

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta pedagogická

Bakalářská práce

**VYBRANÉ ASPEKTY PROBLEMATIKY
TOXICKÝCH LÁTEK**

Tereza Blahetová

Plzeň 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 2012

.....
Tereza Blahetová

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu Ing. Janu Hrdličkovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a za poskytnuté rady a připomínky.

Také bych chtěla poděkovat Mgr. Petře Vithausové za konzultaci práce po stránce gramatické a Bc. Tereze Kadlecové za pomoc s překladem.

V neposlední řadě děkuji svým rodičům, kteří mne podporovali v průběhu celého studia.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta pedagogická
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Tereza BLAHETOVÁ
Osobní číslo: P09B0035P
Studijní program: B1001 Přírodovědná studia
Studijní obor: Chemie se zaměřením na vzdělávání
Název tématu: Vybrané aspekty problematiky toxických látek
Zadávající katedra: Katedra chemie

Zásady pro vypracování:

1. Prostudovat doporučenou literaturu.
2. Seznámit se s mechanismy účinku vybraných skupin toxických látek.
3. Zhodnotit možná rizika při práci s těmito látkami a možnosti ochrany.
4. Posoudit vhodnost zveřejňování i nformací o daném tématu.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

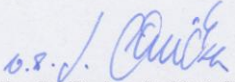
Seznam odborné literatury:

- Tichý M.: Toxikologie pro chemiky. Karolinum, Praha 2004. ISBN 80-246-0566-X.
Patočka J. a kol.: Vojenská toxikologie. Grada, Praha 2004.
Pitschmann V., Haláček E., Koblíha Z.: Boj ohněm, dýmem a jedy: nejstarší historie ... MS Line s.r.o., Kounice 2001.
Kassa J.: Základy vojenské toxikologie a ochrany proti bojovým chemickým látkám: role 1-4: učební text pro nižší zdravotnický personál. Vojenská lékařská akademie Jana Evangelisty Purkyně, Hradec Králové 2003.

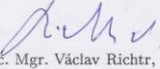
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Hrdlička, Ph.D.
Katedra chemie

Datum zadání bakalářské práce: 15. června 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2012


Doc. PaedDr. Jana Coufalová, CSc.
děkanka




Doc. Mgr. Václav Řichtr, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. června 2011

OBSAH

1	ÚVOD	- 1 -
2	TEORETICKÁ ČÁST	- 2 -
	2.1 Toxikologická klasifikace chemických látek.....	- 2 -
	2.2 Toxické účinky.....	- 3 -
	2.2.1 Průnik látek do organismu	- 5 -
	2.2.2 Vylučování látek z organismu	- 7 -
	2.3 Působení toxických látek na organismus.....	- 7 -
	2.3.1 Podráždění kůže a sliznic	- 7 -
	2.3.2 Narkotický účinek.....	- 7 -
	2.3.3 Inhibice přenosu kyslíku.....	- 8 -
	2.3.4 Mutagenita	- 8 -
	2.3.5 Karcinogenita	- 8 -
	2.3.6 Teratogenita	- 9 -
	2.4 Stanovení toxicity na zvířatech	- 9 -
	2.4.1 Akutní testy	- 10 -
	2.4.2 Subakutní testy	- 10 -
	2.4.3 Chronické testy.....	- 10 -
	2.5 Toxické látky	- 11 -
	2.5.1 Chlor a jeho sloučeniny	- 11 -
	2.5.1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti.....	- 11 -
	2.5.1.2 Mechanismus účinku	- 12 -
	2.5.1.3 Účinky a příznaky zasažení.....	- 12 -
	2.5.1.4 Využití.....	- 13 -
	2.5.1.5 Možnost výskytu.....	- 13 -
	2.5.2 Dusík a jeho sloučeniny.....	- 13 -
	2.5.2.1 Fyzikální a chemické vlastnosti.....	- 13 -
	2.5.2.2 Mechanismus účinku	- 14 -
	2.5.2.3 Účinky a příznaky zasažení.....	- 15 -
	2.5.2.4 Využití.....	- 15 -
	2.5.2.5 Možnost výskytu.....	- 15 -

2.5.3	Síra a její sloučeniny	- 16 -
2.5.3.1	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	- 16 -
2.5.3.2	Mechanismus účinku	- 17 -
2.5.3.3	Účinky a příznaky zasažení.....	- 17 -
2.5.3.4	Využití.....	- 18 -
2.5.3.5	Možnost výskytu.....	- 18 -
2.5.4	Sloučeniny uhlíku.....	- 18 -
2.5.4.1	Oxid uhelnatý.....	- 18 -
2.5.4.1.1	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	- 18 -
2.5.4.1.2	Mechanismus účinku.....	- 19 -
2.5.4.1.3	Účinky a příznaky zasažení	- 19 -
2.5.4.1.4	Využití.....	- 20 -
2.5.4.1.5	Možnost výskytu	- 20 -
2.5.4.2	Kyanovodík a kyanidy	- 20 -
2.5.4.2.1	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	- 20 -
2.5.4.2.2	Mechanismus účinku.....	- 21 -
2.5.4.2.3	Účinky a příznaky zasažení	- 21 -
2.5.4.2.4	Využití.....	- 21 -
2.5.4.2.5	Možnost výskytu	- 21 -
2.5.4.3	Formaldehyd a acetaldehyd	- 22 -
2.5.4.3.1	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	- 22 -
2.5.4.3.2	Mechanismus účinku.....	- 23 -
2.5.4.3.3	Účinky a příznaky zasažení	- 23 -
2.5.4.3.4	Využití.....	- 23 -
2.5.4.3.5	Možnost výskytu	- 24 -
2.5.4.4	Benzen.....	- 24 -
2.5.4.4.1	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	- 24 -
2.5.4.4.2	Mechanismus účinku.....	- 25 -
2.5.4.4.3	Účinky a příznaky zasažení	- 25 -
2.5.4.4.4	Využití.....	- 25 -
2.5.4.4.5	Možnost výskytu	- 26 -
2.5.4.5	Toluen	- 26 -
2.5.4.5.1	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	- 26 -

2.5.4.5.2	Mechanismus účinku.....	- 26 -
2.5.4.5.3	Účinky a příznaky zasažení	- 27 -
2.5.4.5.4	Využití.....	- 27 -
2.5.4.5.5	Možnost výskytu	- 28 -
2.5.4.6	Xyleny	- 28 -
2.5.4.6.1	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	- 28 -
2.5.4.6.2	Mechanismus účinku.....	- 29 -
2.5.4.6.3	Účinky a příznaky zasažení	- 29 -
2.5.4.6.4	Využití.....	- 29 -
2.5.4.6.5	Možnost výskytu	- 29 -
2.5.4.7	Nitrobenzen a anilin	- 30 -
2.5.4.7.1	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	- 30 -
2.5.4.7.2	Mechanismus účinku.....	- 30 -
2.5.4.7.3	Účinky a příznaky zasažení	- 31 -
2.5.4.7.4	Využití.....	- 31 -
2.5.4.7.5	Možnost výskytu	- 31 -
2.6	Agrochemikálie.....	- 31 -
2.6.1	Organochlorové pesticidy	- 32 -
2.6.1.1	DDT	- 32 -
2.6.1.2	HCH.....	- 33 -
2.6.2	Organofosforové pesticidy	- 33 -
2.6.3	Karbamátové pesticidy.....	- 33 -
2.6.4	Pyretroidy.....	- 34 -
2.7	Dioxiny.....	- 35 -
2.8	Bojové chemické látky.....	- 35 -
2.8.1	Nervově paralytické látky	- 36 -
2.8.1.1	Mechanismus účinku	- 37 -
2.8.1.2	Účinky a příznaky zasažení.....	- 38 -
2.8.2	Zpuchýřující otravné látky.....	- 38 -
2.8.2.1	Mechanismus účinku	- 39 -
2.8.2.2	Účinky a příznaky zasažení.....	- 39 -
2.8.3	Dusivé otravné látky	- 39 -
2.8.3.1	Mechanismus účinku	- 40 -

2.8.3.2	Účinky a příznaky a zasažení.....	- 40 -
2.8.4	Dráždivé otravné látky.....	- 41 -
2.8.4.1	Mechanismus účinku.....	- 42 -
2.8.4.2	Účinky a příznaky zasažení.....	- 42 -
2.8.5	Psychicky zneschopňující látky.....	- 42 -
2.8.5.1	Kyselina d-lysergová, LSD.....	- 43 -
2.8.6	Fyzicky zneschopňující látky.....	- 43 -
2.9	Chemické havárie.....	- 43 -
2.9.1	Chemický terorismus.....	- 44 -
2.9.2	Příklady chemických havárií.....	- 44 -
2.9.2.1	Saveso, Itálie, 10. 7. 1976.....	- 44 -
2.9.2.2	Bhópál, Indie, 2.-3. 12. 1984.....	- 45 -
2.10	Legislativa.....	- 45 -
2.10.1	Označení chemických látek.....	- 47 -
2.10.2	Bezpečnostní list.....	- 49 -
3	ZÁVĚR.....	- 51 -
4	SEZNAM LITERATURY.....	- 52 -
5	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	- 55 -
6	RESUMÉ.....	- 57 -
7	SEZNAM PŘÍLOH.....	- 58 -

1 ÚVOD

Chemické látky jsou již od počátku civilizace součástí lidské společnosti. Nejprve byly známy účinky přírodních látek. Zjištění, že některé rostliny mají léčivé účinky a jiné toxické, vedlo k jejich všestrannému využití. Tyto účinky se využívaly při rituálních obřadech, v léčitelství nebo k boji. Praveký člověk vynalezl šípové jedy, které používal k lovu zvěře, ale i jako válečný prostředek při konfliktech mezi kmeny.

S postupem času se znalosti chemických látek prohlubovaly a zdokonalovalo se jejich využití. S objevem ohně mohl člověk tavit písek, pálit keramiku a vyrábět kovové nástroje. Lidé si čím dál více uvědomovali důležitost znalosti chemie a snažili se o její rozvoj.

K rozvoji chemického průmyslu přispělo pochopení principu chemické rovnováhy a jejího ovlivnění. Průmyslová činnost je tedy výsledkem vědecko-technického rozvoje, který přináší nové sloučeniny a materiály, potřebné pro nové technologie. Lidem umožňuje větší výběr a dostupnost produktů, ale přináší s sebou také rizika spjatá s možnou intoxikací v případě expozice vysokými koncentracemi.

Každým dnem stoupá počet nově vytvořených látek, které jsou užitečné, ale mohou být i nebezpečné svým účinkem. Jejich využití se nevztahuje pouze na průmyslovou činnost, ale mohou být také zneužity k teroristickému útoku a k výrobě chemických zbraní.

Tato práce je zaměřena na vybrané toxické látky, u kterých je popsána jejich základní charakteristika, mechanismus účinku, příznaky zasažení, jejich využití a také možnost výskytu v běžném životě.

2 TEORETICKÁ ČÁST

V textu se vyskytují odborné pojmy, které jsou podrobně vysvětleny v příloze - viz Příloha 1.

2.1 Toxikologická klasifikace chemických látek

Toxické látky nemají pevně stanovené rozdělení, a proto je lze klasifikovat podle několika kritérií. Podle původu látky (syntetické a přirozené), podle cílového orgánu, na který jed působí (neurotoxiny, hepatotoxiny, hemotoxiny atd.) či podle chemické struktury nebo mechanismu účinku. Vybrala jsem zde klasifikaci podle střední smrtelné dávky, která je nejčastěji interpretována.

Tabulka 1 **Rozdělení toxických látek podle střední smrtelné dávky** (převzato z literatury¹⁾)

Kategorie	LD ₅₀
Supertoxická	< 5 mg.kg ⁻¹
Extrémně toxická	5 – 50 mg.kg ⁻¹
Vysoce toxická	50 – 500 mg.kg ⁻¹
Středně toxická	0,5 – 5 g.kg ⁻¹
Málo toxická	5 – 15 g.kg ⁻¹

Tabulka 2 **Hodnoty LD₅₀ pro člověka při perorálním podání** (převzato z literatury^{1,2,3)})

Chemická látka	LD ₅₀ v mg/kg	Kategorie toxicity
Voda	140 000	Málo toxická
Glukóza	35 000	Málo toxická
Ethanol	7000	Málo toxická
Chlorid sodný	3000	Málo toxická
Morfin	900	Středně toxická

Síran měďnatý	500	Středně toxická
Jodid draselný	300	Vysoce toxická
Fenobarbital	150	Vysoce toxická
DDT	100	Vysoce toxická
Kyanid draselný	10	Extrémně toxická
Nikotin	1	Supertoxická
Strychnin	0,5	Supertoxická
Dioxin (TCDD)	0,01	Supertoxická
Tetrodotoxin	0,005	Supertoxická
Ricin	0,00002	Supertoxická
Oxid arsenitý	1,4	Supertoxická
Oxid arsenitý	45	Extrémně toxická

Údaje o střední smrtelné dávce se mohou lišit, a to i významně. Příkladem je střední smrtelná dávka pro oxid arsenitý. Jak uvádí Tichý, smrtelná dávka je 1,4 mg/kg.³ Podle Kroupy a Říhy je to 45 mg/kg.²

2.2 Toxické účinky

Účinek toxické látky závisí na několika faktorech: na fyzikálních a chemických vlastnostech, na expozici, na koncentraci a hmotnosti látky, na pohlaví a věku, na rychlosti metabolismu a na celkovém zdraví jedince.

Exponovaná chemikálie musí v organismu projít několika procesy: absorpce a vstřebání, transport a distribuce, metabolismus a exkrece, reakce s místem účinku.

Při interakci chemikálie – biologický systém sloučenina působí na organismus a zároveň organismus působí na sloučeninu, tj. může probíhat její biotransformace, a proto účinek není vždy vyvolán samotnou látkou, ale může být vyvolán i jejím metabolitem.

Některé látky mají kumulativní charakter. K hromadění škodlivin dochází tehdy, je – li absorpce škodliviny rychlejší než její biotransformace a exkrece. Hromadění vede ke zvyšování koncentrace škodlivin v organismu, což má za následek fatální účinek na organismus.

Orgány, ve kterých nejčastěji dochází ke kumulaci, jsou játra, ledviny, oko. Dále tuková a kostní tkáň.

Účinky můžeme dělit na specifické a nespecifické, akutní a chronické. Nespecifický účinek je zpravidla vyvolán až o dva řády vyšší dávkou, než je dávka pro vyvolání specifického účinku. Nespecifický účinek je vyvolán fyzikálním nebo chemickým působením látek. Není vyvolán interakcí toxické látky se specifickým místem v organismu.

Za následek má narkózu, poleptání či destrukci membrán. Specifický účinek je dán interakcí s určitým místem v organismu – specifickým receptorem. Receptor je makromolekula nesoucí specificky uspořádané místo, které je schopno navázat účinnou látku na principu zámku a klíče. Interakce receptoru a účinné látky vyvolá sled fyziologických procesů. Některé účinky se však mohou v organismu projevit po delší době či dokonce po úplném odstranění škodliviny z organismu. Toto období se nazývá doba latence. Akutní účinek nastává okamžitě po expozici vysokými dávkami. Pokud je otrava vyvolána expozicí nízkými dávkami po delší dobu (měsíce či roky), jedná se o chronický účinek.

Účinek se vyjadřuje pomocí toxických indexů v jednotkách dávky (mg/kg) nebo součinem koncentrace látky, času expozice a objemu vzduchu ($\text{g} \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-3}$). Toxické indexy se používají pro hodnocení toxicity v souvislosti se závislostí účinku na dávce či koncentraci, u indexů musí být popsány podmínky jejich stanovení, např. $\text{LD}_{50\text{iv}}$ myš, $\text{LC}_{100\text{inh}}$ potkan. Stručný přehled toxických indexů uvádí tabulka 3.

