout deset z jedenácti sáčků na pěti trasách metra, které křižovaly přestupní stanici Kasumigaseki, kde bylo největší zamoření. Použití nepříliš čistého sarinu (asi 30%) a systém odvětrávání metra způsobily, že přes hrozivý účinek nebyly ztráty na životech tak vysoké. Proč byl vybrán sarin, je obtížné zodpovědět. Asi na to měla vliv válka v Perském zálivu, jednoduchá výroba, dostupnost surovin i nízká výrobní cena. Později se ukázalo, že chemici sekty pracovali na vývoji dalších NPL (VX) a yperitu i na biologických zbraních. [13].

Pro veřejnost to byl šok a sdělovací prostředky tu více, tu méně seriózně informovaly: např. MF Dnes 21. března 1995 tvrdila, že léčba proti sarinu neexistuje, Expres si alespoň zjistil jednu ze dvou složek antidota – atropin. Toxicita sarinu byla udávána v různých novinách od 0,01 do 1 mg, přičemž se samozřejmě nikdo neobtěžoval uvést bránu vstupu.

Incident, ke kterému došlo **v roce 1968 v USA** je kombinací náhodného vlivu meteorologických podmínek a cíleného testování bojové chemické látky VX.

Kombinace různých faktorů se může vyskytnout i při akcích, které jsou zaměřeny proti teroristům, ale díky jejich nedostatečnému zajištění jsou provázeny i ztrátami na životech. Takovým příkladem může být použití neznámé látky **v Moskvě v říjnu 2002**. Podle prvních informací vtrhlo čečenské komando do budovy, kde se každý den hrál populární muzikál *Nord-Ost*, na začátku druhého jednání (obr. 29 a obr. 30).

Někteří z útočníků ale byli v sále již během představení. Útok byl zahájen palbou do stropu, herci byli donuceni usednout do první řady a pak byli zamčeni v šatnách. Teroristé rozmístili po celé budově kilogramy výbušnin a hrozili jejich odpálením při jakémkoli pokusu o útok z ruské strany. Mezi útočníky bylo také několik žen oblečených v tradičních muslimských čádorech zakrývajících vlasy i obličej a opásaných výbušninami. Údajně se jednalo o vdovy po padlých čečenských

bojovnících.

První údaje o počtu rukojmích se velmi lišily. Některé zprávy hovořily až o tisícovce rukojmích, později se však ukázalo, že jich bylo kolem 700. Útočníci některé z rukojmích propustili, především ženy, děti a některé cizince, podle policie jich bylo okolo 180. Mezi rukojmími však asi 20 dětí zůstalo, stejně jako kolem 60 cizinců. Okamžitě po obsazení divadla bylo zahájeno vyjednávání s teroristy. Významní političtí představitelé útok čečenských ozbrojenců na moskevské divadlo odsoudili.

V sobotu brzy ráno vnikla do budovy divadla elitní jednotka Alfa Federální bezpečnostní služby a zadržované rukojmí osvobodila. Ke zneškodnění teroristů použila v té době ještě *neznámý plyn*. Většina členů komanda, včetně jeho vůdce Movsara Barajeva, byla zabita. Osvobození divadla však nepřežilo více než 100 rukojmích. Neznámý omamný plyn všechny útočníky uspal, a znemožnil jim tak odpálení připravených náloží. Látka měla však fatální účinky na řadu rukojmích, i přesto, že byli včas převezeni do moskevských nemocnic. Kromě 50 teroristů zemřelo 118 rukojmích. Lékaři totiž nebyli informováni o složení použité látky a nemohli nasadit účinné protilátky.



Obrázek č. 29 a 30: Situační plán obsazeného divadla čečenskými mudžáhidy a celkový pohled na muzikálovou scénu, kterou obsadili.

Hodnocení různými sdělovacími prostředky bylo zhruba podobné. Situaci v divadle bezpečnostní síly vyřešily po technické stránce úspěšně. Použití plynu s

okamžitým účinkem bylo originální a účinné. Bylo použito chemických látek z oblasti tzv. neletálních zbraní. Policejní složky na celém světě mají s tzv. policejními plyny zkušenosti a využívají je. Ale jak se ukázalo v moskevském divadle, název „neletální“ v sobě nese parodii. Neletální zbraně nejsou nezabíjející, ale zbraně, které „nemusejí“ zabíjet, pokud se souhra okolností nespikne proti zasaženému člověku. V případě rukojmích se částečně podepsalo na selhání organismu jejich mimořádné vypětí a lékaři s proškoleným personálem měli být na místě, aby ihned minimalizovali účinky plynu na rukojmích. Je kritizován zmatek, neefektivita přistavování sanitních vozů, do sanitek byli odnášeni i mrtví lidé a tím byl blokován odvoz dosud žijících, a ti prohrávali boj o život s časem v improvizované autobusové dopravě do nemocnic. Neexistovala ani koordinace speciálně poučeným týmem – 321 zasažených bylo údajně „rozstrkáno“ do 13 různých nemocničních zařízení.

Ruští a američtí experti dospěli nezávisle na sobě ke stejné domněnce ohledně látky, která byla použita při zásahu. Nemělo jít o nervový plyn, jak se původně spekulovalo, ale opiát, který se používá se při narkózách. Rusko nakonec přesný název látky neoznámilo. Ministr zdravotnictví Jurij Ševčenko prohlásil, že „...k neutralizaci teroristů byla použita látka na bázi fentanylových derivátů...“

Ruské straně se tedy podařilo útočníky zneškodnit, ale s relativně velkými ztrátami na životech rukojmích. Celá organizace záchranných prací se ruské straně nepovedla a některé ruské praktiky, především ohledně poskytování informací svým občanům, byly v médiích přirovnávány k dobám Sovětského svazu. Rusko navíc přijalo změnu zákona o médiích, který např. zakazuje poskytovat informace o podobných událostech z jiných než vládních zdrojů. S jistou nadsázkou by tedy bylo možné tuto tragickou událost charakterizovat jako *teroristické použití neznámého plynu*. [10]

3. 3. Chemické průmyslové havárie

Výroba a zpracování nejrůznějších chemických látek i surovin na celém světě v současné době přesahuje stamiliony tun ročně a neustále se zvyšuje. Roste také spektrum vyráběných látek a vyskytují se mezi nimi i relativně toxické sloučeniny. Je

logické, že takový objem výroby s sebou nese nebezpečí havárií s únikem chemických škodlivin a podle jedovatosti příslušných látek pak tyto havárie představují závažné ohrožení zdraví lidí, zvířat a v návaznosti na přírodu i další ekologická rizika.

Následky chemických havárií jsou tedy dány jedovatostí a dalšími vlastnostmi látky, jako je množství látky, které bylo uvolněno, rychlost úniku, popř. jiné faktory (např. stálost látky, meteorologické podmínky, vertikální stálost atmosféry atd.).

I když příčiny havárií I když příčiny havárií mohou být různé, v podstatě je možné je rozdělit na havárie úmyslné a neúmyslné. Úmyslné havárie jsou způsobeny lidmi; u neúmyslných havárií sice lidský faktor většinou hraje svoji významnou roli, ale není zde úmysl havárii způsobit. Dosti často jsou havárie spojeny s explozí a následným ohněm. Nemusí se přitom vždy jednat o havárie s účinky na lidskou populaci, působící poškození zdraví až smrt, ale často to jsou havárie spojené s poškozením flóry nebo fauny. Ve svém důsledku však tyto havárie mají na lidstvo svůj nepříznivý dopad také.

Již ve 20. století byly závažné chemické havárie od počátku předmětem zájmu a zkoumání, jak by se dala zajistit bezpečnost výroby, skladování i dopravy nebezpečných materiálů. To je také základním předpokladem pro vznik havárie provázené únikem chemických škodlivin – existence jedovaté látky při výrobě či zpracování, skladování nebo transportu.

Většinou se však při různých haváriích s únikem chemických škodlivin jedná o selhání techniky nebo její neodborné používání lidskou obsluhou. Typickým příkladem jsou dvě největší chemické havárie v historii, které se udály v italském Sevesu (1976) a indickém Bhópálu (1984). [11]

3. 3. 1. Dioxinová havárie v Sevesu 1976 (Itálie)

Místo: Seveso, Itálie

Čas: sobota 10. 7. 1976

Druh katastrofy: reaktor se vymknul řízení, únik jedné z nejjedovatějších látek - TCDD

Počet hospitalizovaných: 250 osob, evakuace 600 osob

Materiální škoda: 6 miliard Kč – odškodnění obyvatel

Zvláštnost: bagatelizace problému



Obrázek č. 31: Továrna ICMESA a výbuch

Havárie v Sevesu (Itálie) v červenci roku 1976 (obr. 31) reprezentuje nejvážnější mírový případ zamoření dioxinem. Jednalo se o explozi reaktoru na výrobu herbicidů, která způsobila únik jedovatých látek do ovzduší. Do ovzduší unikl **jeden z nejprudších syntetických jedů vůbec - 2,3,7,8 - tetrachlordibenzodioxin (TCDD)**. Podle odhadu uniklo více než 2,5 kg dioxinu, který zamořil zónu zhruba 320 ha obývanou asi 4000 obyvateli.

Bezprostředně po havárii nikdo nezemřel, ale problém byl bagatelizován a výroba ještě asi týden pokračovala. Koncentrace TCDD v nejvíce zamořené zóně, kterou obývalo přes sedm set lidí, převyšovala místy hodnotu **1 mg/m²**, což je pro člověka již dávka smrtelná. U postižených se objevovaly silné bolesti hlavy, poškození jater a ledvin, která byla v mnoha případech trvalá. Zasažení TCDD vyvolává v pokročilém stádiu degeneraci jaterních buněk a s velkou pravděpodobností způsobuje rakovinu zasažených orgánů.



Obrázek č. 32: Odběry vzorků po havárii

Kromě toho je též podezřelý z mutagenních a teratogenních účinků. Řada těhotných žen proto z obav před možnou deformací plodu přistoupila k interrupci. Vzhledem k charakteru účinku dioxinu (dlouhodobý efekt) došlo v oblasti Sevesa k onemocnění stovek lidí, včetně dětí, a asi po dvaceti letech byl pozorován i zvýšený výskyt nádorových onemocnění. [2]

3. 3. 2. Chemická havárie v Bhópálu 1984 (Indie)

Místo: Bhópál, stát Madhjapraděš, Indie

Čas: neděle 2. 12. 1984, 23.52 hodin

Druh katastrofy: z chemičky uniká 40 tun prudce jedovatých látek v podobě plynu

Počet mrtvých: 2500 osob po zasažení (k říjnu 1995 celkový počet obětí 7575)

Počet vážně zdravotně postižených: 136 500

Materiální škoda: 12,5 miliard USD

Zvláštnost: zaměstnanci v rámci úspor energie vypínají výstražný systém továrny



Obrázek č. 33: Bhópál

K havárii v Bhópálu došlo v noci z 2. na 3. prosince 1984. Příčinou chemické havárie bylo vniknutí vody do zásobníku se skladovaným *methylyzokyanátem* a tím došlo k silné exotermní reakci. Uvolněné teplo způsobilo prudké zvýšení tlaku v zásobníku, což vedlo nakonec k prasknutí bezpečnostního ventilu a navíc prasklo i betonové opouzďení zásobníku, které způsobilo jeho destrukci. Do prostředí uniklo během krátké doby (30–40 minut) asi 25–30 tun methylyzokyanátu. Vysoká vlhkost vzduchu způsobila, že se při vypařování látky vytvořila těžká mlha, která rychle klesala k zemi, navíc byly meteorologické podmínky jasné noci značně nepříznivé pro bezpečný rozptyl nebezpečné látky – vertikální stálost atmosféry ve stavu silné inverze (obr. 33). Uvedené meteorologické podmínky působily velmi rozsáhlé zamoření. Obětí bylo velké množství také proto, že v okolí továrny byly slumy.

Vzhledem k nepříznivému větru byla látka rychle zanesena do města s 800 000 obyvateli a způsobila intoxikaci velkého množství osob. Zde se údaje různí, ale nejčastěji se uvádí 50 000 až 150 000 intoxikací, z toho 50 000 až 60 000 těžkých, a více než 2500 úmrtí. Havárie byla způsobena lidským selháním.

A to je přitom látka, která unikla v Bhópálu – methylyzokyanát – ve srovnání se současnými typy náplní CHZ daleko méně jedovatá. [33].

3. 3. 3. Čpavková havárie v Bělehradě 1998 (Srbsko)

Místo: bělehradské předměstí Borca, Srbsko

Čas: neděle 27. 5. 1998, 14 hodin

Druh katastrofy: exploze cisterny s 5 tunami amoniaku

Počet mrtvých: 1

Počet vážně zdravotně postižených: 19 závažných otrav, 54 hospitalizovaných

Čpavkovou havárií způsobil oblak čpavku, který se rozšířil po explozi cisterny s amoniakem a způsobil hromadnou chemickou otravu místních obyvatel a zaměstnanců společnosti „Lika systém“, umístěné poblíž. [12]

3. 3. 4. Toulouse 2001 (Francie)

Místo: Toulouse, Francie

Čas: pátek 21. 9. 2001, 10.15 hodin

Druh katastrofy: únik čpavku a následná exploze

Počet mrtvých: 33

Počet vážně zdravotně postižených: 2442

Materiální škoda: 29 miliónů USD

Zvláštnost: na počátku vniklo do roztoku několik nežádoucích kapek vody

Exploze dusičnanu amonného na předměstí francouzského Toulouse byla průmyslovou havárií, která přinesla mnohá poučení v oblasti bezpečnostních rizik a v lecčems změnila pohled na povědomí rizika vyplývajícího z nebezpečného potenciálu v místech s chemickou výrobou (obr. 34).

V dopoledních hodinách 21. září 2001 došlo ve výrobním závodu AZF společnosti Grande Paroisse Copany, na předměstí francouzského Toulouse k jedné z největších průmyslových katastrof ve Francii. Při explozi skladovaného dusičnanu amonného přišlo o život 30 lidí, přes 2 200 jich bylo zraněno, škoda dosáhla 1,5 miliardy euro. K explozi došlo ve skladišti umístěném mezi výrobní částí, skladem a



Obrázek č. 34: Toulouse 2001

plochami pro balení dusičnanu amonného (dále „AN“ podle „amonium nitrate“). Explozí vznikla seizmická vlna odhadovaná na hodnotu 3,4 RichtEROVY stupnice. Toto skladiště sloužilo k dočasnému umístování nespecifikovaného AN nižší kvality a rozličného původu, rovněž zde byly skladovány znečištěné zbytky AN z výroby (obr. 35). Skladiště nemělo žádné plynové ani parní potrubí, osvětleno bylo přírodním světlem. Ve skladišti s AN manipulovaly tři různé firmy, pracovník žádné z nich v okamžiku výbuchu naštěstí v prostoru skladu nebyl. Podle počátečních zjištění výzkumného střediska INERIS se množství uskladněného AN pohybovalo mezi 300 a 400 tunami. Pozdějším vyšetřováním pak dospělo k hodnotám mezi 390 a 450 tunami nespecifikovaného AN uskladněného zde den před explozí.

