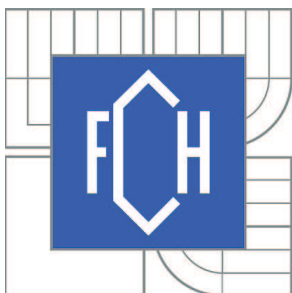


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF
ENVIRONMENTAL PROTECTION

HODNOCENÍ TOXICITY HASEBNÍCH VOD

TOXICITY ASSESSMENT OF FIREWATERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TEREZA RYBKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. VLADIMÍR ADAMEC, CSc.

BRNO 2010



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

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce:	FCH-BAK0521/2009	Akademický rok: 2009/2010
Ústav:	Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí	
Student(ka):	Tereza Rybková	
Studijní program:	Ochrana obyvatelstva (B2825)	
Studijní obor:	Krizové řízení a ochrana obyvatelstva (2804R002)	
Vedoucí práce	doc. Ing. Vladimír Adamec, CSc.	
Konzultanti:	Ing. Otakar Jiří Mika, CSc.	

Název bakalářské práce:

Hodnocení toxicity hasebních vod

Zadání bakalářské práce:

Zpracovat odborné pojednání na stanovené téma, kde uvést své vlastní závěry, hodnocení a konkrétní náměty (argumentačně podložené) na zlepšení současného stavu ve zkoumané oblasti.

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2010

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

Tereza Rybková
Student(ka)

doc. Ing. Vladimír Adamec, CSc.
Vedoucí práce

doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2009

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Problematika toxicity hasebních vod se v současné době dostává stále více do popředí zájmu. Při požáru dochází ke vzniku celé řady nebezpečných látek, které mohou negativně ovlivnit kvalitu některých složek životního prostředí. Cílem práce je posoudit ekotoxikologické vlastnosti hasebních vod, experimentální metodou určit toxicitu hasebních vod a přispět tak k prohloubení znalostí v doposud velmi málo řešené problematice.

ABSTRACT

The issue of toxic extinguishing water is currently getting more to the fore. When a fire arises a wide range of hazardous substances that may negatively affect the quality of some components of the environment. A significant problem can be then extinguishing water runoff into sewers or some components of the environment. The objective is to assess the ecotoxicological properties of extinguishing water, determine the toxicity of the extinguishing water by experiments and thus contribute to the deepening of knowledge in so very few solved problems.

KLÍČOVÁ SLOVA

Testy toxicity, ekotoxikologie, hasební voda, hasební látky, pěnidla.

KEYWORDS

Tests of toxicity, ecotoxicology, firewater, extinguishing agent, foaming agents

RYBKOVÁ, T. *Hodnocení toxicity hasebních vod*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2010. XY s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vladimír Adamec, CSc.

PROHLÁŠENÍ

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

.....
podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladimíru Adamcovi, CSc. za odborné vedení, ochotné poskytnutí cenných rad a připomínek. Dále Ing. Otakaru Kašparovi za věcné poznámky a návrhy ke zlepšení, panu Stanislavu Cihelníkovi za poskytnutí vzorků, slečně Kateřině Bártové M. Sc. za poskytnutí řas k testování a především své rodině za podporu a trpělivost.

OBSAH

1	Úvod do problematiky	7
2	Teoretická část	8
2.1	Současný stav řešené problematiky	8
2.2	Hasební látky	8
2.2.1	Voda jako hasební látka	8
2.2.2	Pěnidla	9
2.2.2.1	Proteinová pěnidla	10
2.2.2.2	Syntetická pěnidla	11
2.2.2.3	Flouroproteinová pěnidla	11
2.2.2.4	Pěnidla tvořící vodní film	11
2.2.2.5	Vlastnosti některých pěnidel	12
2.2.3	Hasící prášky	16
2.2.4	Inertní plyny	17
2.3	Sloučeniny vzniklé při spalování	18
2.4	Toxicita	19
2.5	Třídy toxicity	19
2.6	Testy podle doby expozice	20
2.6.1	Přehled testů akutní toxicity	20
2.6.2	Přehled testů chronické toxicity	21
2.7	Testy podle úrovně, na které jsou testy prováděny	22
2.8	Testy podle úrovně vývoje metodiky	22
2.8.1	Biotesty 1. generace	22
2.8.2	Biotesty 2. generace	22
2.8.3	Biotesty 3. generace	23
2.9	Testy podle trofické úrovně testovacích organismů	23
2.9.1	Zkouška na producentech	23
2.9.2	Zkouška na konzumentech	23
2.9.3	Zkouška na destruentech	23
2.10	Testy na hodnocení stavu ekosystému	24
2.10.1	Standardní testy toxicity	24
2.10.1.1	Test akutní toxicity na perloočkách <i>Daphnia magna</i>	24
2.10.1.2	Test inhibice růstu zelené řasy <i>Raphidocelis subcapitata</i>	24
2.10.1.3	Test akutní toxicity na rybách <i>Poecilia reticulata</i>	25
2.10.1.4	Test inhibice růstu kořene hořčice bílé <i>Sinapis alba</i>	25
2.10.2	Alternativní testy	25
2.11	Fytotesty	26
3	Experimentální část	27

3.1	Uchování vzorků a použité vzorky	27
3.2	Zásobní roztoky	28
3.2.1	Příprava zásobního roztoku pro testy na perloočkách a semenech	28
3.2.2	Příprava zásobního roztoku pro testy na zelených řasách.....	28
3.3	Test inhibice růstu zelené řasy <i>Raphidocelis subcapitata</i>	29
3.3.1	Orientační zkouška.....	31
3.3.2	Vlastní zkouška	31
3.3.3	Vyhodnocení.....	31
3.4	Test toxicity na semenech hořčice bílé <i>Sinapis alba</i>	32
3.4.1	Orientační zkouška.....	33
3.4.2	Vlastní zkouška	33
3.4.3	Vyhodnocení.....	33
4	Závěr	35
	Seznam použitých zdrojů	36
	Seznam použitých zkratk	39

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Jednou z příčin ohrožení životního prostředí může být i požár a vznik nebezpečných látek a jejich následný odtok, čímž dochází k sekundární kontaminaci. Právě na sekundární znečištění životního prostředí se nejvíce zapomíná. S tím souvisí několik otázek vyplývajících i ze zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, kdy je povinností nejen Hasičského záchranného sboru (HZS), ale celého Integrovaného záchranného systému (IZS) provádět záchranné práce, kterými se rozumí činnost k odvrácení rizik ohrožujících nejen lidské životy, zdraví a majetek, ale i životní prostředí. První otázkou je, co je povinností zasahujících hasičů při odtoku většího množství hasebních vod, u kterého je předpoklad kontaminace životního prostředí. Další otázkou může být, co se děje s hasební vodou z jímek určených právě pro tyto události.

Již v minulosti je známo několik případů, kdy odtok hasebních vod zapříčinil nemalé potíže, např. v roce 1986 nechvalně známý požár chemického závodu Sandoz u Basileje ve Švýcarsku, při kterém hasební voda, obsahující velké množství chemikálií, znečistila Rýn takřka po celé délce jeho toku. K dalším podobným událostem došlo např. při požáru Plastimet v Ontariu v Kanadě v roce 1997 nebo Allied Colloids ve Velké Británii roku 1992. Kromě těchto událostí představují významná ekologická rizika a následné značné škody velký počet menších požárů chemikálií nebo odpadů, např. pneumatik.

Účinky látek na živé systémy zkoumá ekotoxikologie. Základním nástrojem ekotoxikologické práce jsou testy toxicity sloužící k zjištění či odhadu možného toxického vlivu testovaných látek či směsných vzorků na živé organismy a v obecnější rovině na životní prostředí. [1]

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Současný stav řešené problematiky

Je obecně známým faktem, že každý rok HZS využívají velké množství hasících vod a pěn pro široké spektrum požárů. Tyto požární prostředky jsou mnohdy uplatňovány v ekologicky citlivých oblastech, které mohou obsahovat ohrožené nebo hospodářsky významné rostliny a živočišné druhy. Je poměrně málo informací o toxicitě těchto požárních prostředků pro vodní a suchozemské živočichy a ještě méně informací o dopadech na komunitu a ekosystémové úrovni. Informace o toxicitě hasících pěn pro vodní organismy je omezena na několik zpráv od samotných výrobců (bezpečnostní listy) a několik málo teoretických východisek. Jedním z nich je výzkum Columbijského výzkumného centra, které se zaměřilo na akutní a chronickou toxicitu retardérů hoření a pěnidel užívaných v USA na životní prostředí při různé tvrdosti vody. Byl učiněn závěr, že pěnidla i retardéry hoření překračovaly limitní hodnoty toxicity i v závislosti na tvrdosti vody. Další studii provedl švédský záchranný sbor, který si vzal za úkol posoudit rizika z cvičení požárů s ohledem na dopady na životní prostředí a zdraví. V širším pohledu nebyly identifikovány žádné nepříznivé účinky na životní prostředí nebo zdraví. Emise vytvořené požárním cvičením by měla být považována za potenciální nebezpečí pro zdraví v pracovním prostředí. Hasiči mohou být vystaveni velkému množství nebezpečných látek, jako jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), jemné částice a isokyanáty. [2], [3]

2.2 Hasební látky

Za požár je považováno nežádoucí hoření, jehož důsledkem je poškození nebo zničení materiálních věcí, ale také vytváří nebezpečí pro životní prostředí, zdraví a život lidí a zvířat. Každý požár doprovází chemické a fyzikální jevy, které vzájemně souvisí a probíhají na základě obecných zákonů fyziky a chemie. Komplikovat situaci v místě požáru může zejména místo a rozsah požáru, rychlost a směr šíření ohně a nebezpečí na místě požáru. [4]

V závislosti na druhu hořícího materiálu se požáry dělí do čtyř skupin:

- A – požáry pevných látek organického původu (dřevo, sláma, uhlí, atd.)
- B – požáry hořlavých kapalin a pevných látek, které se taví vlivem tepla, jež vzniká při spalování (ropa, benzín, aceton, alkohol, oleje, parafin, tuky)
- C – požáry plynů (metan, acetylen, propan, butan)
- D – požáry lehkých kovů (sodík, lithium, hliník) [5]

2.2.1 Voda jako hasební látka

Voda pro svůj široký výskyt a různorodost hasebních efektů je dosud nejpoužívanější hasební látkou. Pro požární účely se používá buď jako chemický jedinec (bez jakýchkoliv přísad) nebo ve směsi s různými chemikáliemi, které její hasební vlastnosti zlepšují. Voda je polárním rozpouštědlem anorganických a mnohdy i organických sloučenin. [6]

Nejvýznamnější hasebním efektem vody je efekt chladící. Hořící látka se ochladí pod teplotu vzplanutí a hoření je přerušeno. Kromě chladícího efektu působí voda jako hasební látka i svým dusivým efektem. Odpařením vody se zvětší její objem asi 1700krát a vzniklá pára vytěsňuje z požářiště vzdušný kyslík. U žhnoucích látek (dřevo,

textilie a další) však není dusivý efekt vody významný. Molekuly žhnoucích látek totiž zpravidla dosahují dostatek kyslíku potřebného pro hoření, čímž může být žhnutí udržováno. Voda jako výborné rozpouštědlo se mísí i s řadou hořlavých kapalin (např. líh, glykol, aceton, kyselina octová a další). Při hašení požáru hořlavých ve vodě rozpustných kapalin, působí voda i svým zřed'ovacím účinkem. Mechanickým účinkem vodní clony lze oddělit hořlavé látky od zdroje požáru. Voda zde působí svým dělicím efektem. [6]

Použití vody v hasební technice má své přednosti i nedostatky. K přednostem náleží zejména:

- Vysoký chladicí efekt. Používá se proto nejen k hašení požárů, ale i k chlazení objektů v blízkosti požáru,
- Výskyt téměř všude,
- Relativně jednoduchá dopravitelnost,
- Chemická neutralita a žádná toxicita a schopnost rozkládat některé toxické látky z požářiště na netoxické,
- Možnost využití její mechanické energie k uvolnění otvorů, k rozbití střech, komínů apod. [6]

K nedostatkům vody jako hasiva patří:

- Při nízkých teplotách tuhne a mění svůj objem,
- Vodou nelze hasit hořlavé kapaliny s teplotou varu pod 80 °C, protože chladicí efekt je neúčinný,
- Škody způsobené vodou na budovách, zařízeních a skladovaných materiálech, zejména v prostorách požárem ještě nezachvácených, mohou být neúměrně vysoké,
- U požárů prašných produktů je voda bez smáčedla velmi málo účinná,
- Odplavení toxických látek z požářiště do blízkého okolí. [6]

2.2.2 Pěnidla

Pěnidla jsou vesměs roztoky na bázi syntetické, proteinové nebo fluoroproteinové. Mezi základní sledované parametry pěnidel, kromě báze, patří procento přimíchávání, mrazuvzdornost, tvorba vodního a polymerního filmu a hasící schopnost. Zde je potřeba se zmínit o problematice smáčedel, která v současné době představují vlastně pěnidla, která jsou pak při samotné aplikaci přimíchávána v takovém poměru, že dochází k minimální, nebo dokonce žádné tvorbě pěny a dané hasivo má jenom chladicí účinek, přičemž pozbývá důležitou vlastnost pěn, kterou představuje dusivý účinek. [7]

Při požárním zásahu pokryje pěna celou hořící plochu se všemi nerovnostmi. Tak vznikne v požářišti prostředí chudé na kyslík a u některých druhů pěn bohaté na vodní páru. Proces hoření se nejdříve zpomalí, až zcela ustane. Chladicí účinek u pěny závisí od druhu použité pěny a je přímo úměrný obsahu vody v pění. Dobré chladicí účinky má těžká pěna, která ze všech druhů pěn má nejvyšší obsah vody. U pěn se středním nebo vysokým číslem napěnění je obsah vody nízký a chladicí efekt zanedbatelný. Pěna jako hasební látka se připravuje v okamžiku zásahu. Vlastnosti pěny a její kvality ovlivňují vlastnosti a čistota použitých chemikálií, tj. vody, pěnotvorných přísad a plynné složky, kterou nejčastěji tvoří vzduch. Zásadní vliv na kvalitu pěny má rovněž použité pěnotvorné zařízení. [6]

Podle čísla napěnění lze pěnu rozdělit do tří skupin. Číslo napěnění je poměr mezi množstvím pěnotvorného roztoku (voda + pěnidlo) a množstvím vzniklé pěny.