Tabulka 3 **Přehled toxických indexů** (převzato z literatury⁴)

Toxický index		Slovní popis
ECt50	střední zneschopňující koncentrace	koncentrace plynné látky, která po daném čase vyvolá dočasné zneschopnění u 50% jedinců z celku
ED50	střední zneschopňující dávka	dávka pevné nebo kapalné látky, která vyvolá dočasné zneschopnění u 50% jedinců z celku

ICt50	střední prahová koncentrace	koncentrace plynné látky, která po daném čase vyvolá u 50% jedinců prahové symptomy poškození
ID50	střední prahová dávka	dávka pevné nebo kapalné látky, která vyvolá u 50% jedinců prahové příznaky intoxikace
LCt50	střední smrtelná koncentrace	koncentrace plynné látky při níž zahyne 50% jedinců z celku
LD50	střední smrtelná dávka	dávka pevné nebo kapalné látky, při níž zahyne 50% jedinců z celku

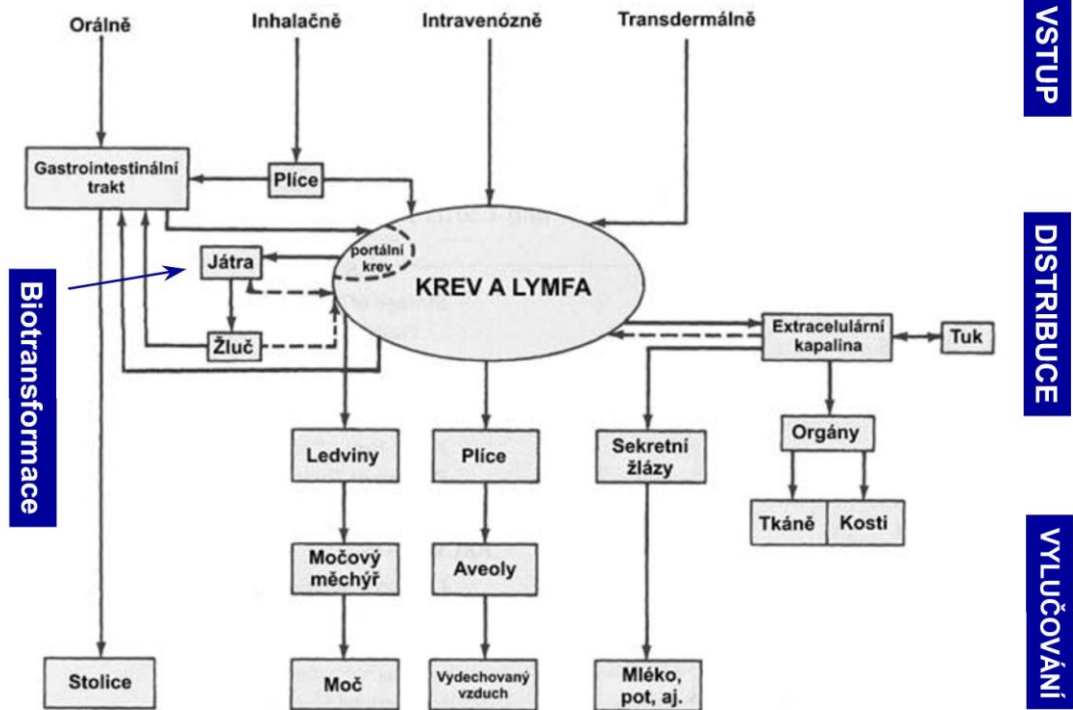
2.2.1 Průnik látek do organismu

Nejčastějším a velmi nebezpečným průnikem látky do organismu je vstup dýchacími cestami (inhalace). V horních cestách dýchacích se převážně zadržují látky, které jsou dobře rozpustné ve vodě. Zbytek xenobiotika se dostává do plicních sklípků, odkud putuje do krevního řečiště.

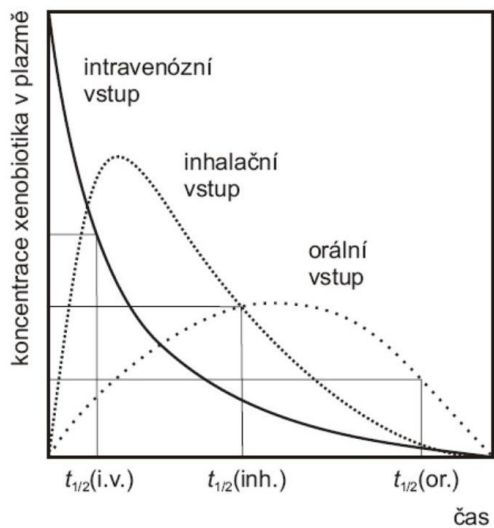
Transdermální průnik neboli vstup látek skrz kůži, je další způsob průniku. Míra poškození závisí na stavu pokožky (vlhkost, stáří, poranění). Účinek cizorodé látky může být lokální (alergie, poleptání, podráždění) či celkový (průnik do krevního řečiště).

Perorální podání (per os) znamená vstup látky ústy. Cizorodá látka je nejprve vstřebávána v žaludku, ale hlavní vstřebávání probíhá v tenkém střevě. Látka po vstupu do krevního řečiště také musí projít játry, kde většinou dochází k procesu zvanému biotransformace.

Intravenózní (iv.), nitrožilní průnik látek není z toxikologického hlediska významný, avšak tento druh vstupu je nejrychlejší. Význam má pouze v souvislosti s poraněním znečištěným předmětem, kdy škodlivina neprochází játry, ale je rovnou rozváděna krevním řečištěm do celého organismu.



Obr. 1 Vstup xenobiotika do organismu



Obr. 2 Koncentrace xenobiotika v závislosti na způsobu podání: $t_{1/2}$ – biologický poločas xenobiotika

2.2.2 Vylučování látek z organismu

Některá xenobiotika se z těla vylučují rychle, jiná pomalu. Pomalu se obvykle vylučují chemikálie, které jsou špatně metabolizovatelné a mají lipofilní charakter – kumulují se v tukové tkáni. Jiné sloučeniny se kumulují v nehtech, vlasech nebo podléhají zpětnému vstřebávání. Pomalu jsou vylučovány i ionty těžkých kovů, které se mohou hromadit v kostní tkáni.

Xenobiotikum je vylučováno z orgánů a tkání a zároveň z celého organismu. Nejdůležitějšími vylučovacími cestami jsou ledviny (moč), játra (žluč) a stolice, dále plíce (vydechování) a v nepatrné míře tělní sekrety - pot, sliny, slzy či mléko. Každá škodlivina má svou hlavní vylučovací cestu, ale obvykle se vylučuje několika cestami nejednou.

2.3 Působení toxických látek na organismus

2.3.1 Podráždění kůže a sliznic

Žíraviny (silné kyseliny a zásady, silná oxidační činidla) mohou vyvolat poleptání kůže, dýchacího ústrojí a sliznic. Míra podráždění závisí na schopnosti chemikálie proniknout do organismu. K nežádoucím změnám dochází v místě průniku, kde snižují pH a dehydratují pokožku. Hydroxidové ionty způsobují zmýdelnění tkání, pronikají hlouběji, a tím způsobují špatnou hojivost ran.

Dráždivě mohou působit i organická rozpouštědla, která snižují schopnost ochrany pokožky tím, že odstraňují tukové složky. Dermatotoxické účinky mají mnoho projevů: apoptosa kožních buněk, dermatitida, akné, alergie, změna pigmentace, nekroza, karcinogeneze.

2.3.2 Narkotický účinek

Tento účinek mají všechny chemikálie, které dosáhnou narkoticky účinné koncentrace v krvi dříve, než nastoupí jiný účinek. Jedná se například o organická rozpouštědla (toluen, diethylether, chloroform...). Narkotický účinek je způsoben rozpuštěním narkotik v tukových strukturách membrán. To má za následek brzdění

přenosu nervového vzruchu a potlačení funkce nervového systému. Účinek je reverzibilní.

2.3.3 Inhibice přenosu kyslíku

Transport kyslíku je blokován sloučeninami, které reagují přímo s kyslíkem (snižují jeho dostupnost) nebo s místem jeho vazby, které chemicky pozměňují, anebo se váží silněji. Příkladem je oxid uhelnatý nebo oxid dusnatý, které mají silnější vazbu na hemoglobin než kyslík. Dusitany nebo anilin mění železnatý iont hemu v hemoglobinu na železitý, který schopnost přenášet kyslík nemá.

2.3.4 Mutagenita

Genetická informace je uchovávána a přenášena deoxyribonukleovou kyselinou (DNA) a ribonukleovou kyselinou (RNA). DNA je tvořena dvojitou šroubovicí. Vláčna šroubovice tvoří páry purinových a pyrimidinových bází, které jsou k sobě poutány vodíkovými můstky. Pokud dojde působením mutagenu ke změně struktury báze nukleové kyseliny, báze není schopna vytvořit příslušný pár. Tato změna se nazývá mutace. Genové mutace představují změny v jednotlivých genech, dochází ke změně pořadí bází v DNA. Při genomové mutaci dochází ke změně počtu chromozómů. Chromozómová mutace má za následek změnu struktury chromozómů.

2.3.5 Karcinogenita

Karcinogenní účinek se projevuje zhoubným bujením postižené tkáně za vzniku nádoru. Zhoubné bujení může být vyvoláno sloučeninami mutagenními a nemutagenními. Uvádí se, že 80% mutagenů má karcinogenní účinek.³ Ke vzniku nádoru vede reakce karcinogenu nebo prekarcinogenu s DNA. Tato mutace má za následek ztrátu kontroly buněčného dělení. Tato ztráta je charakteristická pro nádorové buňky, které se neustále vytvářejí.

Chemické karcinogeny⁵:

1. karcinogen kategorie 1 – do této kategorie spadají látky, které mají prokazatelný karcinogenní vliv na člověka. Je to například benzen, formaldehyd, vinylchlorid, yperit,
2. karcinogen kategorie 2 – látky, které spadají do této kategorie, jsou potenciaálně karcinogenní pro člověka. Jde například o akrylamid, akrylonitril, prach tvrdých dřev,
3. karcinogen kategorie 3 – u látek spadajících do této kategorie nemáme dostačující informace o karcinogenitě.

2.3.6 Teratogenita

Látky poškozující embryo v období gravidity vyvolávají vrozené vady či abnormality v postnatálním vývoji jedince. Tyto látky se nazývají teratogeny.

V období blastogeneze (od početí do 17. dne vývoje u člověka) embryo zahyne, pokud je rozsáhle poškozeno. Při nižším stupni poškození může přežít. Poškozené buňky jsou nahrazeny nepoškozenými. V tomto období působení škodlivin nevyvolává vrozené vady.

V období organogeneze (17. – 90. den vývoje u člověka) vede poškození buněk k degeneraci orgánů nebo orgánových struktur. Po ukončení organogeneze je riziko teratogenního účinku nižší, ale škodliviny mohou ovlivnit zrání orgánů a tkání.

2.4 Stanovení toxicity na zvířatech

Velká část toxikologických údajů pochází z testování na zvířatech. Interpretace výsledků je však nesnadná a někdy i chybná v důsledku mezidruhových rozdílů.

Nejčastějšími pokusnými zvířaty jsou myš, potkan, králík, morčata, křečci. V některých případech i pes, kočka a opice.

Testy probíhají na dvou druzích zvířat, kde pohlaví je zastoupeno v poměru 1:1, a všechna zvířata musí být stejného stáří.

Nejčastějším způsobem podání testované látky je orální. Další možné způsoby jsou dermální či inhalační expozice.

2.4.1 Akutní testy

Testy akutní toxicity se hodnotí účinky, které se projeví po krátké době po jednorázovém podání látky. Stanovuje se například mortalita měřená jako střední smrtelná dávka nebo koncentrace.

Obvykle je třeba skupině zvířat podat nejméně 4 různé dávky či koncentrace. Zvířata se poté pozorována 2 týdny, kdy se sleduje, kolik zvířat uhyne. Z výsledků se stanoví dávka či koncentrace, při které zahyne 50 % pozorovaných jedinců. Údaje o trvání a typu expozice musí být u toxických indexů uvedené, jinak hodnoty ztrácí smysl.

2.4.2 Subakutní testy

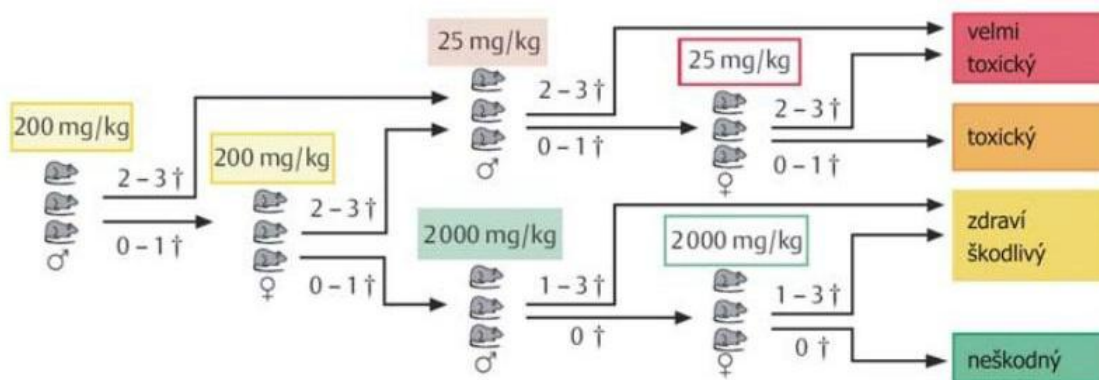
Subakutní, neboli subchronické testy trvají od 28 až do 90 dnů. Testovaná zvířata jsou rozdělena do skupin podle věku, pohlaví, hmotnosti atd. Zvířata jsou exponována obvykle jednou denně. V průběhu testovacího období se provádějí biochemické a hematologické testy. Důležité je i pozorování.

Jako subakutní testy jsou prováděny testy na neurotoxicitu, které se provádějí na slepicích 12 až 14 měsíců starých. Pozoruje se abnormalita v chování, paralýza. Některé testy bývají ukončeny usmrcením zvířat. Tkáně a orgány jsou poté podrobeny patohistologickému vyšetření.

Dále se do těchto testů řadí testy na teratogenitu, kdy se testovaná látka podává gravidním samicím. Expozice je zahájena s krytím samice a musí pokrýt období organogeneze.

2.4.3 Chronické testy

Při chronickém testu se zjišťuje karcinogenita dané látky. Zvířata jsou exponována v průběhu celého dospělého života. V průběhu testu se sledují patologické změny pomocí vhodných indikátorů (změna hmotnosti, biochemické testy). Uhynulá a utracená zvířata jsou podrobena patohistologickému vyšetření.



Obr. 3 Schéma vyhodnocení toxicity

2.5 Toxické látky

Toxickou látkou myslíme látku, která i v malých koncentracích poškozuje organismus, a účinek těchto látek se v organismu sčítá.

Příznaky zasažení mohou být různé, avšak výskyt jednotlivých příznaků závisí na koncentraci a expozici látky.

Mnoho nebezpečných látek se používá v chemickém průmyslu, ale jsou i takové, se kterými se člověk setká v běžném životě.

Přehled vybraných toxických látek se nachází v příloze - viz Příloha 2.

2.5.1 Chlor a jeho sloučeniny

2.5.1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Chlor je žlutozelený plyn štiplavého zápachu. Je rozpustný ve vodě a nepolárních rozpouštědlech. Je velmi reaktivní, slučuje se s většinou prvků. S vodíkem poskytuje chlorovodík a reakcí s oxidem uhelnatým na aktivním uhlí poskytuje fosgen.

Plynný chlorovodík je bezbarvý plyn. Rozpuštěním chlorovodíku ve vodě vzniká kyselina chlorovodíková.

Fosgen (COCl_2) je za nízkých teplot bezbarvá kapalina, která zapáchá po ztuhlém senu. Dobře se rozpouští ve vodě i v organických rozpouštědlech.

Tetrachlormethan (CCl_4) je bezbarvá kapalina nasládlého zápachu. Je to těkavá látka, ve vodě špatně rozpustná, ale v organických rozpouštědlech (benzen, ether, chloroform) dobře.