Vnitřní a vnější havarijní plán nebyl připraven na tento scénář, jeho rozsah a závažnost. Problémem bylo informování obyvatelstva bez fungující sirény nebo rádia. Rovněž nebylo možné se chránit proti toxickým únikům v budovách s rozbitými okny. Komunikační síť by právě pro případy takových událostí měla být navržena nezávisle od veřejné sítě. Podle oficiálního prohlášení přišlo při katastrofě v Toulouse o život 30 osob (21 uvnitř areálu a 9 mimo něj).

Tato katastrofa je podle hodnotící stupnice EU hodnocena nejvyšším, 6. stupněm závažnosti, a to podle počtu zraněných lidí, počtu osob v nemocnicích, materiálních ztrát atd. Hlavní příčinou velkých následků je blízkost osídlení ve městě Toulouse se 750 000 obyvateli.



Obrázek č. 35: Skladiště dusičnanu amonného

Prozatím nedošlo ke shodě mezi výrobním závodem a soudy o příčinách katastrofy. Kontroverzním klíčovým prvkem je nalezení iniciačního zdroje skladovaného AN. Vyšetřováním jeho původu nebyl prokázán ani požár, ani prvotní exploze následovaná mohutným výbuchem. Studie pak byly směřovány na přezkoumávání role znečištění při rozkladu AN a zejména role vzájemné chemické reaktivity látek. Soudy se hlavně zaměřily na reakce mezi AN a dichloroisokyanurátem sodným nebo mezi AN a kyselinou trichloroisokyanurovou, která je silně chemicky nesnášenlivá s AN a uvolňuje trichloramin NCl_3 . Ten je velmi citlivý a schopný exploze. Společnost TotalFinaElf Group se zaměřila hlavně na obrovský elektrický oblouk mezi transformátorem a elektrickým vedením. Další možné příčiny (terorismus nebo zlomyslnost) byly rovněž prošetřovány, ale dosud se neukázaly jako relevantní. [2].

3. 3. 5. Přehled nejznámějších havárií v ČR

Závažné havárie se nevyhýbají ani České republice, dokladem toho může být rok 2002, kdy se staly 3 závažné havárie (Spolana, Spolchemie, BorsodChem), které byly hlášeny Evropské unii do střediska MAHB (Major Accident Hazards Bureau) v italské Ispře. Příkladem dalších známých havárií jsou havárie v Košicích (1996), kde při úniku oxidu uhelnatého zemřelo 9 lidí, havárie v Olomouci (1996), která způsobila smrt

2 lidí po intoxikaci sulfanem, který vznikl únikem kyseliny sírové do kanalizace nebo velký požár v Litvínově (1996), který měl nepříznivý vliv na okolní životní prostředí.

Závažné havárie se netýkají pouze velkých chemických podniků, často se vyskytují i v malých a středních podnicích.

Následující **tabulka č.2** uvádí přehled vybraných havárií v ČR v objektech nezařazených pod účinnost zákona o prevenci závažných havárií. [3].

Datum	Zařízení	Příčina	Následek	Škoda
14.6.1999	Zimní stadion Příbram	Prasklé potrubí	Únik 0,5 t čpavku do příbramského potoka	
1.7.1999	Textilka Toray v Prostějově	Chyba obsluhy – nasypání 350 kg chlomanu sodného do kyselého roztoku	Následnou reakcí uvolnění chloru	Podráždění sliznic 7 lidí
24.7.2000	Sladovna v Hodonicích u Znojma	Špatná práce při opravě chladičho zařízení	Únik 80 – 100 kg čpavku do Dyje, uhynuti 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 mrazirny	Prasklé potrubí	Únik čpavku	6 těžce zraněných zaměstnanců
2.5.2001	Masokombinát Cheb	Prasklé těsnění chladičho kompresoru	Únik cca 15 kg čpavku, následná evakuace 112 osob	
23.8.2001	Zimní stadion Praha 10	Špatná úprava chladičho zařízení a následné prasknutí ventilu	Únik čpavku do okolí	Nikdo zraněný, škoda v desítkách tis. 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 chvstaneho zápasu
17.6.2003	Stanice LPG Praha 6	Avie narazila do stojanu LPG	Únik LPG z cisterny, uzavření celé ulice, později i blízké trati ČD.	Cca 200 tis. Kč
31.7.2003	Autodílna v Mladé Boleslavi	Výbuch plynu (PB láhve nebo acetylenové soupravy nebo LPG v autě)	Celková destrukce budovy autodílny a přilehlého okolí	1,5 mil.Kč, 1 osoba mrtvá.
7.8.2003	Masokombinát Praha 6	Vadná elektroinstalace, nedbalost, úmysl	Požár	Cca 150 mil. Kč
22.8.2003	Masokombinát Hroznětín (Karlovarsko)	Nedbalost	Únik cca desítek kg čpavku přes jímku do kanalizace a čpavkové vody do řeky	Uhynuti pstruhů v řece

Tabulka č. 2: Přehled vybraných havárií v nezařazených objektech

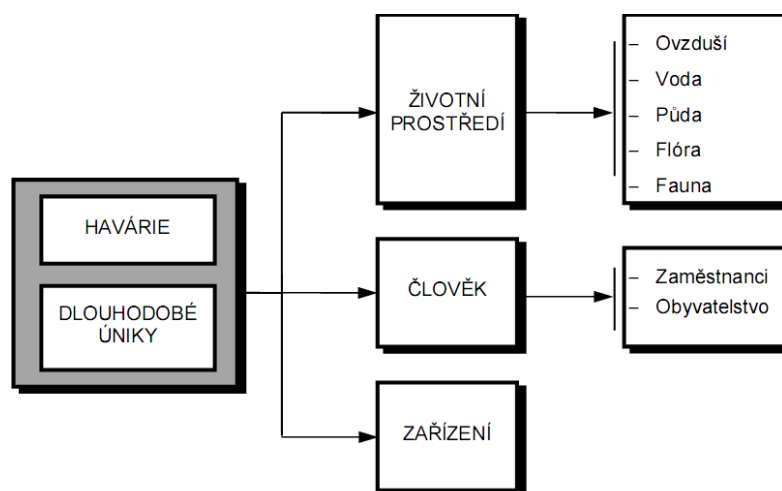
Příklady velkých průmyslových havárií nás varují před oddalováním řešení této problematiky. Ze statistiky havárií vyplývají tyto nejčastější příčiny a následky havárií (podle jiných statistik je příčinou havárií až z 80 % lidská chyba):

Příčiny		Následky	
Vady materiálu	48 %	Toxické emise	21 %
Chyba člověka	31 %	Požáry	21 %
Chemická reakce	12 %	Znečištění ovzduší	17 %
Jiné příčiny	18 %	Exploze	12 %
Vnější vlivy	7 %	Znečištění vody	45 %

4. Úvod do problematiky prevence závažných havárií

Závažná havárie je definována podle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, 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.

Dopad havárie je podobný dlouhodobé zátěži životního prostředí průmyslovou činností (obr. 36) s tím rozdílem, že při havárii může dojít poměrně rychle k nevratným změnám či zničení životů lidí a organismů nebo zničení materiálních hodnot. Pro podnik znamená havárie hlavně ztráty na poli image a obchodního trhu, například ztrátou zájmu odběratelů, více než přímé materiální ztráty a pokles výroby. [9].



Obrázek č. 36: Schéma dopadů průmyslové činnosti

4. 1. Legislativní rámec pro prevenci závažných havárií s únikem NCHL

Závažnost problematiky havárií a jejich prevence vedla k vypracování soustavy právních a technických norem, které byly postupně zaváděny a dále zpřesňovány a zpřísňovány. V současné době jsou vytvořeny samostatné předpisy jak pro havárie s únikem nebezpečných chemických látek (NCHL), tak i pro havárie radiační.

Níže budou uvedeny jen nejvýznamnější předpisy, tvořící obecný legislativní rámec a stručný popis jejich obsahu.

4. 1. 1. Předpisy EU

Důležitou směrnicí se stala Council Directive 82/501/EEC on the Major Accident Hazards of Certain Industrial Activities, známá jako směrnice **SEVESO I**. Tato směrnice spolu se svými doplňky (směrnice rady 87/216/EEC, 88/610/EEC) stanovila základní povinnosti pro provozovatele rizikových objektů:

- a) subjekt, který pracuje s nebezpečnými chemickými látkami musí přijmout preventivní opatření před haváriemi, které by měly vážné důsledky pro životní prostředí a zdraví obyvatelstva;

- b) veřejné orgány musí být informovány o těchto rizicích a musí vykonávat kontrolu technologických činností; zároveň musí být informovány v případě havárie, aby mohly přijmout účelná a efektivní opatření;
- c) zaměstnanci a veřejnost musí disponovat vhodnými informacemi z pohledu zlepšení prevence a přípravy zásahu v případě havárie;
- d) členské státy musí spolupracovat obzvláště ve vzájemné výměně informací ve vztahu k možným účinkům havárie přesahující hranice daného státu;
- e) aby se nevytvářely podmínky nelegální konkurence, je nutná harmonizace omezení ukládaných subjektům v různých státech.

Zkušenosti z aplikace vedly k nahrazení uvedených normativů směrnicí Council Directive 96/82/EC on the Control of Major Accident Hazard Involving Dangerous Substances, známou jako směrnice **SEVESO II** nebo COMAH. Tato směrnice je mnohem více orientována na lidský faktor. Byla zapracována i do českého právního řádu v podobě *zákona č. 59/2006 Sb.*, o prevenci závažných havárií způsobených nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky. Tato směrnice rozšířila předchozí směrnice o:

- a) všechny subjekty, které pracují s nadlimitním množstvím nebezpečných chemických látek včetně chemických zařízení, které jsou součástí základních jaderných zařízení;
- b) způsoby klasifikace zařízení, konkrétně rozlišování mezi uskladňováním a používáním, redukce počtu jmenovitě určených složek a přístupu ke klasifikaci vytvářené pro labeling;
- c) zesílení bezpečnostních akcí spojených se všeobecnou organizací subjektu a jeho řízením;
- d) povinnosti zavést plánování využití půdy v okolí nebezpečných zařízení;
- e) definování bezpečnostní zprávy a podmínek jejich postoupení veřejnosti.

Informace o vzniklých haváriích jsou centralizovány v *databázi MARS* (Major Accident Report Systém) vytvořené Výzkumným střediskem Evropské komise (Joint Research Centre, JRC) v Ispře v Itálii. [9]

4. 1. 2. Předpisy v ČR

Základní právní normou ČR je zde **zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií**, připomenout je třeba dále zákon č. 239/2000 Sb. (zákon o integrovaném záchranném systému), zákon č. 240/2000 Sb. (zákon o krizovém řízení), legislativu požární ochrany (zákon č. 238/2000 Sb., zákon o Hasičském záchranném sboru ČR) a zákoník práce.

Přehled legislativy vztahující se k zákonu o prevenci závažných havárií

- **Zákon 59/2006 Sb.**, zákon 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).
- **Vyhláška 103/2006 Sb.**, o stanovení zásad pro vymezení zóny havarijního plánování a o rozsahu a způsobu vypracování vnějšího havarijního plánu.
- **Vyhláška 250/2006 Sb.**, vyhláška, kterou se stanoví rozsah a obsah bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu nebo zařízení zařazených do skupiny A nebo do skupiny B.
- **Nařízení 254/2006 Sb.**, nařízení vlády o kontrole nebezpečných látek.
- **Vyhláška 255/2006 Sb.**, vyhláška o rozsahu a způsobu zpracování hlášení o závažné havárii a konečné zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie.
- **Vyhláška 256/2006 Sb.**, vyhláška o podrobnostech systému prevence závažných havárií.
- **Zákon 356/2003 Sb.** o chemických látkách a přípravcích. Pro nebezpečné chemické látky a chemické přípravky jsou zákonem určeny způsoby jak s nimi zacházet, jak je vydávat, prodávat, distribuovat, evidovat, přepravovat, skladovat apod.

Základní tendence prosazované výše zmíněnými normativy jsou:

- zavedení víceúrovňového bezpečnostního managementu (úroveň republiková, regionální, místní a podniková);
- odpovědnost provozovatele rizikových objektů;
- informování veřejnosti;
- role státní správy;
- klasifikace subjektů podle schopnosti způsobit závažnou havárii

4. 1. 2. 1. Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií

Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, aplikuje pro podmínky ČR, tzv. SEVESO II direktivu. Směrnice Rady 96/82/EC, tzv. SEVESO II direktiva ukládá provozovatelům, v jejichž objektech a zařízeních se nachází definované množství jmenovitě uvedených nebezpečných látek a kategorií nebezpečných látek, povinnost identifikovat nebezpečí a zhodnotit související rizika, přijmout příslušná bezpečnostní opatření, splnit oznamovací a informační povinnost i zajistit připravenost pro případ havárie.

V těch případech, kdy se jedná o havárie se zvláště závažnými následky pro zdraví člověka a životní prostředí (vyšší množství přítomných nebezpečných látek), ukládá povinnost zavést **bezpečnostní management**, zpracovat **bezpečnostní zprávu**, kterou musí schválit příslušný správní úřad a zpracovat vnitřní a vnější havarijní plány.

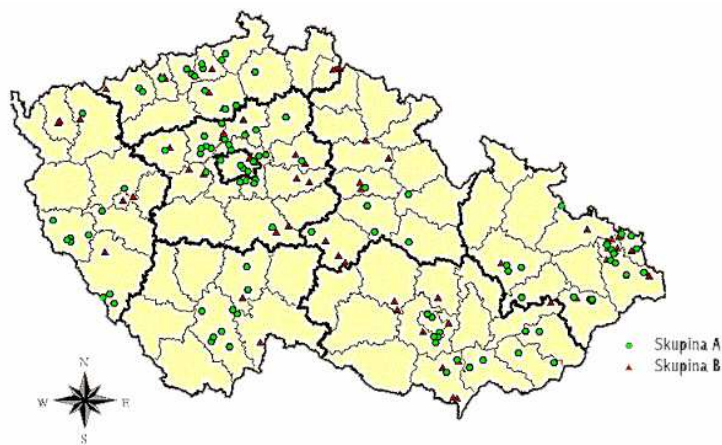
Obsahem zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií v platném znění je zejména:

- vymezení rozsahu jeho působnosti na subjekty určené dle charakteru jejich rizikových činností a dle množství používaných vybraných NCHL, popř. rozhodnutím příslušného orgánu státní správy;
- stanovení základních povinností provozovatelů klasifikovaných rizikových objektů a činností v oblasti prevence havárií, zpracování bezpečnostní dokumentace, součinnosti se státní správou, samosprávou a dalšími subjekty;
- stanovení pravomocí a úkolů pro příslušné orgány státní správy včetně sankčních postihů.

Je vymezen předmět zákona, který je založen na přítomnosti určitého stanoveného množství nebezpečných látek v objektu nebo v zařízení. Působnost zákona je zaměřena na povinnosti právnických i fyzických osob a na výkon státní správy na úseku prevence závažných havárií v objektech a zařízeních, kde jsou umístěny nebezpečné látky v množstvích, která jsou uvedeny v příloze č. 1 zákona 59/2006 Sb. (Příloha č.1). Každá právnická a fyzická osoba je povinna zjistit, zda se na jeho objekt nebo zařízení výše uvedený zákon vztahuje. [28].

