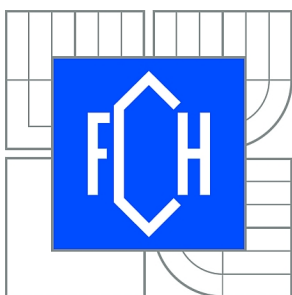




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY  
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF  
ENVIRONMENTAL PROTECTION

# POSUZOVÁNÍ NEBEZPEČNOSTI NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH PRŮMYSLOVÝCH TOXICKÝCH LÁTEK

ASSESSMENT OF HAZARDS OF HAZARDOUS CHEMICAL INDUSTRIAL TOXIC SUBSTANCES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TOMÁŠ POLÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OTAKAR JIŘÍ MIKA, CSc.

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta chemická**  
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

## Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce: **FCH-BAK0562/2010** Akademický rok: **2010/2011**  
Ústav: Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí  
Student(ka): **Tomáš Poláček**  
Studijní program: Ochrana obyvatelstva (B2825)  
Studijní obor: Krizové řízení a ochrana obyvatelstva (2804R002)  
Vedoucí práce **Ing. Otakar Jiří Mika, CSc.**  
Konzultanti:

### Název bakalářské práce:

Posuzování nebezpečnosti nebezpečných chemických průmyslových toxických látek

### Zadání bakalářské práce:

Zpracujte odborné pojednání o potřebě posuzování nebezpečnosti nebezpečných chemických průmyslových toxických látek v České republice. Bakalářskou práci zpracujte v rozsahu neminálně 50 stran textu. K analýze a hodnocení současného stavu ve zkoumané oblasti použijte jak domácí, tak i zahraniční informační zdroje.

### Termín odevzdání bakalářské práce: 6.5.2011

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

-----  
Tomáš Poláček  
Student(ka)

-----  
Ing. Otakar Jiří Mika, CSc.  
Vedoucí práce

-----  
doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.  
Ředitel ústavu

V Brně, dne 31.1.2011

-----  
prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Práce pojednává o celkovém působení nebezpečí nebezpečných chemických průmyslových toxických látkách na lidský organismu, popisuje fyzikálně-chemické vlastnosti daných látek, jejich toxikologické vlastnosti a nebezpečí pro životní prostředí. V praktické části práce je vytvořen metodický postup pro posuzování nebezpečnosti daných nebezpečných průmyslových chemických toxických látek v závislosti na jejich vytypovaných vlastnostech. Dále pak je vyhotovena základní statistika výjezdu Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje k haváriím spojených s únikem nebezpečných chemických látek v letech 2006 – 2010.

## **ABSTRACT**

This thesis focuses on the overall risk exposure of hazardous industrial chemical toxic substances on the human body, describes the physical and chemical properties of the substances, their toxicological properties and environmental hazards. In the practical part is made methodology for assessment of hazards of hazardous chemical industrial toxic substances, depending on the selected properties. Furthermore, is made the basic statistics of actions of the Fire Department of Southern Region to hazardous chemicals in the years 2006 - 2010.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Toxická látka, posuzování nebezpečnosti, průmyslové látky, toxicita, hořlavost, Hasičský Záchraný Sbor

## **KEYWORDS**

Toxic substance, hazard assessment, industrial substances, toxicity, flammability, Fire Rescue Service

POLÁČEK, T. *Posuzování nebezpečnosti nebezpečných chemických průmyslových toxických látek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 64 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Otakar Jiří Mika, CSc.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....  
podpis student

Poděkování: *Velmi rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Otakaru J. Mikovi, CSc. za odborné vedení této práce spolu s připomínkami a odbornými radami.*

# OBSAH

<b>Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>Legislativa</b> .....	<b>9</b>
Česká legislativa.....	9
Číslo CAS.....	10
Systém GHS.....	10
Registrace, Evaluace a Autorizace Chemických látek.....	11
<b>Toxická látka a toxicita</b> .....	<b>12</b>
Toxický účinek látky závisí:.....	12
Průmyslová toxikologie.....	12
Jedovatost.....	12
Toxikokinetika.....	13
<b>Dávka a expozice</b> .....	<b>13</b>
Dávka.....	13
Expozice.....	13
<b>Interakce toxické látky s organismem</b> .....	<b>13</b>
Inhalační expozice.....	13
Perorální expozice.....	14
Perkutánní expozice.....	14
Ostatní důležité vstupy.....	14
<b>Intoxikace podle místa účinku</b> .....	<b>15</b>
Toxické látky s místním účinkem.....	15
Toxické látky s celkovým účinkem.....	15
Toxické látky s reprodukční a vývojovou toxicitou.....	15
<b>Intoxikace a rozdělení škodlivin</b> .....	<b>15</b>
Intoxikace.....	15
Mutageny.....	16
Karcinogeny.....	16
Teratogeny.....	16
Alergeny.....	17
Dráždivé látky.....	17
Dusivé látky.....	17
Žíraviny.....	17
Látky poškozující jaterní tkáň.....	17
Látky působící na mozek a nervový systém.....	18
Inhalačně toxické látky.....	18
<b>Varovné vlastnosti látek</b> .....	<b>18</b>
<b>Přípustné dávky a koncentrace toxických látek</b> .....	<b>18</b>
Havarijní koncentrace.....	19
<b>Vlastnosti nebezpečných chemických látek</b> .....	<b>21</b>
Relativní molekulová hmotnost.....	21
Měrná hmotnost plynné fáze.....	21
Měrná hmotnost kondenzované fáze.....	21
Tlak nasycených par.....	21

Teplota varu.....	21
Slučovací teplo .....	22
Reaktivita .....	22
Teplota tání.....	22
Hořlavost.....	22
Rozpustnost ve vodě .....	24
Hutnota par .....	24
Koncentrační hranice výbušnosti.....	24
Minimální iniciační energie.....	24
Kritický (limitní) obsah kyslíku .....	25
Rychlost odhořívání .....	25
Rychlost šíření plamene .....	25
Toxické působení hořlavých kapalin .....	25
Barva a zápach .....	26
Těkavost.....	26
<b>Klasifikace nebezpečných látek .....</b>	<b>26</b>
Klasifikace podle zákona 356/2003 Sb. ....	26
Klasifikace podle ADR.....	28
Symboly nebezpečných látek .....	28
<b>Databáze nebezpečných látek.....</b>	<b>29</b>
Bezpečnostní listy - MSDS.....	29
Data Hazardous Material Database .....	29
HazChem .....	30
Diamant .....	30
<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>31</b>
Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR .....	31
CERCLA Priority List of Hazardous Substances .....	31
Některé možné indikátory chemických incidentů .....	32
Arsenvodík.....	33
Fosgen .....	34
Bromvodík .....	35
Chlór.....	36
Chlorovodík.....	37
Kyanovodík .....	38
Sirovodík.....	39
Metylchlorid.....	40
Metylisokyanát .....	41
Amoniak.....	42
Fluorovodík.....	43
Oxid uhelnatý .....	45
Sirouhlík .....	46
Oxid dusnatý.....	47
Oxid dusičitý.....	47
Formaldehyd .....	48
<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>50</b>
Statistika výjezdu HZS Jmk proti nebezpečným chemickým látkám .....	55

<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>56</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>57</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>60</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>61</b>

## Úvod

Na světě je v současné době známo přibližně 18 milionů sloučenin a každý rok roste jejich počet asi o jeden milion a určité procento z nich jsou velmi toxické nebo toxické průmyslové látky. Cílem této bakalářské práce je vytvořit metodiku pro posuzování těchto nebezpečných průmyslových toxických chemických látek, tak aby to bylo rychlé, jednoduché a účinné. Je třeba nalézt ta správná kritéria pro kvalitní posouzení jednotlivých látek, jak z pohledu toxikologického, tak z pohledu požární ochrany a nebezpečí pro životní prostředí.

Posuzování nebezpečnosti nebezpečných průmyslových toxických látek je důležitý prvek v chemickém průmyslu, už kvůli ochraně při výrobě, ale také při skladování nebo dekontaminaci.

Při přípravě na zpracování daného tématu jsem se nechal inspirovat světovými agenturami zpracovávající údaje o nebezpečných chemických látkách, jako jsou Agency for Toxic Substances and Disease Registry, která vydává přibližně každé čtyři roky svůj vlastní seznam nebezpečných chemických látek. Dále pak Health Canada nebo tuzemskými institucemi jakými jsou Hasičské záchranné sbory, a také Toxikologickým informačním střediskem v Praze.

Při studování informací k bakalářské práci jsem zjistil, že v České republice takový seznam nebezpečných látek sestavených podle kritérií nebezpečnosti chybí. Proto cílem této bakalářské práce bude vytvořit takový seznam nebezpečných průmyslových toxických chemických látek, pomocí účinné metodiky vycházející z fyzikálně-chemických vlastností daných látek, z jejich toxikologických vlastností a vlastností ohrožující životní prostředí, a aby bylo možno daný metodologický postup aplikovat v budoucnu na jakékoliv chemické látky této povahy. Vytvořený seznam porovnat se seznamem vygenerovanými zahraničními agenturami a vytvořit základní statistiku výjezdů Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje k haváriím a únikům nebezpečných toxických chemických látek v určitém období.

# TEORETICKÁ ČÁST

## Legislativa

### Česká legislativa

#### **Zákon 356/2003 Sb.**

Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a upravuje v návaznosti na přímo použitelné předpisy Evropských společenství 1a) až 1d) práva a povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob (dále jen „osoby“) při výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek (dále jen „látka“) nebo látek obsažených v přípravcích nebo předmětech a při klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení a označování chemických přípravků (dále jen „přípravek“) na území České republiky a vymezuje působnost správních orgánů při zajišťování ochrany zdraví a životního prostředí před škodlivými účinky látek a přípravků.

Tento zákon se nevztahuje na léčiva, krmiva, potraviny a tabákové výrobky, kosmetické prostředky, radionuklidové zářiče a jaderné materiály, omamné a psychotropní látky, zdravotnické prostředky, nerostné suroviny, veterinární přípravky, s výjimkou dezinfekčních, dezinfekčních a deratizačních přípravků v podobě určené ke konečnému použití, odpady, a na přepravu a distribuci plynu ve veřejném zájmu, nestanoví-li zvláštní právní předpis jinak.

Na přípravky na ochranu rostlin, pomocné prostředky ochrany rostlin a biocidní přípravky se z povinností stanovených v tomto zákoně vztahují pouze povinnosti klasifikace, balení, označování a povinnosti při dovozu a vývozu.

Tento zákon se nevztahuje na výbušniny v rozsahu, v němž je tato oblast upravena zvláštním právním předpisem.

Tento zákon se nevztahuje na přepravu nebezpečných látek a nebezpečných přípravků v železniční, silniční, vodní vnitrozemské, letecké a námořní dopravě a na přepravu nebezpečných látek a nebezpečných přípravků v celním režimu tranzit.

Na dovoz a vývoz látek a přípravků se vztahují právní předpisy v oblasti celnictví, pokud tento zákon nebo zvláštní právní předpis nestanoví jinak. [18]

Tento zákon upravuje sbírka zákonů 440/2008 sb. o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, jak vyplývá z pozdějších změn.

#### **Vyhláška č. 232/2004 Sb.**

Vyhláška č. 232/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování, nebezpečných chemických látek. [19]

#### **Vyhláška č. 369/2005 Sb.**

Vyhláška č. 369/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 232/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků. [18]

#### **Vyhláška č. 28/2007 Sb.**

Vyhláška č. 28/2007 Sb., kterou se mění vyhláška č. 232/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně

některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků, ve znění vyhlášky č. 369/2005 Sb.

Touto druhou novelou vyhlášky č. 232/2004 Sb. se implementuje směrnice 2006/8/ES a současně se opravují nepřesnosti z implementace dřívějších předpisů ES ke klasifikaci, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků. Vyhláška nabyla účinnosti dne 1. března 2007. [20]

### **Databáze k Seznamu závazně klasifikovaných nebezpečných chemických látek**

Platná databáze k Seznamu závazně klasifikovaných nebezpečných chemických látek ve vyhlášce č. 369/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 232/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků. [21]

### **Vyhláška č. 389/2008 Sb.**

Vyhláška č. 389/2008 Sb., kterou se mění vyhláška č. 232/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků, ve znění pozdějších předpisů

Touto třetí novelou vyhlášky č. 232/2004 Sb.:

- promítají se změny vyvolané zákonem č. 371/2008 Sb., kterým se mění zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů,
- opravují se nepřesnosti z implementace dřívějších předpisů ES ke klasifikaci, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků. [22]

### **Číslo CAS**

Identifikační číslo podle referátové služby Chemical Abstracts, kterou je jednoznačně identifikováno asi 13 milionů látek. Systém propracovaný Americkou chemickou společností Chemical Abstract Service je velmi spolehlivý a využívá ho stále větší počet producentů databází a informačních systémů. Vzhledem ke své všeobecně uznávané spolehlivosti z hlediska kontroly a identifikace látky musí být registrační čísla CAS součástí dokumentace o nebezpečné látce. Různým formám téže látky (např. různé hydratované formy) mohou odpovídat různá čísla CAS.

### **Systém GHS**

GHS je zkratka pojmu Globální harmonizovaný systém klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a směsí.

GHS jsou harmonizovaná kritéria pro klasifikaci a označování chemických látek a směsí, jejichž cílem je usnadnit celosvětový obchod a současně zajistit ochranu lidského zdraví a životního prostředí. Tato kritéria byla vyvíjena v rámci struktury Organizace spojených národů a mají celosvětový dosah.

GHS je systém pro identifikaci nebezpečných chemických látek a směsí a pro informování uživatelů o jejich nebezpečnosti pomocí symbolů a vět na štítcích obalů a prostřednictvím další dokumentace, jako jsou např. bezpečnostní listy. Systém vychází ze stávajících právních předpisů v oblasti chemických látek a zavádí jednotná kritéria. Země, které zavedou tento systém do své legislativy, významným způsobem zjednoduší vzájemné obchodování s chemickými produkty.

GHS proti předchozí klasifikaci přináší některé změny a další rozšíření pro nebezpečné fyzikální vlastnosti a nebezpečné vlastnosti pro zdraví a životní prostředí. Úplně mění výstražné symboly nebezpečnosti (nové piktogramy), zavádí signální slova (nebezpečí a varování) a upravuje znění standardních vět o nebezpečnosti (H-věty) a pokynů pro bezpečné zacházení (P-věty). Rovněž vlastní klasifikace je rozšířená a klade větší důraz na toxikologická a ekotoxikologická data. [9]

### **Registrace, Evaluace a Autorizace Chemických látek**

Nařízení REACH Evropské unie[4] stanovuje: nové podmínky uvádění chemických látek na trh a jejich následné užívání zavedením procedur pro jejich:

- registrace,
- hodnocení,
- povolování,
- a omezování.

REACH je založen na zásadě, že průmysl by měl vyrábět, dodávat nebo používat látky nebo je uvádět na trh takovým způsobem, aby za rozumně předvídatelných podmínek nebylo nepříznivě ovlivněno lidské zdraví ani životní prostředí. Pro zajištění tohoto proto výrobci a dovozci musejí shromažďovat nebo vytvářet údaje o látkách a přijímat vhodná opatření pro kontrolu nepříznivých účinků na lidské zdraví a životní prostředí.

Jako doložení plnění těchto povinností a z důvodu průhlednosti nařízení REACH vyžaduje, aby výrobci a dovozci předložili Evropské agentuře pro chemické látky (ECHA) registrační dokumentaci, která obsahuje:

- technickou dokumentaci s údaji o látce
- a pro látky, které jsou v množství 10 tun nebo větším za rok na žadatele o registraci, zprávu o chemické bezpečnosti s posouzením, jakým způsobem je možné kontrolovat nepříznivé účinky na lidské zdraví a životní prostředí.

### **Identifikace a pojmenování látky**

Nařízení REACH se zaměřuje výhradně na chemické látky. Základním předpokladem pro správné fungování systému REACH je proto jednoznačná identifikace látky.

### **Látky spadající do oblasti působnosti nařízení REACH**

Nařízení REACH se týká výroby, dovozu, uvedení na trh a použití látek samotných, obsažených v právních (úmyslné směsi nebo roztoky složené ze dvou nebo více látek) a v předmětech.

Na přípravky a předměty jako takové se nařízení REACH nevztahuje. Pro splnění nařízení REACH musejí proto výrobci a dovozci kromě seznamu látek jako takových uvést rovněž všechny látky, které jsou přítomny ve vyráběných nebo dovážených přípravcích a předmětech.

*„Látkou se pro účely nařízení REACH rozumí chemický prvek a jeho sloučeniny v přírodním stavu nebo získané výrobním procesem, včetně všech přídatných látek nutných k uchování jeho stability a všech nečistot vznikajících v použitém procesu, avšak s vyloučením všech rozpouštědel, která lze oddělit bez ovlivnění stability látky nebo změny jejího složení.“*

### **Různé druhy látek**

Pro účely identifikace a pojmenování jsou v nařízení REACH látky rozděleny do dvou hlavních skupin:

- „Dobře definované látky“: látky s definovaným kvalitativním a kvantitativním složením.
- „Látky UVCB“: (Unknown, of variable composition, or of biological origin) látky s neznámým nebo proměnlivým složením, nebo biologického původu. Pro dobře

definované látky je variabilita složení vymezena horním a dolním limitem koncentračního rozmezí hlavní složky či složek. U látek UVCB je variabilita poměrně vysoká anebo nepředvídatelná.

Při registraci „dobře definovaných látek“ je vyžadováno chemické složení, chemická identita látky a obsah jednotlivých složek v látce. Samotné chemické složení některé druhy látek dostatečně necharakterizuje, takže je k identifikaci látky nutno připojit další fyzikální parametry chemických struktur (např. morfologickou krystalografii).

Látky UVCB vyžadují pro identifikaci kromě toho, co je známo o jejich chemickém složení, některá další druhy údajů, neboť:

- se vyznačují relativně velkým množstvím složek, anebo
- mají do značné míry neznámé složení, případně
- mají poměrně velkou nebo nesnadno předvídatelnou variabilitu složení.

### **Toxická látka a toxicita**

Nebezpečnost toxické látky představuje schopnost látky působit nepříznivým účinkem na lidské zdraví nebo životní prostředí. Jedná se o vlastnost, která je určena fyzikálními, chemickými a toxikologickými vlastnostmi látky a která je s existencí látky neoddělitelně spojena.

#### **Toxický účinek látky závisí:**

- Na látce (struktura, chemických a fyzikálních vlastnostech, na její formě především místa aplikace apod.)
- Na organismu (druh, pohlaví, stáří, zdravotním stavu, individuálních a geneticky získaných vlastnostech, na výživě, současných psychických indispozicích, atd.)
- Na způsobu kontaktu (na dávce, na koncentraci v daném prostředí, na době expozice, na podmínkách kontaktu, na fyzické zátěži organismu, na charakteru penetrace, apod.)
- Na dalších podmínkách (přítomnost působení další toxické látky – kumulace účinku, zatížení metabolického systému, vznik sekundárního kontaktu apod.) [1]

### **Průmyslová toxikologie**

*„Studuje látky produkované chemickým průmyslem a jejich výskyt v chemických provozech pomocí metod analytické chemie. Ve spolupráci s pracovním lékařstvím stanovuje maximálně přípustné koncentrace, dávky a expozice chemických látek pro různé brány vstupu a s tím spojená zdravotní rizika a spolupracuje při posuzování chorob z povolání. Narůstající význam průmyslové toxikologie souvisí se stále rostoucím počtem nově objevených chemických sloučenin. V roce 1880 jich bylo známo asi 12 tisíc, v roce 1910 již 150 tisíc, v roce 1940 již půl milionu a v roce 1960 přes jeden milion. V roce 1995 počet průmyslových chemických sloučenin přesáhl počet 14 milionů, v současné době je známo přibližně 18 milionů sloučenin a každým rokem roste jejich počet přibližně o jeden milion.“ [12]*

### **Jedovatost**

Toxitou se rozumí míra závažnosti škodlivého působení; čím menší dávka (koncentrace) látky je schopna způsobit poškození organismu, tím je toxičtější. Látky vyvolávající otravu organismu již v nízkých dávkách se nazývají jedy. [2]

Co je to jed?

- *Paracelsius* (zakladatel toxikologie 1537) – „Všechny látky jsou jedy a nic není bez nich, pouze dávka určuje co je jedovaté a co ne“. [17]

- *Zákon* (2003) – „Toxické látky jsou látky, které i v malém množství mohou způsobit poškození zdraví nebo smrt“. [18]

### **Toxikokinetika**

Výraz toxicity vyplývající z expozice látce je důsledkem řetězu událostí, které vyústí v postižení tkání organismu, který mezní toxickou látku přijímal v takových množstvích, která způsobují negativní účinek. Koncentrace mezní toxické látky v biologickém cíli závisí na absorpci, rozšíření, metabolismu a vyměšování. [4]

### **Dávka a expozice**

#### **Dávka**

V určitém rozmezí je možno tvrdit, že větší dávky mají za stejných okolností větší účinky. Ve většině případů není přímá úměrnost mezi dávkou a účinkem, ale je přímá úměrnost mezi logaritmem dávky a velikostí účinku. Platí proto, že účinek dávky toxické látky je závislý na její velikosti, koncentraci, době, po kterou působí a na způsobu vniku do organismu. V neposlední řadě taky na druhu organismu. [2]

#### **Expozice**

Expozice je vystavení organismu účinků látky, případě proces vstupu toxické látky do organismu. Z tohoto hlediska účinek závisí na prostředí, na trvání a podmínkách kontaktu látky s organismem, na způsobu resorpce a cestě přenosu látky do organismu. [2]

### **Interakce toxické látky s organismem**

Způsob vnikání látek do organismu je nazýván branou vstupu. Z tohoto hlediska se rozlišuje expozice:

- Inhalační (vdechování)
- Perorální (branou vstupu jsou ústa)
- Perkutánní (vstřebávání kůží)

Ostatní brány vstupu nebezpečných toxických látek v případě chemické havárie přicházejí málo v úvahu. [2]

#### **Inhalační expozice**

Dýchací ústrojí se skládá z horních a dolních cest dýchacích a vlastního dýchacího orgánu – plic. Do organismu mohou vstupovat nejen plyny a páry kapalin, ale i aerosoly (částice rozptýlené ve vzduchu) dále pak prachové částice a mikroskopické části obsažené v dýmu.