- a) Těžká pěna – číslo napěnění do 20
- b) Střední pěna – číslo napěnění 20 – 200
- c) Lehká pěna – číslo napěnění nad 200

Příklad: Z 1 litru pěnotvorného roztoku (voda + pěnidlo) po provzdušnění vznikne 20 litrů pěny = číslo napěnění 20. [8]

Důležité z hlediska uživatelů je i legislativa vztahující se k bezpečnému nakládání a manipulaci s pěnidly jako takovými a rovněž požadavky na vlastnosti a parametry pěnidel a způsob zkoušení pěnidel jako hasících prostředků. V první řadě je to zákon č. 356/2003 Sb. O chemických látkách a přípravcích. Z toho vychází potřebnost bezpečnostního listu, který musí mít všechny nebezpečné látky a přípravky, mezi které patří i pěnidla. [7]

Obsah a formu bezpečnostního listu stanovuje vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 27/1999 Sb., o obsahu bezpečnostního listu ve vztahu k nebezpečné látce a přípravku. Bezpečnostní list pěnidla obsahuje mimo jiné následující skutečnosti:

- identifikační údaje o výrobcí a dovozci,
- informace o nebezpečných látkách obsažených v pěnidle, včetně jejich koncentrace,
- údaje o nebezpečnosti pěnidel,
- osobní ochranné pomůcky a pokyny pro první pomoc,
- pokyny pro zacházení a skladování a opatření v případě náhodného úniku,
- fyzikální a chemické vlastnosti pěnidla,
- toxikologické informace (akutní toxicita, vliv na člověka, apod.),
- ekologické informace (akutní toxicita na vodní organizmy, rozložitelnost apod.),
- informace pro likvidaci a zneškodnění,
- informace pro přepravu [7]

Pěnidla se kategorizují do šesti tříd:

- proteinová pěnidla P (př. Schaumgeist, NEOMERPIN P, TUTOGEN P)
- fluorproteinová pěnidla FP (př. Flour – Schaumgeist, TUTOGEN FP)
- syntetická pěnidla S (př. EXPYROL F-15, Sthamex F-15, Sthamex K)
- pěnidla odolné vůči působení alkoholů – pěnidla k hašení polárních kapalin – AR (př. Moussol F-15, Pyrocom ATC)
- pěnidla tvořící vodní film AFFF (př. FINIFLAM A3F, Sthamex AFFF, Pyrocom AFFF)
- fluorproteinová pěnidla tvořící vodní film FFFP (př. HYDREX FFFP/AR, UNIVEX 3x3 FFFP/AR) [7]

2.2.2.1 Proteinová pěnidla

Vznikají hydrolyzou bílkovin a jsou rozpustné ve vodě. Kromě částečně rozložené bílkovinné složky obsahují dále vybrané stabilizátory pěny, konzervační přísady, antikoroďanty a mrazuvzdornost přísady. Používají se k výrobě těžké pěny. Jako každý typ pěnidla i proteinové pěnidla mají své klady a zápory. K nevýhodám proteinových pěnidel patří: nepříjemný pach, krátké garanční lhůty při skladování a omezená

použitelnost. Přednosti proteinové pěny jsou: velká odolnost pěny proti dalšímu ohořívání a tepelnému sálání, vysoká stabilita pěny již při nízké vrstvě a přilnavost. [6]

2.2.2.2 Syntetická pěnidla

Jsou to hasební látky připravené na bázi syntetických povrchově aktivních látek, většinou sulfátů nebo sulfonátů vysokomolekulárních alkoholů. Kromě základní složky obsahují další komponenty, jako jsou stabilizátory pěny, látky zlepšující jejich mísitelnost a mrazuvzdorné přísady. Mezi jejich největší výhody patří široké možnosti použití. Slouží k výrobě lehké, střední a těžké pěny. Jsou vydatnější než proteinová pěnidla a k získání kvalitní pěny stačí často méně než polovina množství proteinového substrátu. Syntetické pěnidla slouží k hašení požárů třídy A a B. Pěnidla tohoto typu lze napěnit v pitné, povrchové, mořské nebo i v upravené průmyslové vodě. [6]

2.2.2.3 Flouroproteinová pěnidla

Připravují se přimícháváním fluorovaných povrchově aktivních látek, rozpustných ve vodě k proteinovým pěnidlům. Jejich použitím se podstatně snižuje doba hašení v porovnání s dobou při použití běžných proteinových pěnidel. Pro napěnění flouroproteinových pěnidel je možné použít pitnou, povrchovou, mořskou nebo upravenou průmyslovou vodu. Flouroproteinová pěna vyniká svou tekutostí a není choulostivá na měkký odpad. [6]

2.2.2.4 Pěnidla tvořící vodní film

Ve zkratce se tento typ pěnidla označuje jako AFFF, tj. Aqueous Film Forming Foam. Je to skupina vysoce fluorovaných povrchově aktivních látek, jejichž vodní roztok je napěnitelný. Pěnidla označené názvem „Lehká voda“ jsou synteticky připravené, povrchově aktivní organické sloučeniny s vysokým obsahem fluoru v molekule. V hasební technice znamenají nejúčinnější a nejrychlejší hasivo na bázi vody. Jméno „Lehké vody“ je odvozeno od vlastnosti, že koncentrát uvedené látky má relativní hustotu mírně vyšší než jedna, a přesto roztoky „Lehké vody“ plavou na povrchu hořlavých kapalin lehčích než voda. Proto se roztoky Lehké vody nejlépe hodí pro hašení uhlovodíků v petrochemickém průmyslu, na letištích, v námořní dopravě, tedy pro hašení požárů nepolárních hořlavých kapalin požární třídy B. Lehká voda zlepšuje smáčecí vlastnosti sladké i mořské vody a výborně hasí požáry látek třídy A, např. sklady papíru, dřeva, gumy, plastických hmot a další. [6]

Při hašení se molekuly Lehké vody uspořádají na rozhraní hořlavina – hasební látka tak, že vytvoří ochrannou – monomolekulární – blánu, z níž hydrofobní konce řetězců vyčnívají ven. Zakryje se tak povrch hořlavé kapaliny a působením hasební látky:

- hořlavá kapalina se nemůže odpařovat a hořlavému souboru chybí vlastní hořlavina,
- ochranná blána brání přístupu kyslíku k hořlavé kapalině a hořlavému souboru chybí oxidační prostředek. [6]

Blána, která se rozprostře na povrchu hořlavé kapaliny, snižuje rovněž nebezpečí znovuvznícení, ke kterému nedochází ani ponořením hořícího předmětu do hořlavé kapaliny. Koncentráty Lehké vody typu AFFF se s úspěchem používají při hašení požárů nepolárních hořlavých kapalin, tj. kapalin, které se s vodou nemísí. [6]

Při výběru pěnidla je nutno zohlednit:

1. *Parametry pěnidla*: procento přimíchávání, mrazuvzdornost pěnidla, jaký druh pěny je možno z pěnidla připravit (lehká, střední a těžká pěna), apod.
 2. *Hasící schopnost a parametry pěny*: poločas rozpadu, číslo naplnění, čas uhašení zkušebního požáru, doba zpětného vzplanutí, koeficient kladení, apod.
 3. *Druhy požárů, které budou daným pěnidlem hašeny*: polární nebo nepolární kapaliny, požáry třídy A a B, apod.
 4. *Technické vybavení* pro provádění hasebního zásahu.
 5. *Snášitelnost* různých druhů pěnidel navzájem a rovněž s jinými druhy hasiv.
- [7]

V případě likvidace požárů nebo mimořádných událostí, u kterých hrozí nebezpečí úniku hořlavých kapalin do vod a kontaminace půdy, projevuje se nepříznivým způsobem schopnost pěnidel a smáčedel snižovat povrchové napětí kapalin. Tuto vlastnost vykazují všechny kapaliny na bázi tenzidů, mezi které patří i pěnidla. Tato vlastnost má za následek zvýšenou rozpustnost ropných látek ve vodě a zvýšený průsak hořlavých kapalin emulgovaných pěnidly do půd a spodních vod. Zde je nutno zvážit a srovnat velikost škod způsobených odhořením hořlavých kapalin a tím i unikem zplodin hoření do ovzduší se škodami vzniklými průsakem emulgovaných kapalin do půdy a možnou kontaminaci spodních vod. Tato skutečnost rovněž poukazuje na potřebu co nejrychlejší likvidace havárií, při které došlo k úniku hořlavých kapalin (ropných produktů) a při jejich likvidaci se používaly pěny nebo smáčedla. [7]

2.2.2.5 *Vlastnosti některých pěnidel*

STHAMEX F-15

a) Identifikace látky a nebezpečnosti

- Víceúčelový pěnicí hasící prostředek. Určeno pro odborné použití.
- klasifikace přípravku: Xi; R 36/38, Přípravek je klasifikován jako nebezpečný ve smyslu zákona č. 356/2003 Sb., v platném znění.
- Dráždí oči a kůži.
- Při hašení a aplikaci pěny nemířít na lidské obličej. Pěna zabraňuje možnosti dýchání.

b) Složení

- Víceúčelový pěnotvorný hasící prostředek, který na základě povrchově aktivních látek (tenzidy) spolu se stabilizátory, konzervačními látkami a látkami chránícími proti mrazu tvoří účinný koncentrát pěnicího přípravku.
- 1,2-ethandiol < 25%, Xn, R22; 2-butocyethanol < 25%, Xn, R20/21/22, R36/38; Syntetické tenzidy < 20%, Xi R36/38, R38; Pěnový stabilizátor < 5%, N 50
- R 22 Zdraví škodlivý při požití
- R 20/21/22 Zdraví škodlivý při požití, kontaktu s pokožkou a po inhalaci
- R 36/38 Dráždí oči
- R 38 Dráždí oči a kůži
- N 50 Vysoce toxický pro vodní organismy

- c) Opatření v případě náhodného úniku
- Bezpečnostní opatření pro ochranu osob: V uzavřených prostorách zajistit důkladné větrání. Zamezit kontaktu s kůží a očima.
 - Bezpečnostní opatření pro ochranu životního prostředí: Pokud je to možné zabránit úniku přípravku do kanalizace, vodních zdrojů a půdy.
 - Doporučené metody čištění a odstranění: Uniklý přípravek pohlcovat inertními materiály (např. písek, piliny, univerzální pojiva) a uložit do nádob pro sběr nebezpečného odpadu.
 - Dle Katalogu odpadů může vyhovovat kritériím pro nebezpečný odpad.
 - Doporučený způsob odstranění přípravku pro právnické osoby a fyzické osoby oprávněné k podnikání: Nepoužitý přípravek a znečištěný obal uložit do označených nádob pro sběr odpadu a označený odpad předat k odstranění oprávněné osobě k odstranění odpadu (specializované firmě), která má oprávnění k této činnosti. Doporučený způsob odstranění: spalování, po zředění může být odstraněn v biologických čistírnách odpadních vod. Nesmí se likvidovat společně s komunálními odpady
 - Nepodléhá předpisům pro přepravu nebezpečných věcí (ADR/RID).
- d) Stálost, reaktivita, toxikologické a ekologické informace
- Při běžných podmínkách použití a skladování je stabilní.
 - Způsobuje vysokou oxidaci
 - Při použití podle předpisů nedochází k žádnému rozkladu.
 - Akutní toxicita: Dermální: dráždí; Orální: > 2000 mg.kg⁻¹; Oční: dráždí
 - Subchronická - chronická toxicita: Nebylo zjištěno žádné poškození zdraví při správném použití přípravku jako vzduchopěnového hasiva.
 - Přecitlivělost: Žádná ze složek přípravku by neměla působit přecitlivělé reakce.
 - Ekotoxicita: Třída ohrožení vod = 2, ohrožuje vodní prostředí.
 - Neomezeně rozpustný ve vodě.
 - Velmi dobře rozložitelný 90,9 % za 23 dní (test OECD 301 c).
 - Ryby LC₅₀ 390 mg.l⁻¹ 48 h. Dafnie EC₅₀ 78 mg.l⁻¹ 24 h. Řasy IC₅₀ 20 mg/litr 72 h.
 - CHSK 990 000 mg O₂.l⁻¹ koncentrát, CHSK 29 700 mg O₂.l⁻¹ 3 % roztok.
 - BSK₅ 550 000 mg O₂.l⁻¹ koncentrát, BSK₅ 16 500 mg O₂.l⁻¹ 3 % roztok.
 - Při dodržení vypouštění prostředku do čistíren odpadních vod v koncentracích pod 15 000 mg.l⁻¹ nevznikají žádné rušivé vlivy při odbourávání aktivního kalu. Při dodržení vypouštění prostředku do čistíren odpadních vod při použití 3 % roztoku pod 500 000 mg.l⁻¹ nevznikají žádné rušivé vlivy při odbourávání aktivního kalu. [9]

MOUSSOLAPS F-15

- a) Identifikace látky a nebezpečnosti
- Víceúčelový pěnící hasící prostředek. Určeno pro odborné použití.