4. 1. 2. 2. Zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A nebo skupiny B

Zařazení průmyslového podniku do skupiny A nebo B (anebo nezařazení objektu pod účinnost zákona) je první významnou povinností podniků, která se řídí přílohou č. 1 zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií. Proto jsou v dalším textu shrnuty potřebné údaje pro zařazení objektu (obr. 37).



Obrázek č. 37: Územní rozložení objektů v působnosti zákona č. 59/2006 Sb. (stav z roku 2005 = 158 objektů - skupina A 81 objektů, skupina B 77 objektů)

Pro zařazení objektu platí následující pravidla:

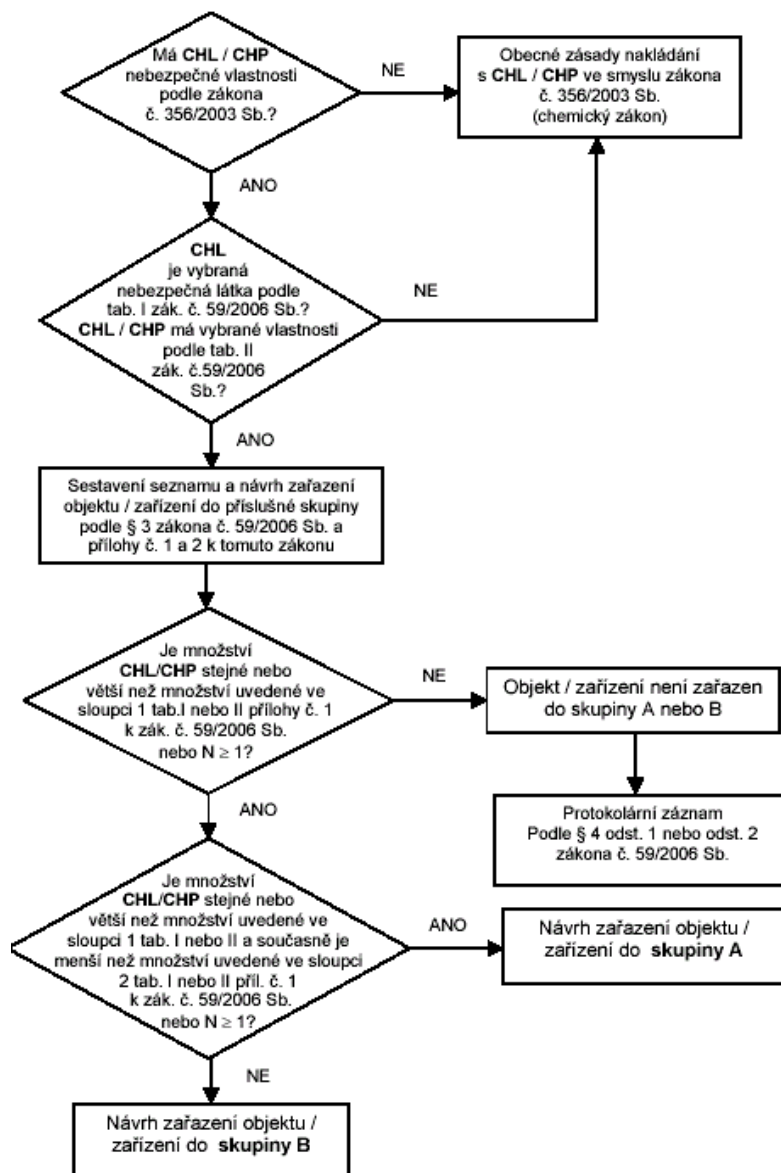
- Nebezpečná látka umístěná v objektu nebo zařízení pouze v množství stejném nebo menším než 2 % množství nebezpečné látky uvedené v tabulce I nebo

tabulce II nebude pro účely výpočtu celkového umístěného množství nebezpečné látky uvažována, pokud její umístění v objektu nebo zařízení je takové, že nemůže působit jako iniciátor závažné havárie nikde na jiném místě objektu nebo zařízení.

- Pokud nebezpečná látka nebo více nebezpečných látek uvedených v tabulce I v příloze č. 1 zákona 59/2006 Sb. náleží také do některé skupiny s vybranou nebezpečnou vlastností uvedené v tabulce II v příloze č. 1 zákona 59/2006 Sb., použije se pro jejich zařazení do skupiny A nebo skupiny B množství uvedené v tabulce I. – *(Příloha č. 1)*.
- Jde-li o nebezpečnou látku, která má více nebezpečných vlastností uvedených v tabulce II, použije se pro její zařazení do skupiny A nebo skupiny B nejnižší množství z množství uvedených u jejích nebezpečných vlastností v tabulce II.
- V případě, že je nebezpečná látka umístěna na více místech objektu nebo zařízení, provede se součet všech dílčích množství jednoho druhu nebezpečné látky, která jsou v objektu nebo zařízení umístěna. Tento součet je výchozím množstvím nebezpečné látky, podle kterého se objekt nebo zařízení zařadí do skupiny A nebo B *(Příloha č. 2)*.

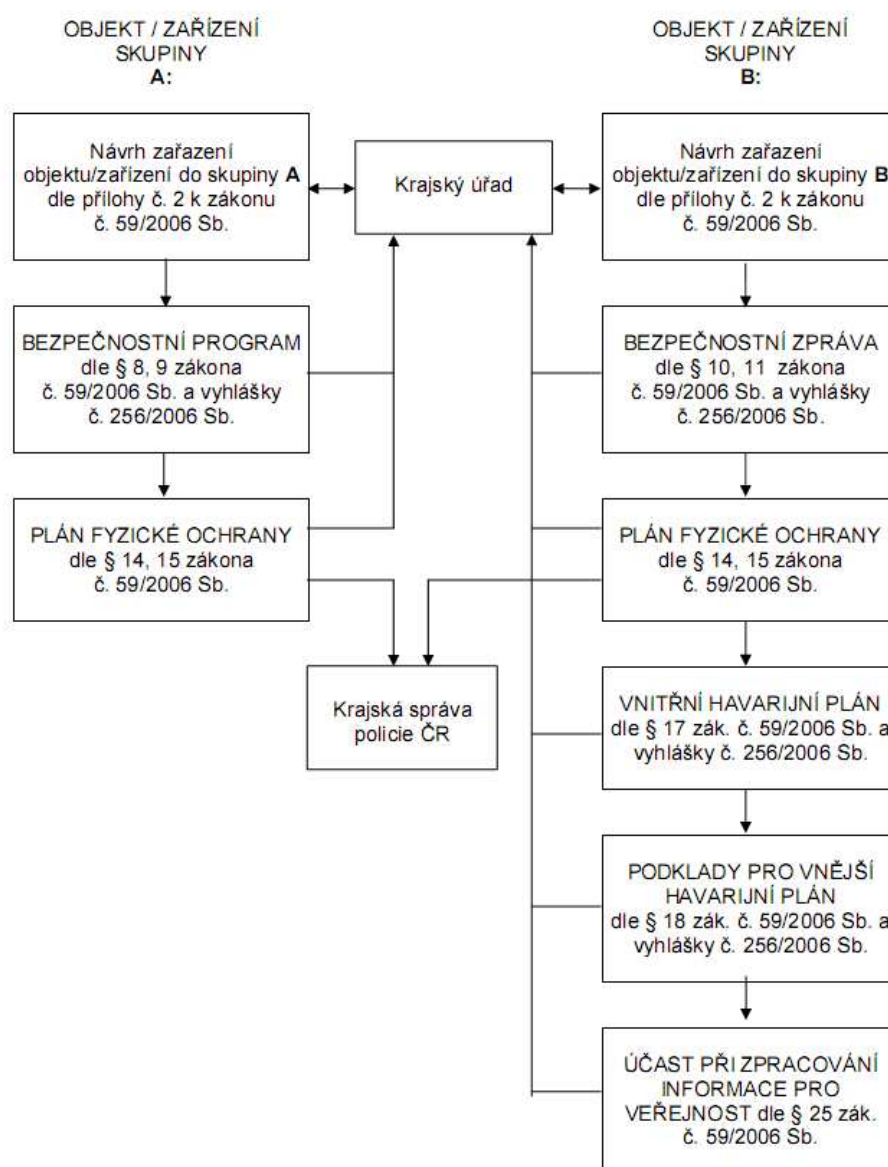
Z krátké historie působení zákona lze konstatovat, že tento zákon představuje významný přínos pro prevenci závažných havárií v objektech, kde se nakládá s nadlimitním množstvím vybraných nebezpečných látek. Na druhé straně je zřejmé, že většina podniků není dostatečně připravena na plnění náročných úkolů, a proto byla bezpečnostní dokumentace ve velkém počtu opakovaně vrácena k přepracování.

V současnosti probíhá výběr zařízení, pro které je vyžadována bezpečnostní dokumentace z oblasti prevence závažných havárií, na základě limitních množství nebezpečných látek uvedených v zákoně o prevenci závažných havárií. Tento poměrně jednoduchý postup podle součtového vzorce přináší své klady i zápory. Na jednu stranu jednoznačným způsobem rozhodne o zařazení podniku do skupiny A nebo B, ale z druhé strany nic neříká o riziku vyplývajícím pro okolí (obr. 38).



Obrázek č. 38: Posouzení objektu nebo zařízení, ve kterém je umístěna nebezpečná chemická látka nebo chemický přípravek z hlediska působnosti zákona 59/2006 sb.

V některých případech může zdroj rizika s podlimitním množstvím nebezpečných látek umístěný například v hustě obydleném území představovat větší ohrožení, než větší zdroj s nadlimitním množstvím umístěný mimo obytná území. Proto jsou v následujícím textu stručně uvedena možná východiska pro hodnocení nezařazených zdrojů rizika. Na následujícím schématu (obr. 39) jsou znázorněny základní povinnosti pro průmyslové podniky vyplývající ze zákona o prevenci závažných havárií. [25].



Obrázek č. 39: Postup vypracování bezpečnostní dokumentace podle zákona o prevenci závažných havárií.

4. 1. 2. 3. Charakteristika nezařazených zdrojů rizika

Nezařazené zdroje rizika lze definovat jako technologická zařízení obsahující menší množství nebezpečných látek, než jsou dány v limitech zákona o prevenci závažných havárií. Prevence havárií těchto zdrojů rizika tak není v současnosti legislativně zabezpečena, proto není vytvářen patřičný tlak na řízení a snižování rizik při provozování takovýchto zařízení.

Nezařazené zdroje rizika jsou charakterizovány podle vlastností a množství umístěných nebezpečných látek. Jde především o toxické, hořlavé nebo výbušné látky. Jako příklady typických nezařazených zdrojů rizik lze uvést zařízení s amoniakem do 50 t, s chlorem do 10 t nebo LPG do 50 t. Uvádí se, že takovýchto nezařazených zdrojů rizika se vyskytuje na území ČR řádově stovky až tisíce. Následující **tabulka č. 3** podává příklady často se vyskytujících nezařazených zdrojů rizika. [24].

Nebezpečná látka	Příklad zařízení	Poznámka
čpavek	pivovary, mlékárny, chladírny, masokombináty, zimní stadiony	čpavek ve strojovnách chlazení
chlor	úpravny vod, bazény, koupaliště	chlor v 500 kg sudech nebo 45 kg láhvích
acetylén	sklady tlakových lahví	nejčastěji 50 l láhve s obsahem 8 kg C ₂ H ₂
LPG	čerpací stanice, domácí zásobníky, sklady lahví	nejčastěji zásobníky 5 m ³ nebo láhve 10 kg

Tabulka č. 3: Příklady typických nezařazených zdrojů rizika

Poměrně často vyskytující se nebezpečnou látkou je čpavek. Pro své specifické vlastnosti se využívá ve strojovnách chlazení, proto nachází velké využití v potravinářském průmyslu. Množství čpavku ve strojovnách chlazení se liší především podle velikosti provozu, například masokombináty mívají 1,8 t, 7 t nebo i 48 t čpavku, pivovary 7 t nebo 25 t, mlékárny 6,6 t nebo 10 t. Dále se čpavek nachází na zimních stadionech pro účely chlazení ledu, množství čpavku se pohybuje v rozmezí např. 6 t, 7,5 t až 12 t v případě, že na celý systém chlazení je využíván čpavek (obr. 40).

Další nebezpečnou toxickou látkou vyskytující se u nezařazených zdrojů rizika je chlor, kdy se využívá v procesu úpravy vod. Do velkých úpraven vod se chlor dodává v 500 nebo 600 kilogramových sudech. Menší dochlorovací stanice mají chlor v tlakových láhvích po 45 kg (např. 10 láhví). Rovněž na koupalištích a krytých bazénech se pohybuje zásoba chloru mezi 0,4 – 0,5 t (obr. 41).



Obr č.40: Strojovna chlazení na zimním stadiónu a potrubí s amoniakem pod ledovou plochou zimního stadiónu

Mezi hořlavé látky v nezařazených zdrojích rizika je nutné počítat acetylén ve skladech plynů, kdy celkové množství acetylénu se může pohybovat na úrovni 0,8 t až 2 t. Nejčastěji jsou využívány tlakové láhve o objemu 50 l, které obsahují 8 kg acetylénu.

Vzhledem k rostoucím cenám klasických pohonných hmot se zvyšuje zájem o levnější LPG (zkapalněný propan-butan). Jsou budovány nové čerpací stanice LPG, kdy nejsou dostatečně dořešeny odstupové vzdálenosti od benzinových čerpacích stanic. V případě havárie je velké nebezpečí tzv. domino efektu, kdy havárie jednoho zařízení může způsobit závažnou havárii druhého zařízení. Běžně se pohybuje množství LPG na čerpacích stanicích od 2,1 t do 4,2 t v různě velkých zásobnících (např. zásobník o objemu 5 m³ obsahuje 2,1 t LPG). Podobné zásobníky se používají pro vytápění domácností (1,1 nebo 2,1 t LPG pro rodinné domy) nebo pro provozovny na odloučených místech (např. hotely). Tyto zásobníky mohou být podzemní nebo nadzemní. Zdroj rizika mohou představovat především větší sklady lahví, kdy celkové množství propan-butanu může dosahovat 1 až 4 t. Při prodeji LPG se mohou vyskytovat

i zvláštní případy zdrojů rizika, kdy například provozovatelé železniční cisterny určenou pro přepravu LPG upraví na stacionární zásobník, který obsahuje maximálně 23,8 t LPG. Pro informaci přepravu LPG na kratší vzdálenosti zajišťují autocisterny (menší 9,5 t, větší 15,5 t LPG).

Velkou skupinu nezařazených zdrojů rizika představují čerpací stanice pohonných hmot – automobilových benzínů a motorové nafty (obr. 42). Při běžném provozu nejsou čerpací stanice vnímány jako významný zdroj rizika, přesto ze statistických údajů vyplývá určitá míra rizika závažné havárie. Různě velké čerpací stanice mohou obsahovat například 7,4 t, 50 t, 100 t nebo 190 t benzínu a 17 t, 50 t nebo 112 t nafty, ve většině případů v různě velkých podzemních nádržích.