Plyny a páry látek dobře rozpustných ve vodě se zachycují a rozpouštějí na vlhkých sliznicích dýchacích cest a mohou zde nejen působit dráždivě, ale také se vstřebávat. Obecně platí, že látky rozpustné ve vodě dráždí převážně již horní cesty dýchací a není-li jejich koncentrace vysoká, zpravidla až do plic neproniknou. Málo hydrofilní a především hydrofobní toxické látky pronikají až do plic, kde se na velké ploše plicních sklípků dobře a rychle vstřebávají.

Průnik částic do dýchacího ústrojí závisí na jejich velikosti resp. hmotnosti (z níž vyplývá jejich sedimentační rychlost). Částice běžných materiálů o velikosti na cca 10  $\mu\text{m}$  bývají tak těžké, že rychle sedimentují a v ovzduší se tedy běžně nevyskytují; pokud jsou vdechnuty, zachycují se na začátku horních dýchacích cest. Menší mohou vstupovat do hlubších partií dýchacího ústrojí, tzv. respirabilní podíl aerosolů, který je zpravidla tvořen částicemi o rozměrech pod cca 5  $\mu\text{m}$ , proniká až do plic.

Kromě injekčních způsobů podání je vstřebání a tedy i působení toxické látky po inhalaci nejrychlejší. V plicních sklípcích se dobře resorbují nejen látky rozpustné v tucích, ale i ve vodě a mízními cestami i mnohé látky v tucích a vodě nerozpustné, což je důležité při inhalaci kovů a jejich sloučenin. Platí, že u většiny těkavých látek, ale i mnoha jiných inhalovaných látek, se resorpce v plicích pohybuje kolem 60%. Dalším nezanedbatelným při inhalační expozici je skutečnost, že látka vstřebána do plicní krve se dostává ihned a v celém množství do velkého krevního oběhu, bez ovlivnění průchodem játry, ke kterému dochází při absorpci přes zažívací ústrojí (GIT). [3]

### **Perorální expozice**

Zažívacím ústrojím se dobře vstřebávají především látky lipofilní; látky hydrofilní, zejména ionizované, se resorbují omezeně.

Nejčastěji přicházejí toxické látky do zažívacího ústrojí ústy (perorálně). Sliznici ústní dutiny se mohou zvláště lipofilní látky vstřebávat velmi dobře, za obvyklých podmínek je ale průchod ústy rychlý podíl zde vstřebraného množství látky nevýznamný. Stejně tak je rychlý i průchod jícnem.

Absorpce v žaludku a střevě ovlivňuje eventuálně současná přítomnost stravy, bez přítomnosti stravy bývá vstřebávání rychlejší a často i úplnější, alkohol a tuky mohou také absorpci podpořit.

Lipofilní látky se vstřebávají velmi dobře a rychle také ze sliznice konečníku, k tomu přispívá i silné prokrvení a přímý odvod krve z oblasti konečníku do velkého krevního oběhu, velký význam v podávání léčiv.

Celkově lze shrnout, že v zažívacím ústrojí se vstřebávají lipofilní látka velmi dobře, ionizované látky naopak špatně, jedná-li se ovšem o látky vysoce toxické, pak je nutno všechny škodliviny rozpustné ve vodě nebo v žaludeční kyselině považovat za nebezpečné. Látky za fyziologických podmínek nerozpustné se nemohou vstřebávat, a tedy se chovají jako cizí těleso a nemohou vyvolávat intoxikaci.

Toxické látky sorbované v zažívacím ústrojí počínaje žaludkem a konče tlustým střevem procházejí před vstupem do velkého krevního oběhu nejprve játry, kde u většiny látek dochází k biotransformaci (detoxikace × metabolická aktivace) významné části vstřebraného podílu (až 90% při prvním průchodu). To má často za následek velké rozdíly v účinné hladině oproti vstupu stejné dávky toxické látky jinou cestou. [3]

### **Perkutánní expozice**

Neporušenou kůží pronikají látky obtížněji, než jinými cestami. Svrchní vrstva kůže (epidermis) se jako celek chová v podstatě jako lipidní membrána propouštějící lipofilní látky, ale postup je relativně pomalý. Omezeně, převážně potními žlázami (malá plocha z celého povrchu) prochází látky rozpustné ve vodě. Poškozenou kůží může být vstřebána téměř každá látka.

S výjimkou extrémně toxických látek, jako jsou bojové chemické látky, většinou dermální vstřebávání plynů a par nedostačuje k vyvolání akutní otravy, při potřísnění kapalinami je akutní intoxikace možná. [3]

### **Ostatní důležité vstupy**

Při vstupu látek do organismu nechráněných osob hrají výraznou roli i oční spojivky, zvukovod a velmi prokrvený prostor pod jazykem. Tyto brány vstupu mohou hrát roli i u některých aerosolů a jsou zároveň charakterizovány velkou rychlostí průniku. V podmínkách

havárii může tak stoupat ohrožení postižených jedinců velmi rychlým vstřebáváním nebezpečných látek otevřenými ranami nebo popáleninami. [2]

## **Intoxikace podle místa účinku**

### **Toxické látky s místním účinkem**

Látka vyvolávající pozorovatelné změny na tkáních v místě přímého kontaktu se nazývá látka s místním účinkem. Lokální účinek může být různě závažný, od vratného (překrvení, otok, zánět), až po nevratné poškození (poleptání). Látky vyvolávající při kontaktu s tkání zánětlivou reakci se nazývají dráždivé. Jsou-li buňky v místě působící látkou usmrcovány, nastává odumření (nekróza 3. až 4. stupně poleptání) postiženého místa, označují se látky jako žíraviny. [3]

### **Toxické látky s celkovým účinkem**

Látky vyvolávající poškození organismu (otravu) poté, co proniknou do krve (vstřebáním, přímým podáním), se nazývají toxické látky s celkovým účinkem. Systémová toxicita tedy znamená, že se účinek toxické látky projeví na některém místě (systému) organismu, které je vzdálené od místa kontaktu (bránou vstupu toxické látky do organismu). I když se následky působení odvíjí od zasažení různých orgánů, jedná se o onemocnění celkové, kterým je zasažen celý organismus, včetně psychiky.

Onemocnění, patologický stav organismu, který je zapříčiněn toxickou látkou se nazývá otrava (intoxikace). Intoxikace se projevuje příznaky (symptomy), nebo celou skupinou příznaků (syndrom). Některé příznaky bývají pro otravu určitou látkou charakteristické, ale často bývají neurčité, vyskytující se při různých otravách i při jiných onemocněních. Podle příznaků je ve většině případů obtížné nebo dokonce nemožné určit látku, která intoxikaci vyvolala. [3]

### **Toxické látky s reprodukční a vývojovou toxicitou**

Látky s reprodukční a vývojovou toxicitou se rozumí toxické látky, jejichž expozice před početím (u kteréhokoliv z rodičů), během prenatálního vývoje, nebo po narození, až do doby pohlavní zralosti, může mít za následek prenatální nebo časné postnatální úmrtí, výskyt strukturálních odchylek, změny růstu (hmotnostní a délkové), nebo funkční defekty (např. snížená funkce plic, imunitního systému, poruchy nervové soustavy). [3]

## **Intoxikace a rozdělení škodlivin**

### **Intoxikace**

Je-li expozice dosti velká, dojde ke změně normálních funkcí organismu, tj. k projevům otravy (intoxikace). Může jít o otravu prudkou (akutní) nebo vleklou (chronickou), ale rozlišuje se i otrava subakutní a subchronická tam, kde expozice není ani vyloženě jednorázová, ani dlouhodobá.

- *Akutní otrava* je důsledek jednorázové, nebo krátkodobé (jednodenní) expozice, zpravidla s klinickými projevy
- *Chronická otrava* vzniká jako následek dlouhodobé (měsíce, roky) expozice malým dávkám toxické látky, které by jednorázově nebo krátkodobě žádné poškození nezpůsobily
- *Subchronická otrava* je výsledek několikrát opakované expozice nebo expozice trvající omezenou dobu (několik dnů)

Pro poskytnutí první pomoci, ale i z hlediska následné odborné léčby je důležité pochopení způsobu poškození lidského organismu, které nebezpečné chemické látky vyvolávají. Z tohoto hlediska má zvláštní důležitost snaha určit při každé intoxikaci klíčové příznaky, na základě kterých je možno volit nejvhodnější způsob pomoci. Z hlediska praktických potřeb je dostačující zmínit se jen o nejzákladnějších mechanismech, kterými toxické látky mohou akutně působit na lidský organismus. [3]

### **Mutageny**

Obecně jsou mutageny definované jako látky schopné vyvolat změnu dědičných vlastností, změnu v genetickém materiálu buňky. Často se pojem mutagen používá v užším smyslu, pro označení toxické látky schopné vyvolat mutace v zárodečných buňkách (gametické mutace), které mohou být přenášeny na další generace.

Změny genetické informace buněk, mutace, vznikají spontánně, nebo působením zevních mutagenních faktorů, např. ionizujícího záření, UV a RTG záření. Nebo chemických látek (dehet, kyslíkové radikály). Chemické mutageny mohou indukovat mutace genové, chromozomové a genomové. [3]

### **Karcinogeny**

Karcinogeny jsou látky, které mohou vyvolat zhoubné bujení tkání. Nádorové bujení je podle současných představ považováno za důsledek inhibice mezibuněčné komunikace zajišťující kontrolu buněčného růstu, diferenciaci buněk a jejich funkce.

Velmi obtížným problémem je hodnocení rizika plynoucího z expozice nízkým dávkám karcinogenů a s tím související přístup k stanovení hygienických a jiných limitů. Existují celkem spolehlivé údaje o následcích expozice vyšším dávkám; informace o závislosti zvýšení výskytu nádorových onemocnění na velikosti expozice oproti obvyklé frekvenci v neexponované populaci bývají nejčastěji odvozeny z poznatků o profesionální expozici. V oblasti nízkých dávek takové informace dostupné nejsou, není dokonce k dispozici žádný spolehlivý průkaz výskytu poškození následkem expozic velmi nízkými dávkami.

Karcinogenní účinky mají látky, s nimiž člověk běžně přichází do styku např. složky tabákového kouře, saze, uhelný dehet, azbest, formaldehyd. [3]

### **Teratogeny**

Teratogeny jsou látky vyvolávající vrozené vady nebo abnormality v postnatálním vývoji potomstva, pokud působily v době gravidity. Teratogeny působí zásahem do normálního embryonálního vývoje, nedochází ke změně genotypu, ale fenotypu.

Nejkritičtějším obdobím pro vznikrozených vad je období organogeneze, v době vývoje plodu jsou morfologické účinky škodlivin méně pravděpodobné.

Jako teratogeny se mohou uplatnit jednak mutageny, jednak negenotoxické teratogeny (zásahem do přenosu informace z DNA, ale i do mnoha jiných procesů). Naprostá většina prozatím poznaných chemických teratogenů vyvolává změny pouze fenotypové, tedy nedědičné.

Teratogenní působení látky se může projevit různým poškozením podle období, ve kterém na vyvíjející se embryo nebo plod působí (podle časového sledu vytváření orgánových základů je možné vyvolat podáním téhož teratogenu v rozdílných údobích organogeneze i rozdílné typy malformací). Příklady některých chemických teratogenů jsou například organická rozpouštědla, polychlorované bifenyly, těžké kovy. [3]

## **Alergeny**

Alergeny jsou nejčastěji definovány jako látky, které zvyšují aktivitu organismu změnou imunitní odpovědi.

Alergie, alergické onemocnění, patří mezi poruchy imunitního systému; jde o silnou nebo kvalitou nepřiměřenou odpověď na antigenní podnět, která ve svých důsledcích vede k poškození organismu.

Počet alergenů, na něž může organismus reagovat nepřiměřenou imunitní odpovědí, je velmi rozsáhlý, od přírodních látek, jako např. pyly a jiné rostlinné nebo živočišné prachy, přes některá významná léčiva (např. penicilinová antibiotika) a průmyslové chemikálie, po různé v každodenním životě běžně používané chemické sloučeniny. [3]

## **Dráždivé látky**

Dráždí oční spojivky, sliznice horních dýchacích cest, kůže a po požití i zažívací trakt. Účinek těchto látek spočívá v dráždění nervových zakončení na sliznicích, jejímž výsledkem je slzení, pocit cizího tělesa v oku, zduření víček, tvorba sekretu v dýchacích cestách, kašel, kýchaní, rýma, bolest hlavy, pocit tlaku na hrudníku, někdy i dušnost, pocit nevolnosti a zvracení. [2]

## **Dusivé látky**

Vyvolávají přímé či nepřímé zamezení dodání kyslíku do tkání. Patří sem sloučeniny, které potlačují činnost některých fermentů v plicní tkáni, zamezují přenos kyslíku krevním barvivem nebo předání kyslíku ve tkáních. Jednou z nejnebezpečnějších situací je vznik plicního otoku. Důležité je rovněž zjištění, že některé z těchto látek způsobují změny v mozkových buňkách. Tímto způsobem je možno vysvětlit psychické poruchy u otrávených osob, tj. Zmatenost, poruchy řeči, halucinace. [2]

## **Žíraviny**

Látky způsobující poleptání, tj. látky, které místě těžce poškozují tkáň, s nimiž přijdou do styku. Takové vlastnosti mají především různé anorganické i organické kyseliny a zásady, jako jsou např. minerální a karboxylové kyseliny a některé jejich soli a deriváty, roztoky louhů, amoniaku, některé organické alifatické aminy aj. Mnohé z těchto látek jsou nebezpečné i svou schopností narušovat materiály, z nichž jsou vyrobeny prostředky ochrany povrchu těla. [2]

## **Látky poškozující jaterní tkáň**

Látky, které poškozují jaterní tkáň, se označují jako hepatotoxiny. U lidí je jedním z nejvýznamnějších chemických látek, které játra poškozují, etanol - při chronickém abúzu (zneužívání) vede ke vzniku cirhózy (svraštění a zatvrdnutí orgánu při tvorbě nového vaziva) jater a také zvyšuje negativní působení ostatních faktorů.

Mezi hepatotoxické látky patří chlorované uhlovodíky tetrachlorethan, tetrachlormetan a trichlormethan, ftaláty, některé léky, jako například paracetamol, mykotoxiny (aflatoxiny, sterigmatocystin a T-2 toxin včetně toxinů vyšších hub (falotoxin muchomůrky zelené), toxiny sinic (microcystiny), vyšší dávky kumarinů, pyrolizidinové alkaloidy, nadměrné množství vitamínu A a další látky. Některé z nich jsou navíc hepatokarcinogenní (např. aflatoxiny), tzn., způsobují maligní (zhoubnou) transformaci jaterních buněk. [7]

## Látky působící na mozek a nervový systém

Látky působící na nervový systém jsou většinou látky organické sloučeniny fosforu, velmi nebezpečné pro člověka a savce celkově, vyznačují se velkou toxicitou. Je to taktéž nejvíce nebezpečná skupina chemických bojových látek a vyznačují se rychlým nástupem účinku a průnikem do organismu všemi branami vstupu. Jsou rozděleny na dvě základní skupiny a to G látky a V látky.

V nebojových podmínkách se používají převážně v průmyslu jako změkčovadla, hydraulické kapaliny, v medicíně jako léčiva nebo jako sloučeniny k výzkumu nervových funkcí, ale hlavně se tyto látky používají jako insekticidy k hubení hmyzu v zemědělství. [23]

## Inhalačně toxické látky

Z významu inhalační expozice vyplývá, že při haváriích jsou nejvýznamnější nebezpečné látky, které jsou za normálních podmínek ve formě plynu nebo těkavé kapaliny. Je to především čpavek, který vedle použití při chemických výrobních (umělá hnojiva) nachází široké uplatnění jako chladicí medium pro udržování stálé teploty ledu. Dalšími vysoce toxickými látkami skladovanými u nás v největších množstvích, jsou chlor, sirouhlík, formaldehyd, kyanovodík, sulfan, fosgen, fluorovodík, chlorovodík a mnoho dalších. [2]

## Varovné vlastnosti látek

- *Čichový práh* nejnižší koncentrace látky v ovzduší, při které člověk cítí charakteristický zápach látky
- *Prah snesitelnosti* nejvyšší koncentrace látky v ovzduší, při které je nechráněná osoba schopna snést určitý účinek toxické látky

Varovné vlastnosti toxických látek jsou v podstatě dány podílem prahu snesitelnosti a čichového prahu. Látky s velmi nízkým prahem snesitelnosti a vysokým čichovým prahem vykazují uvedený podíl nízký, mají tedy špatné varovné vlastnosti a tím jsou nebezpečnější. Naopak látky s vysokým prahem snesitelnosti a velmi nízkou hodnotou čichového prahu vykazují uvedený podíl vysoký a mají dobré varovné vlastnosti. [2]

## Přípustné dávky a koncentrace toxických látek

Z hlediska prevence a poškození zdravá toxickými látkami jsou důležitými pojmy *nejvyšší přípustné koncentrace* a jiné limitní hodnoty pro toxické látky ve složkách pracovního a životního prostředí.

- *Nejvyšší přípustná koncentrace (NPK-P)* je taková koncentrace chemické látky, které nesmí být zaměstnanec v žádném úseku směny vystaven. Při hodnocení pracovního ovzduší lze porovnávat s nejvyšší přípustnou koncentrací dané chemické látky časově vážený průměr koncentrací této látky měřený po dobu nejvýše 15 minut. Takové úseky s vyšší koncentrací smí být během osmi hodinové směny nejvýše čtyři, hodnocené s odstupem nejméně jedné hodiny. [2]
- *Přípustný expoziční limit (PEL)* chemické látky nebo prachu je celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimiž může být vystaven zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení schopnosti nebo výkonnosti. Přípustný expoziční limit je stanoven prací, při které průměrná plicní ventilace zaměstnance nepřekračuje 20 litrů za minutu za osmihodinovou směnu. Koncentrace chemické látky nebo prachu nesmí překročit 1/3 jejich přípustných expozičních limitů. [2]

Toxikologické vlastnosti látek ve formě par nebo aerosolů nejčastěji vyjadřují tyto koncentrace:

- *Střední prahový účinek* **PCt<sub>50</sub>** je koncentrace látky, která u 50% zasažených vyvolá po čase t rozvoj prahových příznaků
- *Střední zneschopňující účinek* **ICt<sub>50</sub>** je koncentrace látky, která po čase t vyvolá u 50% zasažených dočasné zneschopnění
- *Střední efektivní účinek* **ECt<sub>50</sub>** je koncentrace látky, která po čase t vyvolá u 50% zasažených plný toxický efekt
- *Střední letální účinek* **LCt<sub>50</sub>** je koncentrace látky, která po čase t usmrtí 50% exponovaných

Hodnoty PCt<sub>50</sub>, ICt<sub>50</sub>, ECt<sub>50</sub> a LCt<sub>50</sub> jsou formálně přepočteny na 1 minutu působení a vyjadřují příslušnou inhalační zátěž organismu (popř. účinek na oční spojivky nebo i účinek na kůži), vyjádřenou součinem koncentrace látek, u nichž lze určit množství, které proniklo do organismu (např. kapalin) vyjadřují tyto charakteristiky:

- *Nejvyšší dávka bez pozorovatelného účinku* (**NOEL**, *no observed effect level*) je experimentálně zjištěna dávka látky bez jakéhokoliv negativního účinku na organismus; vyjadřuje se v mg.kg<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>
- *Nejnižší dávka s pozorovatelným účinkem* (**LOEL**, *lowest observed effect level*) je experimentálně zjištěna dávka látky, při které už je pozorován nežádoucí efekt.
- *Střední prahová dávka* **PD<sub>50</sub>** dávka, která u 50% zasažených vyvolá rozvoj prahových příznaků poškození
- *Střední zneschopňující dávka* **ID<sub>50</sub>** je dávka látky, která 50% zasažených dočasně zneschopní
- *Střední účinná dávka* **ED<sub>50</sub>** je dávka látky, která vyvolá u 50% zasažených plný toxický efekt
- *Střední letální dávka* **LD<sub>50</sub>** je dávka látky, která usmrtí 50% zasažených.

Hodnoty PD<sub>50</sub>, ID<sub>50</sub>, ED<sub>50</sub> a LD<sub>50</sub> jsou obvykle vyjadřovány v hmotnostních jednotkách na jednotku tělesné hmotnosti (např. v mg/kg) nebo na osobu (70 kg).

Střední letální dávka LD<sub>50</sub> a střední letální koncentrace LC<sub>50</sub> slouží často jako parametry toxikologické klasifikace chemických látek: [2]

Tabulka č. 1: Klasifikace toxických látek podle toxikologických charakteristik LD<sub>50</sub> a LC<sub>50</sub>[2]

Stupeň toxické látky	LD <sub>50</sub> (per oral, potkan) mg/kg	LC <sub>50</sub> (4 hod, potkan)
6. Krajně jedovatá	<5	<10 ppm
5. Velmi jedovatá	5 – 10	10 – 100 ppm
4. Jedovatá	50 – 500	100 – 1000 ppm
3. Málo jedovatá	500 – 5000	1000 – 10000 ppm
2. Prakticky nejedovatá	5000 – 15000	1– 10 % obj.
1. Prakticky neškodná	>15000	>10 % obj.