- klasifikace přípravku: Xi; R 36, Přípravek je klasifikován jako nebezpečný ve smyslu zákona č. 356/2003 Sb., v platném znění.
- Dráždí oči a kůži.
- Při hašení a aplikaci pěny nemířit na lidské obličej. Pěna zabraňuje možnosti dýchání.

b) Složení

- Víceúčelový pěnotvorný hasící prostředek, který na základě fluorovaných povrchově aktivních látek (tenzidy) tvoří účinný koncentrát pěnicího přípravku.
- 1,2 Ethandiol < 25%, Xn, R 22; 2-(2-Butoxyethoxy)etanol < 15%, Xi, R 36; Syntetické tenzidy < 5%, Xi, R 41; Syntetický tenzid < 5%, Xi; R 38-41; Fluorovaný tenzid <10%, Xi, R 36-52/53.
- R 22 Zdraví škodlivý při požití
- R 36 Dráždí oči
- R 38 Dráždí kůži
- R 41 Nebezpečí vážného poškození očí
- R 52/53 Škodlivý pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobě nepříznivé účinky ve vodním prostředí.

c) Opatření v případě náhodného úniku

- Bezpečnostní opatření pro ochranu osob: V uzavřených prostorách zajistit důkladné větrání. Zamezit kontaktu s kůží a očima.
- Bezpečnostní opatření pro ochranu životního prostředí: Pokud je to možné zabránit úniku přípravku do kanalizace, vodních zdrojů a půdy.
- Doporučené metody čištění a odstranění: Uniklý přípravek pohlcovat inertními materiály (např. písek, piliny, univerzální pojiva) a uložit do nádob pro sběr nebezpečného odpadu.
- Dle Katalogu odpadů může vyhovovat kritériím pro nebezpečný odpad.
- Doporučený způsob odstranění přípravku pro právnické osoby a fyzické osoby oprávněné k podnikání: Nepoužitý přípravek a znečištěný obal uložit do označených nádob pro sběr odpadu a označený odpad předat k odstranění oprávněné osobě k odstranění odpadu (specializované firmě), která má oprávnění k této činnosti. Doporučený způsob odstranění: spalování, po zředění může být odstraněn v biologických čistírnách odpadních vod. Nesmí se likvidovat společně s komunálními odpady
- Nepodléhá předpisům pro přepravu nebezpečných věcí.

d) Stálost, reaktivita, toxikologické a ekologické informace

- Při běžných podmínkách použití a skladování je stabilní.
- Způsobuje vysokou oxidaci
- Při použití podle předpisů nedochází k žádnému rozkladu.
- Akutní toxicita: Dermální: nedráždivý; Orální: > 2000 mg.kg⁻¹; Oční: dráždí
- Subchronická - chronická toxicita: Nebylo zjištěno žádné poškození zdraví při správném použití přípravku jako vzduchopěnového hasiva.

- Přecitlivělost: Žádná ze složek přípravku by neměla působit přecitlivělé reakce.
- Ekotoxicita: Třída ohrožení vod = 2, ohrožuje vodní prostředí.
- Neomezeně rozpustný ve vodě.
- Velmi dobře rozložitelný 90,3 % za 19 dní (test OECD 301 c).
- Ryby LC₅₀ 4 500 mg.l⁻¹ 48 h. Dafnie EC₅₀ 3 750 mg.l⁻¹ 24 h. Řasy IC₅₀ 505 mg.l⁻¹ 72 h.
- CHSK 550 000 mg O₂.l⁻¹ koncentrát, CHSK 27 500 mg O₂. l⁻¹ 3 % roztok.
- BSK₅ 323 200 mg O₂.l⁻¹ koncentrát, BSK₅ 16 160 mg O₂.l⁻¹ 3 % roztok.
- Při dodržení vypouštění prostředku do čistíren odpadních vod v koncentracích pod 12 500 mg.l⁻¹ nevznikají žádné rušivé vlivy při odbourávání aktivního kalu. Při dodržení vypouštění prostředku do čistíren odpadních vod při použití 3 % roztoku pod 417 000 mg.l⁻¹ nevznikají žádné rušivé vlivy při odbourávání aktivního kalu. [I0]

ONE-SEVEN

- a) Identifikace látky a nebezpečnosti
 - Pěnidlo třídy A
 - Dráždí oči a kůži.
 - Výrobek je velmi silně pěnotvorný.
 - Xi pro Diethylenglykol-monobutyl-éter, R 36 dráždí oči a kůži
- b) Složení
 - Povrchově aktivní ve vodním roztoku.
 - Diethylenglykol-monobutyl-éter < 25 %, povrchově aktivní látky na bázi uhlovodíkové < 30 %
- c) Opatření v případě náhodného úniku
 - Nedovolit nenařaděnému pěnidlu odtok do kanalizace, povrchových vod ani do spodních vod.
 - Malé rozlité množství pěnidla naředit velkým množstvím vody, větší množství rozlitého pěnidla zasypat pískem nebo zeminou.
- d) Stálost, reaktivita, toxikologické a ekologické informace
 - Skladovat v teplotním rozsahu -15 °C až 50 °C.
 - Používat nekorodující zařízení.
 - Výrobek je stabilní, nerozkládá se bez vnějšího zásahu.
 - Akutní toxicita: LC₅₀ ústně > 2 000 mg.kg⁻¹ krysa (koncentrát)
 - Ekotoxicita: Třída ohrožení vod = 1
 - Výrobek je biologicky snadno odbouratelný, obsahuje nízkou toxicitu vzhledem k vodním organismům.
 - BSK₅: 3 900 mg.l⁻¹
 - CHSK: 7 000 mg.l⁻¹ [II]

EXPYROL F-15, 3%

- a) Identifikace látky a nebezpečnosti
 - klasifikace přípravku: Xn pro 2-butoxyethanol.
 - R 20/21/22 – Zdraví škodlivý při vdechování, styku s kůží a při požití.

- R37 – Dráždí dýchací cesty.
 - Při hašení a aplikaci pěny nemířít na lidské obličej. Pěna zabraňuje možnosti dýchání.
- b) Složení
- Syntetický kapalný koncentrát k výrobě vzduchovny, založený na surface-aktivní podstatě s glycoetherem.
 - Obsah: 2-butoxyethanol, ethylenglykolmonobutylether, butyl-cellose, butyl-2-hydroxyethylether, glykol-n-butylether, 2-hydroxyethylbutylether.
- c) Opatření v případě náhodného úniku
- Bezpečnostní opatření pro ochranu osob: S2 – Skladujte mimo dosah dětí, S24/25 – Zamezte styku s kůží a očima.
 - Bezpečnostní opatření pro ochranu životního prostředí: Cvičební požáry a testy by se neměly uskutečňovat v oblastech ochrany vod a rezervoárech, ze kterých je přímo získávána pitná voda.
 - Doporučené metody čištění: Pěnové zbytky by měli mít umožněné vyschnout na místě použití a pak přemístit.
- d) Stálost, reaktivita, toxikologické a ekologické informace
- Neředit pro účely skladování, dlouhodobá skladovací teplota by neměla přeskočit 45°C nebo být nižší než -15 °C.
 - Akutní toxicita: LC₅₀ > 25.000 mg/kg (potkan)
 - Prvotní dráždění: kůže – nedráždí, oči – nedráždí. (testováno na morčeti)
 - Akutní toxicita pro vodní organizmy: ryby LC₅₀ 500 mg/l, bakterie LC₅₀ 670 mg.l⁻¹.
 - Rozložitelnost > 82 % dobrá
 - BSK₅: 580 000 mg.l⁻¹
 - CHSK: 1 073 000 mg.l⁻¹
 - Nepodléhá předpisům pro přepravu nebezpečných věcí. [12]

2.2.3 Hasící prášky

Hlavním principem hašení prášky je zpomalování chemické reakce hoření a u prášků univerzálních navíc izolace. [8] Částice prášku o velikosti asi 0,1 mm jsou pod tlakem vypuzovány z hasícího zařízení. Jako práškový mrak obsáhnou celé požářiště, odebírají tam energii požárem vzniklým radikálům a tím je likvidují (terminují). [6]

Podle možnosti použití k hašení se označují prášky podle tříd požáru:

- a) ABC prášky – vhodné pro hašení pevných, kapalných, plynných látek a hořlavých kovů (nelze s nimi však hasit alkalické kovy – sodík, draslík a pod.) Mají izolační účinek.
- b) BC prášky – vhodné pro hašení hořlavých kapalin a pevných látek, které se taví vlivem tepla a plynných látek, které mohou být navíc v elektrickém silovém poli. Jelikož nemají izolační ani chladící účinek, je nebezpečí znovuvznícení především u hašení hořlavých kapalin. Proto se kombinuje hašení práškem a bezprostředně nato pěnou.

- c) M prášky – speciální prášky M jsou vhodné pro hašení požárů hořlavých kovů nejen třídy D ale i alkalických kovů. [8]

Hašení hasícími prášky je nevhodné tam, kde by mohlo dojít k poškození jemných nebo točivých mechanismů.[8]

Hasící prášky se připravují smícháním anorganických a organických tuhých látek. Rozemletých na předepsané velikosti částic. Z nejvíce používaných je třeba jmenovat:

- hydrogenuhličitan sodný NaHCO_3 ,
- hydrogenuhličitan draselný KHCO_3 ,
- hydrogenfosforečnan amonný $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$,
- dihydrogenfosforečnan amonný $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$,
- síran amonný $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,
- síran sodný Na_2SO_4 ,
- síran draselný K_2SO_4 ,
- chlorid sodný NaCl ,
- chlorid draselný KCl .

Další anorganické sloučeniny, např. tetraboritan sodný (borax) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, nebo hexafluorohlinitan sodný (kryolit) Na_3AlF_6 , se používají pro přípravu prášků pro speciální účely. Z organických sloučenin se při výrobě prášků uplatňují zejména močovina $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, syntetická pryskyřice, silikony, soli kyseliny stearové, tvrdá smola a další. Hasící prášky, s výjimkou některých prášků hasících kovů, nejsou toxické. Hlavní složka BC prášků, hydrogenuhličitan sodný, se využívá v potravinářském průmyslu. Fosforečnany a síran amonný, které tvoří hlavní složku ABCD prášků, slouží v zemědělství jako hnojiva. Bez nebezpečí poškození flóry je možno ABCD prášky použít pro hašení lesních požárů. [6]

2.2.4 Inertní plyny

Některé látky v plynném skupenství jsou schopny hasit požár svým dusivým a zřed'ovacím efektem – vznikem inertního prostředí v určitém zařízení. Svým působením ochuzují požár o oxidační prostředky. Oddělují vzduch a v něm obsažený kyslík od požáru, případně ho vytěsňují. Jako hasební látka je z této skupiny plynů nejznámější oxid uhličitý. Pro vznik inertní atmosféry se používá dusík. Argon, ze skupiny vzácných plynů, tvoří součást některých hasebních medií. [6]

Oxid uhličitý je bezbarvý, nehořlavý plyn, slabě nakyslého zápachu a chuti. Je snadno zkapalnitelný, za normálního tlaku se mění při teplotě $-78,48^\circ\text{C}$ na tuhou, bílou hmotu podobnou sněhu. Oxid uhličitý je chemicky málo reaktivní plyn. Pravděpodobnost chemické reakce s hořícím médiem při požáru je malá. Existuje ovšem skupina látek (sodík, draslík, hořčík, zinek a jejich slitiny), se kterými reaguje při teplotách požáru snadno za vzniku látek hořlavých, výbušných a často i toxických na lidský organismus. [6]

Dusík jako hasební látka se může použít všude tam, kde by se použil oxid uhličitý. Jeho účinnost je sice nižší, ale nedrží se u země jako oxid uhličitý a tím neohrožuje zdraví přítomných osob (např. v šachtách, kanálech apod.). [6]