Obr. č. 41: Chlorovací stanice v úpravně vod



Obr. č.42: Přečerpávání LPG z železniční cisterny

V České republice existují stovky až tisíce zařízení s nebezpečnými látkami, které mají vyšší úroveň rizika než mnohé velké průmyslové celky. Lidé odpovědní za provoz takových zařízení by se měli zamyslet nad výše položenými otázkami. Pokud na ně nenaleznou uspokojivou odpověď, měli by společně s odborníky hledat řešení pro snížení úrovně rizika těchto zařízení na společensky přijatelnou úroveň.

Obyvatelé v blízkosti takových objektů a zařízení by měli být předem dostatečně informováni o základních zásadách ochrany a způsobech jednání a chování v případě závažné havárie. Komunikace s místním obyvatelstvem - především pak v blízkém a

ohroženém okolí od objektů a zařízení s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky - je velmi významná, ale stále nedosahuje ideálu o 100% informovanosti obyvatelstva.

Vyhodnocování možných havarijních dopadů je nutné provést jako prognózu již předem, protože to umožní lépe a zodpovědněji se připravit na dopady (následky) možné závažné průmyslové havárie. K tomu je třeba použít moderních prognostických SW nástrojů, jako je například softwarový produkt TerEx. [35]

5. Krizová řešení a návrhy

Z rozboru známých případů havárií vyplývá, že rozhodující roli sehrává vždy lidské jednání. K závažnějším haváriím – především z důvodu přítomnosti nebezpečných látek – dochází zpravidla při sečtení chyb, které samy o sobě se zdají nepodstatné. Proto systematický postup analýzy rizik musí zohledňovat identifikaci nebezpečí – podmínku či příčinu, která má potenciál k způsobení poškození zdraví lidí, ztráty majetku nebo znečištění životního prostředí (toxicita, hořlavost, výbušnost apod.) a stanovit opatření k omezení a odvrácení nebezpečí i souvisejících rizik.

Prvořadým smyslem prevence je předejít možným haváriím, eventuálně zmírnit jejich následky.

5. 1. Odhad následků havárií s nebezpečnými látkami v rámci prevence

Základem pro analýzu a hodnocení rizik a řízení rizik v objektu nebo zařízení je bilance systému: materiálová bilance všech chemických látek, chemických přípravků a médií v zařízení, doplněná dle potřeby energetickou bilancí. Dalším předpokladem je znalost technologického procesu za normálních i mimořádných podmínek nebo jiného způsobu nakládání s chemickými látkami nebo přípravky a kvalitativní údaje o vlastnostech přítomných nebo při havárii vznikajících chemických látek.




K tomu přistupují další předpoklady, jako jsou např. podrobná znalost objektu a zařízení, údaje pro kontrolu, měření a regulaci procesu, a dalších potřebných dat pro analýzu rizik.

Analýza rizik zahrnuje nejprve identifikaci a popis nebezpečí (zdrojů rizik), oceňování zdrojů rizik, identifikaci scénářů možných nehod způsobených zdroji rizik, stanovení odhadu pravděpodobnosti (četnosti) a velikosti následků scénářů možných nehod, odhad (ocenění) rizika získaný kombinací odhadu (ocenění) následků a pravděpodobností všech vybraných scénářů nehod pro stanovení míry rizika zkoumaného objektu nebo zařízení. Důležitými vstupními údaji pro posouzení nebezpečí jsou vždy fyzikálně chemické vlastnosti a technicko bezpečnostní parametry (TBP) přítomných látek i podmínky prováděné činnosti. Pro identifikaci nebezpečí je důležité respektování možných odchylek a jejich vlivů na zařízení.

5. 1. 2. Identifikace nebezpečí

První krok hodnocení zahrnuje stanovení cílů a rozsahu hodnocení, definování problému, klasifikaci nebezpečných látek. Pro základní klasifikaci chemických látek se používá následující zjednodušená **tabulka č. 4**, která je platná pro vodní prostředí. Hodnocení environmentálních rizik je v současnosti poměrně uspokojivě rozpracováno pro vodní a terestrické prostředí, pro ovzduší je rozpracován pouze kvalitativní odhad, protože nejsou k dispozici vhodné testovací systémy.

K vyhodnocení rizik, které by potenciální havárie mohla způsobit na zařízení, zaměstnancům a obyvatelstvu nebo životnímu prostředí, je potřebné zobrazení následků: rozsah hořlavosti a výbušnosti při úniku látek pro různé případy poruch, různé rychlosti proudění vzduchu i při uvolňování maximálních množství, rozsahu působení – zón zamoření – při úniku toxických látek. [3].

Akutní toxicita: min. F, D, A ¹ : L(E)C ₅₀ (mg/l)	Není lehce biologicky odbouratelná	Potenciál pro bioakumulaci Log K _{ow} >3 nebo BCF > 100	Klasifikace: Symbol nebezpečnosti R-věty
< 1	-	-	 N R50 (velmi jedovatá...)
< 1	+ a / nebo	+	 N R50/53 (velmi jedovatá a může způsobit dlouhotrvající škodlivé účinky)
1-10 a	+ a / nebo	+	 N R51/53 (jedovatá... a může způsobit dlouhotrvající škodlivé účinky)
10-100 a	+ a	+/-	R52/53 ² (škodlivá... a může způsobit dlouhotrvající škodlivé účinky)
- , ale S _w < 1	+ a	+	R53 ² (může způsobit dlouhotrvající škodlivé účinky)

Tabulka č. 4: Formalizovaná kritéria pro klasifikaci chemických látek (platná pro vodní prostředí).

F, D, A: Fish, Daphnia, Algae = ryba, dafnie, řasa, S_w = rozpustnost ve vodě.

² bez klasifikace, když má látka prokázanou schopnost rapidně degradovat ve vodním prostředí, anebo NOEC (dlouhodobá koncentrace, při které není pozorován nežádoucí účinek) pro ryby nebo dafnie je větší anebo rovný 1 mg/l (R52) anebo větší než S_w (R53). LC₅₀ = smrtelná koncentrace pro 50% zkoumané populace, K_{ow} = rozdělovací koeficient oktanol/voda, BCF = bioakumulační faktor

5. 1. 3. Analýza a hodnocení rizik

Existují dva odlišné názory na riziko, od nichž se odvíjí dva přístupy k problematice hodnocení rizik.

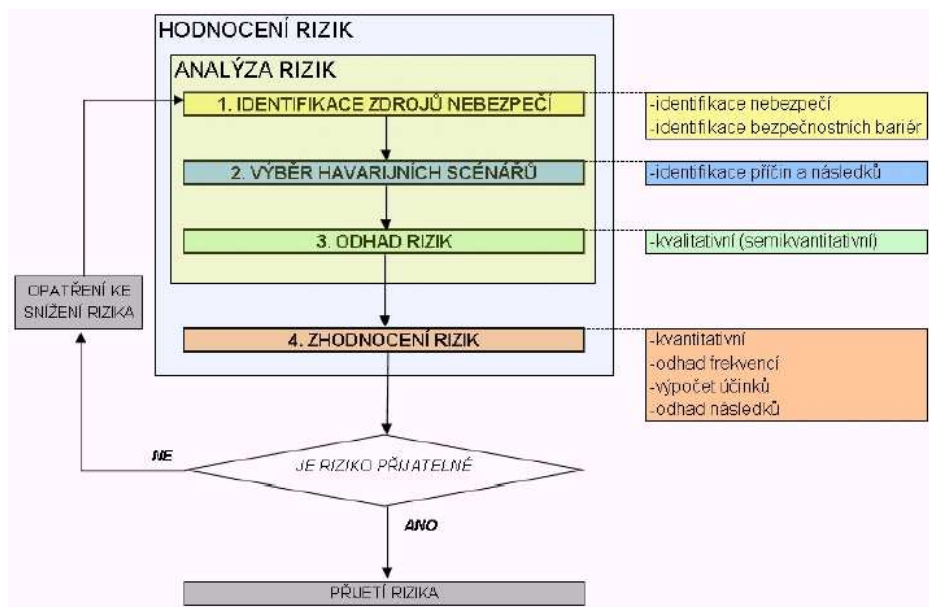
Prvním z nich je přístup orientovaný na následky neboli tzv. *deterministický přístup*. Toto „deterministické“ pojetí je založeno na myšlence, že následky mají své příčiny a pravděpodobnost vzniku určitého jevu je buďto možná nebo nemožná. Tento přístup tedy uvažuje nezávisle na četnosti určitý scénář a předpokládá se, že pokud existují dostatečná bezpečnostní opatření pro nejhorší možný scénář (worst case scenario), budou tato opatření dostatečná také pro méně závažnější případy. Výsledky

jsou interpretovány v podobě zón okolo zařízení, kde se předpokládají určité účinky. Tento přístup je uplatňován například ve Francii, kde má dlouholetou tradici.

Druhým přístupem je takzvaný *probabilistický přístup*, který považuje všechny jevy jako možné s určitou pravděpodobností. Jeden z hlavních předpokladů tohoto přístupu je nezávislost výskytu všech událostí. Aplikací takového přístupu je zkoumání následků různých havarijních scénářů a jejich pravděpodobností. Tento přístup je při hodnocení rizik používán například v Nizozemí, Velké Británii, a také v České republice. Na hodnocení rizika lze také nahlížet z pohledu kvalitativního či kvantitativního.

Kvalitativní částí procesu hodnocení rizika je identifikace zdrojů rizika, analýza příčin a následků a jejich kauzálních souvislostí-scénářů možných havárií. Klíčovým bodem jsou přitom úplnost, důslednost a správnost uvažovaných situací a jevů.

Kvantitativní hodnocení rizika je nezbytným nástrojem pro efektivní risk management. Spočívá zejména v pravděpodobnostní analýze (určení četnosti, frekvence uvažovaných havarijních scénářů) a hodnocení následků (určení závažnosti uvažovaných havarijních scénářů). Klíčovým bodem jsou přitom spolehlivé matematické modely a hodnoty frekvencí a pravděpodobností. [3].



Obrázek č. 43: Proces hodnocení rizik

První částí hodnocení rizik je **analýza rizika** sestávající z identifikace nebezpečí, tedy zdrojů nebezpečí a situací (scénářů), které mají potenciál způsobit škody ve svém okolí. Součástí identifikace nebezpečí je také zkoumání bezpečnostních bariér, tedy opatření, která mají jednak zamezit vzniku havarijní situace, anebo omezit rozsah následků havárie (obr. 43).

Posledním krokem analýzy rizika je pak **odhad rizika** (risk estimation) pro jednotlivě zkoumaná zařízení a jejich seřazení dle míry rizika (na základě odhadu míry následků, popř. pravděpodobnosti).

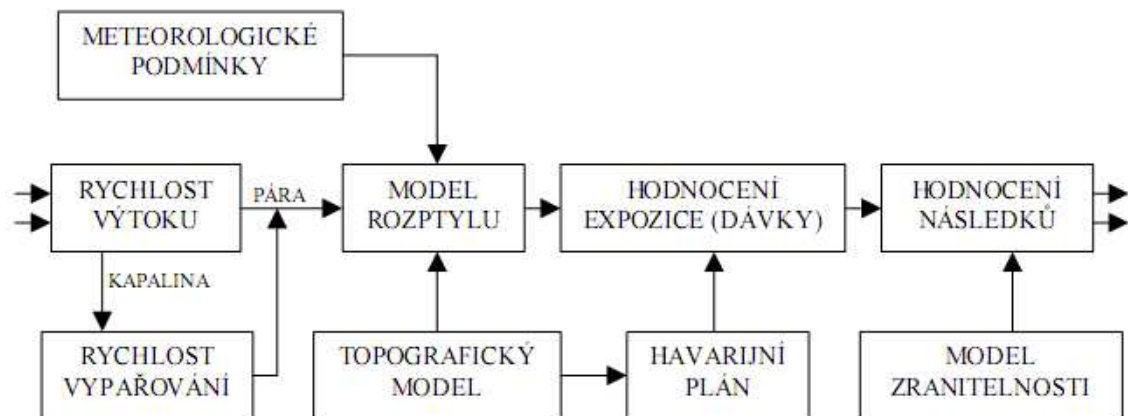
Zhodnocení rizik (risk evaluation) je pak možné chápat jako etapu založenou na analýze rizika zaměřenou na kvantifikaci popřípadě upřesnění veličin charakterizujících riziko, tedy pravděpodobnosti a míry následků, pro vybrané havarijní scénáře (resp. nebezpečné jevy s nimi spojené).

Výsledky provedené analýzy rizik jsou použity k určení, která preventivní opatření musí být instalována a jaké další úpravy technologie procesu musí být provedeny, aby riziko bylo přijatelné a rovněž jsou podporou pro havarijní plánování.

Analýza následků havárie by měla obsahovat:

- Popis havárie
- Odhad množství uniklých látek
- Odhad rozptylu uniklých látek
- Odhad následků

Hodnocení následků je základní součástí jakéhokoliv pokusu o kvantifikaci a hodnocení rizika. Hodnocení rizika je strukturovaná procedura, která vyhodnocuje a srovnává úroveň rizika přítomného vlivem zdrojů rizika identifikovaných uvnitř nebo vně zařízení (obr.44).



Obrázek č. 44: Struktura modelů hodnocení následků

Obecně se tato procedura pokouší zodpovědět na čtyři důležité otázky týkajících se zařízení:

- co se může pokazit?
- jak budou přítomné bezpečnostní systémy reagovat na tyto události?
- jak často se to stane? jaké budou následky, pokud selžou bezpečnostní systémy?

Analýza rizik je významným nástrojem krizového řízení k poznání rizika, který v konečném důsledku má zabránit vzniku závažných havárií, nebo jejich vznik minimalizovat. [9].

5. 1. 4. Modelování dopadů průmyslových havárií softwarem ROZEX

Potřeba rychlé prognózy případných dopadů havárií na okolí si vyžádala vytvoření nástroje, který by tuto problematiku řešil rychle a efektivně. Pro tento účel byl firmou TLP, spol. s.r.o. vyvinut program ROZEX 2001. Program je určen průmyslovým podnikatelským subjektům, orgánům státní správy a zásahovým složkám, které se bezprostředně podílejí na likvidaci havárie.

Program ROZEX 2001 je určen především pro prognózu dopadů havarijních událostí, o kterých je známo málo platných a ověřených údajů. Tato situace je v praxi

velmi častá. K modelování dopadů havarijních událostí je zvolen přístup založený na filozofii konzervativního výsledku. Tento přístup je charakterizován vyhodnocením ve smyslu získání výsledku odpovídajícím maximálnímu dopadu možných následků havárie. Takový přístup zajišťuje dostatečně přesnou prognózu dopadů havárie, přičemž počet vstupních parametrů pro výpočet může být a je omezen na nezbytné minimum.

Program je zaměřen na prognózu dopadů havárií v průmyslu, při nichž dojde k úniku nebezpečných látek, které mohou ohrozit okolí požárem, výbuchem nebo jej intoxikovat. Program rozlišuje jednorázové a déle trvající, čili kontinuální, úniky látek ze zařízení. Na základě povahy úniku, atmosférických podmínek, fyzikálně–chemických vlastností látky a reliéfu krajiny a dalších parametrů rozlišuje program způsob tvorby oblaku a jeho šíření krajinou.