Tabulka 4 Vybrané fyzikální vlastnosti chloru (převzato z literatury^{2,6})

Vzorec	Cl_2
Molekulová hmotnost (g/mol)	71
Bod tuhnutí ($^{\circ}\text{C}$)	-100,98
Bod varu ($^{\circ}\text{C}$)	-34,6
Hustota při 0°C (g/cm^3)	0,003214

2.5.1.2 Mechanismus účinku

Při styku chloru s vlhkými sliznicemi vzniká kyselina chlorovodíková a chlorná, která se dále rozkládá na oxid chloričitý a na volné radikály kyslíku. Tyto radikály mají velmi silné oxidační účinky a způsobují prasknutí buněčných proteinů. Současně dochází k leptání sliznic a pokožky kyselinou chlorovodíkovou, která zvyšuje propustnost plicních kapilár. To může vyvolat edém plic, ke kterému může dojít i během dvou dnů.

Fosgen má podobný mechanismus účinku, protože se ve vlhkém prostředí rozkládá na CO_2 a HCl .

Tetrachlormethan je nebezpečný narkotickým účinkem (viz 2.3.2). Jeho metabolity působí hepatotoxicky. Jaterní buňky poškozují destrukcí proteinů membrán, díky tomu ztrácí membrány ochrannou funkci buňky.

2.5.1.3 Účinky a příznaky zasažení

Při inhalační expozici dochází k podráždění spojivek a sliznic horních cest dýchacích, k bolestem hlavy, dušnosti, kašli. Dále může dojít k toxickému edému plic. Při chronické expozici napadá chlorovodík především zubní sklovinu.

2.5.1.4 Využití

V chemickém průmyslu se chlor využívá pro výrobu plastů (PVC, teflon, polypropylen), chloroprenového kaučuku, dezinfekčních prostředků, rozpouštědel (perchlorethylen), pesticidů a jiných organických látek. Dále se využívá pro výrobu oxidu titaničitého a k úpravě kovů, např. čištění hliníku. V elektronice se využívá při plazmovém leptání hliníkových i jiných kovových vrstev. Chlor se také používá k bělení celulózy a čištění pitné vody.

Fosgen se v současné době se používá v chemickém průmyslu při syntéze barviv, farmaceutických přípravků a umělých hmot. Je také řazen k otravným látkám (viz 2.8.4).

Tetrachlormethan se dříve používal jako chladicí médium do klimatizací a ledniček a také jako hnací plyn ve sprejích. Také se používal jako hasicí látka. Dnes se používá pro syntézu polyfényl-tereftalamidu, k eliminaci chloridu dusitého při elektrolytické výrobě chloru a hydroxidu sodného. Dále se využívá ve farmaceutickém a polovodičovém průmyslu.

2.5.1.5 Možnost výskytu

Do styku s chlorem může člověk přijít v domácnosti při používání čistících prostředků, které obsahují chlornan sodný, ze kterých se chlor uvolňuje. Je to např. Savo či Domestos. Dále je obsažen v přípravcích bazénové chemie. Chlorečnan sodný, který je známý pod názvem Travex, se používal jako herbicid. S fosgenem lze přijít do styku při požárech (hoření PVC, styrenu atd.).

2.5.2 Dusík a jeho sloučeniny

2.5.2.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Dusík je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, který tvoří 78 % obj. atmosféry. Řadí se mezi biogenní prvky. Je málo rozpustný ve vodě, za běžných podmínek se neslučuje ani s velmi reaktivními prvky.

Amoniak je za běžných podmínek bezbarvý plyn štiplavého zápachu. Skladuje se za zvýšeného tlaku v kapalném stavu. Je dobře rozpustný ve vodě, dráždivý a žíravý. Má silné korozivní účinky na slitiny mědi. Reakcí s kyselinami vznikají amonné soli.

Kapalný amoniak je polární sloučenina, která nachází využití v chemické laboratoři. Jeho fyzikální vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 5.

Oxid dusný (N_2O) je bezbarvý plyn nasládlé chuti. Je známý pod názvem „rajský plyn“, který se dříve používal v anesteziologii k narkózám. Je málo rozpustný ve vodě.

Oxid dusnatý (NO , bezbarvý plyn bez zápachu) a dusičitý (NO_2 , červenohnědý plyn štiplavého zápachu) se vyskytují v atmosféře spolu. Oba plyny jsou vysoce reaktivní a mají oxidační vlastnosti. Oxid dusnatý je také důležitý neurotransmitter v kardiovaskulárním systému.

Tabulka 5 Vybrané fyzikální vlastnosti amoniaku (převzato z literatury⁷)

Vzorec	NH_3
Molekulová hmotnost (g/mol)	17,031
Bod tuhnutí ($^{\circ}C$)	-77,73
Bod varu ($^{\circ}C$)	-33,34
Hustota plynu při $15^{\circ}C$ (kg/m^3)	0,73

2.5.2.2 Mechanismus účinku

Podle Svobodové působí nedisociovaný amoniak na ryby tak, že proniká přes tkáňové bariéry. Působí na nervovou soustavu, kde narušuje metabolismus nervových buněk a snižuje tvorbu ATP. Stěna buněk je pro amonný iont nepropustná.⁸

Nitrózní plyny oxidují železo z Fe^{2+} na Fe^{3+} . Touto oxidací se stává z hemoglobinu methemoglobin, který není schopen vázat kyslík. Má tedy za následek ztrátu schopnosti krve přenášet kyslík do tkání. Methemoglobinemie tím poškozuje buněčné dýchání.

2.5.2.3 Účinky a příznaky zasažení

Dusík je plyn, který ve vysokých koncentracích způsobuje dušení tím, že vytěsňuje kyslík z ovzduší. Může docházet k dušnosti, závratí, bezvědomí, kolapsu či smrti.

Amoniak (kapalný i plynný) a nitrózní plyny působí na sliznici dýchacího ústrojí, což může vyvolat kašel, zvracení, cyanózu nebo závratě. Při inhalační expozici amoniakem dochází k poleptání dýchacího ústrojí, což může vést až k edému plic. Je velmi nebezpečný pro oči. Akutní otrava nitrózními plyny se projevuje až po několika hodinách a může způsobit methemoglobinemii. Vdechování vyšších koncentrací může být smrtelné.

2.5.2.4 Využití

Plynný dusík se využívá při balení potravin jako inertní atmosféra k zabránění zmačkání výrobků. Kapalný dusík se využívá při kryogenních procesech, tzn. při uchovávání tkání či pohlavních buněk nebo v medicíně při nekrotizaci tkáně.

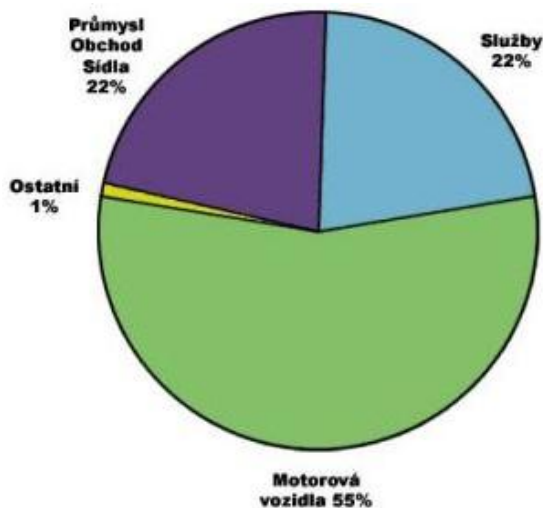
Amoniak se využívá k výrobě kyseliny dusičné, hnojiv, výbušnin, k syntéze dusíkatých sloučenin, k čištění skla a porcelánu. Používá se v průmyslových chladicích systémech. V ovocnářství se využívá jako fungicid.

Oxid dusný se s kyslíkem a dalšími látkami (Halothan, Isofluran a Sevofluran) používá v porodnictví, ortodoncii a k celkové narkóze. V potravinářství se využívá jako hnací plyn ve sprejích a jako ochranná atmosféra v sáčkách s potravinami. Jeho oxidační vlastnosti jsou využívány ve spalovacích motorech, protože vstříknutý oxid dusný zvyšuje výkon. Jako oxidovadlo se také používá v raketových motorech.

2.5.2.5 Možnost výskytu

Oxidy dusíku jsou obsaženy v emisích. Vznikají především při spalování paliv v motorových vozidlech a obecně při jakémkoliv spalování.

Oxid dusný se do prostředí dostává nitrifikací a denitrifikací z průmyslových hnojiv, které poskytují dusík. Tyto reakce probíhají v půdě a ve vodě činností mikroorganismů.



Obr. 4 Antropogenní zdroje oxidů dusíku

2.5.3 Síra a její sloučeniny

2.5.3.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Síra je žlutá pevná látka, která není rozpustná ve vodě. Je rozpustná v nepolárních rozpouštědlech. Její sloučeniny jsou toxické. Řadí se mezi biogenní prvky.

Sulfan je bezbarvý, hořlavý a nepříjemně páchnoucí plyn. Má redukční vlastnosti. Na vzduchu hoří namodralým plamenem. V chemické laboratoři se používá k důkazovým reakcím. Jeho fyzikální vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 6.

Sirouhlík (CS_2) je bezbarvá a hořlavá kapalina. Je nerozpustná ve vodě a odpařuje se při pokojové teplotě. Sirouhlík je nepolární rozpouštědlo.

Oxid siřičitý (SO_2) je bezbarvý plyn štiplavého zápachu. Je snadno zkapalnitelný. Zkapalněný je nereaktivní. Rozpuštěním ve vodě poskytuje kyselý roztok. Má redukční vlastnosti.

Oxid sírový (SO_3) je tuhá nebo kapalná látka, která se rozpouští ve vodě za vzniku kyseliny sírové.

Tabulka 6 **Vybrané fyzikální vlastnosti sulfanu** (převzato z literatury¹⁰)

Vzorec	H ₂ S
Molekulová hmotnost (g/mol)	34,082
Bod tuhnutí (°C)	-82,30
Bod varu (°C)	-60,28
Hustota plynu při 20°C (g/cm³)	0,001

2.5.3.2 Mechanismus účinku

Sulfan patří do skupiny látek ovlivňujících přenos kyslíku v těle. Inhibuje enzym cytochromoxidázu podobně jako kyanovodík (viz 2.5.4.2.2) a vzácně může s methemoglobinem reagovat za vzniku sulfmethemoglobinu, který znemožňuje navázání kyslíku. Sulfmethemoglobin je komplex vytvořený včleněním síry do porfyrinového kruhu hemoglobinu. Sulfmethemoglobin na rozdíl od methemoglobinu setrvává v erytrocytu po dobu jeho života a zpět na hemoglobin se nemění.

Reakcí sirouhlíku s aminoskupinami a SH skupinami aminokyselin vznikají dithiokarbamáty, které vyvolávají intoleranci alkoholu.

2.5.3.3 Účinky a příznaky zasažení

V malých koncentracích sulfan dráždí dýchací cesty a oči, to má za následek slzení, kašel, dušnost, cyanózu. Při expozici vysokých koncentrací může dojít k apoplektické otravě, která vede k tonicko-klonickým křečím. Může dojít ke ztrátě vědomí v důsledku obrny dýchacího centra. Při akutní intoxikaci dochází k okamžitému kardiovaskulárnímu kolapsu, zástavě dýchání a k bleskové smrti.

Sirouhlík se vstřebává všemi branami vstupu. Je to neurotoxická látka, která způsobuje psychomotorické poruchy, halucinace, křeče a poruchy vědomí.

Oxid siřičitý dráždí oči a sliznice dýchacích cest. U zasažených vyvolává kašel, dušnost, edém plic. Při chronickém působení může dojít k úmrtí na rozedmu plic. Také působí na imunitní systém.

2.5.3.4 Využití

Sulfan není vyráběn žádnou technologií, vyskytuje se pouze jako odpadní látka. Používá se v analytické chemii pro analýzu iontů kovů.

Sírouhlík se využívá při výrobě viskózného hedvábí nebo v gumárenském průmyslu.

Oxid siřičitý je po oxidaci na oxid sírový výchozí látkou pro výrobu kyseliny sírové. Používá se jako desinfekční a konzervační prostředek. Dříve byl v plynné fázi používán jako ochranná atmosféra, která měla zabránit oxidaci při tavení hořčíku. Zde byl nahrazen fluoridem sírovým.

2.5.3.5 Možnost výskytu

Sulfan se vyskytuje v okolí sirných jezer. Vzniká rozkladem bílkovin, při rozkladu cysteinu.

Emise oxidu siřičitého nesou podíl na vzniku kyselých dešťů. Oxid siřičitý se v atmosféře oxiduje na oxid sírový. Oxid sírový se mísí s vodní parou, a tím vzniká kyselina sírová, která dopadá s deštěm na zem. „Kyselina sírová může reagovat s alkalickými částicemi prашného aerosolu za vzniku síranů“, které se usazují na zemském povrchu. (cit. 11) Sírany jsou z ovzduší vymývány srážkami. Oxidy síry tvoří kyselé deště, které poškozují rostliny i půdu.

2.5.4 Sloučeniny uhlíku

2.5.4.1 Oxid uhelnatý

2.5.4.1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Oxid uhelnatý je hořlavý plyn bez barvy a zápachu. Vzniká při nedokonalém spalování materiálů, které obsahují uhlík. Je snadno mísitelný se vzduchem, ve vodě je málo rozpustný. Má redukční vlastnosti – jako redukční činidlo se používá při výrobě fosforu z apatitu. Nedráždí dýchací cesty.

Tabulka 7 Vybrané fyzikální vlastnosti oxidu uhelnatého (převzato z literatury¹²)

Vzorec	CO
Molekulová hmotnost (g/mol)	28,01
Bod tuhnutí (°C)	-205
Bod varu (°C)	-191,5
Hustota plynu při 25°C (g/cm ³)	0,001145

2.5.4.1.2 Mechanismus účinku

Oxid uhelnatý patří mezi látky, které inhibují hemoglobin. Je velmi toxický již při nízkých koncentracích. Váže se na hemoglobin za vzniku karboxyhemoglobinu, který není schopen přenosu kyslíku. Dále inhibuje buněčné dýchání ve tkáních vazbou na enzymy dýchacího řetězce - cytochromoxidázu. Vazba oxidu uhelnatého na hemoglobin je asi 220x silnější, než vazba kyslíku na hemoglobin.¹ Tato vazba je reverzibilní. Z organismu je vylučován plicemi v nezměněné podobě.

2.5.4.1.3 Účinky a příznaky zasažení

Nejčastěji se oxid uhelnatý dostává do organismu inhalační cestou. Mezi první příznaky intoxikace patří bolesti hlavy, dušnost, nauzea a zvracení. Při expozici vyššími koncentracemi se může objevit jasně višňové zbarvení kůže, zrychlená srdeční činnost, bezvědomí. Mohou se také dostavit tonicko-klonické křeče. Bez včasné pomoci může intoxikovaný zemřít v důsledku mozkového edému a poškození mozku, které je vyvolané hypoxií. Při velmi vysoké koncentraci intoxikovaný upadá rychle do kómatu, aniž by došlo k výše uvedeným příznakům. Oxid uhelnatý je nebezpečný i pro plod, do kterého proniká přes placentu. Chronická intoxikace je méně běžná. „*Inhibice hemoglobinu je při dlouhodobé nebo opakované expozici nízkými koncentracemi kompenzována zvýšeným počtem červených krvinek.*“ (cit. 13)

2.5.4.1.4 Využití

Oxid uhelnatý je využíván v hutnictví při rafinaci kovového niklu, který tvoří s oxidem uhelnatým karbonyl niklu, ten se zpět rozkládá na nikl a oxid uhelnatý. Oxid uhelnatý je také výchozí látkou pro syntézu metanolu, aldehydů, uhlovodíků, mravenčí a octové kyseliny, která se vyrábí reakcí oxidu uhelnatého s metanolem.

2.5.4.1.5 Možnost výskytu

Zdrojem oxidu uhelnatého jsou spalovací zařízení (pece, kamna, sporáky, kotle), ve kterých dochází k neúplné oxidaci uhlíkatých látek. Také vzniká při lesních požárech a při vulkanické činnosti. Do ovzduší uniká také prostřednictvím spalovacích motorů. V ovzduší setrvává 36 až 110 dní.¹⁴ Dále se vyskytuje v cigaretovém kouři.