Argon patří do skupiny vzácných plynů. V hasebních látkách působí jako zcela netečný, ochranný plyn. Tento prvek není toxický a ani netvoří při zásahu toxické produkty. [6]

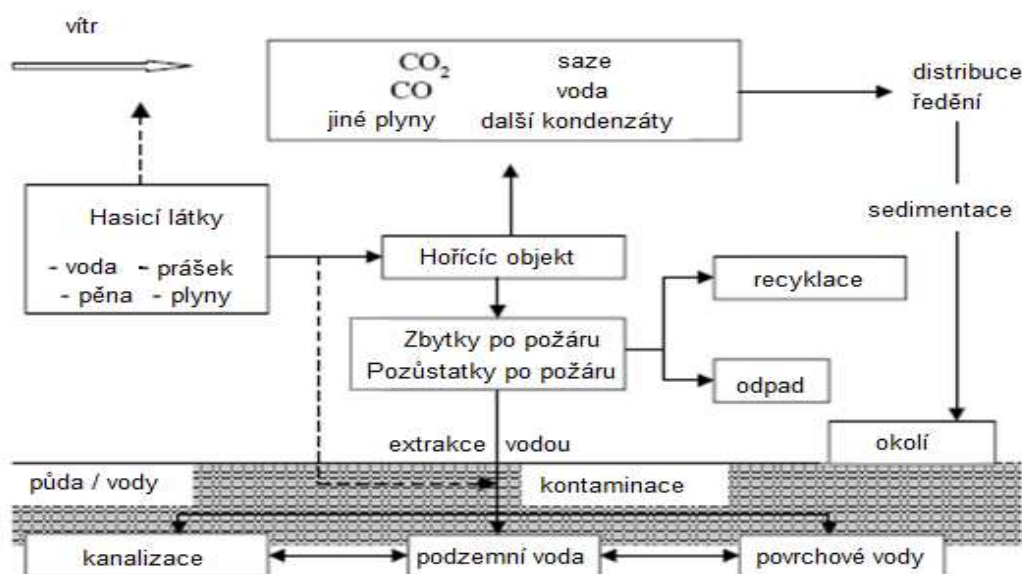
2.3 Sloučeniny vzniklé při spalování

Všechny hasební vody obsahují produkty spalování, u mnohých jsou předvídatelné toxické vlastnosti. Produkty hoření jsou např.: fosfáty, sírany, dusičnany, chlorované dioxiny a furany, PAU, aromatické uhlovodíky (BTEX), malé organické sloučeniny (formaldehyd, akrolein, butadien, vinylchlorid, atd.) a kovy. [13]

Zbytky ze spalování nevyhnutelně obsahují kovy, jako jsou typicky netěkavé kovy a po požáru zůstávají nezměněny. Kovy jsou nedílnou součástí stavebních prvků, a často jsou složkami barviv a pigmentů v nátěrových hmotách. Proto jsou často emitovány při požárech. Některé kovy (olovo, rtuť, kadmium, chrom a arsen) jsou vysoce toxické jak pro člověka, tak i pro život ve vodě, zatímco ostatní kovy jako měď, zinek, nikl jsou toxické pro vodní život, ale ne pro člověka. Arsen, na druhé straně, je mnohem více toxický pro člověka. Některé pigmenty v plastech obsahují kadmium. Měď, zinek a nikl se často nacházejí ve starších nátěrových hmotách. Kromě toho, že je akutní toxicita spjatá s kovy uvolněnými při požáru, je zde další obava z bioakumulace kovů do dalších trofických úrovní. [13]

Velké nebezpečí hrozí také zejména při požáru skladu pneumatik, vzhledem k chemickým látkám obsažených v pneumatikách, které mohou při spalování představovat riziko pro lidské zdraví a životní prostředí. Steer a kolegové studovali produkci chlorovaných dioxinů a furanů při požáru pneumatik založený vandaly v Ontariu v Kanadě v roce 1990. Bylo zjištěno, že olejnatý zbytek z ohně obsahuje vysokou koncentrací dioxinů i furanů. Pořízené zkušební vzorky ukázaly hodnoty dioxinů a furanů pod úroveň bezpečnosti vody. Podobné výsledky byly získány z jiných studiích na požáry pneumatiky a olejové zbytky (Thompson et al., 1993). Přestože dioxiny a furany z těchto typů požárů nepředstavují akutní toxicitu pro vodní ekosystém, přidání těchto perzistentních a bioakumulativních látek do potravního řetězce, a to i od jediné mimořádné události, může mít trvalý vliv na životní prostředí i lidské zdraví. [13]

Všechny vzniklé sloučeniny se mohou různými cestami dostat do půdy, vzduchu nebo do povrchové či podzemní vody (Obrázek 1).



Obrázek 1 - Cesta šíření kontaminace z požáru [14]

2.4 Toxicita

Toxicitou je představován účinek cizorodých látek na vodní společenstva organismů (rostlin a živočichů). Bez lidského zásahu se v přirozených biotopech působením meziproductů rozkladu těl organismů, např. amoniaku, metanu, oxidu uhličitého a sulfanu, projevuje přirozená toxicita. [15]

V hasebních vodách se často mohou nacházet toxické látky, které v lepším případě brzdí životní pochody a v horším případě organismy usmrčují. Existují i jiné způsoby projevu toxicity na biotopu a její vliv na chování organismů. Z tohoto faktu vyplývá možnost hodnocení toxicity dle situace v terénu z pohledu biologa. Znalec sledované lokality zaznamená jako prvotní varovný signál možné přítomnosti toxické látky redukcí počtu druhů (druhový deficit). Množství organismů na lokalitě je také podstatně nižší (počet jedinců v rámci druhu). Při studiu reprodukčního cyklu organismů je možné zaznamenat zvýšený výskyt rozmnožovacích částic, spor, cyst a jiných encystovaných a trvalých útvarů. Organismy dlouhodobě vystavené toxické látce mají v orgánech či po těle vytvořené teratologické útvary, u živočichů se dostávají dýchací potíže a křeče. [15], [16], [17]

Toxicita látek, přípravků a odpadů (popř. odpadních vod) je ovlivněna jejich rozpustností ve vodě, pH, chemickým složením, citlivostí vodních organismů (např. ryb) a v neposlední řadě i charakterem vodního prostředí. Toxicita se podle rychlosti působení látky na organismy, navíc rozlišuje na akutní a chronickou toxicitu. Při akutní toxicitě se jedovatý účinek projevuje velmi rychle, řádově po několika hodinách i minutách. Při chronické toxicitě se účinek projeví po týdnech, měsících. Zatímco při akutní toxicitě je ovlivněn přímo jí vystavený organismus, u chronické toxicity se její projevy zjišťují až na dalších vývojových generacích (problémy s plodností, degenerace na potomcích). [16]

Toxikologie se zabývá hlavně akutní toxicitou, založenou na testech akutní toxicity. Chronická toxicita (testy chronické toxicity) má význam pro pitné vody z hlediska stanovení prahových koncentrací a nejvyšších přípustných koncentrací látek ve vodě z hlediska požadavků chovu ryb. Nejvyšší přípustná koncentrace (NPK) látek je koncentrace látky a jejích metabolitů ve vodách, která při stálém působení nevyvolá negativní účinky na hydrochemický režim recipientů a na mikroorganismy, primární produkci recipientů, planktonní potravní organismy a ryby. Pro stanovení NPK je důležité nejprve provést testy akutní toxicity a navíc test detoxikace. Přejídnou kategorií mezi testy akutní a chronické toxicity jsou testy subchronické toxicity, založené na hodnocení fyziologických projevů a růstu s obdržím výsledků v krátké době (během 5 až 7 dní). [16], [17]

2.5 Třídy toxicity

Podstatou testů toxicity je zjištění střední účinné (efektivní) koncentrace EC_{50} , popř. LC_{50} (letální koncentrace) či IC_{50} (inhibiční koncentrace), která představuje koncentrací zkoušené látky mající za následek 50 % úhyn či 50 % snížení růstu nebo růstové rychlosti ve vztahu ke kontrolnímu vzorku. Testy na chlorokokální řase je zjišťován vliv toxické látky na inhibici růstu (IC_{50}), na korýších a akvariálních rybách vliv látky na úmrtnost (LC_{50} , EC_{50}), na semenech je zjišťována inhibice klíčivosti (IC_{50}). [17]

Výsledek toxikologických testů je negativní nebo pozitivní. Negativní výsledek je v případě, kdy v neřaděném výluhu neuhyne žádná ryba *Poecilia reticulata*, úhyn nasazených perlooček *Daphnia magna* v neřaděném výluhu nepřekročí limit 10 %; inhibice růstu na řase *Scenedesmus quadricauda* se neprokáže o více než 30 % a stimulace růstu nepřekročí více než 100 % v porovnání s kontrolou; v testu s neřaděným výluhem na semenech *Sinapis alba* se neprokáže inhibice růstu kořene v limitech stejných jako v případě testu na zelené řase. [17]

Hodnocení dle zjištěné hodnoty efektivní koncentrace např. během 48 hodin expozice, označené jako 48h EC₅₀. Testované látky se tak zařazují do sedmi tříd toxicity, 0. až 6. třída:

0. - látky nejedovaté, zjištěná 48h EC₅₀ je vyšší než 10 000 mg.l⁻¹
1. - látky velmi slabě jedovaté, 48h EC₅₀ v rozmezí 1 000 mg.l⁻¹ až 10 000 mg.l⁻¹
2. - látky slabě jedovaté, 48h EC₅₀ v rozmezí 100 mg.l⁻¹ až 1 000 mg.l⁻¹
3. - látky středně jedovaté, 48h EC₅₀ v rozmezí 10 mg.l⁻¹ až 100 mg.l⁻¹
4. - látky silně jedovaté, 48h EC₅₀ v rozmezí 1 mg.l⁻¹ až 10 mg.l⁻¹
5. - látky velmi silně jedovaté, 48h EC₅₀ v rozmezí 0.1 mg.l⁻¹ až 1 mg.l⁻¹
6. - látky mimořádně jedovaté, 48h EC₅₀ méně než 0.1 mg.l⁻¹ [17]

Pro posouzení odezvy testovacího organismu na možný toxický účinek se hodnota efektivní koncentrace doplňuje dalšími hodnotami. Např. EC₅ představuje koncentraci s úhynem 5 % jedinců v daném časovém úseku, dříve se označovala jako minimální letální koncentrace. EC₉₅ představuje koncentraci s 95 % úhynem nasazených jedinců. Obdobou je i uvádění hodnot EC₁₀ či EC₉₀. Toxické působení látky na testovací organismus lze blíže specifikovat hodnotami koncentrací LOEC a NOEC. LOEC, lowest observed effect concentration, představuje nejnižší koncentraci testovaného vzorku, při které jsou pozorovány účinky. NOEC, no-observed effect concentration, představující nejvyšší koncentraci testovaného vzorku nevyvolávající žádné pozorovatelné účinky. [17]

2.6 Testy podle doby expozice

2.6.1 Přehled testů akutní toxicity

Mezi nejznámější a nejrozšířenější v laboratorní praxi patří standardní laboratorní testy akutní toxicity. Ve světě existuje celá řada ekotoxikologických metodik. Jako velice perspektivní se jeví snaha rozšířit do co největšího počtu zemí jednotnou metodiku a jednotné hodnocení toxicity látek. V jednotlivých zemích světa byly standardizovány různé metodiky umožňující porovnání výsledků mezi laboratořemi. Mezi nejrozšířenější patří metodiky ISO a OECD. Z důvodů porovnatelnosti výpovědní hodnoty jednotlivých testů a použitých organismů, se neprovádí testování látky pouze na jednom typu organismu, ale látka se aplikuje alespoň na tři druhy. Toto paralelní testování se označuje jako základní baterie testů, založené na poznatku o stavbě a propustnosti buněčné stěny u různých organismů, např. destruent, producent a konzument. Baterie využívá rozdílného charakteru skladby buněčné stěny bakteriálního, rostlinného a živočišného typu buňky. Nejpoužívanější baterií testů akutní toxicity jsou testy na bakteriích (bioluminiscenční bakterie *Vibrio fischeri*), testy toxicity na řasách (chlorokokální druh *Scenedesmus quadricauda* kmen Greifswald 15), testy toxicity na semenech (krátkodobý test klíčivosti na semenech hořčice bílé *Sinapis alba*),

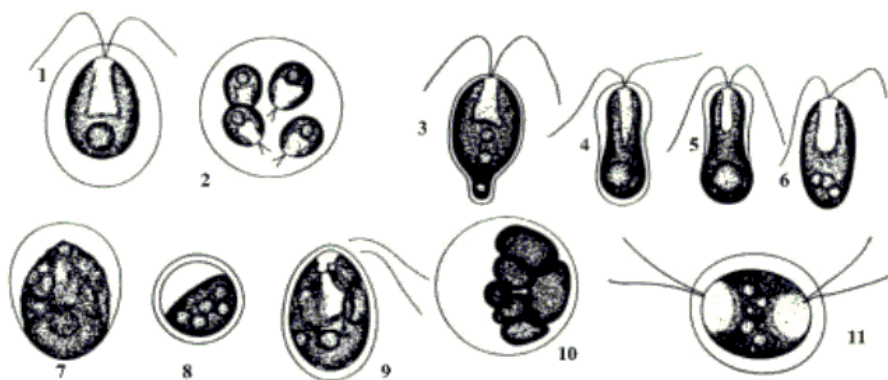
bezobratlých (testy toxicity na koryších, např. perloočka *Daphnia magna* STRAUS) a testy toxicity na rybách (akvariijní rybka *Poecilia reticulata* či *Brachydanio rerio*). [18]