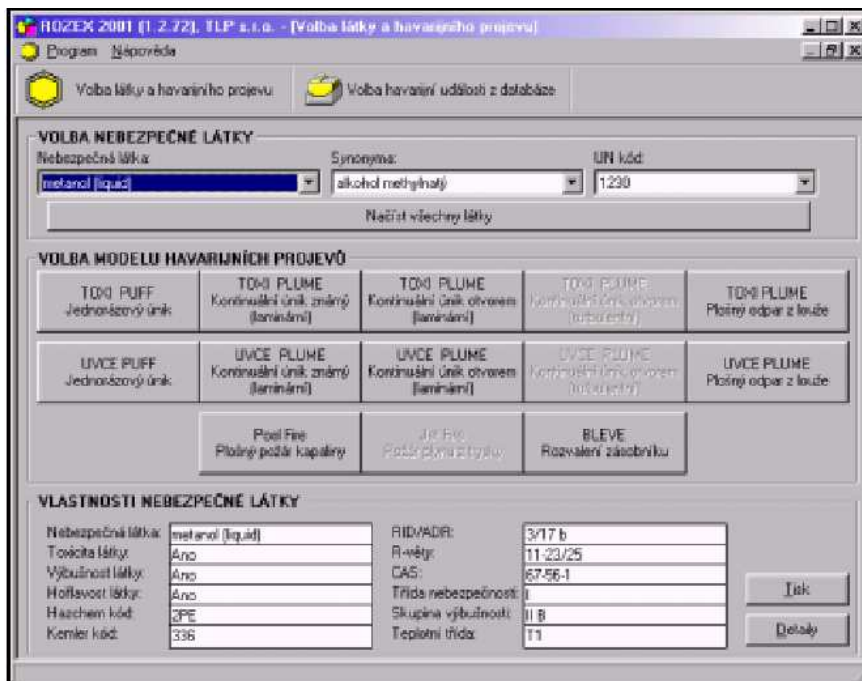
Program hodnotí úniky toxických látek z hlediska dosahu a tvaru toxického oblaku při zvolené mezní koncentraci toxické látky.

Úniky látek schopných výbuchu program hodnotí z hlediska dosahu vzdušné rázové vlny o stanoveném přetlaku a dosahu ohrožení osob kontaktem s plamennou zónou. U hořlavých látek program vyhodnocuje účinky tepelné radiace na osoby a na stavební konstrukční prvky. [35].

5. 1. 4. 1. Práce s programem ROZEX 2001

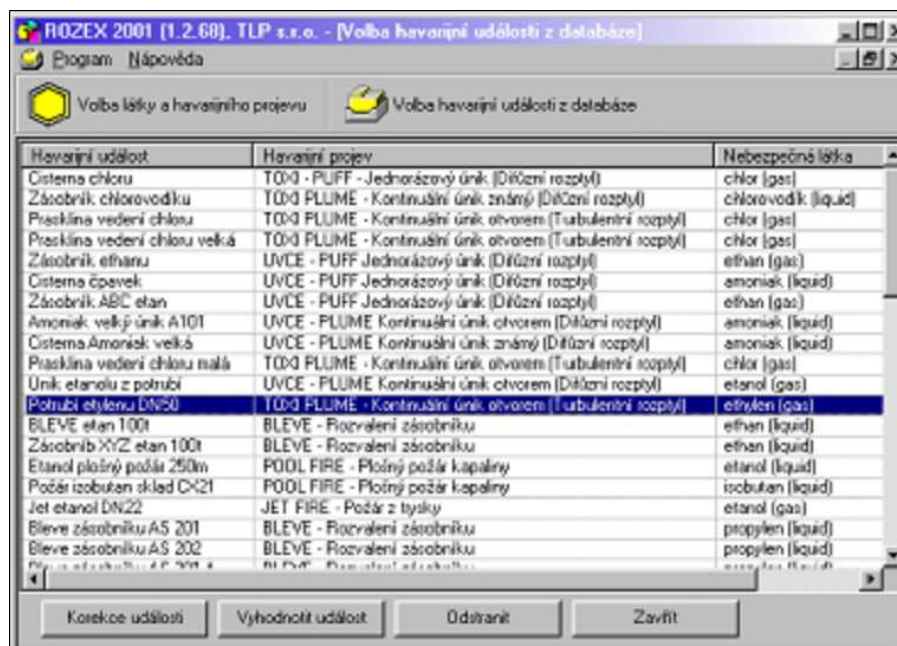
Dominantní vlastností programu je možnost práce ve dvou základních režimech. Pracovní režim **Volba látky a havarijního projevu** je určen pro výběr látky z databáze nebezpečných látek a pro volbu modelu kterým bude vyhodnocení havarijní události prováděno. Program umožňuje kromě výběru nebezpečné látky podle názvu i volbu pomocí příslušných synonym nebo i pomocí UN kódů. Nabídka pro výběr modelu je interaktivní. V praxi to znamená, že uživatelé jsou pro konkrétní látku ve výběru zpřístupněny pouze modely, které mohou nastat v reálné praxi nebo ty modely, pro které jsou k dispozici všechna potřebná data v databázi nebezpečných látek. Součástí

nabídky při výběru látky jsou i informace o základních bezpečnostních vlastnostech vybrané látky (obr. 45).



Obrázek č. 45: Okno pro zobrazení režimu „Volba látky a havarijního projevu“

Druhý základní pracovní režim *Volba havarijní události z databáze* nabízí možnost práce s databází havarijních událostí. Uživatel tak má k dispozici nástroj umožňující připravit scénáře možných havarijních událostí, jejich předběžné vyhodnocení a uložení vstupních parametrů výpočtů do databáze havarijních událostí. Při vzniku havárie může rychle provést výpočet (v závislosti na konkrétních atmosférických podmínkách) a jeho interpretaci v mapovém podkladu. Havarijní událost může uživatel nejenom vyhodnotit, ale může i rychle a jednoduše provést úpravu vstupních parametrů výpočtu a výpočet tak přesně přizpůsobit konkrétním podmínkám vzniku a průběhu havarijní události (obr. 46).

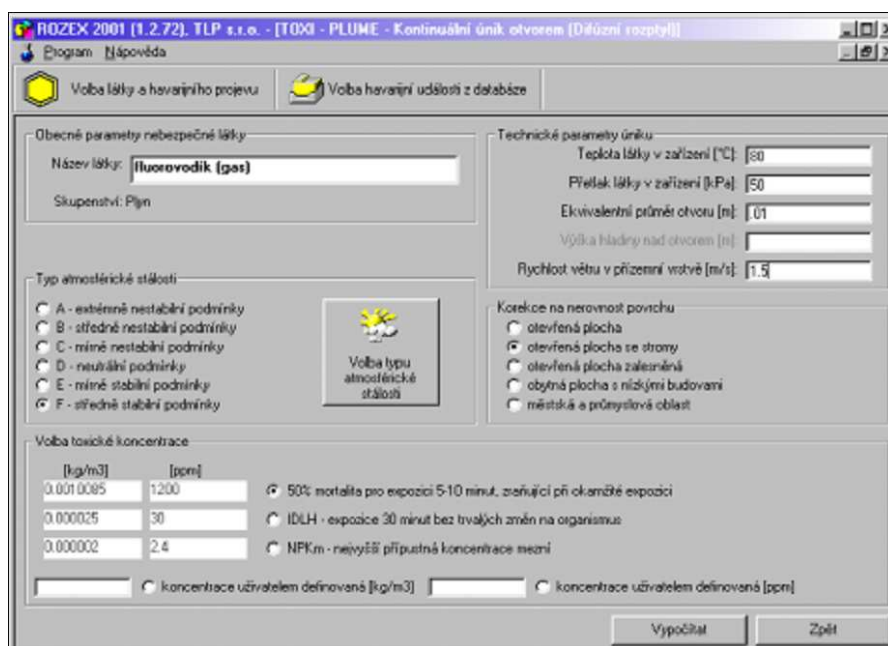


Obrázek č. 46: Okno pro zobrazení režimu „Volba havarijní události“

Program obsahuje pro každý model havarijní události jedno zadávací okno. V těchto oknech jsou zadávány veškeré informace a parametry pro provedení výpočtu. Pro látky toxického charakteru je v programu k dispozici možnost volby koncentrace pro výpočet (obr. 47):

- **50% mortality při expozici 5 – 10 min; zraňující při okamžité expozici** – koncentrace toxické látky ve vzduchu způsobující při expozici 5 – 10 min 50–ti procentní mortalitu a u přeživších nevratné změny v organismu.
- **IDLH – 30–ti minutové expozice bez trvalých změn na organismu** – udává maximální úroveň koncentrace, kterou mohou být lidé exponováni po dobu až třiceti minut, aniž by byl přímo ohrožen jejich život, či nastaly nevratné změny na jejich zdraví.
- **NPKm – nejvyšší přípustné koncentrace mezní** – tato toxická koncentrace udává toxickou limitu, která nesmí být překročena v pracovním prostředí.
- **Koncentrace uživatelem definované** – představuje možnost přímého

zadání číselné hodnoty definované koncentrace. Hodnotu lze zadávat buď v [kg/m³] nebo v [ppm].



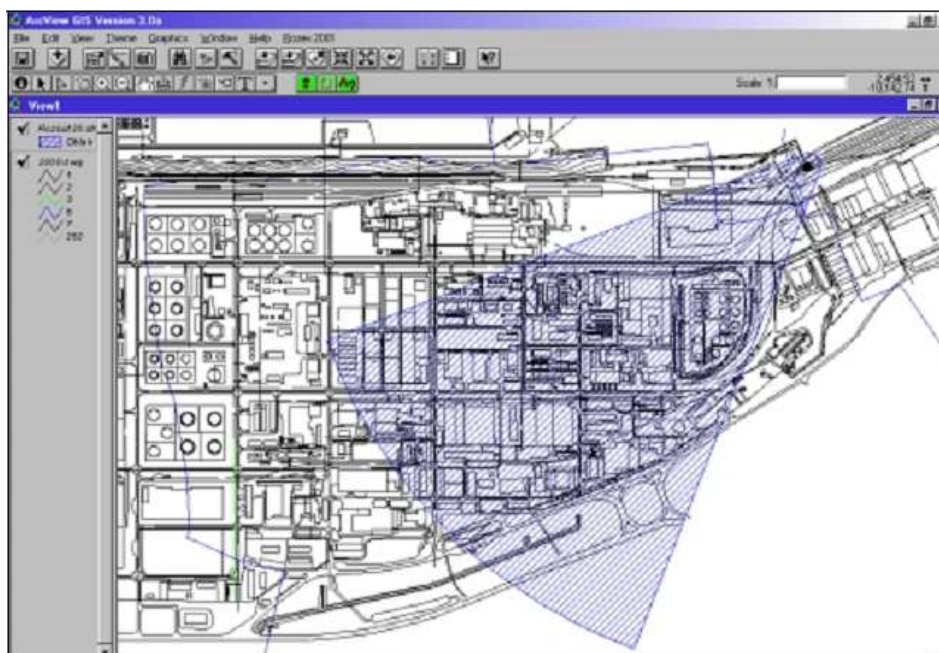
Obrázek č. 47: Okno pro zadávání parametrů výpočtu

Výsledky výpočtů jsou prezentovány jak ve formě numerické (obr. 48), tak ve formě grafické. Numerický výsledek výpočtu je zobrazen v okně *Výsledky výpočtu*, ve formě vertikálně posuvného textu, který lze vypsát na tiskárně jako výsledkový protokol. Výsledkový protokol obsahuje základní identifikaci programu, identifikaci uživatele, zadání výpočtu, výsledky výpočtu a základní informace o nebezpečné látce.

ROZEX 2001® ver. 1.2.68 (14.7.1999), ŠTLP, s.r.o.		datum: 19.7.1999	čas: 11:05
Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky			
Název látky:	amoniak (liquid)		
UN kód:	1005		
Z A D Á N Í V Ý P O Č T U			
parametr	hodnota	jednotka	
Typ atmosférické stálosti:	B - středně nestabilní podmínky		
Rychlost větru:	2	[m/s]	
Teplota látky v zařízení:	25	[°C]	
Typ povrchu pro šíření oblaku:	otevřená plocha zalesněná		
V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U			
parametr	hodnota	jednotka	
Množství uniklé látky:	35000	[kg]	
Mříkový odpar látky:	37	[%]	
Reálný odpar pro vznik oblaku:	12800	[kg]	
TOXICKÁ KONCENTRACE: 50% mortalita při expozici 5-10 minut, zraňující při okamžité expozici			
Hodnota:	0.00908	[kg/m3]	
	12700	[ppm]	
Maximální dosah oblaku:	570	[m]	
Doba tvorby oblaku:	4.8	[min]	
Z Á K L A D N Í I N F O R M A C E O V L A S T N O S T E C H N E B E Z P E Č N Ě L Á T K Y			
ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTKĚ:			
Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí zkapalněný jedovatý plyn. Uvolněná kapalina přechází rychle do plynné fáze. Se vzduchem tvoří výbušné směsi.			
ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:			
Leptá oči, dýchací cesty a kůži. Kapalina způsobuje omrzliny.			
OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:			
Úplný protičpavkový oděv a dýchací přístroj.			
Typ filtru pro ochrannou masku:			
K zelený nebo kombinovaný (K 2).			
MECHANISMUS PŮSOBENÍ NA ORGANISMUS:			
Systémové vlivy: plíce, poškození ledvin, možnost potratu.			
PRVNÍ POMOC:			
Při zasažení oči nebo kůže důkladně vypláchnout vodou. Převléci zasažený oděv. Netřít omrzliny, neotvírat puchýře. Dopravit k lékaři.			
ORGANOLEPTICKÉ PROJEVY:			
Páry silně dráždí oči, dýchací cesty a kůži.			
DOPORUČENÉ HASEBNÍ PROSTŘEDKY:			
Nehořlavý. Masivo přizpůsobit okolí.			

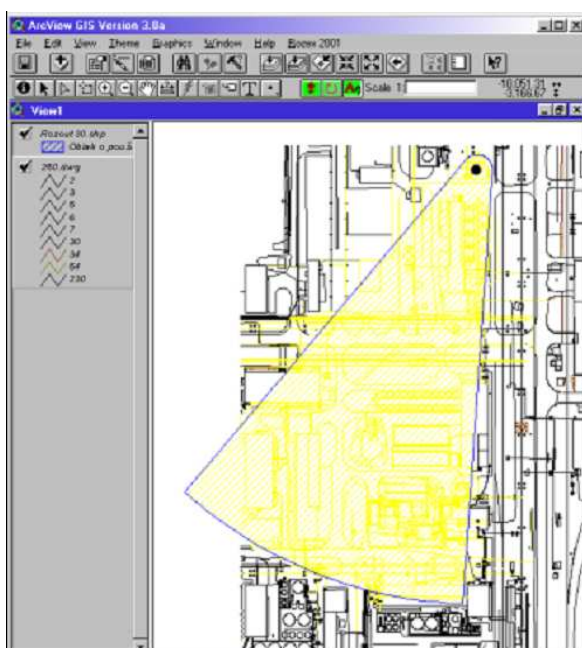
Obrázek č. 48: Textový protokol výpočtu

Výsledky jsou prezentovány jako plochy možného ohrožení podle příslušných projevů havárie. Další možností práce s grafickou prezentací výsledků výpočtů je možnost analýzy dat mapového podkladu jako funkce průmětu ploch ohrožení. Funkce analýzy dat spočívá ve výběru prvků mapového podkladu, které jsou překryty plochami ohrožení v závislosti na velikosti havarijních projevů (obr. 49).