### Havarijní koncentrace

„Hodnoty Havarijní Přípustné Koncentrace (HPK) a Havarijní Akční Úrovně (HAU) představují výsledky výzkumné činnosti Institutu ochrany obyvatelstva založené na vytěžení rozsáhlé literatury a tedy nemají žádný hygienický ani zákonný podklad. Je třeba je považovat jen za určitou pomůcku v mimořádných situacích. Na druhé straně však mohou významně pomoci orgánům a organizacím Integrovaného Záchraného Systému (IZS) k přijetí

adekvátních protichemických opatření v první fázi po havárii či jiné mimořádné události, neboť v době jejich zpracování podobné prameny chyběly. Je proto na orgánech a organizacích IZS či krizových štábech jednotlivých stupňů, zda hodnoty využijí.

Kromě toho není úplně pravda, že nemají vůbec žádný legislativní podklad. Jsou obsaženy a definovány v "Řádu chemické služby HZS ČR" (Praha: MV - GŘ HZS ČR, 2007, ISBN 80-86640-70-1) vydaném Pokynem generálního ředitele HZS ČR č. 30/2006. Pro HZS ČR jsou pokyny GŘ třetím stupněm legislativních dokumentů (po zákonech a vyhláškách).“

Ing. Tomáš Čapoun, CSc.

- I. **Havarijní přípustné koncentrace HPK-10** je limitní koncentrace plynu, páry nebo aerosolu látky v ovzduší, již se mohou vystavit záchranáři při záchraně osob bez prostředků individuální ochrany po dobu 10 min.

*Omezení:*

- koncentrace nesmí vyvolat nevratné onemocnění
- koncentrace smí vyvolat vratná onemocnění, která jsou adekvátní významu zásahu, kterým je záchrana života nebo zdraví více osob

- II. **Havarijní přípustná koncentrace HPK-60** je limitní koncentrace plynu, páry nebo aerosolu látky v ovzduší, již se mohou vystavit záchranáři při záchraně osob bez prostředků individuální ochrany po dobu 1 hodiny.

*Omezení:*

- koncentrace nesmí vyvolat nevratná onemocnění
- koncentrace smí vyvolat vratná onemocnění, která jsou adekvátní významu zásahu, kterým je záchrana života nebo zdraví více osob

- III. **Havarijní akční úroveň HAU-20** je limitní koncentrace plynu, páry nebo aerosolu látky v ovzduší, při kterém je nutné obyvatelstvo vyvést ze zamořeného prostoru do 20 minut od zahájení inhalace.

*Omezení:*

- koncentrace nesmí vyvolat nevratné onemocnění
- látka při dané koncentraci může mít pouze vratné a lehčí snesitelné účinky na dospělé osoby i děti

- IV. **Havarijní akční úroveň HAU-120** je limitní koncentrace plynu, páry nebo aerosolu látky v ovzduší, při kterém je nutné obyvatelstvo vyvést ze zamořeného prostoru do 2 hodin od zahájení inhalace.

*Omezení:*

- koncentrace nesmí vyvolat nevratné onemocnění
- látka při dané koncentraci může mít pouze vratné a lehčí snesitelné účinky na dospělé osoby i děti

[2]

## **Vlastnosti nebezpečných chemických látek**

Z důvodu fyzikálně-chemických vlastností některých nebezpečných průmyslových chemických toxických látek jsou níže podrobněji popsány některé fyzikální vlastnosti hořlavých a výbušných látek.

### **Relativní molekulová hmotnost**

Molekulová hmotnost je hmotnost molekuly [kg, g] a je daná součtem všech atomových hmotností prvků obsažených v molekule. Je první informací pomocí níž můžeme posuzovat chování látky v případě nedostatku dalších specifických informací. Je mírou měrné hmotnosti plynné fáze, která je důležitá z hlediska chování par v prostoru – jsou-li lehčí či těžší než vzduch – a mírou difúze par. Látky s vyšší molekulovou hmotností mají zpravidla nižší difúzní koeficient a hůře difundují, tím se i v plynném prostředí hůře zředí, což je z hlediska tvorby výbušných směsí velmi důležité, zejména v provozech se šachtami, kanály a jinými prostory.

Hodnoty difúzního koeficientu, podle něhož lze odhadnout míru šíření par v uzavřených prostorách, jsou nepřímo úměrné molekulové hmotnosti látky. [6]

### **Měrná hmotnost plynné fáze**

Uvádí se často jako poměrové číslo. Udává měrnou hmotnost páry, vztaženou k měrné hmotnosti vzduchu za stejného stavu (měrná hmotnost vzduchu je 1). Látky s hodnotou menší než 1 mají snahu vystupovat nahoru, látky s hodnotou větší než 1 se drží, podle míry rozdílu od 1, při zemi, respektive ve spodních částech uzavřeného prostoru. Tato skutečnost má nemalý význam pro správné umístění vzduchotechniky v případě možného úniku látek do prostoru. V souvislosti s výraznou závislostí měrné hmotnosti na teplotě plynné fáze je nutno upozornit na to, že i plyny lehčí než vzduch se při ochlazení, budou chovat po určitou dobu jako těžké plyny. [6]

### **Měrná hmotnost kondenzované fáze**

Má význam pro posouzení chování látky při represivním zásahu. Látky s měrnou hmotností menší než  $1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  mají snahu plavat na vodě a pokud jsou to navíc kapaliny ve vodě nerozpustné, vyvstává řada problémů při jejich hašení. U zkapalněných plynů se udává rovněž měrná hmotnost kondenzované fáze [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ] při plnění zásobníku, aby nedošlo k jejich přeplnění. Hodnoty měrné hmotnosti kondenzované fáze při teplotě varu jsou potřebné např. pro navrhování vhodné nemrznoucí kapaliny do kapalinových uzávěrů, nemrznoucí kapalina musí mít vyšší měrnou hmotnost než zkapalněný plyn. [6]

### **Tlak nasycených par**

Všechny kapaliny nad svým povrchem vytvářejí páry, jejichž množství závisí na teplotě, době vypařování i na vzdálenosti od povrchu. Tlak nasycených par je maximální množství par, vyjádřené parciálním tlakem příslušné látky v daném systému, který se může nad povrchem látky při daných podmínkách vytvořit. Údaje tlaku nasycených par a metody jejich výpočtu jsou pro některé kapaliny a pro různé teploty uvedeny ve fyzikálně chemických tabulkách. Z tlaku nasycených par je možné pro dané podmínky, teplotu a tlak, vypočítat koncentraci plynné hořlavé složky v obj. % i v  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , která může být v tomto systému dosažena. [6]

### **Teplota varu**

Teplota varu je teplota, při které látka dosahuje tlaku nasycených par (maximálního parciálního tlaku), který je roven tlaku okolního prostředí. Proto je nutné, aby při teplotě varu

byl uveden i údaj tlaku, běžné údaje se obvykle vztahují na atmosférický tlak cca 100 kPa. Snižováním tlaku se teplota varu snižuje. Obecně platí, že čím má hořlavá kapalina nižší teplotu varu, tím je tvorba výbušné směsi pravděpodobnější.

Teplota varu nebo destilační rozmezí hořlavé látky je první informací o možnosti vytvoření hořlavé nebo výbušné směsi. U směsi uhlovodíků (např. ropa), pohonných hmot a olejů lze počáteční teploty destilace přibližně odhadnout třídu nebezpečnosti. [6]

Tabulka č. 2: Třídy nebezpečnosti podle teploty varu [6]

Počáteční teplota destilace	Třída nebezpečnosti
Do 135 °C	I
Od 135 do 200 °C	II
Nad 200°C	II

### Slučovací teplo

Slučovací teplo je množství tepla, které se uvolní nebo pohltí při reakci, v níž výchozí látky jsou prvky a daná sloučenina jediným produktem. Slučovací tepla jsou vyjádřena k určitému standardnímu stavu a platí zde konvence, že slučovací tepla prvků jsou nulová. Jestliže je slučovací teplo kladné tzn., že při rozkladu látky dochází k uvolňování tepla, můžeme předpokládat, že taková látka je nestálá a výbušná. Plyny a páry těchto látek ve směsi se vzduchem mají rovněž širší oblast výbušnosti ve srovnání s podobnými látkami. [6]

### Reaktivita

Reaktivita představuje obecně míru schopnosti látek reagovat s látkami jinými za tvorby dalších sloučenin. Čím méně je nutno látky dodat energie, aby mohlo dojít k reakci, tím je látka reaktivnější. [2]

### Teplota tání

Teplota tání je teplota, při níž krystalická pevná látka přechází ze skupenství pevného do skupenství kapalného.

### Hořlavost

V podmínkách požáru představuje hoření složitý fyzikální a chemický proces, provázený vývojem tepla a světla. Termodynamiku procesů v plamenu ovlivňují plocha požáru, podmínky hoření a vlastnosti hořlavé látky (spalné teplo, difuze par, rychlost odhořívání, teplota varu, měrné teplo, výparné teplo, tepelná vodivost, hustota aj.). Pro posouzení požární nebezpečnosti látek se používají následující požárně technické charakteristiky, které umožňují posoudit chování hořlavin.

**Teplota vzplanutí** hořlavé kapaliny je nejnižší teplota, při které se za přesně definovaných zkušebních podmínek vytvoří nad hladinou takové množství par, že jejich směs se vzduchem po přiblížení plamene vzplane a dále sama nehoří.

Na základě praktických zkušeností bylo vzplanutí přijato za základní kritérium hodnocení požárního nebezpečí látek. Podle teploty vzplanutí se látky zařazují do **tříd nebezpečnosti**:

Tabulka č. 3: Třídy nebezpečnosti podle teploty vzplanutí [2]

Třída nebezpečnosti	Teplota vzplanutí, °C
I	$\leq 21$
II	$> 21 \leq 55$
III	$> 55 \leq 100$
IV	$> 100 \leq 250$

Nejnižší teplota definovaná stejně jako teplota vzplanutí, při níž se však vytvoří takové množství par, že po při bližení plamene dále samy hoří alespoň 5 sekund, se nazývá **teplota hoření**.

**Teplota vznícení** je nejnižší teplota horkého povrchu, při které se optimální směs par nebo plynů dané látky se vzduchem na předepsaném zařízení a za předepsaných podmínek vznítí. Na rozdíl od teploty vzplanutí se tedy nejedná o iniciaci plamenem, ale vedením tepla. Podle teploty vznícení se látky rozřídí do **teplotních tříd**.

Tabulka č. 4: Teplotní třídy [2]

Teplotní třída	Teplota vznícení, °C	Příklady (teploty vznícení)
T1	> 450	Aceton (535)
T2	> 300 ≤ 450	Butanol (408)
T3	> 200 ≤ 300	n-heptan (215)
T4	> 135 ≤ 200	Acetaldehyd (140)
T5	> 100 ≤ 135	Sírouhlík (102)
T6	> 85 ≤ 100	Etylnitrit (90)

**Teplota samovznícení** je nejnižší teplota, při níž v látce začínají bez vnějšího přívodu tepla probíhat exotermické procesy. Teplo potřebné k zapálení látky tedy vzniká z látky samotné jako důsledek chemických, fyzikálních či biologických pochodů. [2]

**Tepelné samovznícení** je proces vznícení látky dlouhodobým působením relativně vysoké teploty (80 – 100 °C). Předchází mu vždy samovolné zahřívání látky, při kterém uvolněné rekční teplo převyšuje rychlost a množství tepla odváděného do okolí. V praxi se tepelné samovznícení vyskytuje zejména při sušících procesech a mají k němu sklon hlavně celulózové materiály, jako dřevo, dřevovláknité desky, tabák, saze, uhlí, rašelina aj. [2]

**Chemické samovznícení** je reakce probíhající při styku látek s vodou, vzduchem nebo po vzájemném smísení. Patří sem i látky, které se mohou samovolně vznítit na hořlavém nosiči, který zvyšuje povrch rozptýlení látky, jako jsou hadry, piliny, různé plsti, drti, rohože aj. Rozsáhlou skupinu látek se sklonek k chemickému samovznícení tvoří vysychavé oleje a tuky, nátěrové hmoty, mazadla, impregnační prostředky lepidla a některé syntetické oleje.

Významné nebezpečí doprovázející v řadě případů požáry je toxické působení zplodin hoření. Druh těchto zplodin může být velmi rozmanitý a závisí nejen na vlastním hořlavém materiálu, ale též na jiných aspektech, jako je teplota hoření, přístup vzdušného kyslíku, přístup vzdušné vlhkosti, přítomnost jiných chemických látek aj. Nebezpečné působení zplodin hoření je velmi těžké hodnotit, neboť většinou se jedná o komplikované společné působení několika toxických a karcinogenních látek a zároveň zvýšené teploty na lidský organismus. [2]

Tabulka č. 5: Za nejvýznamnější zplodiny hoření s toxickými akutními účinky jsou považovány: [2]

Název toxické látky	Chemický vzorec	Charakteristika zplodin hoření
Kyanovodík	HCN	vzniká při hoření vlny, hedvábí, nylonu, polyuretanů, polyakrylonitrilu a dalších polymerních sloučenin s dusíkem
Oxid uhelnatý	CO	Vzniká při nedokonalém splování uhlíku
Fosgen	COCl <sub>2</sub>	Může se uvolňovat při nedokonalém hoření výrobků z PVC
Oxid siřičitý	SO <sub>2</sub>	Vzniká hořením vysoce hořlavé síry dalších látek obsahujících síru

Chlorovodík	HCl	Vniká při hoření PVC a některých hmot obsahujících retardéry hoření
Oxidy dusíku	NO <sub>x</sub>	Ve velkých množstvích se uvolňuje při hoření nitrátů celulózy a celulóidu, v malých množstvích při hoření textilie
Amoniak	NH <sub>3</sub>	V nízkých koncentracích se uvolňuje při hoření vlny, hedvábí, nylonu, polyuretanů, polyakrylonitrilu a dalších polymerních sloučenin s dusíkem
Isokyanáty	RNCO	V malých množstvích se uvolňují pyrolýzou polyuretanů
akrolein	CH <sub>2</sub> CHCHO	Vniká při hoření polyolefinů a celulózových materiálů

### Rozpustnost ve vodě

Každá látka je ve vodě částečně rozpustná. Z hlediska ochrany proti požáru a výbuchu je rozhodující, zda je ve vodě dokonale rozpustná. Tato vlastnost je důležitá zejména pro prevenci, má však význam i pro správnou volbu hasebních látek. Hořlavá kapalina s vodou dokonale mísitelná vytváří nad roztokem nižší koncentraci hořlavé složky jako čistá kapalina při stejné teplotě, nedokonale mísitelná, např. ve formě emulze, vytváří stejnou koncentraci jako čistá látka. U dokonale mísitelných kapalin můžeme zabránit tvorbě hořlavých (výbušných) směsí jejich zředěním, čímž snížíme tlak nasycených par hořlavé kapaliny nad roztokem. [6]

### Hutnota par

Hutnota par udává, kolikrát je pára látky těžší než vzduch. Hutnota par většiny chemických látek je větší než 1, proto jejich páry klesají k zemi.

### Koncentrační hranice výbušnosti

Udává rozmezí koncentrace hořlavé látky nejčastěji ve směsi se vzduchem, ve kterém dochází po iniciaci k hoření nebo výbuchu nebo ohraničují výbušnou oblast.

- **Dolní hranice výbušnosti** (DHSV<sub>K</sub>) je nejnižší koncentrace hořlaviny vyjádřena v obj. % nebo v g.m<sup>-3</sup> ve směsi se vzduchem, kyslíkem či jiným oxidačním prostředkem, která je schopna při určité iniciační energii šířit plamen.
- **Horní hranice výbušnosti** (HHV<sub>K</sub>) je nejvyšší koncentrace hořlaviny ve směsi s oxidačním prostředkem, která je ještě výbušná.

Všeobecně platí, že DHSV<sub>K</sub> je hodnota přesněji stanovitelná na fyzikálních a jiných podmínkách (tlak, teplota, způsob iniciace) méně závislá než HHV<sub>K</sub>. Představuje asi poloviční hodnotu koncentrace stechiometrické směsi, směsi, ve které je přesně tolik kyslíku, že stačí na dokonalé spálení.

Hranice výbušnosti, a tedy i rozsah výbušné oblasti, jsou závislé na počáteční teplotě, tlaku, přítomnosti inhibičních látek, tvaru a velikosti nádoby.

Všeobecně lze konstatovat, že zvýšením teploty i tlaku se dolní i horní hranice výbušnosti probíhá za přítomnosti přebytku kyslíku, při horní hranici za nedostatku kyslíku. Proto je hoření a výbuch v oblasti horní hranice obvykle doprovázené u organických sloučenin tvorbou sazí. [6]

### Minimální iniciační energie

Minimální iniciační energie je nejmenší energie kapacitní jiskry, která je schopna zapálit nejsnadněji iniciovatelnou (stechiometrickou) směs hořlavého plynu nebo páry ve směsi

s oxidačním prostředkem. Hodnoty MIE pro některé látky jsou uvedeny v ČSN 33 2030. Jsou důležité pro posuzování potencionálního nebezpečí iniciace hořlavých plynů směsí elektrostatickými a indukovanými výboji. Hodnota MIE je rovněž podkladem pro zařazení látky do třídy jiskrové citlivosti. [10]

Tabulka č. 6: Třídy citlivosti pro MIE[10]

Třída citlivosti	MIE [mJ]	Příklady	
		Látka	MZE[mJ]
1	do 0,025	vodík	0,011
2	od 0,025 do 0,2	eten	0,07
3	od 0,2 do 4,0	metan	0,28
4	od 4,0 do 20	prachy a disperze	
5	větší než 20	prachy a disperze	

### Kritický (limitní) obsah kyslíku

Je nejnižší množství kyslíku ve směsi hořlavina – kyslík – inert, při kterém dochází ještě k hoření. Kritický obsah kyslíku je závislý na teplotě, druhu inertu částečně i na tlaku. U většiny organických látek, například u etinu, má kritický obsah kyslíku hodnotu  $\approx 10$  % obj. Hodnota tzv. kritického obsahu kyslíku je hlavním kritériem inertizačního účinku; inertizační účinek látky je tím lepší, čím je kritický obsah kyslíku pro danou látku vyšší. [10]

### Rychlost odhořívání

Rychlost odhořívání kapalin je závislá na chemických vlastnostech látky. Může být ovlivňována i řadou jiných okolností, např. přebytkem nebo nedostatkem kyslíku při hoření, druhem či způsobu uskladnění, poměrem plochy k objemu. [6]

### Rychlost šíření plamene

Rychlost šíření plamene je vyšší rychlost odhořívání, protože teplo uvolněné při spalování značně zvýší objem spalných produktů, sníží se jejich hustota a tím se zvýší rychlost, kterou produkty odcházejí z hořící vrstvy a jsou iniciací dalšího hoření. [6]

### Toxické působení hořlavých kapalin

Hořlavé kapaliny mají ve většině případů nepříznivý vliv na zdraví člověka. Z hořlavých kapalin, s nimiž člověk přichází nejčastěji do styku, lze v první řadě uvést alifatické a aromatické uhlovodíky, zejména jako součást automobilových benzínů, motorových nebo topných naft, petrolejů, technických benzínů nebo ředidel olejových a syntetických nátěrových hmot. Spolu s jinými hořlavými kapalinami tvoří rovněž složky různých přípravků pro domácí úklidové práce.

Nižší uhlovodíky snadno rozpouštějí tuky a tímto účinkem především odmašťují kůži. Podobný odmašťující účinek mají i jiné hořlavé kapaliny, které jsou součástí rozpouštědel např. v gumárenském průmyslu. Patří sem především ketony, estery, alkoholy nebo chlorované uhlovodíky.

Daleko závažnější než zmíněný odmašťující účinek je narkotický účinek uhlovodíků, jejich halogenových derivátů a některých dalších hořlavých kapalin. Při vdechování par těchto kapalin dochází k narkóze v důsledku útlumu některých míst centrální nervové soustavy.

Narkotické účinky par hořlavých kapalin se výrazně projevují při práci v nádržích a aparátech nedostatečně vyčištěných od zbytků kapalin a nedostatečně vyvětralých. Mohou se, však vyskytnout i při úniku většího množství par těchto kapalin ze zařízení, zvláště při jejich

zpracováním vyšších teplot. Vysoké koncentrace par často způsobují kromě narkózy i křeče. Bez včasné pomoci a vyproštění z kontaminovaného prostředí může dojít k úmrtí postižených osob. [10]

### **Barva a zápach**

Barva objektu záleží na jeho fyzikálních vlastnostech a na vnímání pozorovatele. Z hlediska fyzikálního můžeme říci, že povrch má barvu světla, které odráží nebo vyzařuje. [51]

Zápach je čichový vjem, který lze získat pomocí čichových receptorů. Je to smyslová informace o chemickém složení aerosolu nebo plynu. [50]

### **Těkavost**

Je hodnota maximální koncentrace nebezpečné chemické látky, která se může za daných atmosférických podmínek vytvořit v uzavřeném prostoru. Těkavost závisí na teplotě okolí, při teplotách kolem 20 °C se těkavost se zvýšením teploty o 10 °C zdvojnásobuje. V terénu lze dosáhnout v závislosti na vertikální stálosti atmosféry jen zlomek hodnoty těkavosti.

### **Klasifikace nebezpečných látek**

Klasifikace je postup zjišťování nebezpečných vlastností látky nebo přípravku, hodnocení zjištěných vlastností a následné zařazení takové látky nebo přípravku do jednotlivých skupin nebezpečnosti. V praxi se můžeme setkat se dvěma různými způsoby dělení nebezpečných chemických látek.