2.5.4.2 Kyanovodík a kyanidy

2.5.4.2.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

„Kyanovodík je bezbarvá, vysoce těkavá kapalina, s vůní po mandlích.“ (cit. 15) Je neomezeně mísitelná s vodou, se kterou se chová jako slabá kyselina, a je také dobře rozpustná v organických rozpouštědlech (etanol, ether). „Roztoky kyanovodíku na světle tmavnou, vylučují tmavohnědou sraženinu, a postupně tak ztrácejí svoji toxicitu.“ (cit. 15) Plynný kyanovodík je velmi výbušný. Reakcí s hydroxidy vznikají příslušné kyanidy, které jsou ve vodě dobře rozpustné.

Tabulka 8 Vybrané fyzikální vlastnosti kyanovodíku (převzato z literatury ¹⁵)

Vzorec	HCN
Molekulová hmotnost (g/mol)	27,03
Bod tuhnutí (°C)	-13,4
Bod varu (°C)	25,7
Hustota kapaliny při 20°C (g/cm ³)	0,688

2.5.4.2.2 Mechanismus účinku

Při intoxikaci kyanidovými solemi vzniká v žaludku působením HCl kyanovodík. Základním mechanismem účinku kyanovodíku je blokáda buněčného dýchání, které je uskutečňováno přenosem elektronů na kyslík. Při intoxikaci dochází k inhibici enzymů, které obsahují Fe³⁺ kationty. Enzym cytochromoxidáza přenáší elektrony na molekulu kyslíku, avšak navázáním CN⁻ skupiny je tento přenos elektronů znemožněn. Tím dochází k přerušení dýchacího řetězce v mitochondriích.

2.5.4.2.3 Účinky a příznaky zasažení

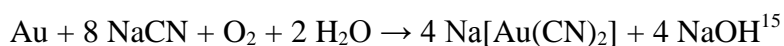
Pro zasažené je typické růžové zbarvení kůže a sliznic. Intoxikovaný jedinec trpí dušností, bolestmi hlavy, ztrátou vědomí, závratěmi, pocitem tlaku na hrudníku. Dále má zvýšenou tepovou frekvenci a rozšířené zornice, avšak všechny symptomy záleží na koncentraci látky a expozici.

2.5.4.2.4 Využití

Využití kyanovodíků je velmi všestranné. V galvanotechnice jsou používány k povrchové úpravě kovů. Slouží také jako základní látka pro výrobu dalších produktů (akrylonitril, aminonitril). Používají se také jako pesticidy či k dezinfekci budov.

Dále se využívají k nelegálnímu lovu ryb v oblastech korálových útesů. Rybáři kyanid vstříknou do děr a trhlin korálu, a tak ryby omráčí.

Kyanidy draselné (KCN) a sodné (NaCN) jsou využívány v metalurgickém průmyslu k získávání zlata a stříbra z jejich rud.



2.5.4.2.5 Možnost výskytu

Jedinec se může otrávit požitím rostlin nebo semen, které obsahují kyanogenní glykosidy (bez černý, jetel plazivý, tis červený, broskvoň obecná atd.) Kyanovodík vzniká při požárech, je součástí cigaretového kouře a výfukových plynů automobilů.

2.5.4.3 Formaldehyd a acetaldehyd

2.5.4.3.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Formaldehyd je za normálních podmínek bezbarvý plyn se štiplavým zápachem. Kvůli jeho snadné polymerizaci se skladuje ve formě vodného roztoku (formalín), který obsahuje 25% až 56% formaldehydu.¹⁶ Formalín obsahuje ještě příměs metanolu, která má funkci stabilizátoru. Formaldehyd je dobře rozpustný ve vodě a alkoholech. Rozpouští se i v jiných polárních rozpouštědlech, např. v diethyletheru. Plynná a kapalná forma formaldehydu je velmi hořlavá.

Tabulka 9 Vybrané fyzikální vlastnosti formaldehydu (převzato z literatury¹⁶)

Vzorec	HCHO
Molekulová hmotnost (g/mol)	30,03
Bod tuhnutí (°C)	-118
Bod varu (°C)	-19,2
Hustota plynu při 25°C (kg/cm ³)	1400

Acetaldehyd je bezbarvá hořlavá kapalina štiplavého zápachu. Jeho akutní toxicita je menší než u formaldehydu. Je méně rozpustný ve vodě, ale dobře v organických rozpouštědlech.

Tabulka 10 Vybrané fyzikální vlastnosti acetaldehydu (převzato z literatury¹⁷)

Vzorec	CH ₃ CHO
Molekulová hmotnost (g/mol)	44,05
Bod tuhnutí (°C)	-124
Bod varu (°C)	26
Hustota kapaliny při 20°C (kg/cm ³)	0,788

2.5.4.3.2 Mechanismus účinku

Formaldehyd reaguje s buněčnými makromolekulami (proteiny) a potlačuje tím jejich funkci. To má za následek smrt buněk. Dále inhibuje anaerobní glykolýzu, cholinesterázu (viz 2.8.1.1). Formaldehyd také potlačuje tvorbu ATP. Je to mutagenní látka s podezřením na karcinogenitu. V těle se transformuje na oxid uhličitý a kyselinu mravenčí, která zvyšuje kyselost krve. Část kyseliny mravenčí se vyloučí močí.

Acetaldehyd má hypnotické a narkotické účinky (viz 2.3.2). Akutní otrava acetaldehydem je velmi pravděpodobná u léčících se alkoholiků, u kterých je záměrně inhibována aldehyddehydrogenáza, která zabraňuje rozkladu acetaldehydu na kyselinu octovou.¹⁸

2.5.4.3.3 Účinky a příznaky zasažení

Formaldehyd jako plyn vstupuje do organismu inhalační cestou. V plicích se snadno vstřebává a při akutní expozici vyvolává otok a zánět plic, při chronické expozici vyvolává zánět průdušek. Vstupuje také přes kůži, kterou dráždí, a může vyvolat i alergickou reakci. Dále je dráždivý pro oči, vyvolává slzení. Ve vyšších koncentracích může způsobit zákal rohovky nebo ztrátu zraku. Při požití vodného roztoku může poleptat či proděravět sliznici GIT. Poškozuje také CNS, játra a ledviny. Toxicitu formaldehydu zvyšuje metanol.

Acetaldehyd vyvolává po požití nevolnost a zvracení. Po inhalační expozici způsobuje slzení, světlolachost, dráždí spojivky a sliznici dýchacích cest. Dále může vyvolat zarudnutí kůže, bolesti hlavy a průjmy. Při expozici vyšších dávek může poleptat oči a způsobit otok plic. Karcinogenní účinek acetaldehydu byl prokázán u laboratorních zvířat.

2.5.4.3.4 Využití

Formaldehyd se využívá při výrobě polymerů, ze kterých se vyrábí hnojiva, papír, překližky a jiné spotřební produkty. Používá se k výrobě extrakčních činidel, parfémů, barviv a také slouží jako stabilizátor benzínu. Velká část formaldehydu je spotřebována

na výrobu pryskyřic, které se používají jako lepidla. Dále je to také surovina pro výrobu dalších chemikálií (pentaerythritol, kyselina nitrilotrioctová...). Jeho 40% roztok se používá jako desinfekční prostředek a fixátor tkání.³ Formaldehyd nachází uplatnění ve fotografickém průmyslu a při konzervování dřeva.

Z acetaldehydu se vyrábí kyselina octová. Reakcí s kyselinou sírovou poskytuje paraldehyd, který se používá jako uspávací prostředek. Metaldehyd, který se používá jako moluskocid, vzniká působením plynného chlorovodíku na roztok acetaldehydu.

2.5.4.3.5 Možnost výskytu

Formaldehyd je produktem rozkladu rostlinných zbytků. Nachází se v troposféře, kde vzniká oxidací uhlovodíků. Vzniká při nedokonalém spalování organických sloučenin. Uvolňuje se z koberců, překližek, papírů, čisticích prostředků, konzervačních prostředků. Dále je součástí cigaretového kouře a výfukových plynů z automobilů.

Acetaldehyd se vyskytuje ve zralém ovoci či v kávě. Je produktem metabolismu rostlin.

2.5.4.4 Benzen

2.5.4.4.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

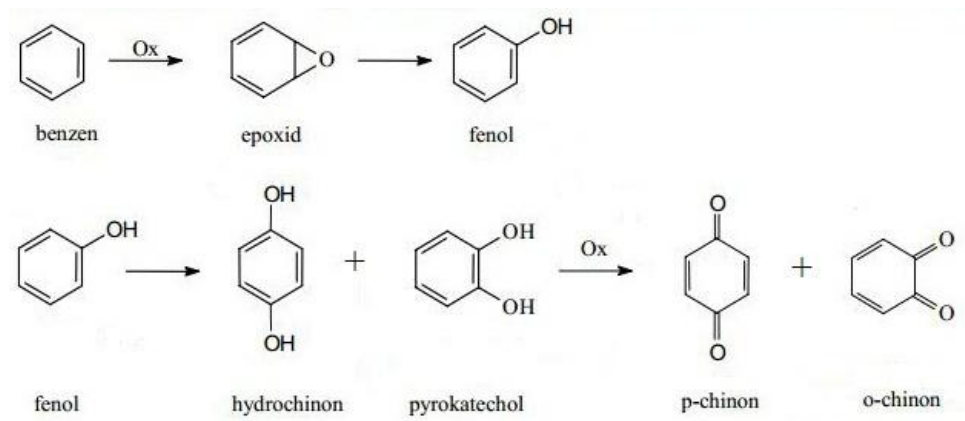
Benzen je bezbarvá, těkavá a hořlavá kapalina nasládlého zápachu, která je nepatrně rozpustná ve vodě a rozpustná v organických rozpouštědlech. Může se mísit s alkoholem, acetonem, chloroformem, diethyletherem, kyselinou octovou a tetrachlormetanem. Benzen hoří čadivým plamenem a jeho hořením vznikají saze.

Tabulka 11 Vybrané fyzikální vlastnosti benzenu (převzato z literatury¹⁹)

Vzorec	C ₆ H ₆
Molekulová hmotnost (g/mol)	78,11
Bod tuhnutí (°C)	5,5
Bod varu (°C)	80
Hustota kapaliny při 20°C (g/cm ³)	0,879

2.5.4.4.2 Mechanismus účinku

V těle se metabolizuje na látky, které nesou zodpovědnost za jeho toxicitu. Metabolity (hydrochinon) poškozují strukturu proteinů a DNA. Benzen je oxidován na epoxid, ze kterého vzniká fenol. Z fenolu oxidací vzniká hydrochinon a pyrokatechol, ze kterých oxidací vzniká chinon. K poškození dochází zejména v kostní dřeni, což má za následek poruchu krvetvorby.



Obr. 5 Biotransformace benzenu

2.5.4.4.3 Účinky a příznaky zasažení

Do organismu se dostává inhalační nebo orální cestou. Vstupuje i přes kůži. Při akutní expozici působí na CNS, má narkotický účinek (viz 2.3.2). V nižších koncentracích může způsobit opilost, nejistou chuť, závrať, křeče a poruchy vědomí. Při chronické expozici má hematotoxické účinky a může také vyvolat leukémii. Dále působí na imunitní systém. Při styku s kůží způsobuje její odmaštění a vysoušení.

2.5.4.4.4 Využití

Benzen je základní látkou pro výrobu organických látek, např. plastů, pryskyřic, barviv, pesticidů, cyklohexanu, nitrobenzenu, styrenu, léčiv, insekticidů, detergentů, výbušnin aj. Používá se také jako rozpouštědlo pro tuky, vosky, pryskyřice, nátěry a plasty. Slouží jako odmašťovadlo. Využívá se v tiskařství, obuvnickém průmyslu, při výrobě pneumatik a je také součástí benzínu.

2.5.4.4.5 Možnost výskytu

Benzen je v nízkých koncentracích součástí ovzduší, do kterého se dostává jako produkt spalování automobilového benzínu. V relativně vysoké koncentraci se vyskytuje v cigaretovém kouři. Dále se vyskytuje v lepidlech, tmelech a rozpouštědlech. Lze ho nalézt i v potravinách, ve vejcích, konzervách, pečeném kuřeti, pražených oříškách, různých druzích ovoce a zeleniny.

2.5.4.5 Toluén

2.5.4.5.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

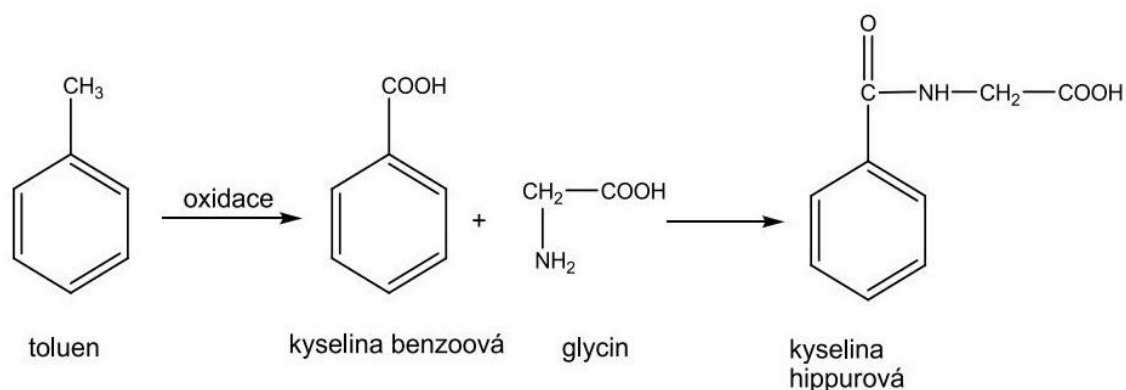
Toluén je bezbarvá kapalina aromatického zápachu, která je nerozpustná ve vodě a rozpustná v organických rozpouštědlech. Oxidací vzniká benzaldehyd a kyselina benzoová. Nitrací lze získat TNT.

Tabulka 12 Vybrané fyzikální vlastnosti toluenu (převzato z literatury²⁰)

Vzorec	C ₇ H ₈
Molekulová hmotnost (g/mol)	92,14
Bod tuhnutí (°C)	-93
Bod varu (°C)	111
Hustota kapaliny při 20°C (g/cm ³)	0,867

2.5.4.5.2 Mechanismus účinku

Toluén je méně nebezpečný než benzen, protože nepoškozuje kostní dřev. V těle se oxiduje na kyselinu benzoovou. Ta se slučuje s glycinem za vzniku kyseliny hippurové, která se vyloučí močí. Toluén má narkotický účinek (viz 2.3.2).



Obr 6 Biotransformace toluenu

2.5.4.5.3 Účinky a příznaky zasažení

Toluen je často zneužíván narkomany, kteří inhalují jeho těkající páry. Při inhalační expozici se vstřebá do organismu 50% vdechnutého toluenu.²⁰ Pro zvýšení koncentrace par toluenu používají narkomani při inhalaci plastový pytlík nebo deku, kterou si přehodí přes hlavu. To může mít za následek smrtelné kóma. Smrt je způsobena obrnou dýchacího centra nebo poruchou cirkulace krve. Toluen způsobuje podráždění kůže a očí. Akutní expozice má za následek opilost, nauzeu, bolesti hlavy, závratě, ztrátu koordinace, apatii, bezvědomí. Chronická expozice poškozují játra, ledviny a mozeček. Také způsobuje únavu, nesoustředěnost, ztrátu paměti a trvalé bolesti hlavy. Nebezpečný je pro těhotné a kojící ženy, může přecházet placentou do plodu a může se také nacházet v mateřském mléce.

2.5.4.5.4 Využití

V průmyslu se toluen používá jako rozpouštědlo, které nahrazuje toxičtější benzen. Je obsažen v nátěrových hmotách, syntetických vůních, lepidlech, inkoustech a čisticích prostředcích. Využívá se v tiskařství a koželužství. Je výchozí surovinou pro syntézu benzenu a polymerů, ze kterých se vyrábí nylon, PET lahve a polyuretany. Dále se používá pro výrobu výbušniny TNT. Také se využívá ve farmaceutickém průmyslu k výrobě léčiv a přidává se do benzínu pro zvýšení oktanového čísla.

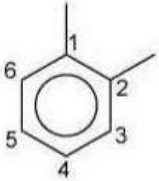


2.5.4.5 Možnost výskytu

Toluen se do ovzduší dostává spalováním benzínu. V domácnosti se nachází v nátěrech, ředidlech, lacích, pryskyřicích, lepidlech a v antikorozivních přípravcích. Dále se vyskytuje v cigaretovém kouři.