2.6.2 Přehled testů chronické toxicity

Zjišťování chronické toxicity má význam z hlediska stanovení prahových koncentrací látky v pitné vodě, nejvyšších přípustných koncentrací látek z hlediska požadavků chovu ryb a z hlediska dlouhodobějšího zatížení krajiny. Negativní vliv toxické látky je patrný až na dalších vývojových stádiích, generacích a potomcích, na snížení porodnosti, výskytem degenerativních útvarů a možným přenosem dědičných vad a chorob. Testy chronické toxicity se provádí zejména na řasách a vodních koryších. Při testu na řasách se volí jako testovací organismus kultura řas splňující podmínku heterothalie (rozmnožování asexuální, tvorba autospor). Cílem testu je stanovení hraničních koncentrací, ve kterých je možný život vybraných organismů. Sledování probíhá celý měsíc, kontroluje se rozmnožování zeleného bičíkovce v kultuře a porovnávají se růstové křivky v různých koncentracích toxické látky s kontrolou. Při mikroskopické analýze je vhodné zaznamenávat i odchylky od normálního vzhledu kultury (Obrázek 2). [17]

Při použití vodního koryše *Daphnia magna* se provádí reprodukční test za účelem zjištění účinku předpokládané toxické látky na jeho reprodukci. Metodika testu je obdobná jako v případě uvedeném v kapitole 2.10.1.1, s tím rozdílem, že doba testu probíhá 21 dní dle ISO 10 706. Během testu se zaznamenává počet narozených jedinců a na konci testu se zjistí celkové množství narozených organismů v porovnání s kontrolou. [19]

Během testu se organismy každý druhý až třetí den krmí a pravidelně se vyměňuje testovaná látka (důvodem jsou možné rozkladné procesy a znehodnocení testu). Do praxe se postupně zavádí alternativa dlouhodobého testu na *Daphnia magna* dle ISO/CD 20 664 s dobou expozice 7 dní. Jako testovací organismus lze použít *Ceriodaphnia dubia* dle ISO/CD 20 665 a *Brachionus calyciflorus* dle ISO/CD 20 666. [17]



Obrázek 2 - Příklad morfologických změn řasy *Chlamydomonas gelatinosa* způsobených vlivem toxické látky: (1) vegetativní buňka ze zdravé kultury, (2) příklad tvorby zoospor, (3 - 6,11) tvarové odchylky a změny v počtu pyrenoidů, (7) buňky s kontrahovaným protoplastem a (8) s pěti pyrenoidy, (9) buňka odhazující bičíky v toxické substanci, (10) anomální tvar buňky. [17]

Krátkodobý test klíčivosti na semenech *Sinapis alba* lze doplnit i dlouhodobým pozorováním exponovaných klíčících semen (subchronická toxicita). Metoda dlouhodobého testu na semenech hořčice bílé spočívá v tom, že se semena pěstují na speciálně připravené půdě. Živná půda se vaří minimálně po dobu 30 minut na vodní lázni, dokud není roztok čirý, po vychladnutí na cca 40°C se 40 ml půdy nalije do kelímku o objemu 200 ml a přelije se 160 ml vody s testovanou látkou (ředění 1 : 4) a nechá se ztuhnout. Obdobným způsobem se připraví půdy s různými koncentracemi testované látky a na povrch zatuhnuté půdy v kelímku se naseje 20 semen hořčice, překryje se Petriho miskou a nechá se klíčit po dobu 48 hodin. Kelímky se poté odkryjí a přenesou se na osvětlené místo, test probíhá po dobu 14 až 16 dní (po objevení pravých lístků). [17] Vyhodnocení testu spočívá v porovnávání délky kořínků a nadzemních částí rostlinek, popř. váhy nadzemních částí.

2.7 Testy podle úrovně, na které jsou testy prováděny

Testy toxicity se provádějí na třech úrovních, a to: (1) na úrovni buněk a tkání (používají se pro teoretické objasnění poznatků získaných při pokusech na organismech, výhodou je jejich dobrá reprodukovatelnost a naopak nevýhodou je značná odlišnost výsledků „*in-vitro*” od výsledků obdržných „*in-vivo*”); (2) na úrovni jedinců či organismů (můžeme se setkat s potížemi spojenými s reprodukovatelností); (3) na úrovni společenstev, biocenóz (sleduje se toxický účinek v přírodě či na modelu, nevýhodou je fakt, že toxický účinek se nemusí projevit vždy stejně, různé reakce na určitý druh, narušení potravních řetězců). [20]

2.8 Testy podle úrovně vývoje metodiky

2.8.1 Biotesty 1. generace

První generace testů je představována klasickými, standardními a konvenčními metodikami, které jsou založené na akutních testech na v laboratoři chovaných organismech a udržovaných kulturách, příkladem jsou ryby druhů *Poecilia reticulata* (živorodka duhová) a *Brachydanio rerio* (danio pruhovaný), korýši *Daphnia magna* (hrotnatka obecná), chlorokokální řasy druhů *Scenedesmus quadricauda* a *Scenedesmus subspicatus*, semena klíčících kulturních rostlin *Sinapis alba* (hořčice bílá) a *Lactuca sativa* (salát setý). [17]

2.8.2 Biotesty 2. generace

Druhá generace testů toxicity se začíná v současné době stále více používat a je představována alternativními biotesty, známé pod názvem mikrobiotesty. Tyto testy využívají klidová stadia testovaných organismů. V případě testů na bezobratlých (perloočky, viřníci) se používají cysty (viřníci) a ehipia (dafnie), testů na rybách se aplikují tkáňové kultury a jikry, v testech na bakteriích se používají lyofilizované kultury, v řasových testech imobilizované a hluboce zamražené řasové kultury. Nověji je původní test na klíčících rostlinách nahrazován testem na kalusu (tkáňová kultura nediferenciovaných buněk). [17]

2.8.3 Biotesty 3. generace

Zcela na počáteční úrovni je třetí generace testů toxicity, která využívá biosenzory a biofondy a je založena na fluorescenčním značení toxické látky. [17]

2.9 Testy podle trofické úrovně testovacích organismů

2.9.1 Zkouška na producentech

Řasové biotesty slouží ke sledování vlivu chemických i environmentálních látek na růst planktonních sladkovodních řas. Zelené řasy patří do skupiny producentů hojně se vyskytujících v našich vodách a představují důležitý článek potravního řetězce. Z toho vyplývá důležitost testování vlivu látek právě na tento organismus. Producenti jsou organismy živící se anorganickými látkami, z nichž syntetizují organické látky. Je-li při syntéze organických látek zdrojem energie světelné záření, proces se označuje jako fotosyntéza. Typickými zástupci producentů jsou mikroskopicky pozorovatelné sinice a řasy a makroskopicky pozorovatelné mechorosty, kaprad'orosty a semenné rostliny. [21]

2.9.2 Zkouška na konzumentech

Konzumenti jsou organismy přijímající hotové organické látky, které ve svém těle zpracovávají endoenzymy a tyto rozložené látky používají ke stavbě svého těla. Patří sem většina zástupců jednobuněčných (prvoci) a mnohobuněčných organismů. Výživa vývojově vyššího organismu závisí na výskytu vývojově nižšího organismu, podle toho se rozlišují konzumenti prvního, druhého, třetího a vyššího řádu. Konzumenti prvního řádu se živí rostlinnou stravou, jsou primárními konzumenty. Sekundárními konzumenty jsou masožravci, terciální konzumenti jsou predátoři drobných masožravců. [22]

2.9.3 Zkouška na destruentech

Destruenti, tzv. rozkladači, se živí hotovými organickými látkami. Typickými zástupci destruentů jsou většinou viry, bakterie a houby *Mycophyta*. Metoda dle ČSN EN ISO 11 348 je založena na sledování ve změně luminiscence mořských světélkujících bakterií *Vibrio fischeri* (*Photobacterium phosphoreum*) způsobené vystavení toxické látky a zjištění hodnoty relativní inhibice bioluminiscence. [23]

Bakteriální kultura se používá v podobě lyofilizovaného materiálu. Porovnávacím roztokem je chlorid sodný ve výsledné 2 % koncentraci (velmi důležité je dodržení, protože se jedná o mořské organismy). Test probíhá při teplotě 15°C po dobu 15 minut. K provedení testu se používá luminometr a postupuje se dle návodu od výrobce zařízení. Měří se množství emitovaného světla luminometrem před a po přidání testované látky. Změna intenzity poukazuje na možný toxický účinek. Bioluminiscence je velmi rychlá, z tohoto důvodu je nutné dodržovat časový interval mezi jednotlivými měřeními, který je 30 až 60 sekund. Vyhodnocením testu je zjištění inhibiční koncentrace 15min IC₅₀. [23]

2.10 Testy na hodnocení stavu ekosystému

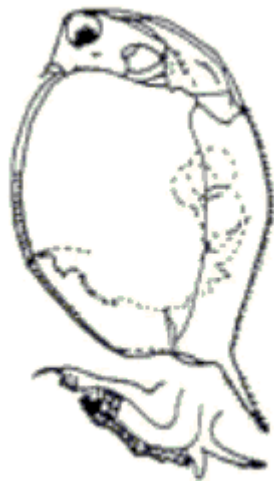
2.10.1 Standardní testy toxicity

2.10.1.1 Test akutní toxicity na perloočkách *Daphnia magna*

Metodika používaná při testech na korýších je ČSN EN ISO 6341, kterou se zjišťuje inhibice pohyblivosti perlooček. [24]

Asi 2 hodiny před testem se doporučuje odlovit mladé dafnie o stáří maximálně do 24 hodin od vylíhnutí do nádobky s ředící vodou a nakrmit je kulturou chlorokokální řasy přidané v podobě několika kapek k roztoku. Do každé koncentrace se nasazuje po 10 až 60 kusech *Daphnia magna*, stejným způsobem se nasadí i kontrola. Test probíhá po dobu 48 hodin, při teplotě $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, bez aerace a bez krmení perlooček. Během testu se zaznamenává chování (imobilizace) a úhyn perlooček za 24 hodin a 48 hodin. Zjištěné hodnoty I_i během 24 a 48 hodin se přepočítají na procentuelní imobilizaci a spolu odpovídajícími koncentracemi se použijí pro sestavení grafu, kde na ose x jsou koncentrace v jednotkách a na ose y imobilizace v procentech. Lineární regresí se zjistí hodnota inhibiční koncentrace 48h IC_{50} . [24]

Správnost přípravy pracovních roztoků a použití životaschopných jedinců limituje hranice maximálně 10 % mortality či imobilizace v kontrolním roztoku. Cílem testu je zjištění vlivu vodou vyluhovatelných látek na mortalitu a imobilizaci (tj. makroskopicky pozorovatelná neschopnost samostatného prostorového pohybu) drobného korýše *Daphnia magna* (Obrázek 3). [24]



Obrázek 3 - Perloočka *Daphnia magna*, dospělý jedinec s detailem končetiny. [17]

2.10.1.2 Test inhibice růstu zelené řasy *Raphidocelis subcapitata*

Zkouška inhibice růstu sladkovodních řas *Desmodesmus subspicatus*, *Pseudokirchneriella subcapitata*, *Scenedesmus quadricauda* je standardizována metodikou ČSN EN ISO 8692. Princip testu spočívá ve stanovení toxického účinku vodou vyluhovatelné látky na inhibici růstu a rozmnožování chlorokokální řasy v jednotlivých koncentracích sledované látky ve srovnání s kontrolami v čistém živném

roztoku. Pro testování lze použít kulturu chlorokokální řasy *Desmodesmus subspicatus*, *Pseudokirchneriella subcapitata* a *Scenedesmus quadricauda*. [25]

Jednodruhové řasové kmeny se kultivují po několik generací v definovaném médiu, obsahujícím koncentrační řadu zkoušeného vzorku, připravenou smícháním příslušných objemů růstového média, zkoušeného vzorku a inokula exponenciálně rostoucích řasových buněk. Zkoušené sady jsou inkubovány po dobu 72 ± 2 h, během níž se v každém zkoušeném roztoku měří hustota buněk alespoň jednou za 24 h.