- **Sbírka zákonů 356/2003 sb.**
- **Evropská dohoda o mezinárodním silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR – vyhláška č. 64/1987)**

### **Klasifikace podle zákona 356/2003 Sb.**

Klasifikace nebezpečné látky nebo přípravku je spojena s přiřazením výstražného symbolu nebezpečnosti a standartních vět, označujících specifickou rizikovost (R-věty).

- **Nebezpečné látky** nebo nebezpečné přípravky jsou látky nebo přípravky, které mají jednu nebo více nebezpečných vlastností, pro které jsou klasifikovány jako výbušné pevné, kapalné, pastovité nebo gelovité látky a přípravky, které mohou exotermně reagovat i bez přístupu vzdušného kyslíku, přičemž rychle uvolňují plyny, a které, pokud jsou v částečně uzavřeném prostoru, za definovaných zkušebních podmínek detonují, rychle shoří nebo po zahřátí vybuchují.
- **Oxidující** - látky a přípravky, které vyvolávají vysoce exotermní reakci ve styku s jinými látkami, zejména hořlavými
- **Extrémně hořlavé** - kapalné látky a přípravky, které mají extrémně nízký bod vzplanutí a nízký bod varu, anebo plynné látky a přípravky, které jsou hořlavé ve styku se vzduchem při pokojové teplotě.
- **Vysoce hořlavé:**
  - Látky a přípravky, které se mohou samovolně zahřívat a nakonec se vznítí ve styku se vzduchem při pokojové teplotě bez jakéhokoliv dodání energie,
  - Pevné látky a přípravky, které se mohou snadno zapálit po krátkém styku se zdrojem zapálení a které pokračují v hoření nebo vyhořely po jeho odstranění;
  - Kapalné látky a přípravky, které mají velmi nízký bod vzplanutí
  - Látky a přípravky, které ve styku s vodou nebo vlhkým vzduchem uvolňují vysoce hořlavé plyny v nebezpečných množstvích;
- **Hořlavé** - kapalné látky nebo přípravky, které mají nízký bod vzplanutí

- **Vysoce toxické** - kapalné látky nebo přípravky, které při vdechnutí, požití nebo při průniku kůží ve velmi malých množstvích způsobují smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví
- **Toxické** - kapalné látky nebo přípravky, které při vdechnutí, požití nebo při průniku kůží ve velmi malých množstvích způsobují smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví
- **Zdraví škodlivé** - látky nebo přípravky, které při vdechnutí, požití nebo při průniku kůží ve velmi malých množstvích způsobují smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví
- **Žíravé** - látky nebo přípravky, které mohou zničit živé tkáně při styku s nimi;
- **Dráždivé** - látky nebo přípravky, které mohou při okamžitém, dlouhodobém nebo opakovaném styku s kůží nebo sliznicí vyvolat zánět a nemají žíravé účinky;
- **Senzibilizující** - látky nebo přípravky, které jsou schopné při vdechování, požití nebo při styku s kůží vyvolat přecitlivělost, takže při další expozici dané látce nebo přípravku vzniknou charakteristické nepříznivé účinky;
- **Karcinogenní** - látky nebo přípravky, které jsou schopné při vdechování, požití nebo při styku s kůží mohou vyvolat rakovinu nebo zvýšit její výskyt;
- **Mutagenní** - látky nebo přípravky, které jsou schopné při vdechování, požití nebo při styku s kůží mohou vyvolat dědičné genetické poškození nebo zvýšit jeho výskyt;
- **Toxické pro reprodukci** - látky nebo přípravky, které jsou schopné při vdechování, požití nebo při styku s kůží mohou vyvolat nebo zvýšit výskyt nedědičných nepříznivých účinků na potomstvo nebo zhoršení mužských nebo ženských reprodukčních funkcí nebo schopností;
- **Nebezpečné pro životní prostředí** - látky nebo přípravky, které při vstupu do životního prostředí představují nebo mohou představovat okamžité nebo pozdější nebezpečí pro jednu nebo více složek životního prostředí. [8]

Tabulka č. 8: Přehled symbolů nebezpečných látek s přiřazenými R-větami

Látka	Symbol nebezpečnosti	R-věty
Výbušná	E	R 2, R 3
Oxidující	O	R 8, R 9
Extrémně hořlavá	F+	R 12
Vysoce hořlavá	F	R 11, R 15, R 17
Hořlavá		R 10
Vysoce toxická	T+	R 26, R 27, R 28, R 39
Toxická	T	R 23, R 24, R 25, R 39, R 48
Zdraví škodlivá	Xn	R 20, R 21, R 22, R 40, R 48
Žíravá	C	R 34, R 35
Dráždivá	Xi	R 36, R 37, R 38, R 41
Senzibilizující		R 42, R 43
Karcinogenní	karc. kat. (1,2 nebo 3)	R 40, R 45, R 49
Mutagenní	mut. kat. (1,2 nebo 3)	R 40, R 46
Toxická pro reprodukci	rep. kat. (1,2 nebo 3)	R 60, R 61, R 62, R 63
Nebezpečná pro živ. prostředí	N	R 52, R 53, R 59

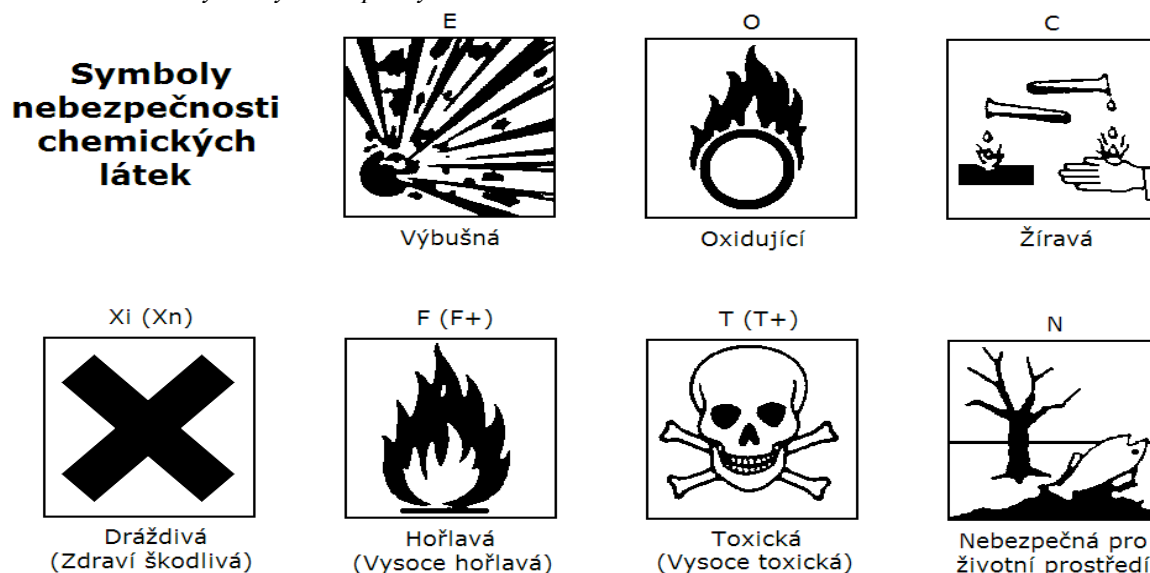
## Klasifikace podle ADR

Tabulka č. 7: Klasifikace nebezpečných látek podle ADR[2]

Třída č.	Název třídy	Charakteristika
1	Výbušné látky a předměty	Schopnost výbuchu nebo rozletu
2	Plyny	Kritická teplota nižší než 50 °C nebo tenze par při 50 °C vyšší než 300 kPa
3	Hořlavé kapaliny	Jsou kapalné při teplotě nejvýše 20 °C nebo při teplotě 50 °C tenze par nejvýše 300 kPa, bod vzplanutí nejvýše 61 °C a dále kapalné a pevné látky s bodem vzplanutí vyšším než 61 a nižším než 100 °C, které jsou přepravovány zahřáté
4.1	Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky a znečitlivělé tuhé výbušné látky	Bod tání vyšší než 20 °C nebo pastovité látky se schopností se vznítit nebo vyvolat vznícení
4.2	Samozápalné látky	Schopnost k samovolnému zapálení (do 5 min. Ve styku se vzduchem) nebo zahřátí
4.3	Látky, které ve styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny	Schopnost vyvíjet při styku s vodou plyny, které se mohou vznítit nebo tvořit se vzduchem výbušné směsi
5.1	Látky podporující hoření	Způsobení hoření nebo jeho podpora vlivem oxidačního účinku
5.2	Organické peroxidy	Možnost samovolného exotermického rozkladu, obsah aktivního kyslíku nad 1 %
6.1	Toxické látky	Toxické účinky nebo uvolňování toxických látek
6.2	Infekční látky	Obsah mikroorganismů schopných vyvolat onemocnění
7	Radioaktivní látky	Aktivita vyšší než 70 kBq/kg
8	Žiravé látky	Látky napadající svým chemickým účinkem tkáň
9	Jiné nebezpečné látky	Jiné nebezpečí (prach, obsah PCB aj.)

## Symbole nebezpečných látek

Obrázek č. 1: Symbole nebezpečných látek



## **Databáze nebezpečných látek**

Databáze, český systém řízení báze dat, (umožňující, aby byly uloženy transparentně v tabulkách s definovanými vazbami mezi sebou oddělené od faktické reprezentace dat tedy formulářů a sestav. Tento moment umožňuje flexibilně přizpůsobovat pohledy na data dle aktuálních potřeb.

Potřeby lze rozdělit do několika samostatných oblastí:

- MSDS (Material Safety Data Sheets – bezpečnostní listy)
- Data Hazardous Material Database
- Chemické databáze
- Rejstříky vedené úřady na základě platné legislativy[11]

## **Bezpečnostní listy - MSDS**

Primárně jsou tyto informační listy určeny pracovníkům pro seznámení se s vlastnostmi látek, se kterými manipulují, by se zabránilo škodám na zdraví a majetku, které by mohly vzniknout neodbornou manipulací s nimi.

Do českého právního řádu je zaveden prostřednictvím §23 zákona 356/2003 Sb. o chemických látkách a chemických přípravcích, který hovoří o tzv. bezpečnostních listech.

Zvedení těchto údajů do databáze a jejich zpřístupnění na vnitropodnikové síti výrazným způsobem zjednodušuje distribuci těchto listů v papírové podobě. Využitím databázového prostředí lze také vyřešit návaznost MSDS na samostatné procesy výroby, skladování, přepravy apod. nebezpečných látek a ošetřit tak celý životní cyklus látky.

V rámci MSDS by měly být uchovány následující údaje:

- identifikace látky a jejího výrobce,
- chemické složení a údaje o komponentách,
- identifikace nebezpečí,
- první pomoc,
- hašení,
- opatření při náhodném uvolnění,
- manipulace a uskladňování,
- kontrola expozice a osobní ochrana,
- fyzikální a chemické vlastnosti,
- stabilita a reaktivita,
- toxikologické informace,
- ekologické informace,
- poznámky k likvidaci látky,
- údaje pro transport,
- legislativní omezení,
- další informace.

## **Data Hazardous Material Database**

*NICAR Data Hazardous Material Database* je zaměřena na evidenci nebezpečných látek, ale tentokrát ne z hlediska jejich vlivu na zdraví nebo bezpečnost, ale z hlediska jejich reálných úniků. Provoz databáze je zaštiťován ministerstvem dopravy USA. Dostupné jsou údaje za posledních třicet let.

V rámci této databáze jsou data o:

- místu nehody,
- způsobu přepravy,

- přepravci s kontaktními údaji,
- povaha havárie,
- případné následky na životní prostředí.

MHIDAS (Mapper Hazard Incident Data Service). Jádrem systému je databáze mimořádných událostí, které se nějakým způsobem týkaly nebezpečných látek. Databáze umožňuje zpětně zjistit, jaký měla mimořádná událost následek i mimo oblast, kde se stala. Sledované parametry jsou:

- oběti na životech,
- poškození majetku, budov a životního prostředí.

### HazChem

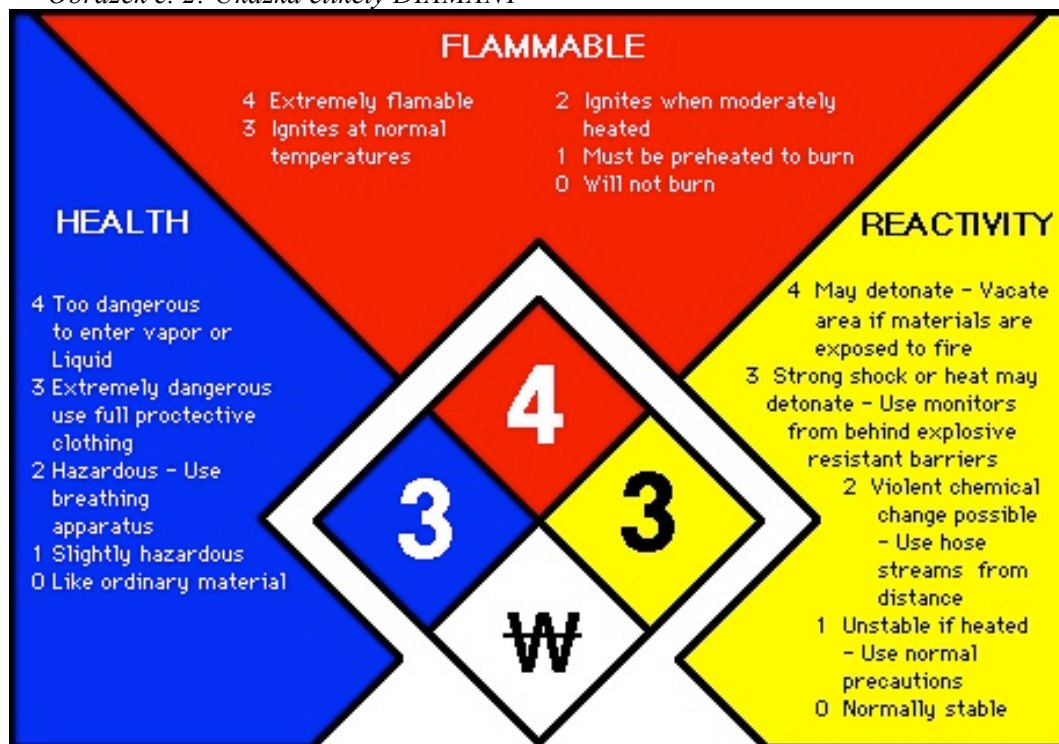
HazChem kód byl vyvinut hasičským záchranným sborem v Londýně a slouží pro stanovení prvořadých opatření při zásahu.

HazChem kód dává návod na použití vhodného hasiva, možnost snížení nebezpečí při úniku nebezpečných látek, informaci jak správně chránit nasazené síly a upozorňuje na potřebu evakuace civilních osob v ohrožené oblasti.

### Diamant

Systém diamant je určen k rychlému posouzení nebezpečí při nehodách s nebezpečnými látkami. Označení se provádí čtvercem postaveným na vrchol, jenž je rozdělen na další čtyři části ve tvaru čtverce, které jsou od sebe odlišeny barvou. V barevných částech jsou uvedeny číslice 0 – 4 a platí, že čím je číslo vyšší, tím je větší nebezpečnost dané látky, charakterizované daným polem. Pro označování specifického nebezpečí se nepoužívají číslice, ale symboly. [2]

Obrázek č. 2: Ukázka etikety DIAMANT



## PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část této bakalářské práce je zaměřena na vytvoření možného postupu při posuzování nebezpečnosti nebezpečných průmyslových toxických látek a sestavení vzorové tabulky od nejnebezpečnější látky po méně nebezpečné, seřazeno podle určitých kritérií z fyzikálně-chemických vlastností, toxikologických vlastností a nebezpečnosti pro životní prostředí.

### Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR

Agentura pro registr toxických látek a nemocí (ATSDR) se sídlem v Atlantě, Georgia, je federální veřejná zdravotní agentura amerického ministerstva zdravotnictví a sociálních služeb. ATSDR slouží veřejnosti pomocí nejlepších vědních poznatků, přičemž zabezpečují opatření veřejného zdraví, a poskytují ověřené informace, aby se zabránilo škodlivým expozicím a onemocněním souvisejících s toxickými látkami.[14]

### CERCLA Priority List of Hazardous Substances

The Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (Komplexní environmentální reakce, kompenzace a akt odpovědnosti) - CERCLA, vyžaduje po ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Ústav pro Nebezpečné látky a registr nemocí) a EPA – Environmental Protection Agency (Agentura na ochranu přírody), aby připravili seznam podle pořadí priority, z látek, které jsou nejčastěji nalezené u zařízení na seznamu NPL - národních priorit (NPL) a které představují nejvýznamnější potenciální hrozbu pro lidské zdraví, vzhledem ke své známé nebo předpokládané toxicitě a možnosti expozice na člověka v těchto místech NPL. CERCLA také vyžaduje, aby tento seznam byl pravidelně revidován, a aby odrážel další informace o nebezpečných látkách.

Tabulka č. 9: CERCLA Priority List of Hazardous Substances for 2007 [16]

Pořadí 2007	Název látky	CAS #
1	Arsen	007440-38-2
2	Olovo	007439-92-1
3	Rtuť	007439-97-6
4	Vinyl Chlorid	000075-01-4
5	Polychlorované Bifenyly	001336-36-3
6	Benzen	000071-43-2
7	Kadmium	007440-43-9
8	Polycyklické Aromatické uhlovodíky	130498-29-2
9	Benzo(A)pyren	000050-32-8
10	Benzo(B)fluorethen	000205-99-2
11	Chloroform	000067-66-3
12	DDT	000050-29-3
13	Aroclor 1254	011097-69-1
14	Aroclor 1260	011096-82-5
15	Di-benzo(A)antracén	000053-70-3
16	Trichlorethylén	000079-01-6

17	Dieldrin	000060-57-1
18	Hexavalentní Chrom	018540-29-9
19	Bílý fosfor	007723-14-0
20	Chlordan	000057-74-9

Pro posuzování a hodnocení nebezpečnosti je potřeba zjistit a porovnat základní fyzikální, chemické a toxikologické vlastnosti v úvahu musí být brány všechny účinky na zdraví, majetek a životní prostředí. V důsledku by měly být zhodnoceny následující vlastnosti:

- fyzikálně-chemické vlastnosti na lidské zdraví,
- výbušnost,
- toxicitu,
- hořlavost,
- oxidační potenciál,
- hodnocení nebezpečí pro životní prostředí.

Praktická část bakalářské práce je rozdělena na dvě části. První se zabývá vytvořením žebříčku/seznamu základních nebezpečných toxických průmyslových látek, seřazeny od „nejnebezpečnější“ po méně nebezpečné. Termín „nejnebezpečnější“ je v uvozovkách, protože je velmi složité posoudit, která látka je právě ta nejnebezpečnější ze všech na základě posouzení jejich fyzikálních, chemických nebo toxikologických vlastností a přitom vzít v potaz jejich výskyt a množství v určité výrobě nebo posuzovat je podle dopadu na zdraví člověka nebo na životní prostředí. Cílem bude udělat nějaký zprůměrovaný seznam, který bude možno dále porovnat se seznamy světových organizací jako je např. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

Druhá část praktické části bakalářské práce se bude zabývat přímo situací na území České republiky, přesněji řečeno Jihomoravském kraji, kde bude vytvořena tabulka pro počet zásahů proti nebezpečným chemickým látkám Hasičského záchranného sboru města Brna v uplynulých letech.

### **Některé možné indikátory chemických incidentů**

Jak už je výše zmíněno chemické látky mohou být vdechnuty, vstřebány přes kůži, otevřenou ránou, jemnými oděrkami na kůži, přes oči, nebo mohou být zkonsumovány v podobě potravin. Intoxikací je také možno předcházet pouhým zaznamenání určitých anomálií, jako jsou např.:

- Mrtvé zvířata, ptáci, ryby; nejen příležitostný úhyn, ale početné úmrtí všech druhů zvířectva na stejném místě.
- Nedostatek hmyzu; pokud chybí normální aktivita hmyzu je zapotřebí zkontrolovat zem, hladinu vody kvůli mrtvým skeletům hmyzu.
- Puchýře, vyrážky; nečekané a neidentifikovatelné puchýře, vyrážky podobné hmyzímu bodnutí.
- Velké ztráty na životech; početné zdravotní problémy počínaje nauzeou (zvracení) přes dýchací potíže po úmrtí.
- Stejný vzorec pro úmrtí; stejný průběh symptomů pro infikované osoby, zvířata, rostliny.
- Oblast, která vypadá rozdílně už na pohled; nejen mrtvé části travního porostu, ale stromy, keře, potravinové plodiny.

- Nečekané pachy; rozdílné pachy velké škály od ovocných přes květinové, ostře-štiplavé, česnekově-křenové po hořce mandlové atd. Je důležité si uvědomit nepatřičnost pachu pro dané prostředí.
- Nízká oblačnost; nízko položené mraky/mlha, která není obvyklá pro dané prostředí. [13]

### Arsenovodík

Arsenovodík je bezbarvý, vysoce hořlavý a vysoce toxický plyn. Má česnekový nebo rybí zápach, který je zpozorovatelný při koncentraci 0,5 ppm a více. Protože je arsenovodík nedráždivý a bez okamžitých symptomů, tak osoby vystavené nebezpečné dávce nemusí poznat vlastní intoxikaci. Arsenovodík je ve vodě rozpustný. Je převážně přepravován v tlakových láhvích jako zkapalněný plyn. [25]

Arsenovodík se používá převážně při výrobě polovodičů, krystalů pro optická vlákna a počítačové čipy. Je používán občas v zinkování, pájení, leptání, leštění, a olověném pokovování.