2.5.4.6 Xyleny

2.5.4.6.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Technický xylen obsahuje směs izomerů, tj. ortho-, meta- a para-xylen. Spolu s izomery se v technickém xyleny vyskytuje příměs etylbenzenu, dále toluenu, fenolu a jiných látek. Xylen je bezbarvá kapalina nasládlého zápachu. Ve vodě je nepatrně rozpustná, ale rozpouští se v organických rozpouštědlech. O-xylen se oxiduje na maleinanhydrid a ftalanhydrid. M-xylen je převáděn na p-xylen, který je lépe využitelný. P-xylen se oxiduje na kyselinu tereftalovou, která je základní látkou pro výrobu polyesterových vláken. Vlastnosti jednotlivých izomerů se liší.

izomer	o-xylen	m-xylen	p-xylen
bod varu [°C]	144	139	138
bod tání [°C]	-25	-48	13
hustota [kg.m ⁻³] (20°C)	880	860	860
struktura	 1,2-dimethylbenzen (ortho-xylen)	 1,3-dimethylbenzen (meta-xylen)	 1,4-dimethylbenzen (para-xylen)

Obr 7 Vybrané fyzikální vlastnosti xylenů

2.5.4.6.2 Mechanismus účinku

Xyleny působí na organismus podobným způsobem jako toluen (viz 2.5.4.5.2). V organismu se transformuje na methylbenzylalkohol, který se následně redukuje na benzaldehyd a kyselinu methylbenzoovou, ta reaguje s glycinem a močí se vylučuje jako kyselina methylhippurová.

2.5.4.6.3 Účinky a příznaky zasažení

Xyleny se dostávají do organismu inhalačně, ale i transdermálně. Nejtoxičtější z xylenů je p-xylen, nejméně toxický je m-xylen. Xyleny dráždí oči, dýchací cesty a kůži. Dráždí a vysušují kůži více než toluen. Při opakované perkutánní expozici mohou způsobit dermatitidu. Při akutní intoxikaci dochází k závratím, zvracení, bolestem hlavy, ke ztrátě koordinace, paměti a soustředěnosti, k poruše dýchání a může způsobit bezvědomí i smrt. Při chronické intoxikaci poškozuje mozek, trávicí systém, oči, játra, ledviny, srdce, plíce a reprodukční systém. Také může poškodit kostní dřeň.

2.5.4.6.4 Využití

Xylenové směsi se přidávají do benzínu ke zvýšení oktanového čísla. Používají se jako rozpouštědla v tiskařství, koželužství, barvířství, ve farmaceutickém průmyslu, při výrobě lepidel, pesticidů, parfémů, gum, plastů a polyesterových vláken. P-xylen se používá k výrobě filmů, vláken a pryskyřic. O-xylen je výchozí surovinou pro výrobu plastů a pigmentů. M-xylen se využívá k výrobě polyesterových pryskyřic a fungicidů.

2.5.4.6.5 Možnost výskytu

V přípravcích pro domácnost se vyskytují v barvách a lacích, v odmašťovacích prostředcích a v ředidlech. Dále se xylen uvolňuje do ovzduší při spalování benzínu. Vlákna z p-xyleny se vyskytují v kobercích či tkaninách.

2.5.4.7 Nitrobenzen a anilin

2.5.4.7.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Nitrobenzen je bezbarvá až nažloutlá kapalina vonící po hořkých mandlích. Jeho vůně je zaměnitelná s vůní HCN. Je nepatrně rozpustný ve vodě. Vyrábí se nitrací benzenu nebo oxidací anilinu.

Tabulka 13 Vybrané fyzikální vlastnosti nitrobenzenu (převzato z literatury²¹)

Vzorec	$C_6H_5NO_2$
Molekulová hmotnost (g/mol)	123,11
Bod tuhnutí (°C)	5-7
Bod varu (°C)	210-211
Hustota kapaliny při 20°C (kg/cm ³)	1,196

„Anilin je nažloutlá kapalina, která na vzduchu rychle červená a tmavne.“
(cit. 1) Na rozdíl od nitrobenzenu je anilin rozpustný ve vodě. Anilin se vyrábí redukcí benzenu.

Tabulka 14 Vybrané fyzikální vlastnosti anilinu (převzato z literatury²²)

Vzorec	$C_6H_5NH_2$
Molekulová hmotnost (g/mol)	93,13
Bod tuhnutí (°C)	-6
Bod varu (°C)	184
Hustota kapaliny při 20°C (kg/cm ³)	1,02

2.5.4.7.2 Mechanismus účinku

Metabolity nitrobenzenu i anilinu vyvolávají methemoglobinemii (viz 2.5.2.2). Odpovědnost za toxické působení nese fenyhydroxylamin, který katalyzuje oxidaci Fe^{2+} v hemoglobinu na Fe^{3+} za vzniku methemoglobinu. Anilin také dobře proniká neporušenou kůží a způsobuje její odmaštění.

2.5.4.7.3 Účinky a příznaky zasažení

Nitrobenzen se do organismu dostává všemi branami vstupu. Je to hepatotoxická látka, která při vyšších koncentracích působí i neurotoxicky. Chronická expozice nitrobenzenem postihuje játra, ledviny, plíce a sliznice. Vyvolává anémii. Při styku s kůží vyvolává podráždění až alergii. Inhalační expozice má za následek bolesti hlavy, neaseu, závratě, cyanózu nebo sníženou citlivost v končetinách. Je to pravděpodobný karcinogen.

Akutní intoxikace anilinem se projevuje cyanosou, mravenčením, bolestmi hlavy, dezorientací, křečemi a nepravidelným dýcháním. Chronická intoxikace má za následek poškození krvevotvorby a ledvin.

2.5.4.7.4 Využití

Nitrobenzen se používá k výrobě anilinu, léčiv, parfémů a jako rozpouštědlo. Je to také stabilizátor plastů.

Anilin se používá pro výrobu azobarviv. V gumárenském průmyslu se používá k výrobě difenylguanidinu a cyklohexylaminu, které se používají jako urychlovače vulkanizace.

2.5.4.7.5 Možnost výskytu

Nitrobenzen se vyskytuje v leštících pastách, v nátěrových hmotách, rozpouštědlech.

Anilin se nachází v běžně používaných výrobcích – pesticidy, inkousty, barviva, čisticí prostředky.

2.6 Agrochemikálie

Agrochemikálie jsou chemikálie, které se používají v zemědělství pro výživu rostlin – hnojiva nebo na jejich ochranu proti škůdcům – pesticidy. Většina těchto látek je toxická a mají ekologický dopad na životní prostředí. K otravě těmito látkami může

dojít při jejich používání nebo při chemické havárii. Mezi nejnebezpečnější agrochemikálie, které mohou poškodit zdraví člověka, patří organochlorové pesticidy, organofosforové a karbamátové pesticidy a pyretroidy.

Pesticidy se podle svého biologického účinku dělí na herbicidy a zoocidy - fungicidy, insekticidy, nematocidy, rodenticidy, akaricidy, moluskocidy aj.

2.6.1 Organochlorové pesticidy

Organochlorové pesticidy jsou nebezpečné látky, které se kumulují v organismu a pomalu se z něho eliminují. Dnes jsou již na ústupu, ale jejich výroba a použití není zcela zastavena, avšak v České republice je používání těchto látek zakázáno.

Do této skupiny látek patří DDT (1,1,1-trichlor-2,2-bis(4-chlorfenyl)ethan) a jeho příbuzné látky, HCH (hexachlorcyklohexan) a jeho příbuzné látky a polycyklické chlorované uhlovodíky. Intoxikace se projevuje zvracením, bolestmi hlavy, nauseou, křečemi, poruchami dýchání. Organochlorové pesticidy mají neblahý vliv i na funkci nervové soustavy.

2.6.1.1 DDT

Jeho insekticidní účinky byly objeveny ve 40. letech 20. století. „Čistý DDT je bílá krystalická látka téměř bez zápachu. Technický DDT je bílá voskovitá pevná látka s charakteristickým sladkým zápachem.“ (cit.23) Je nepatrně rozpustný ve vodě, dobře se rozpouští v organických rozpouštědlech a tucích. V minulosti byl hojně používán jako vysoce účinný insekticid, který měl zahubit přenašeče chorob a parazity. V některých asijských a afrických zemích se stále používá z důvodu snížení výskytu malárie.

Účinkem slunečního světla se DDT na vzduchu rozkládá velmi rychle, jeho poločas rozpadu jsou 2 dny.²³ V půdě se pomalu rozkládá za pomoci mikroorganismů na DDE (dichlordifenylidichlorethylen) a DDD dichlordifenylidichlorethan), přičemž poločas rozpadu je 2 – 15 let v závislosti na typu zeminy.²³ DDT a jeho rozkladné produkty se kumulují v rostlinách a tkáních živočichů, především v tukové tkáni.

2.6.1.2 HCH

HCH je bílá až nažloutlá látka, která tvoří v pevném skupenství vločky. Vyskytuje se v izomerních modifikacích alfa, beta, gama, delta. Dříve se používal jako insekticid na ochranu dřeva, ovoce, zeleniny a dalších kulturních plodin. Jeho toxicita je způsobena především jeho vysokou stabilitou a jeho schopností bioakumulace.²⁴

2.6.2 Organofosforové pesticidy

Organofosforové pesticidy jsou biologicky odbouratelné a nezůstávají v prostředí. Z tohoto důvodu jsou nahrazována za organochlorové pesticidy. Z chemického hlediska to jsou estery kyseliny fosforečné, fosforové nebo thiofosforečné. Jejich akutní toxicita je mnohem větší než u organochlorových pesticidů a ročně způsobují největší množství otrav. Při průniku do organismu inhibují ireverzibilně acetylcholinesterázu (viz 2.8.1.1).

V současné době je používán organofosfát Dimethoat jako akaricid, nematocid a insekticid pro běžně pěstované polní plodiny nebo pro ovocné stromy. Dále Diazinon a Sumithion.

2.6.3 Karbamátové pesticidy

Z chemického hlediska jsou karbamáty estery kyseliny karbamové a karbamidové. Mají všestrannější využití než organofosfáty. Používají se jako insekticidy, herbicidy a fungicidy. Uplatnění nacházejí i v medicíně jako sedativa a hypnotika. Nejrizikovější z karbamátů je Methiocarb (3,5-dimethyl-4-(methylthio)fenyl-methylkarbamát), který se v současnosti používá jako akaricid, moluskocid, insekticid pro obilí, brambory, zeleninu a řepu. Při intoxikaci reverzibilně inhibuje acetylcholinesterázu (viz 2.8.1.1). Některé karbamáty mohou mít teratogenní účinek – dithiokarbamáty.

2.6.4 Pyretroidy

Pyretroidy jsou nejčastěji používané insekticidy. Jsou biologicky odbouratelné. *„Jejich chemická struktura je odvozena od v přírodě se vyskytujícího pesticidu pyretrinu“* (cit. 25), který je produkovaný květy rostliny *Pyrethrum roseum*.



Obr 8 *Pyrethrum roseum*

V běžně používaných koncentracích nejsou nebezpečné, ale pokud dojde k akutní intoxikaci, můžou u zasaženého vyvolat bolesti hlavy, nauzeu, únavu nebo svalovou slabost. Těžká otrava má za následek svalové křeče, potíže s dýcháním nebo bezvědomí. *„Za hlavní příčinu otravy je považovaná interakce se sodíkovými kanály nervových buněk, vedoucí k patologickému prodloužení transportu iontů přes tyto kanály.“* (cit. 25) Pyretroidy také reverzibilně inhibují acetylcholinesterázu.

2.7 Dioxiny

Dioxin je obecný název pro polychlorované organické heterocyklické sloučeniny, které jsou odvozené od dibenzo(b,e)(1,4,)dioxinu. Do této skupiny patří 75 izomerů.¹⁰ Nejznámějším zástupcem je 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin, zkráceně TCDD .

TCDD vzniká neúplnou oxidací chlorovaných organických látek (1,2-dichlorbenzenu) nebo při výrobě herbicidů jako vedlejší produkt. Je to bezbarvá krystalická látka, která je nerozpustná ve vodě, ale dobře rozpustná v organických rozpouštědlech a tucích. Řadí se k nejtoxičtějším látkám a je prokázaným karcinogenem.

Do organismu se dostává všemi branami vstupu. Kumuluje se v tukové tkáni, jeho biologický poločas je asi 7 let.¹⁰

Exponovaní trpí nervozitou, únavou, záněty kůže (acne chlorina). Po těžké intoxikaci přetrvává neuropatie. S přibývajícím věkem se můžou objevit ateromové pláty v tepnách nebo ischemická choroba srdeční.

2.8 Bojové chemické látky

„Použití toxických látek proti člověku je stejně tak staré jako válečné konflikty.“ (cit. 26) Za počátek chemické války můžeme považovat použití otrávených šípů proti člověku. Počátek chemické války je také spojován s ohněm.

V peloponéské válce (431 – 404 př.n.l) byl proveden útok Thébany na město Plataj. Thébané navršili mezi zeď a násep roští, na které nasypali síru a smůlu a vše zapálili. Po zapálení materiálu unikal z hořící síry oxid siřičitý.

V době italské renesance byl spolehlivý otravný prostředek arzenik, který byl nejspolehlivějším vražedným jedem až do poloviny 19. století. *„Teprve v roce 1836 se podařilo chemiku královského britského arzenálu ve Woolwichu u Londýna Jamesu Marshovi vypracovat metodu průkazu arsenu v těle oběti, jež vešla do dějin soudní toxikologie a analytické chemie jako Marshova zkouška.“* (cit. 27)

V českých krajích byly chemické látky jako zbraně použity v roce 1422 při obléhání Karlštejnu Pražany, *„kteří vrhli do hradu 1822 soudků s obsahem pražských žump.“* (cit. 26) Obránci hradu byli intoxikováni sulfanem z fekálií.

Historie moderních otravných látek je datována do období 1. světové války. V tomto období byly chemické látky poprvé použity jako zbraně. „*Za počátek éry CHZ je všeobecně považován útok německých vojsk s použitím chloru dne 22. 4. 1915 na 6 – 8 km úseku fronty u belgického města Ypres v západních Flandrech proti Francouzům. Výsledkem bylo 15 000 zasažených osob, z nichž do 2 dnů zemřela jedna třetina.*“ (cit. 25) Proti tomuto novému způsobu boje zpočátku neexistovala ochrana, a proto došlo k mnoha ztrátám na životech.

Jako bojové látky byly nejprve používány průmyslové látky, které byly potom záměrně zdokonalovány.

Během 1. světové války byl použit chlor, fosgen, chlorpikrin a kyanovodík. Na základě studie použití kyanovodíku v boji proti vším a štěnicím byly vyvinuty dvě receptury – Cyklon B a kapalný Cyklon. Cyklon B byl masově používán ve druhé světové válce v koncentračních táborech.

Otravné látky jsou chemické látky o vhodných fyzikálních, chemických a toxických vlastnostech, které způsobují smrt, dočasné zneschopnění nebo trvalé poškození, a jakékoliv nakládání s chemickými zbraněmi zakazuje Úmluva o zákazu vývoje, hromadění zásob a použití chemických zbraní a o jejich zničení.²⁸ Přehled otravných látek se nachází v příloze, viz Příloha 3.

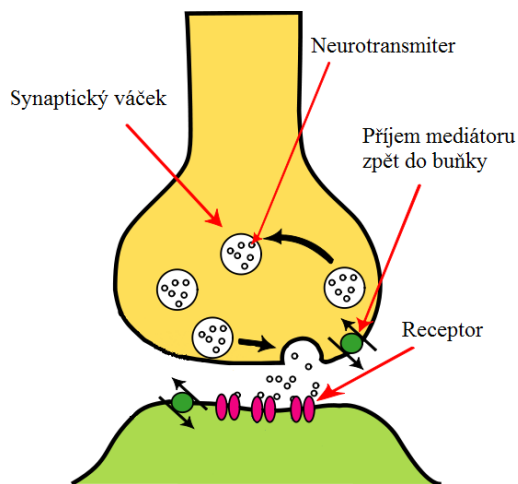
2.8.1 Nervově paralytické látky

Nervově paralytické látky – NPL jsou kapalné látky a patří mezi nejvýznamnější a nejnebezpečnější skupinu otravných látek. Jsou to toxické organické sloučeniny fosforu. Vedle vysoké toxicity se vyznačují rychlým nástupem účinku. Do organismu pronikají všemi branami vstupu.