2.10.1.3 Test akutní toxicity na rybách *Poecilia reticulata* a *Brachydanio rerio*

Výchozí metodikou pro test akutní toxicity je norma ČSN EN ISO 7346. Cílem testu je stanovení toxicity vodou vyluhovatelných látek na ryby. Testovacím materiálem je akvarijní ryba *Poecilia reticulata* (živorodka duhová) či *Brachydanio rerio* (danio pruhovaný), které lze nahradit druhem *Pimephales promelas*. [26]

Při testech je potřeba pracovat v souladu se zněním Zákona č.246/1992 Sb. Na ochranu zvířat proti týrání [27] a dále Vyhlášky Mze ČR č.311/1997 Sb. O chovu a využití pokusných zvířat. [28] Test probíhá při teplotě $22 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, bez aerace a bez krmení organismů. Zředovací vodou je pracovní roztok solí použitý v požadovaném objemu 100 ml na jednoho jedince. Počet testovaných organismů v jedné koncentraci je 3 až 10 kusů (v jedné sérii testu je vhodné nasadit vždy stejný počet). Test probíhá za uvedených standardizovaných podmínek po dobu 48 hodin, dle metodik ISO se prodlužuje až na 96 hodin. V průběhu testu se zaznamenává chování ryb, měří se pH, koncentrace rozpuštěného kyslíku a teplota. Provádí se předběžný test s rozpětím deseti koncentrací po pěti kusech ryb v každé koncentraci. Na základě zjištěných výsledků se provádí základní test ve třech paralelních stanoveních (10 koncentrací po 10 kusech ryb), z nichž se vypočítá hodnota letální koncentrace 96 h LC₅₀ a do výsledků se uvede její průměrná hodnota. Správnost provedení testu je dána nepatrným rozdílem ve zjištěných dílčích LC₅₀, které se nesmí lišit o více než 30 %. [26]

Zjištění efektivní koncentrace je založeno na procentuální inhibici I_i v jednotlivých koncentracích v porovnání s kontrolou (pouze pracovní roztok s nasazenými organismy). Procentuální inhibici I_i v jednotlivých koncentracích vyneseme do grafu na osu y, na osu x vyneseme jednotlivé koncentrace. Lineární regresí se zjistí hodnota letální koncentrace LC₅₀. [26]

2.10.1.4 Test inhibice růstu kořene hořčice bílé *Sinapis alba*

Test byl vyvinut k testování účinku odpadních vod na závlahy. Při této zkoušce se využívá citlivosti klíčících semen hořčice bílé *Sinapis alba* v počátečních stádiích vývoje rostliny na toxické látky. Test spočívá v kultivaci semene na filtračních papírech v Petriho miskách nasycených roztoky zkoumaných látek ve srovnání se semeny, které rostou na filtračních papírech v Petriho miskách nasycené ředící vodou. Test probíhá 72 hodin v termostatu při 20 °C za tmy. [17]

2.10.2 Alternativní testy

Alternativní testy, mikrobiotesty, využívají k testování klidová stádia testovacích organismů, tj. vajíčka, cysty, ehipia, tkáně, lyofilizované a imobilizované kultury organismů. Testům se někdy říká miniaturizované testy, což je dáno minimálním množstvím objemů potřebných pro testování, minimálním požadavkem na laboratorní

prostory a vybavení. Malou spotřebou testovaných roztoků umožňují provedení více paralelních testů, alternaci při vyhodnocování a v případě potřeby i opakování testu. Díky řízení produkce testovacích organismů z jejich klidových stádií (cyst a ephipií), imobilizovaných kultur řas a lyofilizovaných kultur bakterií lze provádět testy na zakázku. Líhnutí testovacích organismů a příprava kultur záleží na typu organismu, např. líhnutí vířníků z cysty probíhá maximálně 24 hodin, líhnutí korýšů trvá od 24 do 72 hodin od počátku inkubace. Nejpoužívanějšími bateriemi testů jsou: Rotoxkit (vířník *Brachionus calyciflorus*), Thamnotoxkit (korýš *Thamnocephalus platyurus*), Daphtoxkit (korýš *Daphnia pulex*, *D. magna*), Algaltoxkit (řasa *Selenastrum capricornutum*, syn. *Raphidocelis subcapitata*). [17]

2.11 Fytotesty

Testy na vyšších cévnatých rostlinách - test klíčivosti a růstu kořenů hořčice. Tyto testy mají zatím určité nedostatky především v jednostrannosti provedení testu, výběru testovacího organismu, vyhodnocení i interpretaci výsledků. Pro testy toxicity se používá především hořčice bílé (*Sinapsis alba*), řeřichy seté (*Lepidium sativum*), ředkvičky seté (*Raphanus sativa*), salátu hlávkového (*Lactuca sativa*) a další. Vyhodnocení probíhá obvykle (např. 72 hod. test u hořčice) měřením délky kořene (je však možno měřit i biomasu nadzemní části případně zjišťovat aktivitu řady enzymů (dehydrogenáz, fosfatáz, oxidáz, peroxidáz). [29]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Pro experimentální testy akutní toxicity byly vybrány testy akutní toxicity na řasách podle ČSN EN ISO 8692. Metoda je založena na stanovení toxického účinku vodou vyluhovatelné látky na inhibici růstu a rozmnožování zelených řasy v jednotlivých koncentracích sledované látky ve srovnání s kontrolami v čistém živném roztoku. Výstupem tohoto testu je inhibiční koncentrace 72h IC₅₀. Další test byl zvolen na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba*), který byl vyvinut k testování účinku odpadních vod na závlahy. Při této zkoušce se využívá citlivosti klíčících semen hořčice bílé v počátečních stádiích vývoje rostliny na toxické látky. Výstupem tohoto testu je inhibiční koncentrace 72h IC₅₀.

Nejprve se provede orientační zkouška, kdy se test provádí v širokém rozsahu koncentrací vodného roztoku (0,1, 1, 10, 100 ml.l⁻¹). Poté se provede vlastní zkouška, na základě výsledků orientační zkoušky, připraví vhodná koncentrační řada.

3.1 Uchování vzorků a použité vzorky

Z důvodu větší časové náročnosti ekotoxikologických testů a potřeby uchování vzorků pro případné ověření výsledků stanovení ekotoxicity se prodlužuje doba jejich skladování na dobu nezbytně nutnou pro možné opakování testů. Vzorky se uchovávají v těsně uzavřených nádobách, v temnu, při teplotě do 4 °C. [30]

Vzorek: Roztok hasební vody z požáru viz Tabulka 1.

Tabulka 1 - Vzorek

Plán vzorkování	
Obecné informace	
Plán vzorkování vytvořil: Tereza Rybková	Vzorkování bude provádět: Cihelník Stanislav
Kontakt: terezarybkova@gmail.com	Kontakt: stanislav.cihelnik@skoda-auto.cz
Cíl vzorkování: Odebrat vzorky hasební vody ze zkušebního požáru	
Vzorek	
Druh: Kapalina s pevnou substancí	Místo: Mladá Boleslav
Původ a vznik: Zkouška požáru ve skladu plastů v areálu Škoda Auto Mladá Boleslav	
Postup vzorkování	
Upřesnění místa odběru: Sklad plastů	
Datum a čas odběru: 12. 7. 2009 13:32 hod.	
Osoba provádějící odběr: Cihelník Stanislav	
Způsob vzorkování: Sběr odtékající vody do vzorkovnice z požáru	
Druh pěnidla: FIRE ADE	
Celkové množství použité vody při hašení: 3 500 l	
Počet vzorků, které budou odebrány: 1	
Velikost vzorků: 150 ml	

Značení vzorků: vz.1/plasty
Požadavky na balení, konzervaci a skladování
Vzorkovnice, plnění: skleněná vzorkovnice o objemu 200 ml
Konzervace: po odebrání uložit do temna a chladu (4 °C)
Skladování: v lednici nastavené na 4 °C
Zkušební laboratoř: CDV Křížíkova
Datum doručení: 13. 7. 2009

3.2 Zásobní roztoky

3.2.1 Příprava zásobního roztoku pro testy na perloočkách a semenech

Připravují se následující zásobní roztoky solí, jejichž konečné koncentrace odpovídají požadavkům ČSN EN ISO 7346-2 a ČSN EN ISO 6341:

Zásobní roztok č. 1: 117,6 g CaCl₂·2H₂O se rozpustí ve vodě a roztok se doplní vodou na objem 1 litru.

Zásobní roztok č. 2: 49,3 g MgSO₄·7H₂O se rozpustí ve vodě a roztok se doplní vodou na objem 1 litru.

Zásobní roztok č. 3: 25,9 g NaHCO₃ se rozpustí ve vodě a roztok se doplní vodou na objem 1 litru.

Zásobní roztok č. 4: 2,3 g KCl se rozpustí ve vodě a roztok se doplní vodou na objem 1 litru.

Na 1 litr ředící vody se dává 2,5 ml každého zásobního roztoku: do odměrné baňky o objemu 1 l se nalije část destilované vody, nadávkuje se zásobní roztoky a objem se doplní destilovanou vodou po rysku. Takto připravená ředící voda se 24 hodin sytí vzdušným kyslíkem (aerace). Poté se nechá dalších 24 hodin odstát a zkontroluje se hodnota pH, která by se měla pohybovat v rozmezí 7,8 ± 0,2. Případná úprava pH se provádí roztokem 1M-NaOH nebo 1M-HCl. Takto připravená ředící voda se před použitím v testu nemusí dále upravovat. [30]

3.2.2 Příprava zásobního roztoku pro testy na zelených řasách

Norma ISO 8692 uvádí složení roztoků solí, uvedené v Tabulka 2.

Tabulka 2 - Hmotnostní koncentrace živin ve zkoušeném roztoku [25]

Zásobní roztok	Živina	Hmotnostní koncentrace v zásobním roztoku	Konečná hmotnostní koncentrace ve zkoušeném roztoku
Zásobní roztok 1: makrosložky živin	NH ₄ Cl	1,5 g.l ⁻¹	15 mg.l ⁻¹
	MgCl ₂ ·6H ₂ O	1,2 g.l ⁻¹	12 mg.l ⁻¹
	CaCl ₂ ·2H ₂ O	1,8 g.l ⁻¹	18 mg.l ⁻¹
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	1,5 g.l ⁻¹	15 mg.l ⁻¹
	KH ₂ PO ₄	0,16 g.l ⁻¹	1,6 mg.l ⁻¹
Zásobní roztok 2: Fe-EDTA	FeCl ₃ ·6H ₂ O	64 mg.l ⁻¹	64 µg.l ⁻¹
	Na ₂ EDTA·2H ₂ O	100 mg.l ⁻¹	100 µg.l ⁻¹

Zásobní roztok 3: stopové prvky	H ₃ BO ₃ ^a	185 mg.l ⁻¹	185 μ.l ⁻¹
	MnCl ₂ ·4H ₂ O	415 mg.l ⁻¹	415 μ.l ⁻¹
	ZnCl ₂	3 mg.l ⁻¹	3 μ.l ⁻¹
	CoCl ₂ ·6H ₂ O	1,5 mg.l ⁻¹	1,5 μ.l ⁻¹
	CuCl ₂ ·2H ₂ O	0,01 mg.l ⁻¹	0,01 μ.l ⁻¹
	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	7 mg.l ⁻¹	7 μ.l ⁻¹
Zásobní roztok 4: NaHCO ₃	NaHCO ₃	50 g.l ⁻¹	50 mg.l ⁻¹
^a H ₃ BO ₃ může být rozpuštěna přidáním 0,1 mol/l NaOH			

3.3 Test inhibice růstu zelené řasy *Raphidocelis subcapitata*

Jednodruhové řasové kmeny se kultivují po několik generací v definovaném médiu. Předkultivace by měla být započata dva až čtyři dny před začátkem zkoušky. Růstové médium je inokulováno dostatečně nízkou hustotou buněk (5 x 10³ buněk/ml až 10⁴ buněk/ml po třetím dni předkultivace) z důvodu udržení exponenciálního růstu do začátku zkoušky. Předkultivace by měla být inkubována za podmínek stejných, jako jsou při zkoušce. Tato exponenciálně rostoucí předkultivace je použita jako inokulum pro zkoušku. Bezprostředně před použitím předkultivace se změní hustota buněk, aby se spočítal potřebný objem inokula. [25]

Zkoušené a kontrolní sady se připraví smícháním vhodných objemů zkoušeného vzorku nebo zásobních roztoků zkoušené látky, růstového média a inokula ve zkoušených nádobách. Zkušební nádoby by měly být dostatečně uzavřeny, aby se zabránilo vzdušné kontaminaci a snížilo se odpařování vody, ale neměly by být vzduchotěsné z důvodu umožnění vstupu CO₂ do nádob. Zkušební nádoby se inkubují při 23 °C ± 2 °C při kontinuálním bílém světle. Světelná intenzita na průměrné úrovni zkoušeného média by měla být homogenní v mezích ± 10 % a rozsahu od 60 μmol/(m²·s) do 120 μmol/(m²·s) při měření ve fotosynteticky účinném rozsahu vlnových délek od 400 nm do 700 nm při použití příslušného receptoru. Optimální vzdálenost zářivek je přibližně 0,35 m od média s řasovou kulturou. Pro přístroje na měření světla, kalibrované v luxech, je pro tuto zkoušku přijatelný odpovídající rozsah od 6 000 lx do 10 000 lx. Kultury se kontinuálně protřepávají, promíchávají nebo provzdušňují za účelem udržení buněk ve volné suspenzi a usnadnění přístupu CO₂ ze vzduchu do vody, a tím snížení odchylky pH. [25]

Řasový mikrobiotest je miniaturizovanou formou klasického řasového testu. Místo Erlenmayerových baněk se pro kultivaci řasové suspenze používají mikrotitrační destičky. Připravené koncentrace se dávkuje do destiček (ploché dno, 9x12 cm, 96 jamek po 300 μl) v množství 250 μl do jamky. Před pipetováním je nezbytné roztok řádně promíchat, protože řasy poměrně rychle sedimentují. Roztoky se do jamek v destičce dávkuje podle uvedeného schématu (Obrázek 4). Dávkuje se 225 μl suspenze řas o požadované hustotě buněk + 25 μl testované látky. Do řádku „E“ (jamka 2-11) se dávkuje kontrola (225 μl suspenze řas + 25 μl destilované vody). Testované koncentrace se pipetují do sloupce 2-11 v rozmezí řádků B-G. Koncentrace vzrůstá zleva doprava. Jednotlivé sloupce jsou naplněny roztokem o stejné koncentraci. Zbývající jamky po obvodu destičky se plní destilovanou vodou. Celá destička se překryje parafilmem a víčkem. [31]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
B	H ₂ O	C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4	C5	H ₂ O
C	H ₂ O	C1	C2	C3								H ₂ O
D	H ₂ O	C1	C2	C3								H ₂ O
E	H ₂ O	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	H ₂ O
F	H ₂ O	C1	C2	C3								H ₂ O
G	H ₂ O	C1	C2	C3								H ₂ O
H	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O

Obrázek 4 - Schéma dávkování roztoků do jamek mikrotitrační destičky.