- **Krátkodobá expozice:** vdechování arsenovodíku dráždí plíce, způsobuje potíže s nádechem a kašel. Vysoké dávky způsobují možnost vzniku otoku plic, který při neposkytnutí včasné lékařské pomoci způsobuje smrt. Vysoká dávka arsenovodíku taktéž může mít za následek hemofilii, což je rozpad červených buněk, dále způsobuje anemii s bolestí hlavy, slabostí, pocity zvracení a velkými bolestmi. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** arsenovodík je pro člověka karcinogenní a měl by být považován za teratogenní. Opakovaná expozice může poničit nervy, způsobující slabost a pocit „špendlíků a jehel“, slabost v končetinách spojená se ztrátou koordinace. Dále může způsobit poškození jater, ledvin a srdce. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 10: fyzikálně-chemické vlastnosti

Arsenovodík	
Relativní molekulová hmotnost	77.95
Bod varu [°C]	-62
Bod tání [°C]	-117.2
Relativní Hustota par (vzduch=1)	2.69
Tlak par při 21 °C [kPa]	1509.7
Rozklad molekuly [°C]	300
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	20
Meze zápachu [ppm]	0.5
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	4.5-78
Teplota samovznícení	285

Tabulka č. 11: Názvoslovi

Název látky	Arsenovodík, Arsine
Sumární vzorec	AsH <sub>3</sub>
Konstituční vzorec	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{As}-\text{H} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array}$
CAS číslo	7784-42-1
UN číslo	2188
Transportní riziková třída	2

Tabulka č. 12: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	F+,T+,Xn, N
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	0.05
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	20
R-věty	12-26-48/20-50/53
S-věty	S9, S16, S28, S33, S36/37, S45, S60, S61

[24] [25] [26] [31]

### Fosgen

Fosgen je bezbarvý, nehořlavý plyn, který má zápach po čerstvě nasečeného sena. Je to převážně průmyslově vyráběna chemikálie, ale malá množství látky mohou vzniknout přirozeným rozpadem chlorovaných sloučenin. Fosgen se používá při výrobě jiných chemických látek, jako jsou barviva, isokyanáty, polykarbonáty a chloridy kyselin, ale také se používá při výrobě léků a pesticidů. Může se také používat na oddělování rud. Fosgen je plyn pokojové teploty, ale může být taktéž skladován jako kapalina pod tlakem nebo chladem. [27] [28]

- **Krátkodobá expozice:** po akutní expozici může fosgen silně podráždit a poleptat kůži, oči sliznici a dýchací cesty. Dalšími příznaky jsou silný kašel, dušnost, bolest na hrudi, může se objevit plicní edém společně se stavy úzkostí a cyanózou. Při vdechnutí fosgenu jsou okamžitými příznaky podráždění úst, krku a očí, dále pak slzení, kašel a dušnost. Pro dostavení daných symptomů stačí koncentrace 5 ppm fosgenu ve vzduchu. Zpožděnými efekty akutní expozice je nahromaděná voda v plicích a následná smrt. Smrt může být důsledkem vysoké úrovně expozice 30 ppm po dobu 17 minut nebo dlouhé úrovně nízkými dávkami expozice 3 ppm po dobu 3 hodin. Fosgen je obzvláště nebezpečný na nízkých dávkách expozice, protože smrtelná dávka může být vdechnuta bez jakýchkoliv varovných známek. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** i nízké úrovně dlouhodobé expozice mohou způsobit trvalé poškození plic, emfyzém (poškození plicních sklípků, nedostatek kyslíku, chronický kašel[29]), zánět průdušek a plicní fibrózy. [24]

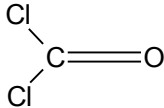
### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 13 : fyzikálně-chemické vlastnosti

Fosgen	
Relativní molekulová hmotnost	98.91
Bod varu [°C]	7.4 – 8.3
Bod tání [°C]	– 127.8
Relativní Hustota par (vzduch=1)	3.48
Tlak par při 20 °C [kPa]	161.6
Rozklad molekuly [°C]	300
Rozpustnost ve 20 °C vodě	Reaguje s vodou – mírně rozpustný
Meze zápachu[ppm]	5
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	nehořlavý

Tabulka č. 14:Názvosloví

Název látky	Fosgen, Phosgene, (CG)
-------------	------------------------

Sumární vzorec	COCL <sub>2</sub>
Konstituční vzorec	
CAS číslo	00075-44-5
UN číslo	1076
Transportní riziková třída	2.3

Tabulka č. 15: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	T+, C
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	0.1
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	12
R-věty	26, 34
S-věty	1, 9, 26, 36, 37/39, 45

[24] [30] [31] [39]

### Bromovodík

Bromovodík je bezbarvý, nebo někdy slabě žlutý, vysoce toxický plyn s ostrým, dráždivým zápachem. Bromovodík se může skladovat jako bromovodíková kyselina (rozpuštěný bromovodík ve vodě) nebo také jako stlačený plyn pod tlakem (bezzvodný bromovodík). [32]

Bromovodíková kyselina se používá při výrobě anorganických bromidů pro použití ve fotografickém průmyslu, dále pak jako léčiva, průmyslové sušení, apretace textilu, litografie a jako retardéry hoření. Bromovodík je taky používán jako činidlo v analytické chemii. [31]

- **Krátkodobá expozice:** bromovodík je žíravá chemikálie a kontakt s ním může vážně poranit oči a způsobit vážné popáleniny na kůži s trvalým poškozením. Expozice může dráždit oči, nos, hrdlo a plíce. Vyšší expozice může způsobit plicní edém. Kontakt s kapalným bromovodíkem může způsobit omrzliny. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** dlouhodobá expozice bromovodíku může dráždit plíce a způsobovat chronické hnisání, dále se může vyvinout zánět průdušek s kašlem, hlen a dušnost a trvale poškodit čichový epitel v nosu. Dlouhodobá expozice může také způsobit chronické zažívací potíže a může poškodit nervový systém. Opakovaný styk s pokožkou může způsobit akné. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 16: fyzikálně-chemické vlastnosti

Bromovodík	
Relativní molekulová hmotnost	80.92
Bod varu [°C]	- 66.7
Bod tání/tuhnutí [°C]	- 86.7
Relativní Hustota par (vzduch=1)	2.81
Tlak par při 20 °C [kPa]	2100
Rozklad molekuly [°C]	800
Rozpustnost ve 20 °C vodě	49%
Meze zápachu [ppm]	2 – 6.6
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	nehořlavý

Tabulka č. 17: Názvoslovní

Název látky	Bromovodík, Hydrogen bromide
Sumární vzorec	HBr
Konstituční vzorec	H—Br
CAS číslo	10035-10-6
UN číslo	1048
Transportní riziková třída	8.0

Tabulka č. 18: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	C, Xi
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	3
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	2858
R-věty	35, 37
S-věty	9, 26, 36, 37/39

[24] [30] [31] [33]

## Chlór

Chlór je při pokojové teplotě žluto-zelený plyn s štiplavě-dráždivým zápachem. Pod zvýšeným tlakem nebo při teplotách nižších než  $-34^{\circ}$  je chlór jasně jantarově barevná tekutina. Chlór je převážně dodáván v ocelových tlakových lahvích, jako stlačená kapalina. Chlór je mírně rozpustný ve vodě, ale při kontaktu s vlhkostí se tvoří kyseliny chlorná a chlorovodíková. [34]

Chlór se používá k bělení všech druhů tkanin, k dezinfekci odolných povrchů, čištění vody, dále pak při zpracování masa, ryb, zeleniny a ovoce. Chlór se také používá při výrobě syntetického kaučuku, plastických hmot, pesticidů, nemrznoucích směsí, chladiva, antidetonační sloučeniny, chlorované uhlovodíky, PVC, chlorované vápno atd. [31]

- **Krátkodobá expozice:** chlór je žíravý pro oči, kůži a dýchací ústrojí. Při zasažení očí může způsobit trvalé poškození. Vdechnutí může způsobit plicní edém, odložení lékařského ošetření může způsobit smrt. Rychlé odpaření kapaliny může způsobit omrzliny. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** opakovaná expozice může trvale poškodit plíce nebo způsobit chronický zánět průdušek. Chlór může mít vliv na zuby, způsobuje kožní vyrážku. Jednorázová vysoká expozice může vyvolat podobné účinky na zdraví. [24]

## Vlastnosti látky:

Tabulka č. 19: fyzikálně-chemické vlastnosti

Chlór	
Relativní molekulová hmotnost	70.91
Bod varu [°C]	-34.6
Bod tání/tuhnutí [°C]	-101
Relativní hustota par (vzduch=1)	2.47
Tlak par při 20 °C [kPa]	580
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	0.7
Meze zápachu [ppm]	0.01
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	nehořlavý

Tabulka č. 20: Názvosloví

Název látky	Chlór, Chlorine
Sumární vzorec	Cl <sub>2</sub>
Konstituční vzorec	Cl—Cl
CAS číslo	7782-50-5
UN číslo	1017
Transportní riziková třída	8.0

Tabulka č. 21: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	T, N, Xi
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	1
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	293
R-věty	23, 36, 37, 38, 50
S-věty	7, 9, 44, 45, 61

[24] [34] [31] [36]

### Chlorovodík

Při pokojové teplotě je chlorovodík bezbarvý až nažloutlý plyn s pronikavým zápachem. Na vzduchu tvoří plyn husté bílé páry, kvůli kondenzaci se vzdušnou vlhkostí. Páry plynu jsou korozivní a při koncentraci nad 5 ppm mohou způsobit podráždění. [35]

Kyselina chlorovodíková (HCl) se běžně používá pro neutralizaci alkalických činidel, jako bělicí činidlo, při syntéze barviv a chemikálií, a při rafinaci kovů. [31]

- **Krátkodobá expozice:** chlorovodík je žíravý pro oči, kůži a dýchací ústrojí. Inhalace vysokých koncentrací par může způsobit plicní edém. Dále pak může způsobit zánět a zničení nosní přepážky, zubní eroze, ztráta hlasu, kašel, pneumonie, bolesti hlavy a rychlé pulzování srdce. Při styku s kůží může způsobit podráždění nebo popáleniny kůže. Při zasažení očí může způsobit podráždění a vážné poškození povrchu oka, těžké popáleniny a ztrátu oka. Kontakt s kapalinou může způsobit omrzliny. Požití může způsobit podráždění úst, hrtanu a žaludku. Následky jsou slinění, nevolnost, zvracení, zimnice, horečka, zánět ledvin, šok. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** dráždí plíce, způsobuje chronický zánět průdušek. Může způsobit podráždění kůže a kožní vyrážku. Jsou pouze omezené důkazy, že pracovníci, kteří se podílejí na výrobě chlorovodíku trpěli zvýšeným výskytem respirační rakoviny. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 22: fyzikálně-chemické vlastnosti

Chlorovodík	
Relativní molekulová hmotnost	36.46
Bod varu [°C]	109
Bod tání/tuhnutí [°C]	-25
Relativní hustota par (vzduch=1)	1.27
Tlak par při 20 °C [kPa]	4103.7
Rozklad molekuly [°C]	1500
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	67 při 30
Meze zápachu [ppm]	0.77

Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	nehořlavý
-------------------------------------	-----------

Tabulka č. 23: Názvosloví

Název látky	Chlorovodík, Hydrochloric Acid
Sumární vzorec	HCl
Konstituční vzorec	H—Cl
CAS číslo	7647-01-0
UN číslo	1789
Transportní riziková třída	8.0

Tabulka č. 24: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	C
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	5
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	3124
R-věty	34, 37
S-věty	26, 36/37/39, 45

[24] [31] [36] [35]

### Kyanovodík

Při teplotách pod 26 °C je kyanovodík bezbarvá nebo světle-modrá kapalina, při vyšších teplotách je kyanovodík bezbarvý plyn. Jeho páry jsou hořlavé a potenciálně výbušné. Kyanovodík má slabý, hořce mandlový zápach s hořkou, pálivou chutí. Je rozpustný ve vodě a je často používán jako 96% vodný roztok. [37]

Sloučeniny kyanidu, jsou široce používány v průmyslu. Kyanid sodný a draselný se používá v těžbě zlata a stříbra. Sloučeniny kyanidu jsou také použity v cementování železa a oceli, leštění kovů, fotografickém průmyslu atd. Organické sloučeniny kyanidu jsou použity ve výrobě syntetického kaučuku, plastů, syntetických vláken a jsou také použity v chemické syntéze. Kyanidy se taky nacházejí v semínech jablek, v peckách broskví, švestek, meruněk, třešní a mandlí. [31]

- **Krátkodobá expozice:** kyanovodík může dráždit a spálit kůži a oči. Vdechování může dráždit dýchací ústrojí. Může způsobit závratě, bolesti hlavy, slabost, úzkost, zmatenost, tachykardii, dušnost, pocit na zvracení. Vysoká expozice může způsobit náhlé úmrtí. Může se vyskytnout cyanóza (modré zbarvení kůže), dále pak slabost, bolesti hlavy, závratě, neklid, agresivní chování, křeče, následné ochrnutí, vystupující oči. Dýchací problémy jako jsou tachypnoe (rychlé mělké dýchání) nebo hyperpnoe (rychlé, hluboké dýchání), otok plic, plicní krvácení a následná smrt. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** opakovaná expozice může poškodit funkci štítné žlázy a může způsobovat strumu. Vzniká svědivá, šarlatové barvy, kožní vyrážka, svědění nosu je doprovázeno krvácením. Dále pak bolesti hlavy, nevolnost, zvracení, slabost a zvětšení štítné žlázy. Může také poškodit nervový systém. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 25: fyzikálně-chemické vlastnosti

Kyanovodík	
Relativní molekulová hmotnost	27.03
Bod varu [°C]	25.6

Bod tání/tuhnutí [°C]	-13.9
Relativní Hustota par (vzduch=1)	0.94
Tlak par při 20 °C [kPa]	83.993
Rozklad molekuly [°C]	2427 - 3327
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	100
Meze zápachu[ppm]	0.58
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	5.6 - 40
Teplota samovznícení	537.8

Tabulka č. 26:Názvosloví

Název látky	Kyanovodík, Hydrogen Cyanide
Sumární vzorec	HCN
Konstituční vzorec	H-C≡N
CAS číslo	74-90-8
UN číslo	1051
Transportní riziková třída	6.1

Tabulka č. 27: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	F+, T+, N
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	10
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	140
R-věty	12, 26, 50/53
S-věty	(1/2), 7/9, 16, 36/37, 38, 45, 60, 61

[38] [24] [37] [31]

## Sirovodík

Sirovodík je bezbarvý, hořlavý, vysoce toxický plyn. Je dodáván jako zkapalněný, stlačený plyn. Má charakteristický zápach shnilých-vajec. [40]

Sirovodík je součástí ropných ložisek, sopečných plynů, přírodních sirných pramenů, ložisek zemního plynu a všude kde se rozpadá organická hmota (hnoje, odpadní vody). Sirovodík se může dostat do životního prostředí v místech, kde jsou závody na výrobu plynu, papírny, petrochemický průmysl, koželužství a výroba těžké vody pro jaderné reaktory. Sirovodík je vedlejší produkt z čištění zemního plynu a rafinerie. Sirovodík se používá v metalurgii, jako činidlo v analytické chemii, při výrobě těžké vody, jako zemědělsky dezinfekční prostředek atd. Je hlavním zdrojem elementární síry a kyseliny sirové. [31]


- **Krátkodobá expozice:** dráždí oči, kůže a dýchací ústrojí. Může mít vliv na centrální nervový systém. Vdechnutí může způsobit plicní edém. Při otrávení může dojít k závratím, poruchám spánku a ztráta chuti k jídlu, symptomy mohou trvat měsíce až roky. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** nízké hodnoty dlouhodobé expozice mohou způsobit bolest a zarudnutí očí doprovázeno rozmazaným viděním. Opakovaná expozice může způsobit únavu, ztrátu chuti k jídlu, bolesti hlavy, podrážděnost, zhoršení paměti, závratě, problémy se spánkem, nevolnost. Dále pak podráždění plic a zánět průdušek s kašlem, hlen a dušnost. [24]

## Vlastnosti látky:

Tabulka č. 28: fyzikálně-chemické vlastnosti

Sirovodík	
Relativní molekulová hmotnost	34.08
Bod varu [°C]	- 60.6
Bod tání/tuhnutí [°C]	- 85.6
Relativní Hustota par (vzduch=1)	1.19
Tlak par při 20 °C [kPa]	2026.5
Rozklad molekuly [°C]	1375
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	0.45
Meze zápachu [ppm]	0.008
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	4.3 - 46
Teplota samovznícení	259.85

Tabulka č. 29 :Názvosloví

Název látky	Sirovodík, Hydrogen Sulfide
Sumární vzorec	H <sub>2</sub> S
Konstituční vzorec	
CAS číslo	7783-06-4
UN číslo	1053
Transportní riziková třída	2.3

Tabulka č. 30: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	F+, T+, N
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	20
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	712
R-věty	12, 26, 50
S-věty	(1/2), 9, 16, 36, 38, 45, 61

[24] [31] [40] [41]

## Metylchlorid

Metylchlorid je taky znám jako Chlórmetan. Je to jasný bezbarvý plyn. Má slabý nasládlý zápach, který je zpozorovatelný pouze jen při toxických koncentracích. Je těžší než vzduch a je extrémně hořlavý. [42]

Metylchlorid se vyrábí průmyslově, ale tak se vyskytuje přirozeně, většina uvolněného metylchloridu do životního prostředí pochází z přírodních zdrojů. Metylchlorid je vždy přítomen ve vzduchu ve velmi nízkých koncentracích. Většina přirozeně vyskytujícího chlórmetanu pochází z chemických reakcí probíhajících v oceánech nebo při hoření dřeva, uhlí, trávy atd. se uvolňuje do vzduchu. [24]

- **Krátkodobá expozice:** může způsobit nevolnost, zvracení, bolest krku, ztrátu chuti k jídlu, bolest hlavy, průjem závratě, ztrátu koordinace, třes rtů a rukou. Vysoká expozice může způsobit výše zmíněné plus ještě pálení v ústech a krku, hořčicová pachuť v ústech, potíže při polykání, halucinace, ztrátu paměti, kóma a až smrt. Nástup symptomů až několik hodin po expozici. [24]

- **Dlouhodobá expozice:** dlouhodobá expozice může mít špatný vliv na varlata, což má za následek snížení produkce mužských pohlavních hormonů a spermií. Může dojít k poškození ledvin a jater, dále pak k poškození mozku. Může způsobit rozmazané nebo dvojité vidění a „opilé“ chování. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 31: fyzikálně-chemické vlastnosti

Metylchlorid	
Relativní molekulová hmotnost	34.08
Bod varu [°C]	- 24.4
Bod tání/tuhnutí [°C]	- 97.8
Relativní Hustota par (vzduch=1)	1.78
Tlak par při 20 °C [kPa]	506.09
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	0.5
Meze zápachu[ppm]	10
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	8.1- 17.4
Teplota samovznícení	632

Tabulka č. 32:Názvosloví

Název látky	Metylchlorid, Chlormetan, Methyl Chloride
Sumární vzorec	CH <sub>3</sub> Cl
Konstituční vzorec	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\   \\ \text{H} \end{array}$
CAS číslo	74-87-3
UN číslo	1063
Transportní riziková třída	2.1

Tabulka č. 33: Identifikace rizik

Symbyly nebezpečnosti	F+, Xn
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	100
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	8200
R-věty	12, 20, 40, 48
S-věty	9, 16, 33

[42] [24] [43]

### Metylisokyanát

Při teplotách pod 39 °C je metylisokyanát velmi hořlavá kapalina, která se na otevřeném vzduchu snadno vypařuje. Plynný metylisokyanát je přibližně 1,4 krát těžší než vzduch. Jako kapalina je bezbarvá se štiplavým zápachem.