Dělí se na G a V látky. Mezi G látky patří tabun, sarin, cyklosin a soman. Jsou to bezbarvé kapaliny bez výrazného zápachu, mírně rozpustné ve vodě a velmi dobře v organických rozpouštědlech. Všechny látky jsou velmi těkavé a v terénu vydrží 12 – 24 hodin bez změny toxicity. Nejvýznamnější V látkou je látka VX. Je to bezbarvá viskózní kapalina bez výrazného zápachu. Je málo těkavá, a proto vydrží v terénu dlouho. Ve vodě se špatně rozpouští, ale v tucích a organických rozpouštědlech se rozpouští velmi dobře.

2.8.1.1 Mechanismus účinku

NPL ovlivňují přenos nervového vzruchu mezi neurony. Synapse je zprostředkována neurotransmitery – acetylcholinem. Při přenosu nervového vzruchu se neurotransmitter naváže na bílkovinu synaptické membrány – acetylcholinový receptor. Navázáním se změní propustnost membrány pro ionty, které proudí do buňky a z buňky. Vzniklý elektrický potenciál se šíří dál k další synapsi. Neurotransmitter musí působit jen nezbytnou dobu, a tak je ihned po navázání a přenosu vzruchu rozložen acetylcholinesterázou. „Po rozložení acetylcholinu se receptor vrací do původního stavu.“ (cit. 1) NPL inhibují acetylcholinesterázu, acetylcholin se kumuluje na receptorech. Dochází k nadměrnému dráždění, které působí na nervy ve svalech. Acetylcholin, který se nahromadí v dýchacích cestách, vyvolá stahy svalových buněk. Dochází tak k sekreci hlenu, který může způsobit udušení. Acetylcholinesteráza je inhibována trvale. Trvá několik dnů až týdnů, než organismus obnoví syntézu tohoto enzymu. Mezitím však ochrnuté svaly nemohou normálně fungovat, tudíž smrt nastane dříve než obnova syntézy acetylcholinesterázy.



Obr 9 Synapse

2.8.1.2 Účinky a příznaky zasažení

„Podle druhu a lokalizace rozeznáváme muskarinové, nikotinové a centrální příznaky.“ (cit. 1)

1. Muskarinové příznaky: zúžení zornic, porucha akomodace, překrvení sliznic a následný otok, zvýšené slzení, slinění a pocení, zvýšená sekrece hlenu v dýchacích cestách, zvýšená střevní peristaltika, bolesti GIT až kolika, bradykardie a pokles krevního tlaku.
2. Nikotinové příznaky: svalová ochablost, třes, záškuby kosterní svaloviny, tonicko-klonické křeče, paralýza svalstva.
3. Centrální příznaky: bolesti hlavy, úzkost, depresivní stavy, zmatenost, poruchy hybnost, zmatenost, porucha funkce dechových center s následnou paralýzou dýchacích svalů.

2.8.2 Zpuchýřující otravné látky

Zpuchýřující látky jsou kapalné látky olejovitého charakteru. Je pro ně charakteristický puchýř v místě vstupu do organismu. Zpuchýřující látky působí lokálně a zanechávají na kůži morfologické změny – otok, erytém, puchýře. Také se projevují pálením, tvorbou vředů a výrony na kůži. Puchýře se obtížně hojí a po prasknutí tvoří bránu vstupu pro infekce, které ohrožují život zasaženého. Zpuchýřující látky poškozují kromě kůže také sliznice a oči.

Mezi tyto látky patří yperity – skupina látek, která se nazývá podle místa prvního bojového nasazení (belgické město Ypres, 1. světová válka). Mezi nejvýznamnější yperity patří sirný yperit, kterému se jinak říká hořčičný plyn. Je to v čistém stavu bezbarvá, olejovitá kapalina charakteristického zápachu, nepatrně rozpustná ve vodě. V organických rozpouštědlech je dobře rozpustná. Dalším ze skupiny yperitů je seskviyperit a skupina dusíkových yperitů (HN1, HN2, HN3). Tyto yperity jsou stálejší než sirný yperit. Jsou to žluté až nahnědlé kapaliny bez zápachu, které se rozpouští jen v organických rozpouštědlech. Dalším představitelem zpuchýřujících látek je lewisit. Je to bezbarvá kapalina bez zápachu, která je dobře rozpustná v organických rozpouštědlech.

2.8.2.1 Mechanismus účinku

Mechanismus účinku těchto látek není doposud dobře znám. K významným účinkům patří zásah zpuchýřujících látek do metabolismu nukleoproteinů buněčného jádra, konkrétně do metabolismu kyseliny deoxyribonukleové. Zpuchýřující látka působí jako alkylační činidlo a mění tím strukturu DNA, což může vést až k poklesu proteosyntézy. Některé látky reagují s bílkovinami a aminokyselinami. Tato reakce může způsobit změnu imunobiologických vlastností bílkovin – tvorba protilátek proti vlastním bílkovinám.

2.8.2.2 Účinky a příznaky zasažení

Zasažení kůže: pnutí, svědění, pálení kůže, puchýře, dermatitida.

Zasažení očí: pálení, řezání, světloplachost, otok a zarudnutí víček i spojivek, zánět rohovky a duhovky, panoftalmie (ztráta celého oka).

Inhalační intoxikace: zápal plic, dráždivý kašel, vykašlávání hlenu s příměsí krve, nevolnost, tlak v nadbřišku, škrábání za hrudní kostí, vysoké teploty.

Perorální intoxikace: nevolnost, zvracení a průjmy s příměsí krve.

Každou formu intoxikace doprovází poruchy centrálního i periferního nervového systému, motorický neklid, svalové záškuby až křeče vedoucí k paralýze svalstva. Dále poruchy psychiky jako jsou deprese, apatie, melancholické stavy.

2.8.3 Dusivé otravné látky

Dusivé otravné látky jsou těkavé látky, které vyvolávají změny v plicích a celém dýchacím aparátu. Dusivé látky také dráždí oči i kůži. Do organismu vstupují inhalačně ve formě plynu či aerosolu. Mezi dusivé látky patří chlor, fosgen, difosgen a chlorpikrin.

Difosgen je bezbarvá olejovitá kapalina s podobným zápachem jako fosgen. Je špatně rozpustný ve vodě a dobře rozpustný v organických rozpouštědlech.

Chlorpikrin je bezbarvá až nažloutlá olejovitá kapalina. Vyznačuje se dusivým zápachem a dráždivým účinkem na oči a dýchací cesty. Také způsobuje methemoglobinemii (viz 2.5.2.2). Ve vodě se téměř nerozpouští, ale v organických rozpouštědlech dobře. Chlorpikrin je méně toxický než fosgen.

2.8.3.1 Mechanismus účinku

Dusivé látky jsou velmi lipofilní a v buňce stimulují metabolické procesy, které vedou k vyčerpání zásob buněčné energie. Dále dochází k hromadění vody uvnitř buněk s následným poškozením mitochondrií. Tím dochází v plicní tkáni k uvolnění enzymů a poškození buněčných membrán plicních sklípků, které se projeví změnou propustnosti membrán. Nahromaděná tekutina může způsobit otok plic. Otok vede k poruše výměny plynů, zvýší se hladina CO₂ a sníží se hladina kyslíku v krvi. Následuje okyselení organismu. „Zvýšení odporu v plicním oběhu vede pak k selhání srdečního oběhu.“ (cit. 1)

2.8.3.2 Účinky a příznaky a zasažení

K superakutní otravě dojde při inhalaci velmi vysokých koncentrací. Charakteristické je podráždění dýchacích cest, dušnost, dezorientace, šok a velmi rychlá smrt. Pro akutní otravu jsou příznačná klinická období:

- 1) Období počátečních příznaků – po průniku dusivé látky do organismu se dostavuje škrábání a pálení v nosohltanu, zvracení, podráždění kůže a bolesti hlavy.
- 2) Období latence – v tomto období se cítí zasažený zcela zdravý, avšak má mírnou cyanózu rtů a ušních lalůček.
- 3) Období narůstání klinických příznaků – pro toto období je charakteristické zrychlování dechu, dušnost, kašel, cyanóza.
- 4) Období plného rozvoje toxického edému plic – toto období může mít dvojitý průběh.
 - a) Modrý typ hypoxie - v tomto případě je zasažený silně dušný. Kůže a sliznice je cyanózní, cévy na krku a hrudníku jsou přeplněné krví, dýchání je velmi zrychlené. Intoxikovaný vykašlává tekutinu s příměsí krve.

- b) Šedý typ hypoxie - ve druhém možném průběhu má zasažený naředlou barvu rtů. Kůži pokrývá studený lepkavý pot. Tep je rychlý, nepravidelný a nitkovitý. Klesá hladina kyslíku i CO₂ v krvi. Dýchání je povrchní a zrychlené. Otok plic probíhá současně se selháváním periferního krevního oběhu. Ve většině případů je tento průběh smrtelný.
- 5) Období regrese patologických změn – pokud zasažený jedinec přežije, otok se začne vstřebávat, dušnost a cyanóza zmizí. Prognózu může zkomplikovat následná infekce.

2.8.4 Dráždivé otravné látky

Dráždivé látky jsou krystalické látky, které pronikají všemi branami vstupu. Je pro ně charakteristický dráždivý účinek na oči, kůži, ale i na sliznice dýchacího ústrojí. Tyto látky mají rychlý nástup účinku. Po přerušení kontaktu s dráždivou látkou příznaky zasažení rychle vymizí.

Dráždivé látky se dále dělí na dráždivé otravné látky slzotvorné (lakrimátory) a na dráždivé otravné látky dráždicí horní cesty dýchací (sternity).

Ze skupiny lakrimátorů je nejvýznamnější látkou CS. Je to bílá krystalická látka, charakteristicky zápachající. Je nepatrně rozpustná ve vodě, v organických rozpouštědlech se rozpouští velmi dobře. Další látkou z řad lakrimátorů je látka CR, bílá krystalická látka bez chuti a zápachu. Tato látka není dobře rozpustná ve vodě. Další lakrimátory, známé především z 1. světové války, jsou brombenzylkyanid a chloracetofenon. Brombenzylkyanid je bílá až narůžovělá krystalická látka, slabě páchnoucí po hořkých mandlích. Je málo rozpustná ve vodě, ale v organických rozpouštědlech dobře. Chloracetofenon je bezbarvá krystalická látka, která voní po fialkách či po jabloňových květech. Je také málo rozpustná ve vodě, ale v organických rozpouštědlech dobře.

Mezi sternity patří Adamsit. Je to kanárkově žlutá krystalická látka s nevýrazným zápachem. Je téměř nerozpustná ve vodě i v organických rozpouštědlech. Dále do sternitů patří látky Clark I a II. Clark I je bezbarvá krystalická látka zápachající po ovoci. Je nerozpustná ve vodě, zato dobře v organických rozpouštědlech. Clark II je

také bezbarvá krystalická látka se zápachem po česneku či hořkých mandlích. Špatně se rozpouští ve vodě, ale v organických rozpouštědlech se rozpouští výborně.

2.8.4.1 Mechanismus účinku

Tento mechanismus spočívá v podráždění sensorických receptorů a senzitivních nervů v rohovce, spojivkách, sliznici dýchacích cest a zažívacího traktu, v kůži.

Lakrimátory působí hlavně na receptory senzitivních nervů v rohovce a spojivkách. Sternity působí na zakončení senzitivních nervů ve sliznici dýchacích cest. V případě masivní intoxikace může dojít i k intoxikaci arzenem.

Lakrimátory i sternity pronikají do organismu všemi branami vstupu.

2.8.4.2 Účinky a příznaky zasažení

1. Zasažení očí: pálení, řezání, slzení, světloplachost, zarudnutí a otok víček a spojivek.
2. Inhalační intoxikace: pálení za hrudní kostí, kýčání, kašel, zvýšená sekrece dýchacích cest a jejich zánět, plicní edém.
3. Zasažení kůže: svědění a pálení v místě průniku, zarudnutí kůže, vznik puchýřů.
4. Zasažení GIT: kolikovitě bolesti břicha, zvracení a vodnaté průjmy.

Všechny příznaky zasažení doprovází bolesti hlavy, nauzea, hypertenze, tachykardie.

2.8.5 Psychicky zneschopňující látky

Tyto látky se jinak nazývají halucinogeny, psychedelika nebo psychotomimetika. Jsou to látky, „*kteřé bez hrubší poruchy vědomí vyvolávají u psychicky zdravého člověka změny ve sféře emoční a ve sféře vnímání, jindy vedou i poruchám myšlení, a to všechno bez výraznějšího ovlivnění tělesných funkcí.*“ (cit. 1) Jejich toxicita je nízká, vyvolávají psychické zneschopnění jedince a nemají smrtící účinek. Některé látky vyvolávají stavy podobné psychóze. Účinky se projevují již ve velmi krátkém čase (minuty) v závislosti na podání. Při opakovaném podávání hrozí psychická i fyzická

závislost. Látky s psychotomimetickými účinky jsou kyselina d-lysergová a její deriváty, fenylethylaminy (meskalin, amfetamin, efedrin), indolalkylaminy (psylocin), ostatní indolové deriváty (harmalin), anticholinergika (atropin, skopolamin), arylcyklohexylaminy (fencyklidin), ostatní látky (kannabinol, kokain).

2.8.5.1 Kyselina d-lysergová, LSD

Kyselina d-lysergová „byla připravena v roce 1938 švýcarským chemikem Hofmannem při ověřování syntézy nových námelových alkaloidů. Její halucinogenní účinky byly popsány v roce 1943 po náhodné intoxikaci pracovníka laboratoře.“ (cit. 1)
LSD – diethylamid kyseliny lysergové je snadno rozpustný ve vodě.

Mechanismus působení LSD spočívá v interakci se serotoninovými receptory v CNS. „Stimulací těchto receptorů jsou aktivovány systémy druhých poslů, kteří pak v rámci tohoto transmitterového systému ovlivňují řadu centrálních i periferních funkcí a generují tak řadu změn centrálních, motorických a vegetativních funkcí.“ (cit. 1)

Zasažený jedinec ztrácí zájem o obvyklou činnost, vnímá pozměněnou formu barev, tvarů a zvuků, mění se rychlost myšlenkových pochodů, dochází k poruchám řeči, nekoordinovaným pohybům.

2.8.6 Fyzicky zneschopňující látky

Látky fyzicky zneschopňující účinkují na CNS a vyvolávají tím zvýšenou únavu až paralýzu, nauzeu, poruchy sluchu a zrakové ostrosti, hypertenzi, třes, křeče a ovlivňují tělesnou termoregulaci. Do této skupiny látek jsou řazeny akridiny, tremorogenní (tremorin) a lathyrogenní (imino-dipropionitril) látky.

2.9 Chemické havárie

Výroba chemických látek na celém světě neustále vzrůstá. Roste také počet vyráběných látek, mezi kterými je také řada velmi toxických sloučenin. Zvyšující se výroba přináší i větší riziko úniku chemických škodlivin.

Příčiny havárií mohou být dvojího charakteru – úmyslné a neúmyslné. V obou případech je havárie zapříčiněna lidským faktorem. Následný únik toxických látek je úzce spjat s explozí a hořením. Každá havárie ve svém důsledku postihuje nejen lidstvo, ale také faunu a flóru.

Typickým příkladem úmyslného úniku toxických látek je válečné použití a teroristický útok.

Neúmyslná havárie může být také způsobena živelnou pohromou. K úniku také může dojít při transportu či skladování škodlivých látek.

2.9.1 Chemický terorismus

Moderní terorismus vznikl v Rusku okolo roku 1875, kdy část inteligence spatřovala v atentátech jediný způsob, jak se vymanit z politické a sociální blokády.

„Chemickým terorismem rozumíme takový druh terorismu, který jako nástroje k vedení útoku používá chemické látky, jež ohrožují zdraví a životy lidí.“ (cit. 25)

Terorismus má několik cílů: upoutat pozornost veřejnosti pomocí médií, odstranit osoby či zničit objekty a destabilizovat politický režim.