Obrázek č. 49: Zobrazení grafického výstupu toxických projevů do mapy průmyslového objektu

Výsledkem je buď grafické zvýraznění vybraných objektů z mapy nebo textový výpis ohrožených objektů a jejich vlastností. Funkce analýzy dat je závislá na kvalitě použitého mapového podkladu nejenom po stránce kvality grafického zobrazení, ale především z hlediska obsahu dat navázaných na grafické objekty (obr. 50).



Obrázek č. 50: Výsledku analýzy dat - výběr objektů ohrožených v důsledku vzniku toxického ohrožení

Problematika vyhodnocení a interpretace havarijních dopadů v sobě nezahrnuje pouze problematiku vlastního výpočtu, ale v každodenní praxi je nutno ji chápat jako problém relativní. Relativní v tom smyslu, že havarijní dopady jsou vyhodnocovány v reálné praxi vždy v návaznosti na blízké nebo i vzdálené okolí místa havárie.

Z tohoto důvodu je velmi výhodné a potřebné zobrazit výsledky vyhodnocení havarijních událostí v grafické formě. Tato forma prezentace výsledků je velmi názorná, protože v sobě integruje jak výsledek vyhodnocení, tak i jeho promítnutí do reálného prostředí, ve kterém událost nastala. [5].

5. 2. Metodologie postupu IZS při hodnocení havarijních situací v terénu

Za válečného i mírového stavu dochází k situacím, kdy mnoho osob může být vystaveno účinkům širokého spektra nebezpečných chemických látek (NCHL). Těmito situacemi mohou být bojové operace armády, akce složek integrovaného záchranného systému (IZS), průmyslové havárie nebo teroristické útoky. Na území vyspělých průmyslových států se v současné době nacházejí značné objemy výroby, skladování, zpracování a transportu NCHL lokalizované většinou do městských průmyslových zón. Vysoká koncentrace nebezpečných chemických látek v těchto zónách představuje potenciální zdravotní riziko pro osoby nalézající se v jejich blízkosti.

Při současném stavu měřicí techniky nebývá většinou problémem stanovení kvalitativních či kvantitativních charakteristik NCHL při jejich úniku, ale nezbytné multifunkční analytické přístroje bývají u složek IZS používány téměř výhradně v laboratořích nebo v polních laboratořích. ***V případě havarijních situací může být potom problémem časová prodleva*** vznikající mezi dobou odběru vzorků, interpretací výsledku analýz a následným rozhodnutím o postupu. Armáda české republiky (ARČ) i hasičský záchranný sbor (HZS) sice mají k dispozici mobilní analyzátoři, ale tato zařízení jsou orientována především na bojové chemické látky, zatímco možnosti sledování NCHL jsou omezené [6].

Složky IZS zatím nedisponují mobilním systémem umožňujícím rychlé toxikologicko-zdravotnické vyhodnocení analýz ovzduší v místě havárie. Rovněž tak nedisponují zdrojem informací, který by umožnil odhad aditivních biologických interakcí přítomných látek

Z výše uvedeného vyplývá, že průmyslové technologie představují permanentní zdroj chemického nebezpečí a že přes dobrou úroveň technického zabezpečení ochrany obyvatelstva složkami IZS, existuje řada možností, jak stávající stav ochrany před účinky NCHL zlepšit.

Především je nutné co nejrychlejší zhodnocení zdravotního rizika jako jednoho z determinujících faktorů krizového řízení průmyslových havarijních situací. Musí se vytvořit jednotný postup a systém, který by měl zlepšit, usnadnit a urychlit krizový

management v situacích ohrožení NCHL. Měl by usnadňovat a urychlovat rozhodování krizových manažerů, týkající se např. použití ochranných prostředků, organizace mimořádných opatření nebo úplné evakuace osob. [6]

5. 2. 1. Metody a struktura systému

System musí být založen na kombinaci analytického, fyzikálního a toxikologického modulu. **Analytický modul** by měl být zdrojem kvalitativních a kvantitativních informací o druhu chemické havárie, o aktuální kontaminaci ovzduší vybranými nebezpečnými chemickými látkami a o aktuálních atmosférických podmínkách v dané lokalitě. **Fyzikální modul** systému je tvořen programovým produktem *TerEx* a **toxikologický modul systému** je tvořen softwarem ROZEX 2001.

5. 2. 1. 1. Analytický modul

Modul kontinuálně analyzuje hladiny vybraných škodlivých látek v akutní zóně havárie, tj. v oblasti pohybu záchranného týmu. Je tvořen *osobním odběrovým čerpadlem APEX* (obr. 51), *pumpou pro detekční stanovení Gastec GV-100S* (obr. 52), *fotoionizačním detektorem Multi PID 2*, *analyzátozem PAC III E*, *analyzátozem RAID-1 IMS* a zařízením pro sledování atmosférických podmínek *Wind-Sonic*, které jsou uloženy v terénním vozidle záchranného týmu.

Osobní čerpadlo APEX zajišťuje odběry ovzduší kontaminovaného škodlivými látkami v podobě plynů či aerosolů.

Gastec GV-100S je čerpadlo, které ve spojení s vhodnou detekční trubičkou umožňuje během několika desítek vteřin semikvantitativní stanovení koncentrace zvolené plynné látky v ovzduší. K dispozici jsou detekční trubičky pro více než 100 látek.



Obrázek č. 51: čerpadlo APEX



Obrázek č. 52: pumpa Gastec GV-100S

Multi PID 2 je analyzátor schopný okamžitě neselektivně monitorovat obsah organických látek v ovzduší. Vedle zobrazování okamžitých hodnot koncentrací pracuje také jako sběrač dat k pozdějšímu počítačovému zpracování (obr. 53).

PAC III E je analyzátor schopný okamžitě selektivně monitorovat obsah plynných látek v ovzduší podle typu vloženého elektrochemického senzoru (obr. 54).

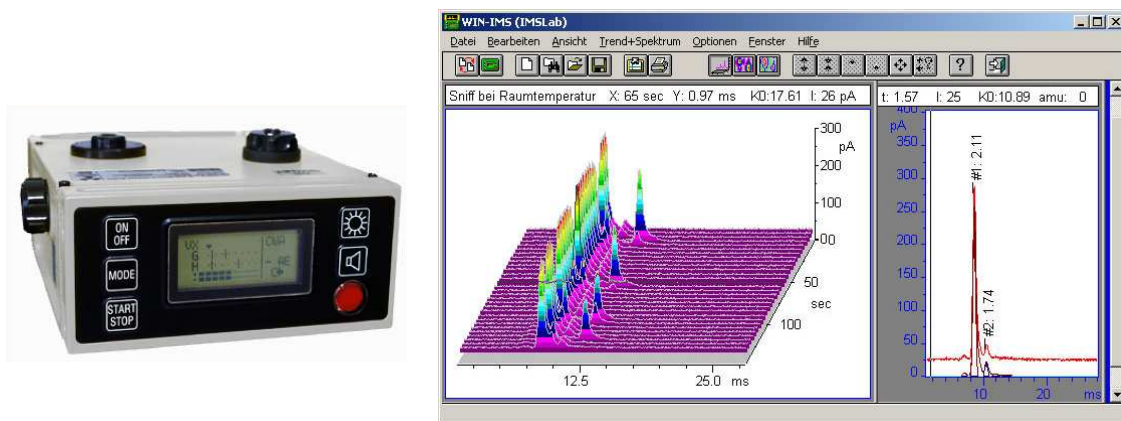


Obrázek č. 53: fotoionizační detektor Multi PID 2



Obrázek č. 54: analyzátor PAC III E

RAID – 1 je analyzátor pracující na principu spektrometrie pohyblivosti iontů (IMS). Umožňuje rychle detekovat a identifikovat vojensky významné látky sarinu, somanu, VX, yperitu, fosgenu, difosgenu, kyanovodíku a lewisitu (obr. 55).



Obrázek č. 55: analyzátor RAID-1 IMS s softwarovou aplikací

Kritérii pro výběr analyzátorů je mobilita, vysoká rychlost analýzy, univerzálnost, finanční nenáročnost a jednoduchá obsluha.

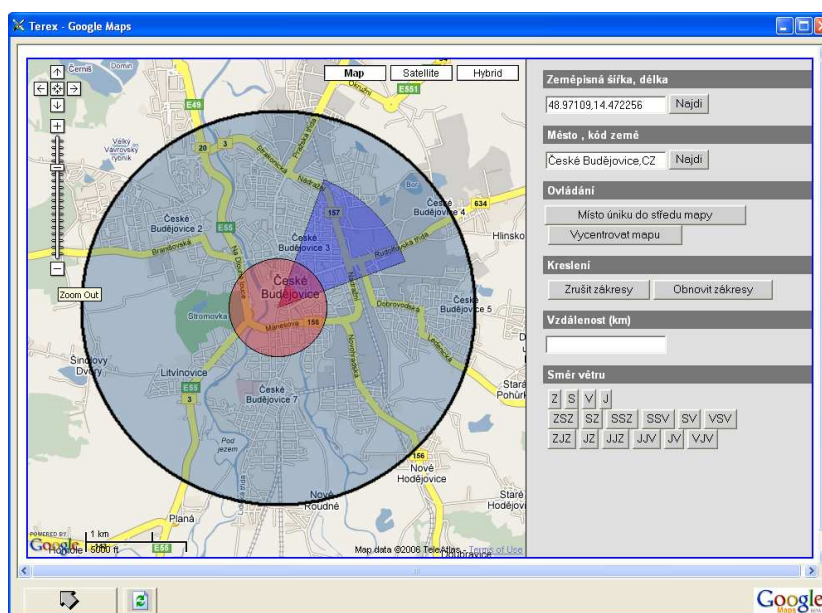
5. 2. 1. 2. Fyzikální modul

Fyzikální modul umožňuje výpočet celkových koncentračních zón (zón zdravotního rizika) šíření nebezpečných látek s vyznačením oblasti, kde lze očekávat zvýšené zdravotní riziko. Celková zóna s vyznačením hlavního směru šíření je zobrazena na mapě. Fyzikálně chemické výpočty jsou prováděny na základě fyzikálně-chemických údajů o sledovaných látkách, jejich aktuálních koncentracích a na základě aktuálních atmosférických podmínek.

Scénář vyjadřuje nejhorší variantu rizika, které může za daných okolností (ještě reálně) nastat. Program obsahuje rovněž data o možném poškození exponovaných osob a možnostech ochrany (obr. 56).

Program obsahuje modely korespondující s hlavními formami havarijních situací:

- a) modely vyhodnocující rozsah a tvar oblaku průmyslové toxické látky po jejím úniku do ovzduší – tvar oblaku je determinován fyzikálními vlastnostmi, množstvím a koncentrací uniklé toxické látky;
- b) modely vyhodnocující dosah působení vzdušné rázové vlny vyvolané detonací směsi látek se vzduchem;
- c) modely vyhodnocující dosah tepelné radiace vyvolané hořením látky;
- d) modely vyhodnocující dosah rázové vlny vyvolané detonací výbušných systémů;
- e) modely vyhodnocující rozsah a tvar oblaku BCHL po jejím náhodném úniku nebo po bojovém (teroristickém) útoku – tvar oblaku je determinován především fyzikálními vlastnostmi použité BCHL.

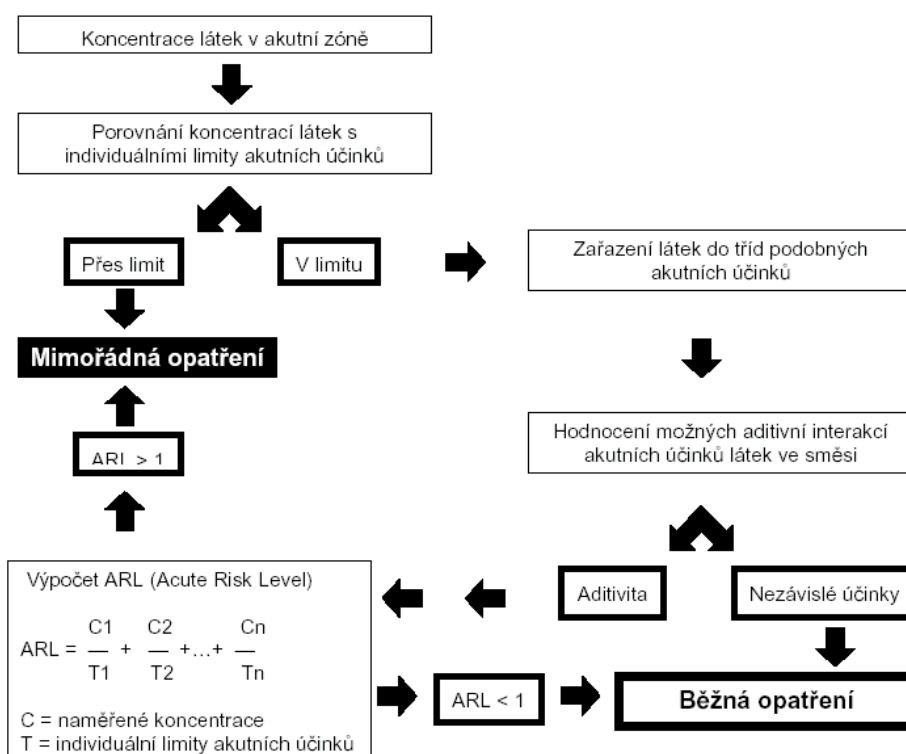


Obrázek č. 56: Software TerEx

5. 2. 1. 3. Toxikologický modul

Toxikologický modul porovnává koncentrace škodlivých látek (naměřené v oblasti pohybu záchranného týmu) s individuálními limity a hodnotí průběžně

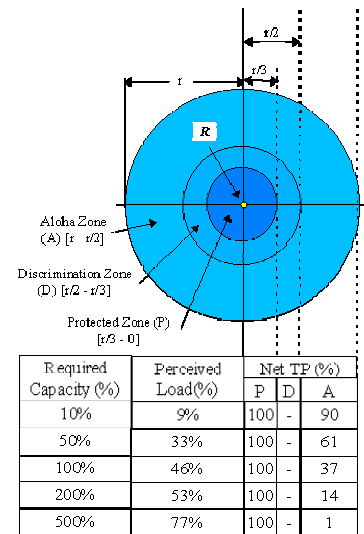
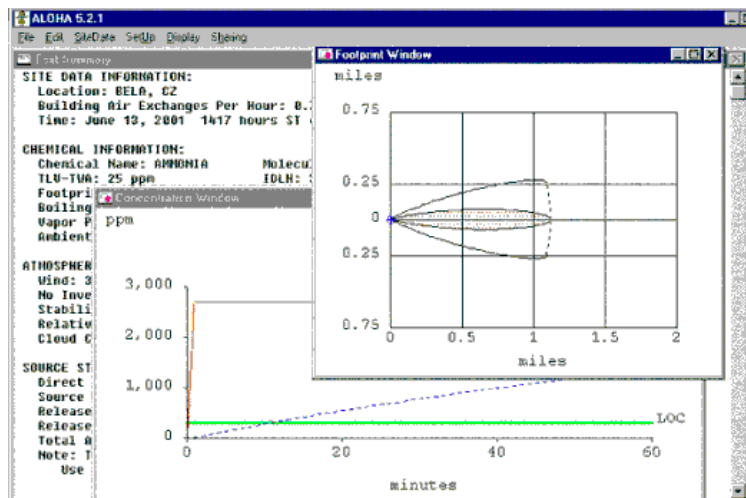
zdravotní riziko v centrální zóně havárie. Modul pracuje s datovými výstupy analytického a fyzikálního modulu. Disponuje databází akutních účinků, cílových orgánů a limitů vybraných škodlivých látek a na základě stanovení tříd podobných účinků umožňuje zhodnocení možných směsných interakcí. Metoda tříd podobných účinků předpokládá, že všechny účinky pro daný orgán či systém jsou považovány za podobné, bez ohledu na stupeň specifity těchto účinků (obr. 57). [6].