Metylisokyanát vzniká reakcí metylaminu s fosgenem. Primární použití metylisokyanátu je jako chemický meziprodukt při výrobě pesticidů, je taky používán při výrobě polyuretanových pěn a plastů. [44]

- **Krátkodobá expozice:** způsobuje poleptání dýchacích cest, podráždění nosu, očí, krku a plic, zánět průdušek, kašel, dušnost, bolest na hrudi, vyšší expozice může

způsobit plicní edém a následnou smrt. Velmi vysoká úroveň expozice může vést k trvalému poškození očí až k slepotě. Při požití způsobuje zvracení, průjem a bolesti břicha. [24]

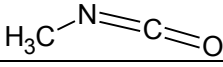
- **Dlouhodobá expozice:** může způsobit alergické podráždění kůže a dýchacích cest. Častá expozice i v malých dávkách může způsobit astmatické záchvaty, dále pak chronické onemocnění plic. Dlouhodobá expozice může způsobit potrat u těhotných žen. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 34: fyzikálně-chemické vlastnosti

Metylisokyanát	
Relativní molekulová hmotnost	57.06
Bod varu [°C]	38.8 - 40
Bod tání/tuhnutí [°C]	- 45
Relativní Hustota par (vzduch=1)	1.42
Tlak par při 20 °C [kPa]	3.423
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	10
Meze zápachu [ppm]	2 - 5
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	5.3 - 26
Teplota samovznícení	534

Tabulka č. 35: Názvosloví

Název látky	Metylisokyanát, Methyl isocyanate.
Sumární vzorec	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> NO
Konstituční vzorec	
CAS číslo	624-83-9
UN číslo	2480
Transportní riziková třída	6.1

Tabulka č. 36: Identifikace rizik

Symbole nebezpečnosti	F+, T+
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	0.02
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	41
R-věty	12, 24/25, 26, 37/38, 41, 42/43, 63
S-věty	(1/2), 26, 27/28, 36/37/39, 45, 63

[24] [31] [44] [45]

### Amoniak

Při pokojové teplotě je amoniak bezbarvý, silně dráždivý plyn se štiplavým, dusivým zápachem. Je lehčí než vzduch a při vysokých koncentracích je hořlavý. Je snadno stlačitelný a tvoří čirý, bezbarvý roztok. Amoniak se snadno rozpouští ve vodě a vytváří hydroxid amonný. Kapalný amoniak je uložen v ocelových sudech a plynný amoniak je dodáván v tlakových nádobách. [46]

Asi 80% komerčně vyrobeného amoniaku se používá v hnojivech, zbylých 20% se používá na výrobu plastů, syntetických vláken, pryskyřice, léčiv, výbušnin, chlazení a domácí čisticí

prostředky. Amoniak je přirozeně vyskytující se sloučenina a je klíčovou složkou v globálním dusíkatém cyklu. [31]

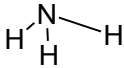
- **Krátkodobá expozice:** kontakt s pokožkou nebo okem může způsobit popáleniny, omrzliny. Dráždí dýchací ústrojí, což vede ke kašláni, sípaní a dušnosti. Vyšší expozice může způsobit plicní edém. Dále pak může způsobit bolesti hlavy, ztrátu čichu, nevolnost a zvracení. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** opakovaná expozice může způsobit chronická oční, nosní a krční podráždění. Opakované podráždění plic může mít za následek zánět průdušek s kašlem, dušnost a hlen. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 37: fyzikálně-chemické vlastnosti

Amoniak	
Relativní molekulová hmotnost	17.04
Bod varu [°C]	-33
Bod tání/tuhnutí [°C]	-77
Relativní Hustota par (vzduch=1)	0.59
Tlak par při 20 °C [kPa]	648.11
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	Velmi dobře rozpustný
Meze zápachu [ppm]	5.75
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	15 - 28
Teplota samovznícení	630

Tabulka č. 38: Názvosloví

Název látky	Amoniak, Čpavek, Ammonia
Sumární vzorec	NH <sub>3</sub>
Konstituční vzorec	
CAS číslo	7664-41-7
UN číslo	1005 (>50% roztok), 2073 (35 - 50% roztok), 2672 (10 -35% roztok)
Transportní riziková třída	2.3

Tabulka č. 39: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	F, N
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	50
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	4230
R-věty	10, 23, 34, 50
S-věty	36/37/39, 45, 61

[24] [31] [46]

### Fluorovodík

Fluorovodík je bezbarvá dýmavá kapalina nebo plyn se silným, dráždivým zápachem. Fluorovodík je obvykle dodáván v ocelových tlakových lahvích jako stlačený plyn. Snadno se rozpouští ve vodě, zředěné roztoky jsou okem nerozpoznatelné od vody. [47]

Fluorovodíková kyselina se využívá k výrobě fluoropolymérů, výrobu uhlíku, při moření nerezové oceli, zpracování uranu, leptání skla, výrobu benzínu, odstraňování písku a jako laboratorní činidlo. [31]

- **Krátkodobá expozice:** fluorovodík je žravý pro oči, kůže a dýchací ústrojí. Vdechování plynného skupenství kyseliny může způsobit plicní edém. Akutní expozice fluorovodíku může mít za následek podráždění, poleptání, vředové léze a nekrózy očí, kůže a sliznic membrán. Mezi další účinky patří nevolnost, zvracení, průjem, zánět plic a oběhový kolaps. Kontakt kůže s bezvodnou kapalinou vyvolá vážné popáleniny. Fluorovodík může vyvolat hypokalcemii, což způsobuje selhání srdce a ledvin. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** látka může způsobit fluorózu. Může dráždit plíce a způsobit zánět průdušek. Dlouhodobou expozicí může dojít k poškození jater a ledvin. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 40: fyzikálně-chemické vlastnosti

Fluorovodík	
Relativní molekulová hmotnost	20.01
Bod varu [°C]	19.4
Bod tání/tuhnutí [°C]	- 83
Relativní Hustota par (vzduch=1)	0.7
Tlak par při 20 °C [kPa]	104.39
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	Velmi dobře rozpustný, uvolňuje teplo
Meze zápachu[ppm]	0.03
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	nehořlavý

Tabulka č. 41: Názvosloví

Název látky	Fluorovodík, Hydrogen Fluoride, Hydrofluoric Acid
Sumární vzorec	HF
Konstituční vzorec	H—F
CAS číslo	7664-39-3
UN číslo	1052 (anhydrid) 1790 (roztok)
Transportní riziková třída	8

Tabulka č. 42: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	T+, C
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	3
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	1276
R-věty	26/27/28, 35
S-věty	7/9, 25, 36/37

[24] [31] [46]

## Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý (CO) je bezbarvý plyn bez zápachu a chuti, o něco málo lehčí než vzduch, díky těmto vlastnostem je pro lidské i zvířecí smysly nezaznamatelný a stává se tak velmi nebezpečným. Reaguje s hemoglobinem za vzniku karboxyhemoglobinu.

Oxid uhelnatý se používá v průmyslu jako surovina pro výrobu metanolu, akrylátů, fosgenu a etylenu. Oxid uhelnatý je taky používán v metalurgických aplikacích a v průmyslových palivech. Hlavním zdrojem emisí oxidu uhelnatého je neúplné spalování materiálů obsahující uhlík. [31]

- **Krátkodobá expozice:** oxid uhelnatý může mít vliv na krev, kardiovaskulární systém a centrální nervový systém. Expozice při vysokých úrovních může způsobit ztrátu vědomí a následnou smrt. Oxid uhelnatý reaguje s hemoglobinem za vzniku karboxyhemoglobinu, který přerušuje přenos kyslíku krví, což má za následek stav tkáňové hypoxie, příznaky akutní otravy oxidem uhelnatým jsou bolesti hlavy, závratě, ospalost, zvracení, kolaps, kóma a smrt. Ztráta vědomí nastává při úrovni 50% karboxyhemoglobinu. Zotavení z akutní otravy je většinou bez následků, pokud tkáňová hypoxie nebyla natolik závažná, že došlo k degeneraci mozkových buněk. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** oxid uhelnatý může mít vliv na nervový systém a kardiovaskulární systém, což způsobuje neurologické a srdeční poruchy. Je možné, zvýšení mrtvě narozených dětí a vrozené srdeční problémy. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 43: fyzikálně-chemické vlastnosti

Oxid uhelnatý	
Relativní molekulová hmotnost	28.01
Bod varu [°C]	-192
Bod tání/tuhnutí [°C]	-205
Relativní Hustota par (vzduch=1)	0.97
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	2
Meze zápachu [ppm]	Nezaznamatelný, 0
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	12.5 - 74.20
Teplota samovznícení	605

Tabulka č. 44: Názvosloví

Název látky	Oxid uhelnatý, Carbon monoxide
Sumární vzorec	CO
CAS číslo	630-08-0
UN číslo	1016
Transportní riziková třída	2.3

Tabulka č. 45: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	F+, T
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	50
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	3760
R-věty	12, 23, 33, 48, 61
S-věty	79, 16, 33, 45, 53

[24] [31]

## Sirouhlík

Při pokojové teplotě je sirouhlík velmi hořlavá kapalina, která se na vzduchu snadno vypařuje. Plynný sirouhlík je více než dvakrát těžší než vzduch. Kapalina čistého sirouhlíku je bezbarvá a s příjemnou vůní. Většina průmyslového sirouhlíku je kapalina nažloutlé barvy s nepříjemným zápachem. [48]

Primární použití sirouhlíku je při výrobě celofánu, tetrachlormetanu, celulózových vláken, hedvábí různých barev. Také se používá na výrobu některých pesticidů, barev a odstraňovačů starých barev, smaltů, v gumárenském průmyslu, při výrobě cementu, vosků a konzervačních látek. [31]

- **Krátkodobá expozice:** sirouhlík dráždí oči, kůži a dýchací ústrojí. Požití kapaliny může způsobit vdechnutí do plic s rizikem chemické pneumonie. Může mít vliv na centrální nervový systém, následuje deprese, neklid, bezvědomí. Po oživení z bezvědomí mohou nastat nevolnosti, zvracení, bolest hlavy atd. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** opakovaný nebo dlouhodobý kontakt s pokožkou může vyvolat kožní alergie, dermatitidu, zvýšenou hladinu cholesterolu, vysoký krevní tlak, srdeční choroby a poškození očí. Má také vliv na centrální nervový systém. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 46: fyzikálně-chemické vlastnosti

Sirouhlík	
Relativní molekulová hmotnost	76.13
Bod varu [°C]	46.3
Bod tání/tuhnutí [°C]	-110.8
Relativní Hustota par (vzduch=1)	2.67
Tlak par při 20 °C [kPa]	34.664
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	0.3
Meze zápachu [ppm]	1
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	1.3 – 50
Teplota samovznícení	90

Tabulka č. 47: Názvosloví

Název látky	Sirouhlík, Carbon Disulfide
Sumární vzorec	C <sub>2</sub> S
Konstituční vzorec	S=C=S
CAS číslo	75-15-0
UN číslo	1131
Transportní riziková třída	3

Tabulka č. 48: Identifikace rizik

Symbole nebezpečnosti	F+, T, Xi
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	20
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	11390
R-věty	11, 36/38, 48/ 23, 62, 63
S-věty	(1/2), 16, 33, 36/37, 45

[24] [31] [48]

## Oxid dusnatý

Oxid dusný je bezbarvý plyn s ostrým sladkým zápachem, při vysoké koncentraci je hnědé barvy. Používá se při výrobě kyseliny dusičné. Dále je také používán jako stabilizátor pro propylen a metyléter a pro obdarovávání hedvábí. Oxid dusný je produkt ze spalování paliv a je součástí smogu. [31]

- **Krátkodobá expozice:** dráždí oči, kůže a silně dráždí dýchací cesty. Vysoká hladina může zasahovat krveschopnost přenášet kyslík. Oxid dusnatý tvoří kyseliny v dýchacím ústrojí, které jsou dráždivé a mohou způsobit ucpaní v plicích nebo plicní edém. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** oxid dusnatý může dráždit plíce, způsobit zánět průdušek. Dále pak způsobit bolesti hlavy, nevolnost, zvracení, únava, zmatenost, bezvědomí a smrt. [24]

## Vlastnosti látky:

Tabulka č. 49: fyzikálně-chemické vlastnosti

Oxid dusnatý	
Relativní molekulová hmotnost	30.01
Bod varu [°C]	-151.6
Bod tání/tuhnutí [°C]	-163.9
Relativní Hustota par (vzduch=1)	1.04
Tlak par při 20 °C [kPa]	3465.3
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	5
Meze zápachu [ppm]	0.3
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	nehořlavý

Tabulka č. 50: Názvosloví

Název látky	Oxid dusnatý, Nitric oxide
Sumární vzorec	NO
Konstituční vzorec	$\text{N}\equiv\text{O}^+$
CAS číslo	10102-43-9
UN číslo	1660
Transportní riziková třída	2.3

Tabulka č. 51: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	T+, Xi, C
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	25
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	115
R-věty	26, 34
S-věty	(1), 9, 26, 36, 45

[24] [31]

## Oxid dusičitý

Oxid dusičitý je tmavě hnědý plyn (nad 21 °C), nebo žlutá, dýmavá kapalina nebo pevná látka při teplotě pod -11 °C.

Používá se v nitraci organických sloučenin a výbušnin, při výrobě sloučenin oxidované celulózy, jako okysličovadlo v raketových pohonech. Jedná se o meziprodukt při výrobě kyseliny dusičné a kyseliny sírové. [31]

- **Krátkodobá expozice:** oxid dusičitý a jeho páry dráždí oči, kůže a dýchací ústrojí. Inhalační expozice může způsobit plicní edém. Akutní expozice oxidu dusičitého může mít za následek slabý, zrychlený tep, cyanózu a oběhový kolaps. Dále pak kašel, dušnost, zánět průdušek, pneumonie a plicní edém. Ke gastrointestinálním příznakům patří nevolnost, bolesti břicha, únava, letargie, neklid, horečka, úzkost, zmatenost, bezvědomí. [24]
- **Dlouhodobá expozice:** může způsobit bolesti hlavy, slabost, ztrátu chuti k jídlu a spánku, bolesti v nose a ústech, nevolnost a erozi zubů, rozedmu plic a zánět průdušek. Může mít vliv na imunitní systém, což vede k snížení odolnosti proti infekcím. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 52: fyzikálně-chemické vlastnosti

Oxid dusičitý	
Relativní molekulová hmotnost	46.01
Bod varu [°C]	21
Bod tání/tuhnutí [°C]	-9.4
Relativní Hustota par (vzduch=1)	2.62
Tlak par při 20 °C [kPa]	101.35
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	Dobře rozpustný
Meze zápachu [ppm]	5
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	nehořlavý

Tabulka č. 53: Názvosloví

Název látky	Oxid dusičitý, Nitrogen dioxide
Sumární vzorec	NO <sub>2</sub>
Konstituční vzorec	$\text{O}^{\oplus} \text{---} \text{N} = \text{O}$
CAS číslo	10102-44-0
UN číslo	1067
Transportní riziková třída	2.3

Tabulka č. 54: Identifikace rizik

Symboly nebezpečnosti	T+, C
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	5
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	115
R-věty	26, 34
S-věty	(1), 9, 26, 28, 36/37/39, 45

[24] [31]

### Formaldehyd

Formaldehyd je bezbarvý štiplavý plyn. Je všude přítomný v životním prostředí. Jedná se o plynné znečišťující emise z elektráren, výrobních závodů a výfukových plynů z automobilů. Formaldehyd je také přítomen v cigaretovém kouři, ve fotochemickém smogu. Je využíván při výrobě kosmetiky, nemačkových tkanin, může být používán jako dezinfekční, antiseptické činidlo, součástí deodorantů, a také používán pro balzamování. [31]

- **Krátkodobá expozice:** je žíravý pro oči, kůže a dýchací cesty. Akutní expozice může způsobit popáleniny kůže, očí a sliznic. Způsobuje slzení, nevolnost, zvracení s krví,

bolesti břicha a průjem. Dále pak potíže s dýcháním, kašel, pneumonii, může nastat plicní edém. [24]

- **Dlouhodobá expozice:** opakovaný kontakt s kůží může vést k jejímu sušení a odlupování, dále kožní vyrážky a astma. Dlouhodobé vdechování může být karcinogenní pro člověka. [24]

### Vlastnosti látky:

Tabulka č. 55: fyzikálně-chemické vlastnosti

Formaldehyd	
Relativní molekulová hmotnost	30.30
Bod varu [°C]	-19.5
Bod tání/tuhnutí [°C]	-92.2
Relativní Hustota par (vzduch=1)	1.04
Tlak par při 20 °C [kPa]	2.4
Rozpustnost ve 20 °C vodě [%]	Dobře rozpustný
Meze zápachu [ppm]	0.8
Meze výbušnosti [obj. % ve vzduchu]	7 - 73
Teplota samovznícení	430

Tabulka č. 56: Názvosloví

Název látky	Formaldehyd, Formaldehyde
Sumární vzorec	CH <sub>2</sub> O
Konstituční vzorec	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$
CAS číslo	50-00-0
UN číslo	2209 (roztok < 25%), 1198 (hořlavý roztok)
Transportní riziková třída	3

Tabulka č. 57: Identifikace rizik

Symbole nebezpečnosti	T
Povolená koncentrace ve vzduchu [ppm] – OSHA PEL	0.75
Toxicita LC <sub>50</sub> - krysa [ppm]/hodina	784
R-věty	23/24/25, 34, 40, 43
S-věty	(1/2), 26, 36/37/39, 45, 51

[24] [31]

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro posouzení nebezpečnosti průmyslových toxických chemických látek, bylo vybráno 16 látek. Výběr nebyl náhodný, vybrány byly nejčastěji používané toxické látky v průmyslu, ale také byly zahrnuty látky, které se tak často nevyskytují, ale mají jasně specifikovatelné vlastnosti, nebo měly v minulosti významnou roli při nehodách nebo válečných konfliktech a měly za následek hromadná úmrtí lidské populace.

Pro posuzování celkové nebezpečnosti byly porovnávány z fyzikálně-chemických vlastností jejich meze zápachu, a pokud byly látky hořlavé, tak jejich bod samovznícení, dolní a horní mez výbušnosti. Dále pak toxicitu, kde jako kritérium bylo vybráno LC<sub>50</sub> pro krysu/potkana po dobu 1 hodiny a povolenou koncentraci dané látky v ovzduší OSHA PEL (Occupational Safety and Health Administration Permissible Exposure Limit).

Tabulka č. 58: Chemické látky a jejich vlastnosti

Chem. látka	LC <sub>50</sub> krysa 1 hodina [ppm]	Meze zápachu [ppm]	Dolní mez výbušnosti [%]	Horní mez výbušnosti [%]	Teplota samovznícení [°C]	[ppm] – OSHA PEL
Amoniak	4230	5.75	15	28	630	50
Arsenovodík	20	0.5	4.5	78	285	0.05
Bromovodík	2858	2				3
Chlór	293	0.01				1
Chlorovodík	3124	0.77				5
Fluorovodík	1276	0.03				3
Formaldehyd	784	0.8	7	73	430	0.75
Fosgen	12	5				0.1
Kyanovodík	140	0.58	5.6	40	537.8	10
Metylchlorid	8200	10	8.1	17.4	632	100
Metylisokyanát	41	2	5.3	26	534	0.02
Oxid dusičitý	115	5				5
Oxid dusnatý	115	0.3				25
Oxid uhelnatý	3760	nedetek.	12.5	74.2	605	50
Sirouhlík	11390	1	1.3	50	90	20
Sirovodík	712	0.008	4.3	46	259.9	20

Z výše uveřejněné tabulky bylo vytvořeno 5 seznamů. Vždycky první místo zaujímá „nejnebezpečnější“ látka podle daných vlastností určitého sloupce. Jako první kritérium je posouzení toxicity. Čím menší je hodnota ppm, tím je látka toxičtější, protože čím menší koncentrace chemické látky je potřeba pro usmrcení pokusného objektu tím je účinnější.

Tabulka č. 59: Letální koncentrace

Chem. látka	LC <sub>50</sub> krysa 1 hodina [ppm]
Fosgen	12
Arsenovodík	20
Metylisokyanát	41
Oxid dusnatý	115
Oxid dusičitý	115

<b>Chem. látka</b>	<b>LC<sub>50</sub> krysa 1 hodina [ppm]</b>
Kyanovodík	140
Chlór	293
Sirovodík	712
Formaldehyd	784
Fluorovodík	1276
Bromovodík	2858
Chlorovodík	3124
Oxid uhelnatý	3760
Amoniak	4230
Metylchlorid	8200
Sirouhlík	11390

Druhý seznam je vytvořen podle vlastností mezi zápachu, v tomto případě je posuzování přesně opačné, čím větší hodnota, tím je složitější danou látku detekovat, protože čím menší koncentrace ppm v ovzduší tím je snadné ji identifikovat, jako příklad sirovodík, který má už při velmi malé koncentraci charakteristický zápach shnilých-vajec. Naopak oxid uhelnatý nejde cítit vůbec a je nosem nedetekovatelný, takže co se týče nebezpečnosti ohledně mezi zápachu je nejnebezpečnější.

*Tabulka č. 60: Meze zápachu*

<b>Chem. látka</b>	<b>Meze zápachu [ppm]</b>
Oxid uhelnatý	nedetk.
Metylchlorid	10
Amoniak	5.75
Fosgen	5
Oxid dusičitý	5
Bromovodík	2
Metylisokyanát	2
Sirouhlík	1
Formaldehyd	0.8
Chlorovodík	0.77
Kyanovodík	0.58
Arsenovodík	0.5
Oxid dusnatý	0.3
Fluorovodík	0.03
Chlór	0.01
Sirovodík	0.008

Třetí seznam je vytvořen podle teploty samovznícení, čím menší je teplota samovznícení, tím je látka nebezpečnější, protože potřebuje malou teplotu, aby se vznítla.

*Tabulka č. 61: Teplota samovznícení*

<b>Chem. látky</b>	<b>Teplota samovznícení [°C]</b>
Sirouhlík	90
Sirovodík	259.9
Arsenovodík	285

Chem. Látky	Teplota samovznícení [°C]
Formaldehyd	430
Metylisokyanát	534
Kyanovodík	537.8
Oxid uhelnatý	605
Amoniak	630
Metylchlorid	632
Fosgen	nehořlavý
Bromovodík	nehořlavý
Chlór	nehořlavý
Chlorovodík	nehořlavý
Fluorovodík	nehořlavý
Oxid dusnatý	nehořlavý
Oxid dusičitý	nehořlavý

Čtvrtý seznam látek je podle povolených koncentrací nebezpečných látek v ovzduší vydaný OSHA PEL (Occupational Safety and Health Administration Permissible Exposure Limit). Čím menší možná koncentrace v ovzduší, tím je látka nebezpečnější. Na prvním místě se umístil metylisokyanát, který unikl v roce 1984 v indickém Bhopálu a měl za následek asi 2,5 tisíce mrtvých.

*Tabulka č. 62: povolených koncentrací nebezpečných látek v ovzduší*

Chem. Látka	[ppm] – OSHA PEL
Metylisokyanát	0.02
Arsenovodík	0.05
Fosgen	0.1
Formaldehyd	0.75
Chlór	1
Bromovodík	3
Fluorovodík	3
Chlorovodík	5
Oxid dusičitý	5
Kyanovodík	10
Sirovodík	20
Sirouhlík	20
Oxid dusnatý	25
Amoniak	50
Oxid uhelnatý	50
Metylchlorid	100

Pátý a poslední seznam, který je použit pro posouzení celkové nebezpečnosti průmyslových toxických látek je rozdíl mezi horní a dolní mezí výbušnosti. Odečtením horní meze od dolní, vznikne rozdílové číslo, které popisuje nebezpečnost možného výbuchu. Čím větší je výsledek po odečtení horní meze od dolní, tím je pravděpodobnost výbuchu větší.