Nejprve se vypočítá průměrná specifická růstová rychlost, μ , pro každou zkoušenou kulturu za použití rovnice (2).

$$\mu = \frac{\ln x_L - \ln x_0}{t_L - t_0} \quad [\text{d}^{-1}] \quad (2)$$

kde t_0 je doba začátku zkoušky;

t_L doba ukončení zkoušky (nebo doba posledního měření během období exponenciálního růstu v kontrolních kulturách);

x_0 jmenovitá počáteční hustota buněk;

x_L hustota buněk měřená v době t_L .

Vypočítá se střední hodnota μ pro každou zkoušenou a kontrolní sadu. Z těchto hodnot se vypočítá inhibice v procentech pro každou zkoušenou sadu z rovnice (3).

$$I_{\mu i} = \frac{\mu_c - \mu_i}{\mu_c} \cdot 100 \quad (3)$$

kde $I_{\mu i}$ je inhibice v procentech (růstová rychlost) pro zkoušenou koncentraci i [%];

μ_i střední růstová rychlost pro zkoušenou koncentraci i [d^{-1}];

μ_c střední růstová rychlost u kontrolního vzorku [d^{-1}].

Hodnoty IC_{50} (koncentrace zkoušeného vzorku, která má za následek 50% snížení specifické růstové rychlosti ve vztahu ke kontrolním vzorkům) a metody určení:

U každé koncentrace se vypočítá normalizovaná inhibice ($I_{\mu i}$) a zanesou do grafu proti koncentracím. Jestliže je rozptyl bodů velký, vyznačí se možnosti s odpovídajícími směrodatnými odchylkami. Regresní analýzou se pro experimentální body sestrojí vhodný nelineární model za účelem stanovení hodnot IC_{50} , pokud možno s jejich intervaly spolehlivosti. [25]

Zkouška se považuje za platnou, pokud jsou splněny následující podmínky.

- Průměrná růstová rychlost kontrolního vzorku musí být nejméně $1,4 \text{ d}^{-1}$. Tato růstová rychlost odpovídá přírůstku hustoty buněk 67krát za 72 h.
- Variační koeficient růstových rychlostí kontrolního vzorku nesmí překročit 5 %.
- Hodnota pH v kontrolním vzorku nesmí během zkoušky vzrůst o více než 1,5 jednotky v porovnání s hodnotou pH růstového média.

Nárůst hodnoty pH během zkoušky může mít značný vliv na výsledky, a proto je stanoven limit 1,5 jednotky. Tyto změny by však měly být pokud možno co nejmenší; lze toho dosáhnout např. kontinuálním promícháváním (třepáním) během zkoušky. [25]

3.3.1 Orientační zkouška

Tabulka 3 - Orientační zkouška na řasách

Koncentrace c [ml.l ⁻¹]	x_{0hod}	x_{24hod}	μ_{i24hod} [d ⁻¹]	x_{48hod}	μ_{i48hod} [d ⁻¹]	x_{72hod}	μ_{i72hod} [d ⁻¹]	Prům. μ_i	I_{μ_i} [%]
Kontrola	8 889	35 555	1,39	156 667	1,44	626 667	1,42	1,42	0
0,1	8 889	11 667	0,27	13 889	0,22	16 667	0,21	0,23	83,80
1	8 889	0	0	0	0	0	0	0	100
10	8 889	0	0	0	0	0	0	0	100
100	8 889	0	0	0	0	0	0	0	100

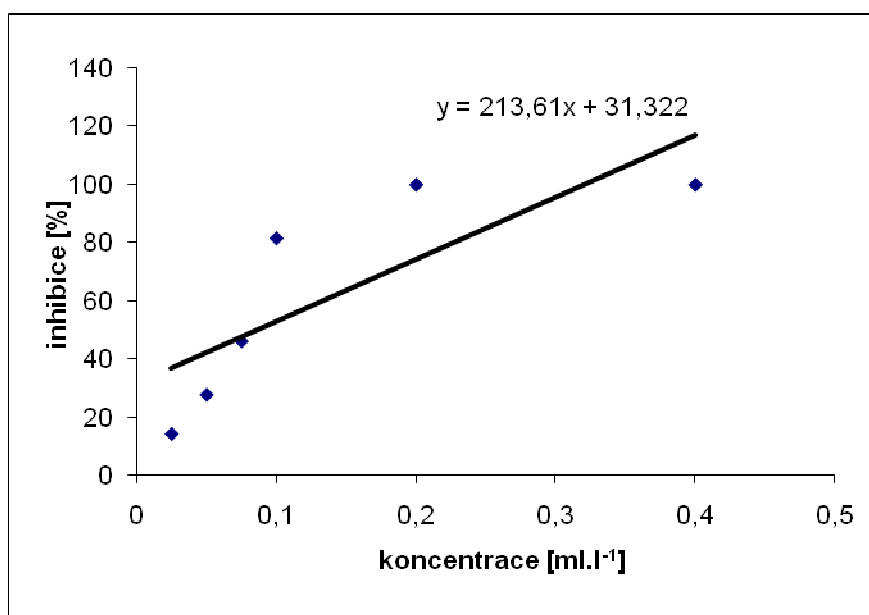
3.3.2 Vlastní zkouška

Tabulka 4 - Vlastní zkouška na řasách

Koncentrace c [ml.l ⁻¹]	x_{0hod}	x_{24hod}	μ_{i24hod} [d ⁻¹]	x_{48hod}	μ_{i48hod} [d ⁻¹]	x_{72hod}	μ_{i72hod} [d ⁻¹]	Prům. μ_i	I_{μ_i} [%]
Kontrola	10 667	44 444	1,43	176 667	1,40	726 667	1,41	1,41	0
0,025	10 667	39 000	1,30	106 667	1,15	373 333	1,19	1,21	14,18
0,05	10 667	35 555	1,20	88 889	1,06	117 555	0,80	1,02	27,66
0,075	10 667	25 000	0,85	53 333	0,81	71 111	0,63	0,76	46,1
0,1	10 667	14 555	0,31	17 778	0,26	19 555	0,20	0,26	81,56
0,2	10 667	0	0	0	0	0	0	0	100
0,4	10 667	0	0	0	0	0	0	0	100

3.3.3 Vyhodnocení

V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty pro určité koncentrace. Z naměřených hustot buněk byla nejprve vypočtena růstovou rychlost po 24 hodinách, po 48 hodinách a po 72 hodinách podle rovnice 2 v kapitole 3.3. Z těchto údajů byla vypočtena střední růstovou rychlost a z toho následně inhibice podle rovnice 3 v kapitole 3.3 (Tabulka 4). Během testu nebyl překročen limit změny pH a byly dodrženy i další podmínky, proto lze brát test za platný.



Obrázek 5 - Graf závislosti inhibice na koncentraci.

Byl sestroyen graf (Obrázek 5) závislosti inhibice v logaritmické stupnici na koncentraci a proložen přímkami pro zjištění hodnoty IC_{50} . Koncentrace pro 72h IC_{50} byla zjištěná z rovnice lineární regrese, 72h IC_{50} je $0,0874 \text{ ml.l}^{-1}$ pro *Raphidocelis subcapitata*. Podle tříd toxicity látek lze tento vzorek zařadit do 6. třídy a jde tedy o látku mimořádně jedovatou neboli mimořádně toxickou.

3.4 Test toxicity na semenech hořčice bílé *Sinapis alba*

K testování se užívají semena hořčice bílé s klíčivostí minimálně 90 %, střední velikosti (1,5 až 2,5 mm) a okrově žlutá. Test se provádí s neředěným vodným výluhem. Z filtračního papíru se vystříhnou kruhy podle velikosti dna použitých Petriho misek (o průměru 120 až 140 mm). Ty se vloží na dna Petriho misek a nasatí se 10 ml vodného výluhu nebo ředící vody (kontrola). Na navlhčené filtrační papíry se pinzetou rovnoměrně rozmístí po 30 semenech. Takto připravené Petriho misky se umístí do termostatu s teplotou 20 °C bez přístupu světla. Po 72 hodinách se změří a zaznamená délka všech kořenů semen testovaných ve výluhu i nasazených v kontrole. [30]

Pro každé ředění se vypočítá aritmetický průměr délky kořenů L v mm z obou paralelních stanovení a vypočítá se inhibice I_i (popř. i stimulace, je-li inhibice růstu menší než 0) růstu kořene v toxické látce v porovnání s nasazenou kontrolou (4). [17]

$$\bar{I}_i = \frac{\bar{L}_c - \bar{L}_v}{\bar{L}_c} \cdot 100 \quad (4)$$

kde I_i je inhibice růstu kořene [%] v dané koncentraci, je-li $I < 0$, jedná se o stimulaci růstu;

\bar{L}_c průměrná délka kořene v kontrole [mm];

\bar{L}_v průměrná délka kořene v testované koncentraci [mm].

Výpočet hodnoty IC_{50}

- koncentrace látky, kde došlo k inhibici růstu, se vyjádří v logaritmických hodnotách ($\log c$)
- získané hodnoty se vynesou do souřadnicového systému, kde nezávisle proměnnou je $\log c$ (osa x) a závisle proměnnou % inhibice (osa y)
- vnesenými body se proloží přímka (např. metodou nejmenších čtverců)
- z průsečíku proložené přímkou a souřadnice inhibice 50 % - ní kolmice na osu x a odečte se příslušná hodnota $\log c$
- odlogaritmováním hodnoty $\log c$ se získá hledaná koncentrace IC_{50} [32]

Výsledky testu se považují za platné, jestliže jsou splněny následující požadavky:

- a) klíčivost semen v kontrole je nejméně 90 %,
- b) stanovená hodnota 72 IC_{50} standardu dichromanu draselného ($K_2Cr_2O_7$) pro testovaná semena a je v rozmezí 10 – 50. [30]

3.4.1 Orientační zkouška

Tabulka 5 - Orientační zkouška na semenech hořčice

Koncentrace c [ml.l^{-1}]	$\log c$	Délka kořene x [mm]	Inhibice růstu [%]
0 - Kontrola		13,6	7
0,1	- 1	2,8	79,4
1	0	0	100
10	1	0	100
100	2	0	100

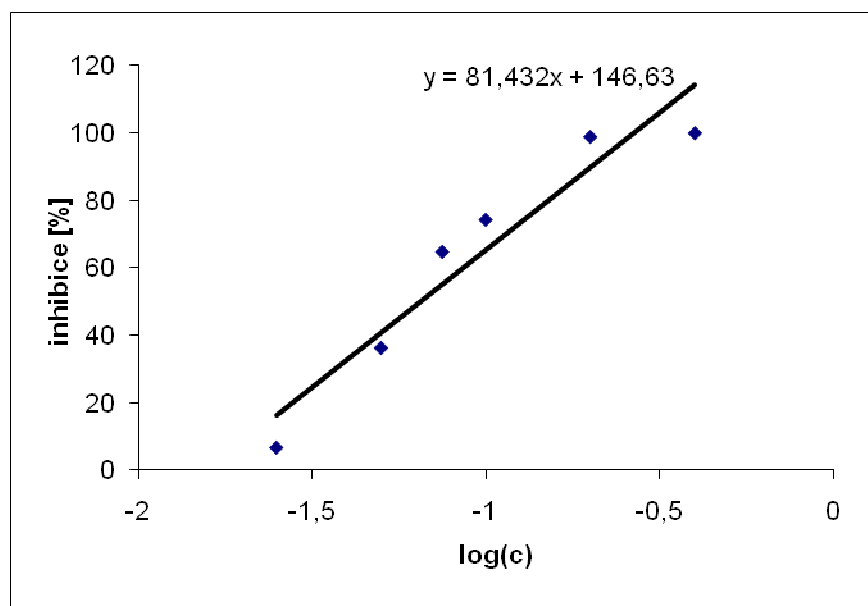
3.4.2 Vlastní zkouška

Tabulka 6 - Vlastní zkouška na semenech hořčice

Koncentrace c [ml.l^{-1}]	$\log c$	Délka kořene x [mm]	Inhibice růstu [%]
0 - Kontrola		17,9	3
0,025	- 1,602 1	16,7	6,7
0,05	- 1,301 0	11,4	36,3
0,75	- 1,124 9	6,3	64,8
0,1	- 1	4,6	74,3
0,2	- 0,699 0	0,2	98,9
0,4	- 0,397 9	0	100

3.4.3 Vyhodnocení

V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty pro určité koncentrace. Po vypočtení sumy délky kořenů u jednotlivých vzorků, včetně kontrolního, se vypočetla průměrná délka kořenů. Z toho byla vypočtena inhibice růstu kořene dle rovnice 4 v kapitole 3.4. Na základě vypočtených hodnot (Tabulka 6) se předpokládá, že u všech vzorků došlo k inhibici růstu. Výsledky testu se považují za platné, jelikož byly splněny všechny požadavky.