Obrázek č. 57: Toxikologický modul

Aloha (Areal Locations of Hazardous Atmosphere) je nástrojem pro zjišťování následků úniku nebezpečné látky. Obsahuje databázi nejčastěji používaných chemických látek a jejich fyzikálně-chemických parametrů. Výsledkem jeho výpočtu je jednoduchý průmět předpokládané hranice zraňující či smrtelné koncentrace v terénu. Výsledek je možné zobrazit v 3-D modelu (např. MaGIS) jako PLM soubor.

Program je určen pro operační systém Windows a umožňuje modelovat rozptyl látek v ovzduší po jejím úniku, a to jak plynů, tak kapalin (obr. 58). [14]



Obrázek č. 58: Prostředí programu ALOHA

Výstupní data programu ALOHA udávají:

- maximální rychlost úniku ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$, $\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$), u kapalin se jedná o rychlost vypařování, nikoliv o rychlost úniku!
- Maximální minutový průměr rychlosti úniku (průměrná rychlost úniku po dobu minimálně 1 min), u kapalin se jedná opět o rychlost vypařování.
- Celkové množství uniklé látky za dobu 1 hodiny
- Maximální dosah nebezpečné zóny, ve které koncentrace dosáhne zadanou hodnotu
- Maximální koncentrace uniklé látky v libovolně zadaném místě
- Maximální dávka ve zvoleném místě, kterou by po úniku přijal organismus během 1 hodiny.

5. 2. 1. 4. Vnější znaky závažné havárie

Havárie s únikem nebezpečné látky se projevuje též i některými charakteristickými znaky, Patří k nim viditelné projevy, jako je mlha v místě havárie, vlnění ovzduší nad havarovaným objektem, při požáru potom neobvyklá barva plamene, zápach, spontánní hoření na povrchu nehořlavých materiálů aj. (*tabulka č. 5*)

ZÁPACH	PRŮMYSLOVÁ TOXIKOLOGICKÁ LÁTKA
Ostrý, štiplavý	Amoniak
Rybí	Anilín
Česnekový nebo rybí	Arsin, fosfin
Sladký, podobný etéru	Benzen, toluen, xylen, etylenoxid, metylenchlorid, trichloretylen
Štiplavý	Chlór, formaldehyd
Ostrý, dusivý	Kyselina chlorovodíková, chlór
Po hořkých mandlích	Kyanovodík
Po zkažených vejcích	Sirovodík
Po plísni nebo ovoci	Metylbromid
Dráždivý, ostrý	Oxidy dusíku
Štiplavý	Oxid siřičitý
Po shnilém zelí	Sirouhlík
Po česneku nebo zápachu rozpouštědel	Organofosfátové pesticidy
Sladký, štiplavý	Fenol
Po plísni nebo po čerstvě posečeném senu	Fosgen
Ovocný a štiplavý	Toluen, diisokyanát

Tabulka č. 5: Pachová charakteristika toxických látek

Uvedené projevy často provázejí i akustické jevy, jako sykot unikajícího plynu, výbuchy, praskání materiálů atd.

Informaci o nebezpečí havárie s únikem NCHL nám podá i zvuk varovné sirény, který bude znít kolísavým tónem pro dobu 140 sekund.

5. 2. 1. 5. Opatření k přípravě a realizaci prevence, ochrany a likvidace následků průmyslových havárií

Zde uvádím opatření, která je nutno neustále a trvale plnit při přípravě a realizaci prevence a likvidace následků průmyslových havárií. Důležitá je aktualizace sebemenších změn v závislosti na změnách v provozu podniků, terénu okolí, začínající výstavby bytů v blízkosti objektu atd.

- ◆ Evidovat všechny významné potenciální zdroje havárií na daném území.
- ◆ Vhodnou analýzou rizik stanovit hlavní zdroje rizika v objektu nebo areálu průmyslového podniku.
- ◆ Analýzy rizik musí být provedeny zkušeným týmem expertů, rovněž tak interpretaci výsledků by měl podat řešitelský tým.
- ◆ Na základě rizik stanovit další technická bezpečnostní opatření, která sníží míru rizika
- ◆ Zpracovat a zdokonalit bezpečnostní program prevence závažných havárií dle zákona č. 59/2006 Sb.
- ◆ Zpracovat, využívat a aktualizovat vnitřní havarijní plán dle zákona č. 59/2006 Sb.
- ◆ Zpracovávat a předávat státní správě podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a pro vypracování vnějšího havarijního plánu dle zákona č. 59/2006 Sb.
- ◆ Zpracovat a udržovat v aktuálním stavu plán opatření pro případ havarijního zhoršení jakosti vod dle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách
- ◆ Zpracovat (aktualizovat) posouzení požárního nebezpečí dle zákona č. 133/1985 Sb. o požární ochraně
- ◆ Vybudovat, udržovat a pravidelně kontrolovat moderní detekční a monitorovací systém pro zjišťování přítomnosti některých vybraných NCHL, např. chlor, amoniak, CN, fosgen atd.
- ◆ Trvale udržovat funkční varovné systémy, prověřovat jejich funkčnost
- ◆ Vybudovat, udržovat a pravidelně kontrolovat požární elektronickou signalizaci

- ◆ Důkladné prověřování spolupráce složek IZS o konkrétní pomoci na základě scénářů provozovateli.
- ◆ Informovat obyvatelstvo v okolí o konkrétních NCHL a prevenci, jak se chovat v případě havárie s únikem NCHL.
- ◆ Vydat informační brožuru pro ohrožené obyvatelstvo s informacemi o projevech NCHL, způsobech ochrany před nimi a chování při úniku NCHL a zásadách poskytnutí první pomoci.
- ◆ Provádět pravidelné informační schůzky obyvatelstva s provozovatelem.
- ◆ Spolupráce s místními médii (tisk, rozhlas) – informace, co a jak a kde.
- ◆ Je žádoucí, aby provozovatel měl vlastní webovou stránku a na ní zveřejňoval příslušné informace atd.

6. Diskuse

Moderní společnost je dnes závislá na výhodách, které jim výroba celého spektra chemikálií přináší. Česká republika patří k zemím, kde je značně rozvinut chemický průmysl. Avšak mnohé z chemických látek, ze kterých vznikají požadované výrobky, jsou v dnešní době nebezpečné - buď jsou jedovaté pro člověka a jeho prostředí, nebo jsou hořlavé, nebo obojí. K nezanedbatelným rizikům současnosti patří, že havárie spojené s únikem škodlivin nejsou ojedinělým jevem. K neúmyslnému úniku škodlivin (chemikálií) do okolí může dojít během jejich zpracování, skladování nebo přepravy vlivem mnoha příčin, především jako následek živelní pohromy, technické příčiny, nebo selhání lidského faktoru.

V našich podmínkách byla problematika prevence závažných průmyslových havárií donedávna řešena jen nesystematicky a některá opatření byla rozptýlená v různých zákonech a právních normách, jako např. v zákoníku práce, v zákonu o zdraví lidu atd.

V České republice se vyrábí, zpracovává, používá nebo je uloženo značné množství toxických, hořlavých a výbušných látek. Velká množství těchto látek jsou přepravována po silnicích a železnicích, vodních tocích nebo potrubím. Značná část

infrastruktury vyrábí, skladuje a používá chemické látky a přípravky jako výchozí produkty, meziprodukty nebo konečné produkty svých technologických procesů. Nebezpečné látky jsou lokalizovány v řadě lokalit, nejčastěji v průmyslových městech. Na některých místech se nachází i několik skupin nebezpečných látek pohromadě a ve velkých množstvích.

V posledních letech se objevují i nové příčiny úniku - úmysl, teroristický útok. Při bližším zkoumání se ukazuje, že právě v problematice přepravy nebezpečných látek máme v ČR řadu legislativních a i technických slabin.

K těm rozhodujícím slabinám bezesporu patří chybějící údaje o tom kdo, co, kam, kudy a v jakém množství přepravuje - jinými slovy chybí povinnost přepravce hlásit konkrétní přepravu nebezpečné látky včetně plánované trasy přepravy. Chybí nám – pokud možno automatické – sledování průběhu vlastní přepravy. Přitom jedině na základě těchto informací jsou základní prvky Integrovaného záchranného systému (IZS) schopny realizovat především rychlý a adekvátní, kvalifikovaný zásah v případě, že to s ohledem na ohrožení související s přepravou nebezpečné látky bude nutné.

Pokud hodnotíme požadavky kladené na integrovaný záchranný systém z hlediska situace v České republice, narazíme na dlouhý a notně propletený řetěz problémů. Jedním z nich je například kvalita a aktuálnost krizových plánů, jež v mnohých případech s možností teroristické akce prakticky nepočítají. U řady podniků a institucí nejsou dokonce ani zpracovány. To se následně odráží v nepřipravenosti lidských zdrojů, v malém technickém i finančním potenciálu.

S krizovým plánováním úzce souvisí potřeba existence automatizovaných monitorovacích systémů, schopných v minimálních časových horizontech diagnostikovat přítomnost radioaktivních, chemických a případně biologických látek.

Poměrně dobře funguje systém zaměřený na sledování úrovně radioaktivity, tzv. RMS systém. Uvedený systém je schopen průběžně hodnotit aktuální úroveň radiace prakticky na celém území státu. Nepoměrně komplikovanější, ale i technicky náročnější je situace v oblasti diagnostiky chemických látek, kde mají monitorovací systémy obvykle spektrálně velmi úzkou možnost detekce a převážně lokální působnost.

Nejčastěji jsou provozovány v blízkosti zdrojů možné chemické kontaminace, jako jsou např. továrny, sklady nebo překladiště.

Další úlohou je koordinace nasazení sil a prostředků v případech podobných událostí. Je pravděpodobné, že teroristické nasazení zbraní hromadného ničení by patrně mělo z hlediska důsledků velmi podobné nebo stejné charakteristiky jako živelná či průmyslová katastrofa. Z tohoto důvodu se jako dobré východisko jeví existence funkčního integrovaného záchranného systému, jenž by měl být efektivním nástrojem i v případech řešení teroristických útoků velkého rozsahu.

Zásadním a samostatným problémem volajícím po řešení je v takových případech přesné vymezení kompetencí jednotlivých záchranných složek a vypracování systému jejich jednotného řízení či velení.

Centrální řídicí centrum, jemuž by podléhaly všechny složky záchranného systému, by pak pravděpodobně bylo přínosem pro zvyšování akceschopnosti záchranného systému i dobrým garantem efektivního využívání přidělených finančních prostředků. Při chemické katastrofě by měla informační centra pro otravné látky fungovat jako regionální prostředníci předávající veškeré toxikologické informace.

Veřejné instituce by měli mít k dispozici mobilní dekontaminační prostředky a pacienti postižení chemikáliemi nebo chemickými bojovými látkami by měli být svlečeni a pokud možno dekontaminováni před vstupem do nemocnice, aby se zabránilo kontaminaci nemocničních prostor, pacientů i personálu. Vybavení pro ochranu dýchání a obleky odolné vůči chemikáliím včetně rukavic a obuvi jsou pro přednemocniční péči při chemické katastrofě nezbytné. Je důležité, aby měl lékařský personál přístup k pokynům pro ošetření při postižení nejběžnějšími toxickými látkami, které se mohou vyskytnout při havárii, a těmi látkami, pro které existuje specifická protilátka.

Pravděpodobnost, že dojde k dalšímu teroristickému útoku s použitím chemických, biologických zbraní je poměrně velmi vysoká. Teroristické skupiny mají tendenci úspěšné teroristické útoky opakovat. Tokijský sarinový útok je pak určitým příkladem pro teroristické a extrémistické organizace a skupiny na celém světě, jak lze tyto nebezpečné prostředky úspěšně použít.

Policie a Bezpečnostní informační služba (BIS), eventuálně i další státní

instituce musí včas zachytit snahy o teroristické útoky a podniknout následná rychlá a účinná protipatření. Zvláště je to vysoce aktuální v současné době, kdy je v podmínkách České republiky budován a rozvíjen podle zákonné normy tzv. Integrovaný záchranný systém (IZS).

Závěr

Tato diplomová práce se zabývá příčinami vzniku hromadných chemických otrav a prevence při závažných průmyslových haváriích s únikem NCHL. V prvních kapitolách bylo nahlédnuto pod „pokličku zrodu“ vědního oboru – toxikologie a je zde shrnut přehled použití nebezpečných chemických látek za účelem vyvolání hromadných chemických otrav.

Pro pochopení principů fungování ochrany před únikem NCHL zde byla shrnuta základní legislativa týkající se postupů při práci, nakládání a používání nebezpečných chemických látek z pohledu systému řízení bezpečnosti v průmyslových podnicích a byl shrnut přístup a přínos kvantitativní analýzy rizik a na základě analýzy byla doporučena opatření, která je potřeba navrhovat pro další snižování rizik závažných havárií.

Cílem bylo seznámit se s dynamicky se vyvíjejícím oborem - prevencí závažných havárií a ověřit hypotézu, že předpisy a stávající postupy při řešení krizových situací při hromadných chemických otravách nedostačují dnešním standardům a neustálému vývoji chemických nox.

Po přezkoumání příčin vzniku závažných průmyslových havárií s únikem NCHL a rozboru legislativních předpisů a příkladů havárií v minulosti a použitých následných opatření musím konstatovat, že v současné době předpisy a stávající postupy při řešení krizových situací při hromadných chemických otravách víceméně dostačují dnešním standardům, ale jsou zde stále mezery, které je třeba vyřešit a vylepšit.

Především je nutné co nejrychlejší zhodnocení zdravotního rizika jako jednoho z determinujících faktorů krizového řízení průmyslových havarijních situací. Musí se vytvořit jednotný postup a systém, který by měl zlepšit, usnadnit a urychlit krizový

management v situacích ohrožení NCHL. Měl by usnadňovat a urychlovat rozhodování krizových manažerů, týkající se např. použití ochranných prostředků, organizace mimořádných opatření nebo úplné evakuace osob.