Tabulka č. 63: Rozdíl horní a dolní meze výbušnosti

Chem. látka	Rozdíl výbušných mezí
Arsenovodík	73.5
Formaldehyd	66
Oxid uhelnatý	61.7
Sirouhlík	48.7
Sirovodík	41.7
Kyanovodík	34.4
Metylisokyanát	20.7
Amoniak	13
Metylchlorid	9.3
Bromovodík	nehořlavý
Fluorovodík	nehořlavý
Fosgen	nehořlavý
Chlór	nehořlavý
Chlorovodík	nehořlavý
Oxid dusičitý	nehořlavý
Oxid dusnatý	nehořlavý

Výsledný žebříček nebezpečností jsem vytvořil, tak že jsem porovnal výše zmíněné seznamy mezi sebou, tak že jsem každé látce přiřadil index podle toho na jakém pořadí se umístila. Pokud se metylisokyanát na seznamu toxicity umístil na třetím místě, má index 3, na seznamu mezí zápachu na sedmém místě, má index 7, na seznamu teploty samovznícení na pátém místě, má index 5, na seznamu OSHA PEL na prvním místě, má index 1 a na seznamu rozdílů výbušných směsí na sedmém místě, má index 7.

Tabulka č. 64: Rozdělení indexu podle pořadí

Chem. Látka	Rozdíl výbušných mezí	LC <sub>50</sub> krysa 1 hodina [ppm]	Meze zápachu [ppm]	Teplota samovznícení [°C]	[ppm] – OSHA PEL	Součet indexů
Arsenovodík	1	2	12	3	2	20
Formaldehyd	2	9	9	4	4	28
Oxid uhelnatý	3	13	1	7	15	39
Sirouhlík	4	16	8	1	12	41
Sirovodík	5	8	16	2	11	42
Kyanovodík	6	6	11	6	10	39
Metylisokyanát	7	3	7	5	1	23
Amoniak	8	14	3	8	14	47
Metylchlorid	9	15	2	9	16	51
Bromovodík	10	11	6	11	6	44
Fluorovodík	11	10	14	14	7	56
Fosgen	12	1	4	10	3	30
Chlór	13	7	15	12	5	52
Chlorovodík	14	12	10	13	8	57
Oxid dusičitý	15	5	5	16	9	50

Chem. Látka	Rozdíl výbušných mezi	LC50 krysa 1 hodina [ppm]	Meze zápachu [ppm]	Teplota samovznícení [°C]	[ppm] – OSHA PEL	Součet indexů
Oxid dusnatý	16	4	13	15	13	61

Po sečtení určitých indexů, podle místa umístění v posuzovaných tabulkách, vznikne index nebezpečnosti. Čím je číslo indexu nebezpečnosti menší, tím je látka nebezpečnější. Nejnižší číslo indexu nebezpečnosti může být maximálně 5, tento stav nastane, když se daná látka umístí pokaždé na prvním místě ve všech pěti posuzovaných seznamech.

Tabulka č. 65: Konečné pořadí

Pořadí	Chem. Látka	index nebezpečnosti
1	Arsenovodík	20
2	Metylisokyanát	23
3	Formaldehyd	28
4	Fosgen	30
5	Oxid uhelnatý	39
6	Kyanovodík	39
7	Sírouhlík	41
8	Sirovodík	42
9	Bromovodík	44
10	Amoniak	47
11	Oxid dusičitý	50
12	Metylchlorid	51
13	Chlór	52
14	Fluorovodík	56
15	Chlorovodík	57
16	Oxid dusnatý	61

Z výsledné tabulky lze vyčíst, že nejnebezpečnější průmyslovou toxickou látkou je arsenovodík, kvůli jeho silně toxickým, výbušným a hořlavým vlastnostem.

Další nebezpečné chemické průmyslové toxické látky, které by bylo adekvátní k posuzování, a zařazení do seznamu jsou fosfan, který má vysokou toxicitu, je extrémně hořlavý, nebezpečný při vdechování plynu způsobuje silné podráždění plic, jejich edém, srdeční dysfunkci, excitaci CNS, kóma, případně smrt.

Oxid siřičitý, který vzniká jako vedlejší produkt při spalování méně kvalitního hnědého uhlí. Působí dráždivě zejména na horní cesty dýchací, dostavuje se kašel, v těžších případech může vzniknout až edém plic.

Menší koncentrace vyvolávají záněty průdušek a astma. Chronická expozice oxidu siřičitému negativně ovlivňuje krvetvorbu, způsobuje rozedmu plic.

Dále pak metylbromid, který je prudce jedovatý plyn. Methylbromid byl oficiálně zařazen mezi chemické látky poškozující ozonovou vrstvu Země a jeho celosvětový zákaz je plánován na rok 2015. Česká republika a ostatní státy EU ukončily jeho používání 1. ledna 2005.

### Statistika výjezdu HZS Jmk proti nebezpečným chemickým látkám

Druhá část práce je zaměřena na vytvoření menší statistiky Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje při výjezdech k nebezpečným chemickým látkám za dobu pěti let v letech 2006 až 2010.

Statistika byla vytvořena z databáze na Generálním ředitelství Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje a z protokolů ze zásahů Chemicko-radiologické laboratoře Tišnov, která zabezpečuje rychlou a přesnou identifikaci a analytické stanovení vzorků neznámých chemických látek včetně bojových chemických (otravných) látek pro HZS Jmk.

Do statistiky nejsou zaznamenány zásahy proti úniku pohonných hmot, látkám, které se objevili jen jednou nebo látkám, které nejsou širší veřejností známy nebo nejsou tak nebezpečné.

Tabulka č. 66: Statistika výjezdu HZS Jmk v letech 2006 - 2010

Chem. látka	Pozemní komunikace	Půda	Ovzduší	Vodní plocha
Rtuť	9	6	2	1
Močovina	1	7	0	0
HCl	2	0	1	0
HCN	0	0	1	1
Propan-butan	0	1	1	0
Amoniak	0	1	3	1
Org. rozpouštědla	1	2	1	0
Xylen	1	2	0	0

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit příkladný metodický postup při posuzování nebezpečnosti nebezpečných chemických průmyslových toxických látek, tak aby byl vhodný, rychlý a účinný. Při tomto úkolu jsem vycházel z postupů a literárních zdrojů mezinárodních agentur jako jsou Agency for Toxic Substances and Disease Registry nebo Health Canada. Tyto agentury vydávají své vlastní seznamy nebezpečných chemických průmyslových toxických látek a mají vytyčené důležité charakteristické kritéria, podle kterých posuzují nebezpečnost daných látek. Pro vytvoření takového seznamu jsem vybral takové vlastnosti látek, které jsem pokládal za klíčové jak z pohledu toxického, hořlavého nebo dopadu na životní prostředí.

Vybral jsem šestnáct toxických látek, které se vyskytují v českém chemickém průmyslu a porovnával jsem jejich fyzikálně-chemické vlastnosti, jako jsou meze výbušnosti, meze zápachu nebo teplota samovznícení. Toxikologická vlastnost byla zvolena letální koncentrace po dobu 1 hodiny testována na kryse a z vlastností ovlivňující životní prostředí jsem vybral povolenou koncentraci v ovzduší.

Po celkovém porovnání všech látek podle jejich vybraných vlastností vznikl index nebezpečnosti a dle něj jsem vygeneroval závěrečný seznam látek seřazený podle jejich nebezpečnosti.

Dále pak je vyhotovena statistika výjezdů Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje k nebezpečným chemickým látkám za období pěti let od roku 2006 až 2010. Tato statistika vychází z databáze Generálního ředitelství HZS Jmk a protokolů chemické laboratoře Tišnov.

V příloze jsou pak graficky zpracovány, všechny posuzované vlastnosti vybraných chemických průmyslových toxických látek, tabulka NKP a PEL pro práci v České republice, a také koláčové grafy výjezdů HZS k nebezpečným chemickým látkám a míst úniku těchto látek.

## LITERATURA

- [1] MATRKA, Miroslav; RUSEK, Vlastimil . Průmyslová toxikologie : Úvod do obecné a speciální toxikologie. druhé, nezměněné. Pardubice: Univerzita Pardubice, říjen 1994. 157 s. ISBN 80-85113-85-6
- [2] ČAPOUN, Tomáš, et al. Chemické havárie. Vyd. 1. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. 149 s. ISBN 978-80-86640-64-8.
- [3] PICKA, Karel; MATOUŠEK, Jiří. Základy obecné a speciální toxikologie. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 1996. 102 s. ISBN 80-85368-91-9.
- [4] REACH: Registration, Evaluation and Authorisation of CHemicals [online]. Francie: 2009 [cit. 2010-12-12]. Požadavky na toxikologické údaje. Dostupné z WWW: <[http://www.prc.cnrs-gif.fr/reach/cs/toxicological\\_data.html](http://www.prc.cnrs-gif.fr/reach/cs/toxicological_data.html)>.
- [5] Agency for Toxic Substances and Disease Registry [online]. Atlanta, USA: 1. 9. 2007 [cit. 2010-12-12]. 2007 CERCLA Priority List of Hazardous Substances. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/07list.html>>.
- [6] ZAPLETALOVÁ - BÁRTOVÁ, Ivana; BALOG, Karol. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií. Vyd. 1. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1998. 193 s. ISBN 80-86111-07-5.
- [7] Játra. In Wikipedia: the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 21. 11. 2010 [cit. 2010-12-19]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Jatra>>.
- [8] STŘEDA, Ladislav; BRÁDKA, Stanislav; BLÁHOVÁ, Markéta. Nebezpečné chemické látky a ochrana proti nim. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2006. 239 s. ISBN 80-86640-63-9
- [9] ČESKÉ BEZPEČNOSTNÍ LISTY [online]. 09.09.2009, 09.10.2010 [cit. 2010-12-22]. Systém GHS - CLP. Dostupné z WWW: <<http://www.bezpecnostni-listy.eu/kap05.html>>.
- [10] BARTLOVÁ, Ivana. Nebezpečné látky I. 2.vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. 211 s. ISBN 80-86634-59-3.
- [11] ŠENOVSKÝ, Michail, et al. *Nebezpečné látky II*. Vyd. 1. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2004. 190 s. ISBN 80-86634-47-7.
- [13] CASHMAN, John R. Emergency response to chemical and biological agents. Boca Raton: Lewis Publishers, 2000. 347 s. ISBN 1-56670-355-7.
- [14] Agency for Toxic Substances and Disease Registry [online]. January 1, 2009, February 2, 2011 [cit. 2011-02-22]. ATSDR Home. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/>>.
- [15] Agency for Toxic Substances and Disease Registry [online]. Sept. 1, 2009, March 1, 2010 [cit. 2011-02-22]. CERCLA Priority List of Hazardous Substances. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/>>.
- [16] *2007 CERCLA Priority List of Hazardous Substances* [online]. September 1, 2009, September 1, 2009 [cit. 2011-02-23]. CERCLA Priority List of Hazardous Substances. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/07list.html>>.
- [17] TOXIC AND CARCINOGENIC CHEMICALS [online]. Texas A&M University: 1996, 2 Aug 1997 [cit. 2011-02-25]. Toxics. Dostupné z WWW: <<http://safety.science.tamu.edu/toxics.html>>.
- [18] Česko. Zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích. In Sbíрка zákonů, Česká republika. 2003, částka 120, s. 5810-5837.
- [19] Česko. Vyhláška č. 232/2004 Sb.. In Sbíрка zákonů, Česká republika. 2004, částka 76, s. 4218-4222.

- [20] Česko. Vyhláška č. 28/2007 Sb.. In Sbírká zákonů, Česká republika. 2007, 11, s. 214-220.
- [21] MPO/DANCE [online]. 2005 [cit. 2011-02-25]. Ministerstvo průmyslu a obchodu. Dostupné z WWW: <<http://www.mpo.cz/cz/prumysl-a-stavebnictvi/dance/vyhledani-latek.html>>.
- [22] Česko. Vyhláška č. 389/2008 Sb. In Sbírká zákonů, Česká republika. 2008, 126, s. 6117-6118
- [23] PATOČKA, Jiří. Vojenská toxikologie. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. 178 s. ISBN 80-247-0608-3.
- [24] P. POHANISH, Richard. *Sitting's handbook of toxic and hazardous chemicals and carcinogens*. 5. vyd. Norwich, NY: William Andrew Publishing, 2007. 2619 s. ISBN 978-0-8155-1553-1
- [25] *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* [online]. 2008-08-14 [cit. 2011-03-01]. Medical Management Guideline. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/Mhmi/mmg169.html>>.
- [26] IPCS InChem: International Programme on Chemical Safety [online]. 2005 [cit. 2011-03-01]. Arsine. Dostupné z WWW: <<http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0222.htm>>.
- [27] *Toxic Substances Portal* [online]. September 1, 2010, September 1, 2010 [cit. 2011-03-03]. Medical Management Guidelines for Phosgene Oxime. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/MMG/MMG.asp?id=1010&tid=213>>.
- [28] *Toxic Substances Portal : Phosgene Oxime* [online]. September 1, 2010, September 1, 2010 [cit. 2011-03-03]. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=213>>.
- [29] *MedlinePlus* [online]. 20 September 2010, 16 February 2011 [cit. 2011-03-03]. Emphysema. Dostupné z WWW: <<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/emphysema.html>>.
- [30] Safety Data Sheets [online]. 17/08/200 [cit. 2011-03-03]. Phosgen. Dostupné z WWW: <<http://www.boesds.com/uk/sds/special/phosgene.pdf>>.
- [31] A. ROMANO, James; J. LUKEY, Brian; SALEM, Harry . *Chemical warfare agents : chemistry, pharmacology, toxicology, and therapeutics*. 2.vyd. Boca Raton : CRC Press, 2008. 723 s. ISBN 978-1-4200-4661-8.
- [31] WEXLER, Philip , et al. *ENCYCLOPEDIA OF TOXICOLOGY, FOUR-VOLUME SET, 1-4*. Bethesda : Academic Press, July 8, 2005. 2000 s. ISBN 978-0-12-369400-3.
- [32] Hydrogen Bromide: Information for the Public. Michigan: Michigan Department of Community, June 2005. 3 s.
- [33] Halogens. *Competition Science Vision*. 2001, 4, s. 49 - 56.
- [34] Toxic Substances Portal - Chlorine [online]. March 3, 2011 [cit. 2011-03-04]. Medical Management Guidelines for Chlorine. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/mmg/mmg.asp?id=198&tid=36>>.
- [35] Toxic Substances Portal - Hydrogen Chloride [online]. March 3, 2011 [cit. 2011-03-04]. Medical Management Guidelines for Hydrogen Chloride. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/mmg/mmg.asp?id=758&tid=147>>.
- [36] The Physical and Theoretical Chemistry Laboratory Oxford University [online]. March 17, 2010 [cit. 2011-03-04]. Safety data for hydrochloric acid. Dostupné z WWW: <<http://msds.chem.ox.ac.uk/CH/chlorine.html>>.

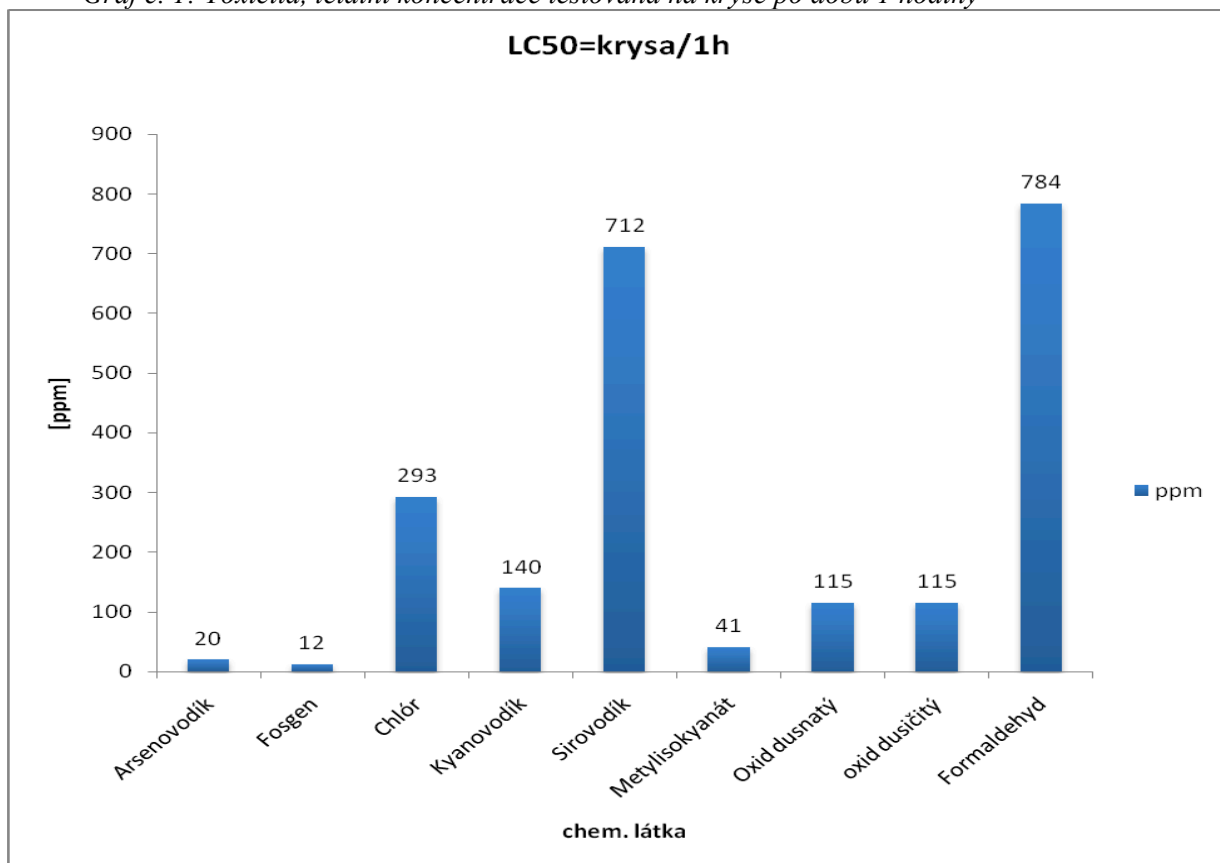
- [37] Toxic Substances Portal - Cyanide [online]. March 3, 2011 [cit. 2011-03-04]. Medical Management Guidelines for Hydrogen Cyanide. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/mmg/mmg.asp?id=1073&tid=19>>.
- [38] Scott Speciality Gases [online]. 09. 03. 2001 [cit. 2011-03-06]. MATERIAL SAFETY DATA SHEETS - Hydrogen Cyanide. Dostupné z WWW: <<http://www.scottcatalog.com/msds.nsf/0/17a5da31bf1cc46385256a0a004e2e50?OpenDocument>>.
- [39] Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals. vyd.2. Washington: The National Academies Press, 2002. 70 s.
- [40] Toxic Substances Portal - Hydrogen Sulfide [online]. March 3, 2011 [cit. 2011-03-06]. Medical Management Guidelines for Hydrogen Sulfide. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/mmg/mmg.asp?id=385&tid=67>>.
- [41] Matheson Tri-Gas [online]. Jan 24 1989, Dec 11 2008 [cit. 2011-03-06]. MATERIAL SAFETY DATA SHEET - Hydrogen Sulfide. Dostupné z WWW: <<http://www.mathesongas.com/pdfs/msds/MAT11160.pdf>>.
- [42] Toxic Substances Portal [online]. March 3, 2011 [cit. 2011-03-07]. Public Health Statement for Chloromethane. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/PHS/PHS.asp?id=585&tid=109>>.
- [43] The Physical and Theoretical Chemistry Laboratory Oxford University [online]. May 20, 2004 [cit. 2011-03-07]. Safety data for chloromethane. Dostupné z WWW: <<http://msds.chem.ox.ac.uk/CH/chloromethane.html>>.
- [44] Toxic Substances Portal [online]. March 3, 2011 [cit. 2011-03-07]. Medical Management Guidelines for Methyl Isocyanate. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/mmg/mmg.asp?id=628&tid=116>>.
- [45] *Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals*. Vyd. 3. Washington D.C. : THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, 2003. 444 s. ISBN 800-624-624.
- [46] Toxic Substances Portal [online]. March 3, 2011 [cit. 2011-03-08]. Medical Management Guidelines for Ammonia. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/mmg/mmg.asp?id=7&tid=2>>.
- [47] *Toxic Substances Portal* [online]. March 3, 2011 [cit. 2011-03-09]. Medical Management Guidelines for Hydrogen Fluoride. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/mmg/mmg.asp?id=1142&tid=250>>.
- [48] Toxic Substances Portal [online]. March 3, 2011 [cit. 2011-03-10]. Medical Management Guidelines for Carbon Disulfide. Dostupné z WWW: <<http://www.atsdr.cdc.gov/mmg/mmg.asp?id=470&tid=84>>.
- [49] LACINA, P.: *Nebezpečné chemické látky a přípravky*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta chemická, 2010. 66 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Otakar J. Mika, CSc.
- [50] Zápach. In Wikipedia: the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 10. 3. 2011 [cit. 2011-04-08]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Zápach>
- [51] Barva. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 6. 4. 2011 [cit. 2011-04-08]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Barva>
- [52] Česko. Zákon č. 361/2007 Sb., Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In Sběrka zákonů, Česká republika. 2007, částka 111, s. 5086-5229.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