Kassa rozeznává čtyři hlavní druhy terorismu: náboženský, pravicový, separatistický a revoluční.²⁵

Za nejpravděpodobněji zneužitelné chemické látky jsou považovány všechny nervově paralytické látky, zpuchýřující látky, kyanovodík, ricin a botulotoxin.

2.9.2 Příklady chemických havárií

2.9.2.1 Saveo, Itálie, 10. 7. 1976

Továrna patřící společnosti Icmesa Chem. Corp. se zabývala výrobou agrochemikálií. V červenci zde došlo k explozi reaktoru na výrobu herbicidů. Při výbuchu se do ovzduší dostalo velké množství škodlivých látek, včetně asi 2 – 2,5 kg dioxinu.^{25,29} Plocha zamoření byla přibližně 6 x 1 km.²⁹ Kvůli pokusu majitele továrny zamlčet únik škodlivin do ovzduší výroba ještě asi týden pokračovala a bezpečnostní opatření byla přijata s několikadenním zpožděním. První zprávy o havárii se objevily

v médiích až týden poté. Bezprostředně bylo zasaženo 37 000 lidí, 738 bylo evakuováno a další 2000 bylo léčeno na otravu dioxinem.²⁹ Několik tisíc kusů zvířat uhynulo a další musela být z preventivních důvodů utracena (zabránění průniku dioxinu do potravinářského průmyslu). I přes evakuaci obyvatelstva došlo k mnoha závažným zdravotním problémům. Po havárii docházelo v postižené oblasti k potratům. Vzhledem k dlouhodobým účinkům dioxinu lze zde pozorovat výskyt nádorových onemocnění i v současné době. Náklady na odškodnění byly vyčísleny na 300 milionů CHF. „*Příčinou havárie bylo nedodržení technologického postupu.*“ (cit. 29)

2.9.2.2 Bhópál, Indie, 2.-3. 12. 1984

K havárii v továrně na insekticidy patřící společnosti Union Carbide Corp. došlo v noci z 2. na 3. prosince. Příčinou havárie bylo vniknutí vody do zásobníku s methylisokyanátem, což vyvolalo bouřlivou reakci, která vedla ke zvýšení tlaku a teploty. Následovala destrukce zásobníku a únik škodlivin přes prasklý bezpečnostní ventil. Během velmi krátké doby (cca 90 minut) došlo k úniku 40 - 64 tun methylisokyanátu a cca 12 tun ostatních chemikálií (fosgen, kyanid, chlor).¹⁵ Toxický mrak kontaminoval území o rozloze cca 40 km².¹⁵ Kvůli nepříznivému větru byl mrak zanesen nad město s 900 000 obyvateli.²⁹ Bezprostředně po havárii zemřelo 1754 lidí.²⁹ Další úmrtí (cca 2 000) byla následkem otrav.²⁹ Odhaduje se, že celkový počet intoxikací byl 200 000 – 500 000, z toho 50 000 lidí utrpělo vážné poškození zraku a mnoho lidí trvale osleplo.¹⁵

U méně zasažených lidí se projevilo různé postižení dýchacích orgánů. Pozdní následky také zapříčinily předčasné porody a poškození plodu. K vysokým ztrátám na životech také přispěla špatná informovanost lékařů. Náklady na odškodnění byly vyčísleny na 470 milionů \$.²⁹ Po havárii byla výroba zastavena. Je třeba zdůraznit, že údaje o počtu zasažených lidí se významně liší podle zdroje informací.

2.10 Legislativa

V České republice platí zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon).⁵

Dále platí vyhláška č. 402/2011 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických směsí a balení a označování nebezpečných chemických směsí.³⁰

Zákon upravuje výrobu, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení a označení, uvádění na trh, dovoz a vývoz chemických látek a směsí. Vymezuje působnost správních orgánů, které zajišťují ochranu zdraví a životního prostředí před škodlivými účinky chemikálií.

Zákon se vztahuje na látky a směsi, přípravky na ochranu rostlin a biocidní přípravky.

Zákon se nevztahuje na léčiva, krmiva, potraviny, kosmetické prostředky, radioaktivní látky, veterinární přípravky, odpady a výbušniny. Dále se nevztahuje na přepravu těchto látek jakoukoliv dopravou.

Evropská unie upravuje systém klasifikace chemických látek a směsí podle Globálně harmonizovaného systému (GHS) Organizace spojených národů. V rámci Evropské unie je tento systém nazýván CLP. Pravidla GHS jsou začleněna do nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006 (nařízení CLP).³¹ Toto nařízení je zapracováno do zákona č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon), a je třeba se jím řídit. Přináší s sebou řadu změn, které se týkají klasifikace chemických látek a směsí podle jejich nebezpečných vlastností, označení látek a změn výstražných symbolů.

Nově budou také zavedeny H, P a EUH věty, které z části nahradí stávající R a S věty – viz Příloha 4 a Příloha 5. Toto nařízení, které postupně nahrazuje stávající právní předpisy, vchází v platnost v plném znění (pro látky i směsi) 1. června 2015. S účinností od 1. června 2015 je zrušena Směrnice Rady 67/548/EHS (DSD)³² ze dne 27. června 1967 o sblížování právních a správních předpisů týkajících se klasifikace, balení a označování nebezpečných látek a Směrnice evropského parlamentu a Rady 1999/45/ES (DPD)³³ ze dne 31. května 1999 o sblížování právních a správních předpisů členských států týkajících se klasifikace, balení a označování nebezpečných přípravků.

Kompletní přehled změn lze najít na internetových stránkách ekologického poradenství.³⁴

Tabulka 15 **Termíny pro klasifikaci, označování a balení látek** (převzato z literatury³¹⁾)

	Látky			
Termín	Do 1.12.2010	Od 1.12.2010	Do 1.12.2012	Od 1.6.2015
Klasifikace	dle DSD	souběžně podle DSD a CLP	překlasifikování a přeznačení látek dle CLP uvedených na trh před 1.12.2010	dle CLP
Balení	dle DSD	dle CLP		dle CLP
Označování	dle DSD	dle CLP		dle CLP

Tabulka 16 **Termíny pro klasifikaci, označování a balení směsí** (převzato z literatury³¹⁾)

	Směsi			
Termín	Do 1.6.2015	Do 1.6.2015	Od 1.6.2015	Do 1.6.2017
Klasifikace	dle DPD	souběžně podle DPD a CLP	dle CLP	překlasifikování a přeznačení směsí dle CLP uvedených na trh před 1.6.2015
Balení	dle DPD	dle CPL dobrovolně	dle CLP	
Označování	dle DPD	dle CPL dobrovolně	dle CLP	

2.10.1 Označení chemických látek

Podle zákona č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon), musí být na obalu uvedeno jméno a adresa dodavatele, název látky, výstražné symboly, R a S věty, hmotnost nebo objem a pokyny pro bezpečné zacházení.

Podle nového předpisu – CLP musí být na obalu látky uvedeny informace o dodavateli, označení výrobku, signální slova, výstražné symboly nebezpečnosti, standardní věty (H, P, EUH věty) a pokyn pro bezpečné zacházení.



Obr. 10 Stávající označení chemické látky

1 - triviální název, 2 – název podle IUPAC, 3 – sumární vzorec, 4 – relativní molekulová hmotnost, 5 – CAS, 6 – EINECS, 7 – zaručované vlastnosti, 8 – expirace produktu, 9 – typ obalu, 10 – způsob likvidace obalu, 11 – výrobní jednotka, 12 – číslo šarže, 13 – hmotnost nebo objem, 14 – R a S věty, 15 – výstražné symboly nebezpečnosti, 16 – deklarace farmaceutického lékopisu, 17 – číslo atestu, 18 – expirace, 19 – EAN kód, 20 – pyrogenita, 21 – deklarace BSE, 22 – datum výroby, 23 – klasifikace přepravy podle ARD/RID.

Grafické znázornění výstražných symbolů nebezpečnosti				
E 	F+ 	T+ 	C 	Xi 
Výbušný	Extrémně hořlavý	Vysoce toxický	Žravý	Dráždivý
O 	F 	T 	Xn 	N 
Oxidující	Vysoce hořlavý	Toxický	Zdraví škodlivý	Nebezpečný pro životní prostředí

Obr. 11 Znázornění výstražných symbolů nebezpečnosti podle vyhlášky č. 402/2011 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických směsí a balení a označování nebezpečných chemických směsí

				
GHS01 - výbušné látky	GHS02 - hořlavé látky	GHS03 - oxidační látky	GHS04 - plyny pod tlakem	GHS05 - korozivní a žíravé látky
				
GHS06 - toxické látky	GHS07 - dráždivé látky	GHS08 - látky nebezpečné pro zdraví	GHS09 - látky nebezpečné pro životní prostředí	

Obr. 12 Znárodnění výstražných symbolů nebezpečnosti podle nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006

2.10.2 Bezpečnostní list

Požadavky na sestavení bezpečnostního listu upravuje nařízení EU č. 453/2010, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH), které je zapracováno do zákona č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích.³⁵

Bezpečnostní list podává uživatelům informaci o nebezpečnosti látky nebo směsi, o jejím bezpečném skladování, manipulaci a odstraňování. Musí obsahovat následující kapitoly:

- 1) identifikace látky / směsi a společnosti / podniku,
- 2) identifikace nebezpečnosti,
- 3) složení nebo informace o složkách,
- 4) pokyny pro první pomoc,
- 5) opatření pro hašení požáru,
- 6) opatření v případě náhodného úniku,
- 7) zacházení a skladování,
- 8) omezování expozice / osobní ochranné pomůcky,
- 9) fyzikální a chemické vlastnosti,
- 10) stálost a reaktivita,

- 11) toxikologické informace,
- 12) ekologické informace,
- 13) pokyny pro odstraňování,
- 14) informace pro přepravu,
- 15) informace o předpisech,
- 16) další informace.

Pro názornou ukázkou jsem vybrala bezpečnostní list pro amoniak a SAVO kuchyně.^{36,37}

3 ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce je seznámit se se základními chemickými látkami, které nacházejí uplatnění jak v chemickém průmyslu, tak v běžném životě.

Část práce se zabývá jejich charakteristikou, příznaky zasažení, jejich využitím v průmyslu, ale i možným výskytem v běžném životě. Dále jsou zde popsány mechanismy účinku na lidský organismus.

Pozornost je také věnována vývoji agrochemikálií, se kterými jsme se mohli, ale i nadále můžeme setkat.

Další kapitola se věnuje bojovým otravným látkám, které se vyvinuly z látek užívaných v chemickém průmyslu. Otravné látky jsou zde rozděleny podle mechanismu jejich účinku, a to na nervově paralytické látky, zpuchřující látky, dusivé látky, dráždivé látky, psychicky a fyzicky zneschopňující látky. Je zde popsána stručná charakteristika jednotlivých zástupců, mechanismus účinku skupiny a příznaky zasažení.

Předposlední část práce se věnuje chemickým haváriím, konkrétně havárii v Bhópálu a Savesu, které mají dopady na zdraví lidí i v dnešní době, a chemickému terorismu.

Poslední část práce je věnována právním předpisům, které upravují výrobu, dovoz a nakládání s chemickými látkami. Tato část se zaměřuje na označení chemických látek, na srovnání nové a staré symboliky. Dále je zde popsán obsah bezpečnostního listu.

4 SEZNAM LITERATURY

1. Patočka, J.; a kol.: Vojenská toxikologie. Grada Publishing a.s., Praha 2004.
2. Kroupa, M.; Říha, M.: Průmyslové havárie. ARMEX PUBLISHING s.r.o., Praha 2007.
3. Tichý M.: Toxikologie po chemiky: toxikologie obecná, speciální, analytická a legislativa. Karolinum, Praha 1998.
4. Prymula R.; a kol.: Biologický a chemický terorismus: Informace pro každého. GRADA Publishing, spol. s.r.o., Praha 2002.
5. Ministerstvo vnitra České Republiky, http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=350/2011&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy, staženo 27.4.2012.
6. Wikipedie – Otevřená encyklopedie, <http://cs.wikipedia.org/wiki/Chlor>, staženo 23.4.2012.
7. Wikipedie – Otevřená encyklopedie, <http://cs.wikipedia.org/wiki/Amoniak>, staženo 25.4.2012.
8. Svobodová Z.; a kol.: Veterinární toxikologie v klinické praxi. Profi Press, s.r.o., Praha 2008.
9. Wikipedie – Otevřená encyklopedie, <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sulfan>, staženo 28.4.2012.
10. Pelclová, D.; Lebedová, J.; Fenclová, Z.; Edgar, L.: Nemoci z povolání a intoxikace. Karolinum, Praha 2004.
11. Integrovaný registr znečišťování, http://www.irz.cz/repository/latky/oxidy_siry.pdf, 30.4.2012.
12. Wikipedie – Otevřená encyklopedie, http://cs.wikipedia.org/wiki/Oxid_uhelnat%C3%BD, staženo 30.4.2012.
13. Horák, J.; Linhart, I.; Klusoň, P.: Úvod do toxikologie a ekologie pro chemiky. Vydavatelství VŠCHT Praha, Praha 2004.
14. Integrovaný registr znečišťování, http://www.irz.cz/repository/latky/oxid_uhelnaty.pdf, staženo 3.5.2012.
15. Pitschmann, V.: Vojenská chemie kyanovodíku. EKOLINE s.r.o., Brno 2004.

16. Integrovaný registr znečišťování,
<http://www.irz.cz/repository/latky/formaldehyd.pdf>, staženo 10.5.2012.
17. Wikipedie – Otevřená encyklopedie, <http://cs.wikipedia.org/wiki/Acetaldehyd>,
staženo 10.5.2012.
18. Ehrmann, J.; Hůlek, P.; a kol.: Hepatologie. Grada Publishing, a.s., Praha 2010.
19. Bezpečnostní list benzenu: PENTA,
http://www.pentachemicals.eu/bezp_listy/b/bezplist_184.pdf, staženo 18.4.2012.
20. Integrovaný registr znečišťování, <http://www.irz.cz/repository/latky/toluen.pdf>,
staženo 10.5.2012.
21. Bezpečnostní list nitrobenzenu: PENTA,
http://www.pentachemicals.eu/bezp_listy/n/bezplist_359.pdf, staženo 20.5.2012.
22. Bezpečnostní list anilinu: PENTA,
http://www.pentachemicals.eu/bezp_listy/a/bezplist_346.pdf, staženo 20.5.2012.
23. Integrovaný registr znečišťování, <http://www.irz.cz/repository/latky/ddt.pdf>, staženo
12.5.2012.
24. Integrovaný registr znečišťování,
<http://www.irz.cz/repository/latky/hexachlorcyklohexan.pdf>, staženo 12.5.2012.
25. Kassa, J.; a kol.: Toxikologické aspekty medicíny katastrof: učební text pro
vysokoškolskou výuku. Univerzita obrany v Brně, Brno 2006.
26. Bajgar, J.; Kassa, J.; Cabal, J.: Katedra toxikologie. Ministerstvo obrany ČR –
Agentura vojenských informací a služeb, Praha 2007.
27. Pitschmann, V.; Halánek, E.; Koblíha, Z.: Boj ohněm, dýmem a jedy. Military
System Line, s.r.o., Kounice 2008.
28. Úmluva o zákazu vývoje, hromadění zásob a použití chemických zbraní a o jejich
zničení: Státní úřad pro jadernou bezpečnost,
http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/zakaz-zbrani/Umluva_CW.pdf, staženo
25.5.2012.
29. Procházková, D.; Bumba, J.; Sluka, V.; Šesták, B.: Nebezpečné chemické látky a
chemické přípravky a průmyslové nehody. Polygrafické oddělení ekonomicko
provozního útvaru PA ČR v Praze, Praha 2008.