Důležitým faktorem je systematická příprava krizového managementu. Kromě školení, kurzů a jiných forem vzdělávání v krizovém řízení se musí klást na přípravu a provádění různých simulačních cvičení, kde se nejlépe prověří spolupráce a kooperace jednotlivých členů havarijního týmu a jejich schopnosti krizové situace řešit rychle a efektivně.

Z výše uvedeného vyplývá, že průmyslové technologie představují permanentní zdroj chemického nebezpečí a že přes dobrou úroveň technického zabezpečení ochrany obyvatelstva složkami IZS, existuje řada možností, jak stávající stav ochrany před účinky NCHL zlepšit.

Potřeba řešení otázek prevence závažných havárií vyplývá z dlouhodobého vývoje této oblasti, kdy nejprve byly řešeny stacionární zdroje rizik s největším obsahem nebezpečných látek, v současné době dochází ke snižování limitů nebezpečných látek pro zařazení pod účinnost direktivy Seveso II a zároveň se pozornost obrací na mobilní zdroje rizik, u kterých se zvyšuje počet havárií při přepravě nebezpečných látek.

Tato práce sjednocuje zkušenosti, poznatky a přístupy k problematice hodnocení rizik závažných havárií na zdraví a životy lidí, majetek a životní prostředí v souvislosti s nakládáním s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky. V dnešním technickém světě se objevují průmyslové havárie stále častější, proto je třeba jejich vzniku předcházet a k tomu snad dopomůže i moje diplomová práce.

Literatura

- [1] BAJGAR, J., FUSEK, J. Náhodné a cílené použití chemických látek. *Vojenské zdravotnické listy*, 2006, č. 2, s. 70-80.
- [2] BARTLOVÁ I., PEŠÁK M., *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II*, SPBI Ostrava 2003. 138 s. ISBN: 80-86634-30-2
- [3] BERNATÍK A. et al. *Vliv havárií na životní prostředí*, Ostrava 2005, 68 s, ISBN: 80-86634-46-9.
- [4] CASARETT, Louis J., DOULL, J., KLASSEN J. *Cassarett and Doull's Toxicology:the Basic Science of Poisons*, 4th ed. New York Pergamon Press, 1991. 1033 s. ISBN: 0-08-040291-7.
- [5] DANIHELKA, P. *Analysis and Management of Risks of Dangerous Chemicals in Industry*, Ostrava 2002, ISBN: 80-248-0084-5.
- [6] FIALA, Z., BORSKÁ L. et al. Mobilní systém hodnocení zdravotních rizik při chemických expozic. *Vojenské zdravotnické listy*, 2005, č. 5-6, s. 158-164.
- [7] GÁFRIK, A. et al. *Zbraně hromadného ničení*, MO SR Bratislava 2005, ISBN: 80-88842-76X.
- [8] HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z. *Přehled bojových chemických látek*. Vyškov: VVŠ PV, 2002. 116 s.
- [9] MELKES V., MIKA O., *Prevence závažných průmyslových havárií*, Univerzita obrany Brno 2005, 122 s. ISBN: 80-7231-038-0.
- [10] MIKA O., *Současný terorismus*, Triton 2003, 92 s. ISBN: 80-7254-409-8
- [11] MIKA O., *Průmyslové havárie*, Triton 2003, 126 s. ISBN: 80-7254-455-1
- [12] MIKA O., J., NEKLAPILOVÁ V. et al.: Čpavková havárie v Bělehradě 1998. *Vojenské zdravotnické listy*, 2005, č. 2, s. 63-68.
- [13] MIKA, O.: Armageddon v tokijském metru, *Zpravodaj Civilní ochrany*, 2000, č. 2, str. 26 - 27.
- [14] NEVRLÝ, V. *Srovnání metod pro hodnocení rizik závažných havárií*, V˘B-TUO, Ostrava, 2004.

- [15] PITSCHMANN, V. *Historie chemické války*. Praha, Military Systém Line 1999, 172 s. ISBN: 80-902669-0-8.
- [16] PITSCHMANN, V. *Boj ohněm, dýmem a jedy*. Praha, Military Systém Line 2001, 171 s. ISBN: 80-902669-2-4
- [17] PATOČKA J. et al. *Vojenská toxikologie*, Grada Publishing 2004. 1. vyd. Praha 2004. 180 s. ISBN: 80-247-0608-3.
- [18] PROKEŠ J. et al. *Základy toxikologie*, Galén 2005. 248 s. ISBN: 80-7262-301-X.
- [19] PRYMULA R. et al. *Biologický a chemický terorismus*, Grada Publishing 2002. 150 s. ISBN: 80-247-0288-6.
- [20] STŘEDA, L., PATOČKA, J. Neletální chemické zbraně a Úmluva o zákazu chemických zbraní. *Vojenské zdravotnické listy*, 2004, č. 5-6.
- [21] STŘEDA, L., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z. *Bojové chemické látky*. 1.vydání. Praha: AZIN CZ s.r.o., 2004. ISBN 80-239-3102-4.
- [22] ŠEVELA K, ŠEVČÍK P., KRAUS R. et al. *Akutní intoxikace v intenzivní medicíně*, Grada Publishing 2002. 248 s. ISBN: 80-7169-843-1.
- [23] ŠTĚTINA J. et al. *Medicína katastrof a hromadných neštěstí*, Grada Publishing 2000. 429 s. ISBN: 80-7169-688-9.
- [24] VOJKOVSKÁ, K., DANIHELKA, P. *Metodika pro analýzu dopadů havárií s účastí nebezpečné látky na životní prostředí (H&V Index)*, VŠB-TUO, Ostrava 2002.
- [25] Věstník Ministerstva životního prostředí, č. 10/2006, Částka 10, Metodický pokyn odboru environmentálních rizik Ministerstva životního prostředí pro „Posouzení objektu nebo zařízení s vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a plnění obecných povinností právníky nebo podnikajícími fyzickými osobami“ podle zákona č. 59/2006.
- [26] Věstník Ministerstva životního prostředí, č. 12/2006, Částka 12, Metodický pokyn odboru environmentálních rizik Ministerstva životního prostředí pro zpracování dokumentů „Zásady, cíle a politika prevence závažné havárie“ a „Popis systému řízení bezpečnosti“ podle zákona č. 59/2006 Sb.

- [27] Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 223/2004 Sb., kterou se stanoví bližší podmínky hodnocení rizika nebezpečných chemických látek pro životní prostředí
- [28] Zákon č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných chemických havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky.

WWW odkazy

29. Canov M., Chemické zbraně [online], poslední revize 22. 05. 2007.
<<http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/otrava/zbrane.htm>>., 20.5. 2007
30. Gilbert S. History of Toxikology Milestones & Discoveries. c2004.
<<http://www.asmalldoseof.org/historyoftox/index.php>, 02. 04. 06
31. Míka, O., Neklapilová, V. Sarinový útok v tokijském metru [online].
<http://www.japonsko.tnet.cz/clanek_sarin.htm>.,
32. Nesměrák K. Toxikologie nyní a dříve [online].
<ftp://www.natur.cuni.cz/analchem/nesmerak/nh_prednaska_1.pdf>, 27.4.2007
33. Václav Vašků. Bhópál.
<<http://www.reflex.cz/Clanek15328.html>>, 5 května 2004.
34. Redakce Special info. Chemické zbraně [online]. c2007
<<http://www.specialista.info/view.php?navezclanku=&cislocclanku=2006013101>>.,
31.1.2006
35. Ditrich, F., Vacek L., Modelování dopadů průmyslových havárií a prezentace výsledků [online].
<ftp://spbi.hgf.vsb.cz/html/soft/sbor99/sbor3_99.pdf>, 24. 5. 2000

Příloha č. 1 – tabulka I v příloze č. 1 dle zákona 59/2006 Sb.

Tabulka I – Jmenovitě vybrané nebezpečné látky

Položka	Nebezpečné látky	množství v tunách	
		sloupec 1	sloupec 2
1.	Dusičnan amonný (viz poznámku 1)	5 000	10 000
2.	Dusičnan amonný (viz poznámku 2)	1 250	5 000
3.	Dusičnan amonný (viz poznámku 3)	350	2 500
4.	Dusičnan amonný (viz poznámku 4)	10	50
5.	Dusičnan draselný (viz poznámku 5)	5 000	10 000
6.	Dusičnan draselný (viz poznámku 6)	1 250	5 000
7.	Oxid arseničný, kyselina arseničná nebo její soli	1	2
8.	Oxid arsenitý, kyselina arsenitá nebo její soli		0,1
9.	Brom	20	100
10.	Chlór	10	25
11.	Sloučeniny niklu ve formě inhalovatelného prášku (oxid nikelnatý, oxid nikličitý, sulfid nikelnatý, disulfid triniklu, oxid niklitý)		1
12.	Ethylenimin	10	20
13.	Fluor	10	20
14.	Formaldehyd (koncentrace $\geq 90\%$)	5	50
15.	Vodík	5	50
16.	Chlorovodík (zkapalněný)	25	250
17.	Alkyly olova	5	50
18.	Zkapalněné extrémně hořlavé plyny (včetně LPG) a zemní plyn	50	200
19.	Acetylen	5	50
20.	Ethylenoxid	5	50
21.	Propylenoxid	5	50
22.	Methanol	500	5 000
23.	4,4-Methylenbis(2-chloranilin) nebo soli ve formě prášku		0,01
24.	Methyl-isokyanát		0,15
25.	Kyslík	200	2 000
26.	Toluen-diisokyanát	10	100
27.	Karbonyl dichlorid (fosgen)	0,3	0,75
28.	Arsenovodík (arsin)	0,2	1
29.	Fosforovodík (fosfin)	0,2	1
30.	Chlorid sirmatý		1
31.	Oxid sírový	15	75
32.	Ropné produkty: (a) automobilové a jiné benziny (b) petroleje (včetně paliva pro tryskové motory) (c) plynové oleje (zahrnující motorové nafty, topné oleje pro domácnosti a jiné směsi plynových olejů)	2 500	25 000
33.	Polychlorované dibenzofurany a polychlorované dibenzodioxiny (včetně TCDD), počítané jako TCDD ekvivalent (viz poznámku 7)		0,001
34.	Tyto KARCINOGENY v koncentracích větších než 5 % hmotnostních: 4-aminobifenyl nebo jeho soli, benzotrichlorid, benzidin nebo jeho soli, bis(chlormethyl) ether, chlormethyl methyl ether, 1,2-dibromethan, diethyl sulfát, dimethyl sulfát, dimethylkarbamoyl chlorid, 1,2-dibrom-3-chlorpropan, 1,2-dimethyl hydrazin, dimethyl nitrosoamin, hexamethylfosfotriamid, hydrazin, 2-naftylamin nebo jeho soli, 4-nitrodifenyl a 1,3 propansulton	0,5	2

Příloha č. 2: tabulka II v příloze č. 1 dle zákona 59/2006 Sb.

Tabulka II – Ostatní nebezpečné látky, klasifikované do skupin podle vybraných nebezpečných vlastností

Nebezpečné látky, které jsou klasifikovány jako (viz poznámka 1)	množství v tunách	
	sloupec 1	sloupec 2
1. Vysoce toxické	5	20
2. Toxické	50	200
3. Oxidující	50	200
4. Výbušné (viz poznámka 2) když látka, přípravek nebo předmět patří do podtřídy 1.4 Dohody ADR	50	200
5. Výbušné (viz poznámka 2) když látka, přípravek nebo předmět patří do kteréhokoliv z podtříd 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 nebo 1.6 Dohody ADR nebo jsou označeny standardními větami označujícími specifickou rizikovost R2 nebo R3	10	50
6. Hořlavé (viz poznámka 3(a))	5 000	50 000
7a. Vysoce hořlavé (viz poznámka 3(b) bod 1))	50	200
7b. Vysoce hořlavé kapaliny (viz poznámka 3(b) bod 2))	5 000	50 000
8. Extrémně hořlavé (viz poznámka 3(c))	10	50
9. Nebezpečné pro životní prostředí, označené standardními větami označujícími specifickou rizikovost:		
i) R50: vysoce toxické pro vodní organismy (zahrnující R50/53)	100 200	200 500
ii) R51/53: toxické pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí		
10. Další nebezpečné vlastnosti které nejsou uvedeny výše ve spojení se standardními větami označujícími specifickou rizikovost:		
i) R14: reaguje prudce s vodou (včetně R14/15)	100	500
ii) R29: při styku s vodou se uvolňuje toxický plyn	50	200

Příloha č. 3: Vzorec pro sčítání poměrného množství nebezpečných látek

Vzorec pro sčítání poměrného množství nebezpečných látek

1. U objektů a zařízení, ve kterých není přítomna žádná jednotlivá látka nebo přípravek v množství přesahujícím nebo rovnajícím se příslušným kvalifikačním množstvím se používá následující pravidlo pro zjištění, zda se na objekt nebo zařízení vztahují povinnosti provozovatele podle tohoto zákona:

$$N = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_i}$$

kde:

- q_i = množství nebezpečné látky i umístěné v objektu nebo zařízení,
- Q_i = příslušné množství nebezpečné látky i uváděné v části 1 této přílohy ve sloupci 1 (při posuzování objektu nebo zařízení k zařazení do skupiny A) nebo sloupci 2 (při posuzování objektu nebo zařízení k zařazení do skupiny B) tabulky I nebo tabulky II,
- n = počet nebezpečných látek,
- N = ukazatel vyjadřující součet poměrů q_i ku Q_i .

2. Toto pravidlo se postupně použije pro vyhodnocení zdroje rizika souvisejícího s toxicitou, hořlavostí a ekologickou toxicitou

- (a) pro sčítání látek a přípravků jmenovitě uvedených v Tabulce I a klasifikovaných jako toxické nebo vysoce toxické, spolu s látkami a přípravky uvedenými na řádcích 1 nebo 2 tabulky II;
- (b) pro sčítání látek a přípravků jmenovitě uvedených v Tabulce I a klasifikovaných jako podporující hoření, výbušné, hořlavé, vysoce hořlavé nebo extrémně hořlavé, spolu s látkami a přípravky uvedenými na řádcích 3, 4, 5, 6, 7a, 7b nebo 8 tabulky II;
- (c) pro sčítání látek a přípravků jmenovitě uvedených v Tabulce I a klasifikovaných jako nebezpečné pro životní prostředí R50 (včetně R50/53) nebo R51/53, spolu s látkami a přípravky uvedenými na řádcích 9(i) nebo 9(ii) Tabulky II;

Příslušná ustanovení tohoto zákona se uplatní, jestliže kterýkoliv ze součtů získaný pro (a), (b) nebo (c) je větší nebo se rovná 1.

3. Provozovatel zařadí objekt nebo zařízení do

- a) skupiny A, jestliže je výsledek N roven nebo je větší než 1, při použití množství Q uvedeného ve sloupci 1 tabulky I nebo tabulky II,
- b) skupiny B, jestliže je výsledek N roven nebo je větší než 1, při použití množství Q uvedeného ve sloupci 2 tabulky I nebo tabulky II.