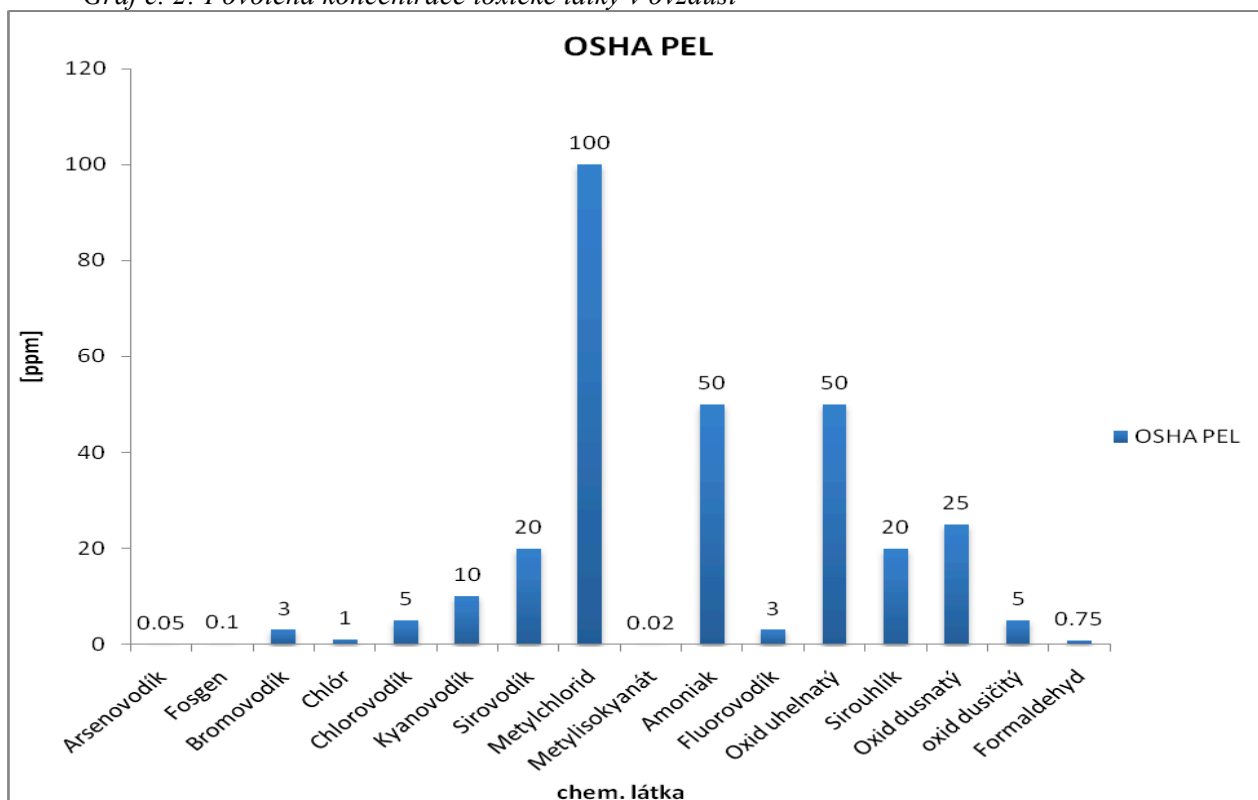
<b>ADR</b>	Accord Dangereuses Route
<b>ATSDR</b>	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
<b>CAS</b>	Chemical Abstracts Service
<b>CERCLA</b>	The Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act
<b>DHV<sub>K</sub></b>	Dolní hranice výbušnosti
<b>EC<sub>t50</sub></b>	Střední efektivní účinek
<b>ED<sub>50</sub></b>	Střední účinná dávka
<b>GHS</b>	Globálně harminizovaný systém
<b>HAU</b>	Havarijní akční úroveň
<b>HHV<sub>K</sub></b>	Horní hranice výbušná
<b>HPK</b>	Havarijní přípustné koncentrace
<b>HZS Jmk</b>	Hasičský záchranný sbor Jihomoravského kraje
<b>IC<sub>t50</sub></b>	Střední zneschopňující účinek
<b>ID<sub>50</sub></b>	Střední zneschopňující dávka
<b>LC<sub>t50</sub></b>	Střední letální účinek
<b>LD<sub>50</sub></b>	Střední letální dávka
<b>LOEL</b>	Lowest observed effect level
<b>MHIDAS</b>	Major Hazard Incident Data Service
<b>MSDS</b>	Material Safety Data Sheets
<b>NICAR</b>	National Institute for Computer-Assisted
<b>NOEL</b>	no observed effect level
<b>NPK-P</b>	Nejvyšší přípustná koncentrace
<b>OSHA PEL</b>	Occupational Safety and Health Administration Permissible Exposure Limit
<b>PC<sub>t50</sub></b>	Střední prahový účinek
<b>PD<sub>50</sub></b>	Střední prahová dávka
<b>PEL</b>	Přípustný expoziční limit
<b>REACH</b>	Registrace, Evaluace a Autorizace Chemických látek
<b>UVCB</b>	Unknown, of variable composition, or of biological origin

## PŘÍLOHY

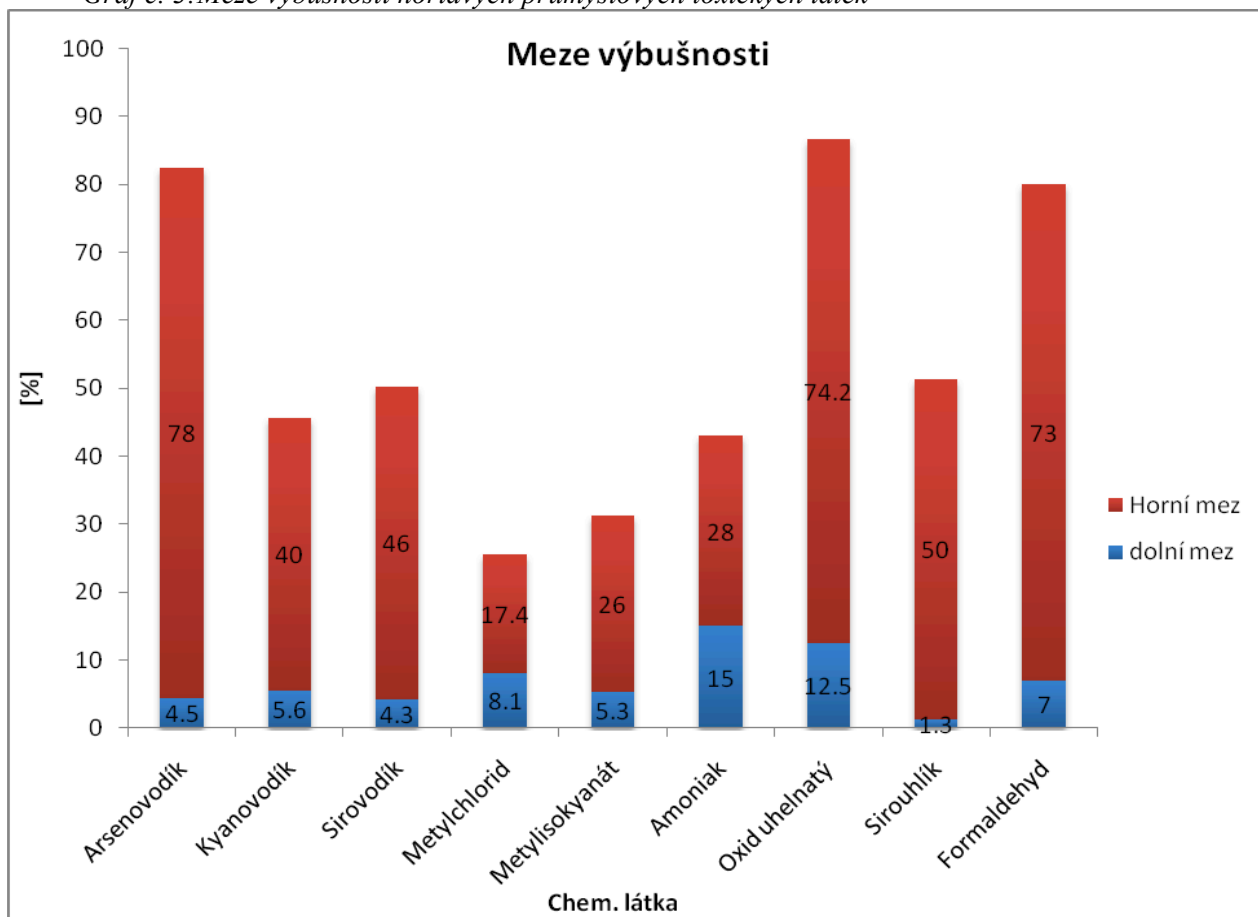
Graf č. 1: Toxicita, letální koncentrace testována na kryse po dobu 1 hodiny



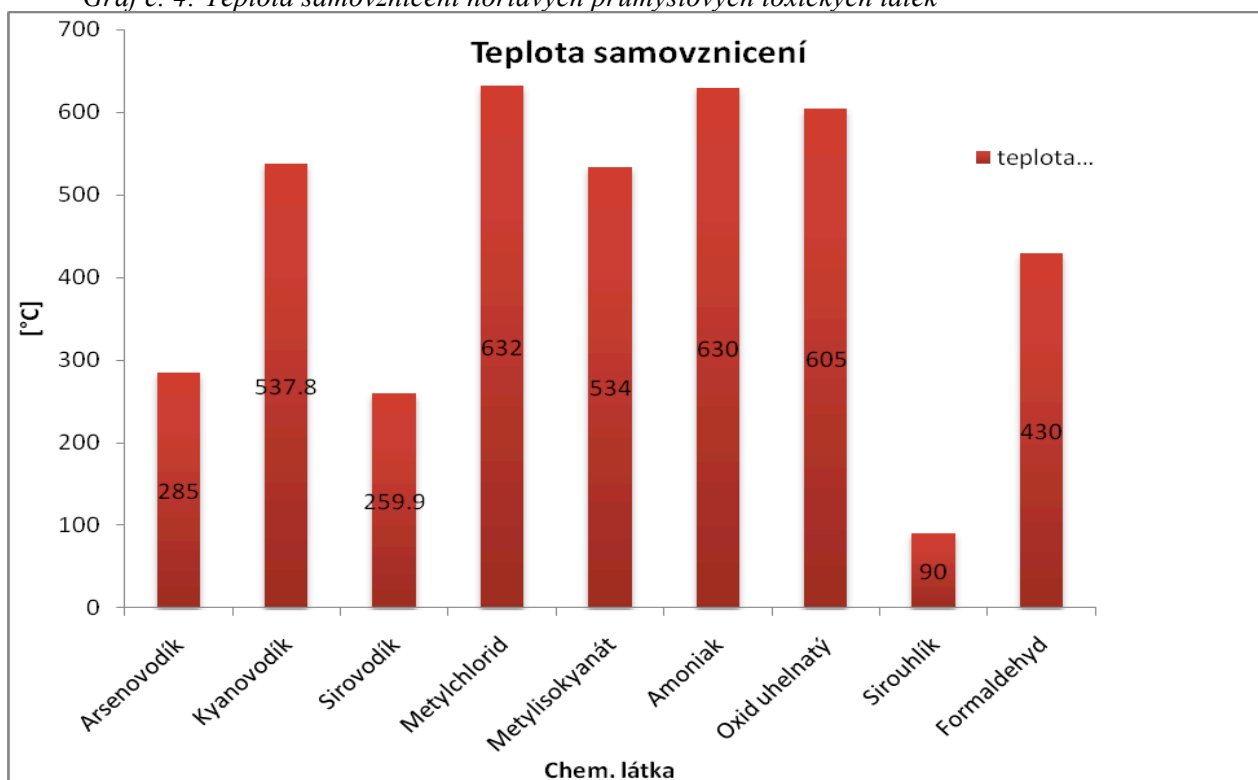
Graf č. 2: Povolená koncentrace toxické látky v ovzduší



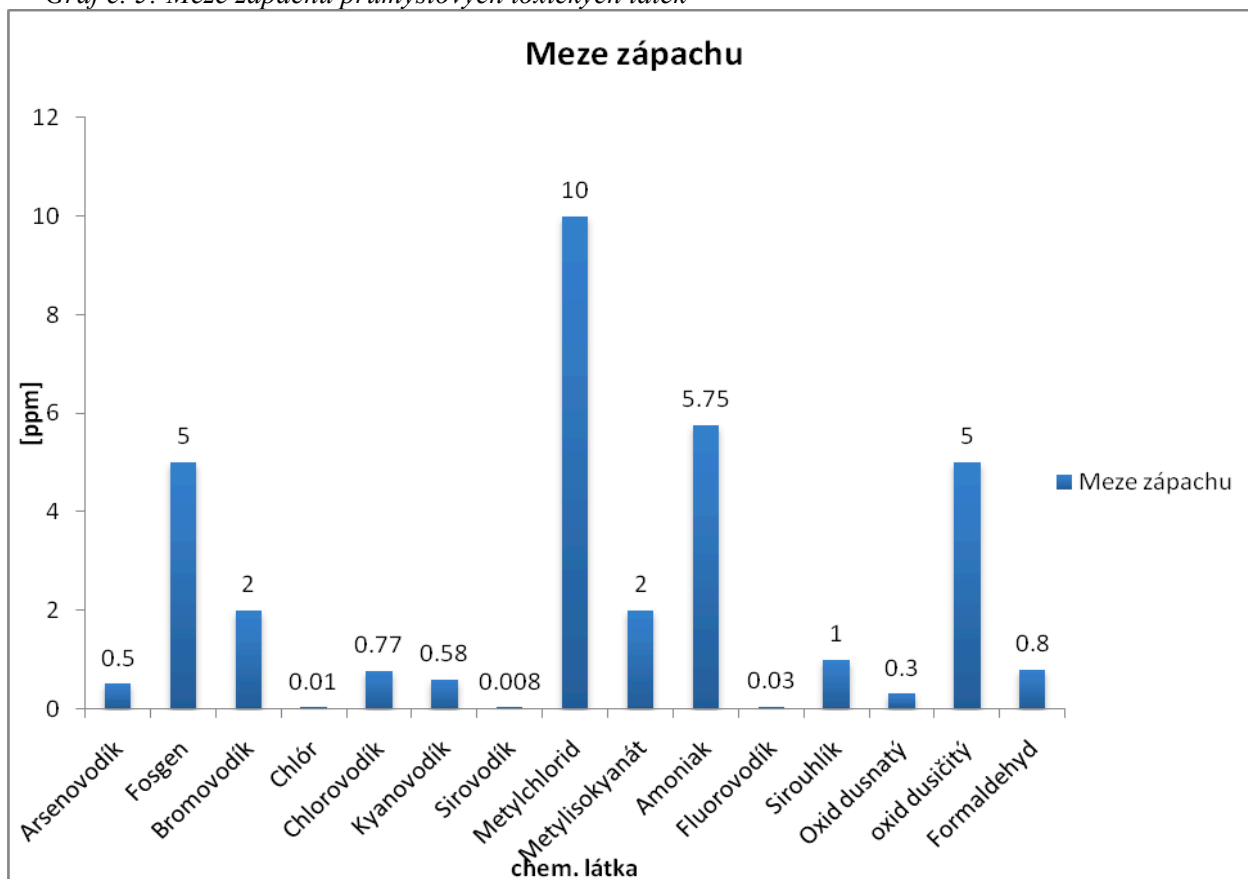
Graf č. 3: Meze výbušnosti hořlavých průmyslových toxických látek



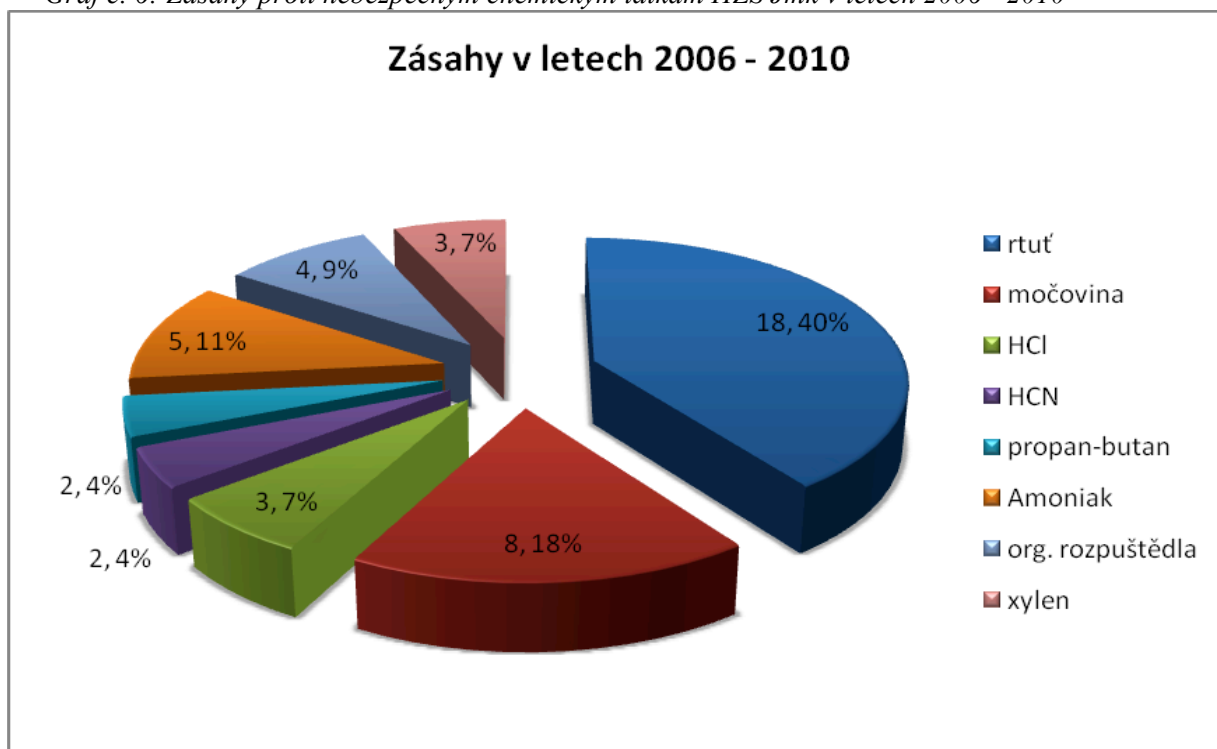
Graf č. 4: Teplota samovznícení hořlavých průmyslových toxických látek



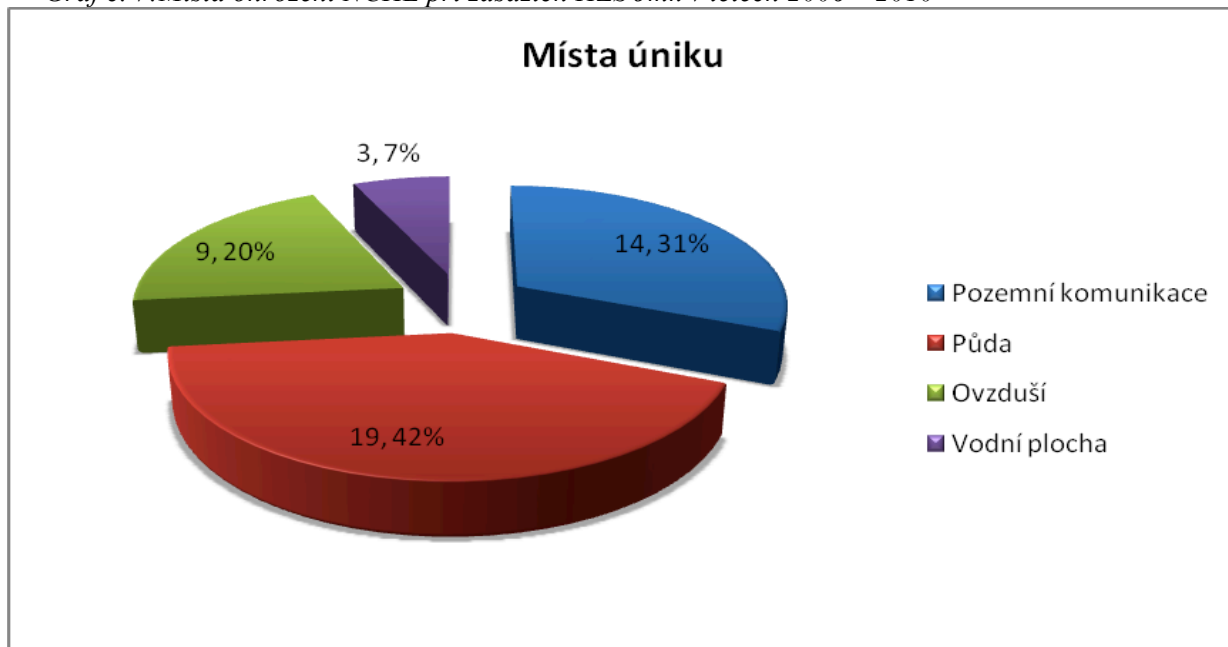
Graf č. 5: Meze zápachu průmyslových toxických látek



Graf č. 6: Zásahy proti nebezpečným chemickým látkám HZS Jmk v letech 2006 - 2010



Graf č. 7: Místa ohrožení NCHL při zásazích HZS Jmk v letech 2006 – 2010



Tabulka č. 66: Nejvyšší Přípustné Koncentrace a Přípustný Expoziční Limit podle zákona č. 361/2007 Sb. [52]

Chem. Látka	PEL	NPK-P
	mg.m <sup>-3</sup>	
Arsenovodík	0,1	0,2
Formaldehyd	0,5	1
Oxid uhelnatý	30	150
Sírouhlík	10	20
Sirovodík	10	20
Kyanovodík	3	10
Metylisokyanát	–	–
Amoniak	14	36
Metylchlorid	100	200
Bromovodík	1	6
Fluorovodík	1,5	2,5
Fosgen	0,08	0,4
Chlór	0,5	1,5
Chlorovodík	8	15
Oxid dusičitý	10	20
Oxid dusnatý	10	20