30. Ministerstvo vnitra České Republiky, http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=402/2011&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy, staženo 27.4.2012.
31. Nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006: Přístup k právu Evropské unie, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:CS:PDF>, staženo 30.4.2012.
32. Směrnice Rady 67/548/EHS o sblížení právních předpisů týkajících se klasifikace, balení a označování nebezpečných látek: Přístup k právu Evropské unie, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:01:31967L0548:CS:PDF>, staženo 6.6.2012.
33. Směrnice evropského parlamentu a Rady 1999/45/ES o sblížení právních a správních předpisů členských států týkajících se klasifikace, balení a označování nebezpečných přípravků: Přístup k právu Evropské unie, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1999L0045:20090120:CS:PDE>, staženo 6.6.2012.
34. EKO-INFO Ekologické poradenství s.r.o., <http://www.eko-info.cz/znacky.jpg>, staženo 15.5.2012.
35. Nařízení komise (EU) č. 453/2010, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH): Přístup k právu Evropské unie, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:133:0001:0043:cs:PDF>, staženo 3.5.2012.
36. Bezpečnostní list amoniaku: Unipetrol Orlen Group, http://www.unipetrolrpa.cz/miranda2/export/sites/www.unipetrolrpa.cz/cs/sys/galerie-download/bezpecnostni-listy-2011/Amoniak_SDS_CZ.pdf, staženo 15.6.2012.
37. Bezpečnostní list SAVO kuchyně: Bochemie GROUP, <http://www.bochemie.cz/ke-stazeni/bezpecnostni-listy/>, staženo 3.5.2012.

5 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Přírodovědecká fakulta UK v Praze,

http://web.natur.cuni.cz/~analchem/nesmerak/1112_toxikologie_03.pdf,

staženo 30.3.2012

Obr. 2: Přírodovědecká fakulta UK v Praze,

http://web.natur.cuni.cz/~analchem/nesmerak/1112_toxikologie_03.pdf,

staženo 30.3.2012

Obr. 3: Přírodovědecká fakulta UK v Praze,

http://web.natur.cuni.cz/~analchem/nesmerak/1112_toxikologie_11.pdf, staženo

10.5.2012

Obr. 4: Integrovaný registr znečišťování,

http://www.irz.cz/repository/latky/oxidy_dusiku.pdf,

staženo 25.4.2012

Obr. 5: Vydavatelství VŠCHT Praha, http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-548-X/pdf/047.pdf, staženo 12.5.2012

Obr. 6: 3.lékařská fakulta UK,

<http://www.lf3.cuni.cz/miranda2/export/sites/www.lf3.cuni.cz/cs/pracoviste/chemie/vyuka/studijni-materialy/CSFBXX41C/pro-kruhy/JM-Xenobiochemie.pdf> , staženo 12.5.2012

Obr. 7: Integrovaný registr znečišťování, <http://www.irz.cz/repository/latky/xyleny.pdf>,

staženo 11.5.2012

Obr. 8: Okrasné rostliny – trvalky, keře, dřeviny, popínavé rostliny, skalničky,

<http://okrasne.rostliny.sweb.cz/kopretina.html>, staženo 12.5.2012

Obr. 9: Wikipedie, otevřená encyklopedie, <http://cs.wikipedia.org/wiki/Synapse>, staženo

8.5.2012

Obr. 10: PENTA, <http://www.pentachemicals.eu/baleni-oznacovani-preprava.php>,

staženo 27.4.2012

Obr. 11: Vysoká škola chemicko – technologická v Praze,

http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/koroze_rvety/teorie.htm, staženo

29.2.2012

Obr. 12: Techmagazín,

<http://www.google.cz/imgres?q=ozna%C4%8Den%C3%AD+chemick%C3%A9+l%C3>

http://www.techmagazin.cz/495&docid=edgCB9zMQZnmiM&imgrefurl=http://www.techmagazin.cz/obrazky/cislo22012/tuv2.jpg&w=931&h=474&ei=p0aiT7jHMK_Q4QTc-PymCQ&zoom=1&iact=rc&dur=4&sig=106422615895695349842&page=1&tbnh=84&tbnw=165&start=0&ndsp=12&ved=1t:429,r:7,s:0,i:81&tx=127&ty=36, staženo

3.5.2012

6 RESUMÉ

Chemical substances have been a part of the civilization since the beginning of the human society. In the course of time, knowledge of them has improved and their use became more efficient. Every day increases the number of new chemical substances that are useful on one hand but can be dangerous by their impact on the other hand (i.e. they can endanger health of people and animals).

The main objective of this thesis is to familiarize the reader with the basic chemical substances that can be utilized both in chemical industry and in everyday life.

The first part concentrates on their brief characteristics, on symptoms caused by contact with these substances, on their use in industry, on their occurrence in everyday life and on the mechanism of their effect. In addition, chemical substances cannot solely be utilized in chemical industry but they can also be misused for the purpose of a terrorist attack or for the production of chemical weapons.

The second part of this piece of work deals with fighting poisonous substances that evolved from chemical substances used in chemical industry and that are divided according to the character of a damage of the human organism exposed to them.

Another part of the thesis describing agrochemicals, which are divided to four groups, is followed by the part dealing with chemical accidents in Italy and India, since these particular accidents have impact of human health even nowadays.

The last part of my work is dedicated to the legal acts regulating production, importation and disposal of chemical substances and furthermore, it focuses on their labeling and packaging and on comparison of new and old symbols. There is also described a content of the safety data sheet.

7 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1

Vymezení pojmů

Příloha 2

Přehled toxických látek a jejich sloučenin

Příloha 3

Přehled otravných látek

Příloha 4

Vybrané R věty

Příloha 5

Vybrané S věty

Příloha 1

Absorpce - proces, při kterém se nezměněné xenobiotikum dostává z místa průniku na místo distribuce nebo účinku

Acne chlorina – akné způsobené látkami, které obsahují chlor

Anémie – stav, při kterém je snížena koncentrace hemoglobinu v krvi

Apoplektická otrava – ztráta vědomí následkem obrny dýchacího centra

Apoptosa – řízená smrt buňky

Akaricidy – látky používané k hubení roztočů

Ateromové pláty – projev aterosklerózy na tepnách, zužuje jejich průsvit

Biogenní prvky – prvky, které jsou nezbytné pro život

Bradykardie – zpomalení srdeční frekvence

Cyanóza – namodralé zbarvení kůže a sliznic

Dermatitida – zánět kůže

Distribuce - rozvádění xenobiotika krví do jednotlivých tkání

Edém plic – otok plic

Exkrece - vylučování škodliviny z organismu

Expozice – doba, po kterou chemická látka působí na živý organismus, při níž dochází k průniku chemické látky dovnitř organismu

Fungicidy – látky používané k likvidaci hub

Havárie – mimořádná a neovládaná událost, která vede k poškození životního prostředí

Hemotoxiny – látky rozkládající krevní buňky

Hepatotoxiny – látky negativně působící na játra

Herbicidy – látky používané k likvidaci nežádoucích rostlin

Chemická látka – chemický prvek či sloučenina prvků o daném složení

Chemický průmysl – obor připravující modifikací látky nových vlastností ze surovin, které pochází z těžebního průmyslu

Chemická zbraň – skládá se z bojové chemické látky, chemické munice a prostředku dopravy

Insekticidy – látky používané k likvidaci nežádoucího hmyzu

Intoxikace = otrava

Jed – definice podle Paracelsia: „*Všechny látky jsou jedy a závisí jen na dávce, kdy látka přestává být jedem.*“ (cit. 1)

Karcinogen – chemická látka vyvolávající zhoubné bujení buněk

Metabolismus - přeměna xenobiotika na jinou sloučeninu

Moluskocidy – látky používané k hubení měkkýšů

Mortalita – úmrtnost

Mutageny - látky, které způsobují změnu v genetické informaci buňky

Myotoxiny – látky, které působí na svalovinu

Nekrosa – odumření tkáně v živé tkáni

Nematocidy – látky používané k likvidaci červů

Neuropatie – poškození funkce periferních nervů

Neurotoxiny – látky negativně působící na nervovou soustavu

Organogeneze – vznik a vývoj orgánů

Patohistologické vyšetření – rozbor chorobných změn v mikroskopické stavbě tkání

Pesticidy – látky určené k hubení rostlin a živočichů

Prekarcinogen – metabolity sloučenin, které mají karcinogenní účinek

Reverzibilní účinky – vratné účinky

Rodenticidy – látky používané k hubení hlodavců

Toxicita – schopnost chemické látky působit nepříznivě na živý organismus


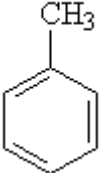
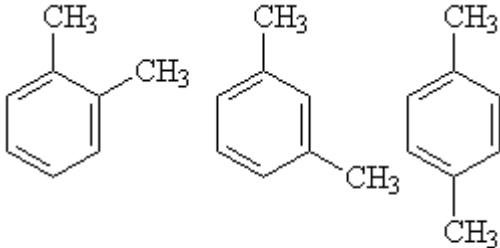
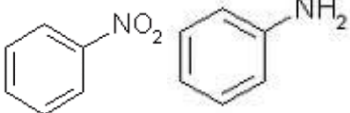
Toxikologie – věda zabývající se studiem nepříznivých účinků chemických látek na živé organismy

Toxin = toxická látka – látky, které jsou produkovány živými organismy

Xenobiotikum – cizorodá látka, která se za normálních okolností v organismu nevyskytuje

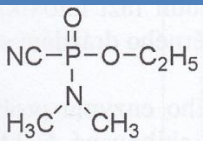
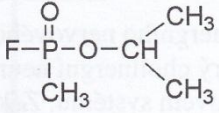
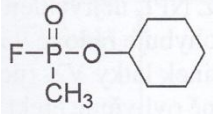
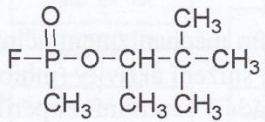
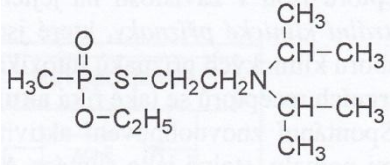
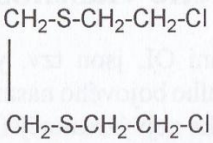
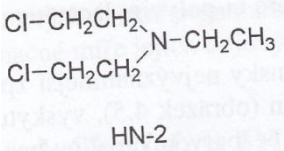
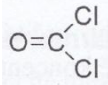
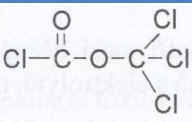
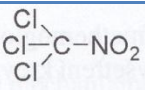
Zoocidy – látky používané k hubení živočichů

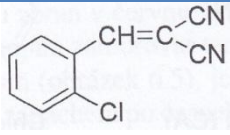
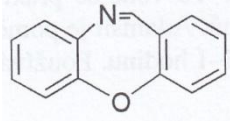
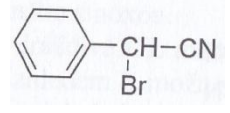
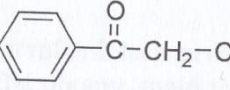
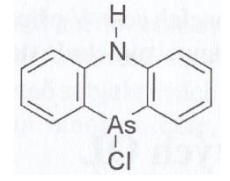
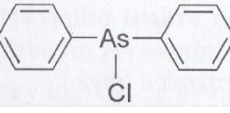
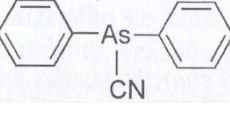
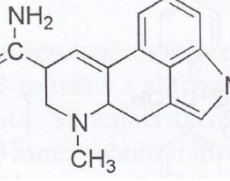
Příloha 2

Toxická látka	Chemický vzorec	Sloučeniny
Chlor	Cl_2	Chlorovodík, fosgen, PVC, dioxiny, chlorečnany, CCl_4
Dusík	N_2	Amoniak, oxid dusný, oxid dusnatý, oxid dusičitý
Síra	S_2	Sulfan, sirouhlík, oxid siřičitý, oxid sírový
Kyanidy	CN^-	Kyanovodík, nitroprussid sodný, nitrily
Benzen		Cyklohexan, styren, nitrobenzen, anilin
Toluen		
Xyleny	 <i>ortho-xylen</i> <i>meta-xylen</i> <i>para-xylen</i>	
Oxid uhelnatý	CO	
Formaldehyd	HCHO	
Acetaldehyd	CH_3CHO	
Nitrobenzen a anilin		
Agrochemikálie		

BCHL

Příloha 3

Název	Chemický vzorec	Skupenství při 20°C
Tabun		Bezbarvá kapalina
Sarin		Bezbarvá kapalina
Cyklosin		Bezbarvá kapalina
Soman		Bezbarvá kapalina
VX		Bezbarvá kapalina
Sirný yperit	$\text{Cl-CH}_2\text{CH}_2\text{-S-CH}_2\text{CH}_2\text{-Cl}$	Bezbarvá olejovitá kapalina
Seskviyperit		Žlutá až hnědá olejovitá kapalina
Dusíkatý yperit		Žlutá až hnědá olejovitá kapalina
Lewisit	Cl-CH=CH-AsCl_2	Bezbarvá kapalina
Fosgen		Plyn
Difosgen		Čirá olejovitá kapalina
Chlorpikrin		Bezbarvá až nažloutlá olejovitá kapalina

CS		Bílá krystalická látka
CR		Bílá krystalická látka
Brombenzylkyanid		Bílá až narůžovělá krystalická látka
Chloracetofenon		Bezbarvá krystalická látka
Adamsit		Kanárkově žlutá krystalická látka
Clark I		Bezbarvá krystalická látka
Clark II		Bezbarvá krystalická látka
LSD		Bílá krystalická látka

Příloha 4

R1	Výbušný v suchém stavu
R2	Nebezpečí výbuchu při úderu, tření, ohni nebo působením jiných zdrojů zapálení
R4	Vytváří vysoce výbušné kovové sloučeniny
R5	Zahřívání může způsobit výbuch
R6	Výbušný za i bez přístupu vzduchu
R7	Může způsobit požár
R9	Výbušný při smíchání s hořlavým materiálem
R10	Hořlavý
R14	Prudce reaguje s vodou
R15	Při styku s vodou uvolňuje extrémně hořlavé plyny
R16	Výbušný při smíchání s oxidačními látkami
R17	Samovznětlivý na vzduchu
R19	Může vytvářet výbušné peroxidy
R20	Zdraví škodlivý při vdechování
R21	Zdraví škodlivý při styku s kůží
R22	Zdraví škodlivý při požití
R29	Uvolňuje toxický plyn při styku s vodou
R31	Uvolňuje toxický plyn při styku s kyselinami
R33	Nebezpečí kumulativních účinků
R34	Způsobuje poleptání
R36	Dráždí oči
R37	Dráždí dýchací orgány
R38	Dráždí kůži
R39	Nebezpečí velmi vážných nevratných účinků
R44	Nebezpečí výbuchu při zahřátí v uzavřeném obalu
R45	Může vyvolat rakovinu
R58	Může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky v životním prostředí
R60	Může poškodit reprodukční schopnost
R61	Může poškodit plod v těle matky
R65	Zdraví škodlivý: při požití může vyvolat poškození plic

Vysoká škola chemicko – technologická v Praze,

http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/koroze_rvety/teorie.htm, staženo

29.2.2012

Příloha 5

S1	Uchovávejte pod zámkem
S2	Uchovávejte z dosahu dětí
S3	Uchovávejte v chladném místě
S4	Uchovávejte z dosahu obývaných míst
S7	Uchovávejte obal těsně uzavřený
S8	Uchovávejte obal suchý
S9	Uchovávejte obal na dobře větraném místě
S12	Neuchovávejte obal těsně uzavřený
S15	Chraňte před teplem
S16	Uchovávejte mimo dosah zdrojů zapálení - Zákaz kouření
S17	Uchovávejte mimo dosah hořlavých materiálů
S18	Zacházejte s obalem opatrně, opatrně jej otvírejte
S20	Nejezte a nepijte při používání
S22	Nevdechujte prach
S24	Zamezte styku s kůží
S25	Zamezte styku s očima
S26	Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc
S29	Nevylévejte do kanalizace
S30	K tomuto výrobku nikdy nepřidávejte vodu
S34	Chraňte před nárazy a třením
S37	Používejte vhodné ochranné rukavice
S39	Používejte osobní ochranné prostředky pro oči a obličej
S47	Uchovávejte při teplotě nepřesahující ... °C (specifikuje výrobce)

Vysoká škola chemicko – technologická v Praze,

http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/koroze_rvety/teorie.htm, staženo

29.2.2012