Obrázek 6 - Graf závislosti inhibice na $\log c$.

Hodnotu IC_{50} byla odečtena z grafu (Obrázek 6), kde nezávisle proměnnou je $\log c$ (osa x) a závisle proměnnou % inhibice (osa y). Byla vypočtena hodnota $\log c$ pro inhibici růstu 50 % z rovnice lineární regrese, $-1,1866$. Po odlogaritmování vyšlo 72 h IC_{50} pro koncentraci $0,065 \text{ l ml}^{-1}$ pro *Sinapis alba*. Podle tříd toxicity látek lze tento vzorek zařadit do 6. třídy a jde tedy o látku mimořádně jedovatou neboli mimořádně toxickou.

4 ZÁVĚR

Požár dokáže změnit na popel veškerý majetek, vyžádat si stovky obětí, spálit hektary lesů apod. Hasiči proti němu používají mimo dlouholeté zkušenosti, nejmodernější techniku a prostředky. Ale i po uhašení požáru nám oheň ukazuje svou sílu a mnohdy nebezpečné vlastnosti. Zejména schopnost přeměnit různé neškodné materiály v látky nebezpečné jak pro životní prostředí, tak v konečném efektu pravděpodobně i pro člověka. Z tohoto pohledu je velmi důležité zjistit, do jaké míry nás mohou tyto látky ohrozit a jak působí na životní prostředí.

Z bezpečnostních listů je zřejmé, že toxicita většiny pěnidel je výrazná ve vysoké koncentraci, tudíž může ohrozit životní prostředí pouze při přepravě zásoby pěnidel od výrobce ke kupci a to jen v případě, že by došlo k nehodě a náklad by unikl do životního prostředí. Při použití při požáru je jejich toxicita zanedbatelná v porovnání se vznikem nebezpečných škodlivin, které odtékající voda odplavuje do okolního prostředí. I přesto je snahou hasičů používat co nejméně cizorodých látek, jako jsou např. smáčedla.

Provedené testy na vzorku vody z požáru plastů ukazují významný problém zatížení životního prostředí. Pro *Sinapis alba* 72h IC_{50} vyšla koncentrace $0,065 \text{ l ml.l}^{-1}$, to znamená, že podle tříd toxicity látek lze tento vzorek zařadit do 6. třídy a jde tedy o látku mimořádně jedovatou neboli mimořádně toxickou. Do stejné třídy byl vzorek zařazen i podle testu inhibice růstu zelené řasy *Raphidocelis subcapitata*, kdy vyšlo 72h IC_{50} $0,0874 \text{ ml.l}^{-1}$. I když bylo u tohoto konkrétního požáru použito pěnidlo, jeho případná toxicita v daném množství naředění nepředstavovalo takovou hrozbu jako samotný odtok vody z požáru, ve kterém bylo zajisté mnoho neznámých nebezpečných látek vzniklých při požáru. Proto je třeba věnovat dostatečnou pozornost prevenci a eliminovat tak možná rizika. Pokud už dané události nelze zabránit, vhodně zvolit hasební látku a zamezit šíření kontaminované vody. Bohužel stále v naší legislativě chybí jakákoliv opora pro tuto problematiku.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Kočí, V. Význam testů toxicity pro hodnocení vlivů látek na životní prostředí. In *Chemické listy 100*, 2006, s.882-888.
- [2] *Ecological effects of fire retardant chemicals and fire suppressant foams* [cit. 2009-07-21]. Dostupné z www: <<http://www.npwr.usgs.gov/resource/habitat/fireweb/toxicity/toxicity.htm>>
- [3] Lundin, J.; Jönsson R. *Executive Summaries of the Master's thesis until August 2006* Sweden: Master of Science in Risk Management and Safety Engineering at Lund University, Report 7026, 2006.
- [4] Kvarčák, M.: *Dynamika požáru. Skripta pro rekvalifikační studium „Požární ochrana a bezpečnost průmyslu“*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta hornicko - geologická. 1998. 44s.
- [5] ČSN EN 2 (38 9101). Třídy požárů. Praha: ČNI, 1994. 4 s.
- [6] Orlicková, K. *Hasební latky 1*. vyd. Ostrava: Sdružení pozárního a bezpečnostního inženýrství, 1995. 90 s. ISBN: 80-902001-0-9.
- [7] *Metodika zkušebnictví a legislativa dodávání a používání pěnidel* In Sborník konference SPBI při VŠB Ostrava 9/2000, Ostrava: VŠB Ostrava, 2000.
- [8] Stejskal, J. *Hasiva*. Praha: Sdružení hasičů Čech, Moravy a Slezska, 1995. 18 s.
- [9] Bezpečnostní list. *STHAMEX F-15*. Havířov : LUING PYREX, spol. s r. o., 6. 9. 2008. 6 s.
- [10] Bezpečnostní list. *MOUSSOL APS F-15*. Havířov : LUING PYREX, spol. s r. o., 30. 10. 2008. 6 s.
- [11] Bezpečnostní list. *ONE SEVEN*. Dresden : Schmitz GmbH, 26. 11. 1998. 4 s.
- [12] Bezpečnostní list. *EXPYROL F-15, 3%*. Havířov : LUING PYREX, spol. s r. o., 7. 6. 2000. 3 s.
- [13] Fowles, J., Person, M., Noiton, D. *The Ecotoxicity of Fire-Water Runoff*. [online] Fire Service Commission Research Report. No. 17, 8/2001, 31 p. [cit. 2009-07-21] Dostupné z www: <http://www3.fire.org.nz/CMS_media/pdf/2a6e4acb13e45a94afef2c9550adbd24.pdf>. ISBN 0-908920-60-1.
- [14] Marlair, G., Simonsons, M., Gann, R. *Environmental Concerns of Fire: Facts, figures, questions and new challenges for the Future*. France: INERIS, 2001. 13 p. [cit. 2009-01-08]. Dostupné z www: <<http://www.fire.nist.gov/bfrlpubs/fire04/art038.html>>.
- [15] Štěpánek, M. *Hygienický význam životních dějů ve vodách*. Praha: Avicenum, 1979. 587s.
- [16] Sládečková, A.; Sládeček, V. *Hydrobiologie.- Skriptum* Praha: ČVUT, 1995.
- [17] Ambrožová, J. *Aplikovaná a technická hydrobiologie. – Skriptum* [online] VŠCHT Praha, 2003. 226s. [cit. 2009-07-24]. Dostupné z www:

- <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-521-8/pages_img/001.html>. ISBN 80-7080-521-8
- [18] Říhová Ambrožová, J. Akutní testy toxicity. In *Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník*. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2009-12-14]. Dostupné z www:
<http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es006/ebook.html?p=A008>.
- [19] ČSN ISO 10706 Jakost vod – Stanovení chronické toxicity látek pro *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea). 2001. 20 s.
- [20] Říhová Ambrožová, J. Biologické testy toxicity. In *Encyklopedie hydrobiologie : výkladový slovník*. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2009-12-14]. Dostupné z www:
<http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=B023>.
- [21] Říhová Ambrožová, J. Producenti. In *Encyklopedie hydrobiologie : výkladový slovník*. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2009-12-14]. Dostupné z www:
<http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=P033>
- [22] Říhová Ambrožová, J. *Konzumenti*. From *Encyklopedie hydrobiologie : výkladový slovník*. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2009-12-14]. Dostupné z www:
<http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=K019>
- [23] ČSN EN ISO 11348-1 (757734). Jakost vod - Stanovení inhibičního účinku vzorků vod na světelnou emisi *Vibrio fischeri* (Zkouška na luminiscenčních bakteriích). Praha: ČNI, 2000. 24 s.
- [24] ČSN EN ISO 6341. Jakost vod – Zkouška inhibice pohyblivosti *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) – Zkouška akutní toxicity. Praha: ČNI, 1997. 16 s.
- [25] ČSN EN ISO 8692. Jakost vod – Zkouška inhibice růstu sladkovodních řas *Scenedesmus subspicatus* a *Selenastrum capricornutum*. Praha: ČNI, 2005. 20 s.
- [26] ČSN EN ISO 7346. Jakost Vod – Stanovení akutní letální toxicity látek pro sladkovodní ryby [*Brachydanio rerio* Hamilton – Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)]. Praha: ČNI, 1999. 16 s.
- [27] Zákon č. 246/1992 Sb., ze dne 15. dubna 1992 na ochranu zvířat proti týrání
- [28] Vyhláška č. 311/1997 Sb., Ministerstva zemědělství, ze dne 4. prosince 1997 o chovu a využití pokusných zvířat
- [29] Rusek, V.: *Základy toxikologie a úvod do problematiky hygieny a bezpečnosti v chemické laboratoři* [online]. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001 [cit. 2009-11-26]. Dostupné z www:
<<http://webak.upce.cz/~uozp/skripta/uozp-skripta-tox-rusek.pdf>>.
- [30] Metodický pokyn odboru odpadů ke stanovení ekotoxicity odpadů. In *Věstník MŽP*, ročník XVII, částka č, únor 2007.
- [31] TNV 75 7741. Mikrometoda stanovení toxicity a trofického potenciálu řasovým testem. Hydroprojekt a.s., Praha, 1997, 15 s.

[32] *Návody na laboratorní cvičení č. 3.* Laboratoř ekotoxikologie a LCA: Ústav chemie ochrany prostředí, VŠCHT v Praze [cit. 2009-09-10]. Dostupný z [www:<http://www.vscht.cz/uchop/ekotoxikologie/dokumenty/Sinapis.htm>](http://www.vscht.cz/uchop/ekotoxikologie/dokumenty/Sinapis.htm).

Klein, A. R. *The Environmental Impact of Fire Fighting Foams - Operational and Legal Implications*. Cambridge: Institute of Fire Engineers, 2008. 5 p.

OECD GUIDELINE FOR TESTING OF CHEMICALS 1984:Guideline 201, 202 [on line]. Dostupné z [www](http://www.oecd.org):

<http://www.oecd.org/dataoecd/17/22/1948257.pdf>

<http://www.oecd.org/dataoecd/17/21/1948249.pdf>.

Doporučení k problematice zachycování hasební vody [online]. Srpen 1993 [cit. 2009-07-20]. Dostupné z [www](http://www.iksemkol.org):

<http://www.iksemkol.org/uploads/media/MKOL-H-dopor-haseb-voda-1993.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

HZS - Hasičský záchranný sbor

IZS - Integrovaný záchranný systém

LC₅₀ – letální koncentrace - koncentrace vodného výluhu odpadu, která způsobí 50% úhyn ve vztahu ke kontrolnímu vzorku

IC₅₀ – inhibiční koncentrace - koncentrace vodného výluhu odpadu, která způsobí 50% inhibici růstu ve vztahu ke kontrolnímu vzorku

EC₅₀ – efektivní koncentrace - koncentrace vodného výluhu odpadu, která způsobí 50% úhyn nebo inhibici pohyblivosti ve vztahu ke kontrolnímu vzorku

BSK₅ - Biochemická spotřeba kyslíku

CHSK - Chemická spotřeba kyslíku

ISO - označení ISO mají všechny normy vydávané Mezinárodní normalizační organizací. Označení ISO vzešlo z řeckého isos, což znamená stejný, totožný.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj)

LOEC - Lowest Observed Effect Concentration - odpovídá nejnižší testované koncentraci, ve které již došlo k inhibičnímu efektu.

NOEC - No Observed Effect Concentration - odpovídá nejvyšší konkrétní zkoušené koncentraci vzorku, u které ještě nedošlo k inhibičnímu efektu.

NPK - nejvyšší přípustná koncentrace

PAU - polycyklické aromatické uhlovodíky

BTEX - Aromatické uhlovodíky

NPK - Nejvyšší přípustná koncentrace

ADR/RID - Přeprava nebezpečných věcí