



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Místo a role jednoduchých prostředků detekce chemických toxických látek
v ochraně obyvatelstva**

**The Place and Role of Simple Detection Mechanisms of Chemical Toxical
Substances in Civil Protection**

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Civilní nouzové plánování

Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Pitschmann, CSc.

Bc. Eliška Šimůnková

Kladno, květen 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Eliška Šimůnková**
Studijní obor: Civilní nouzové plánování
Téma: **Místo a role jednoduchých prostředků detekce chemických toxických látek v ochraně obyvatelstva**
Téma anglicky: The Place and Role of Simple Detection Mechanisms of Chemical Toxical Substances in Civil Protection

Zásady pro vypracování:

Diplomová práce bude pojednávat o možnostech a způsobech detekce chemických toxických látek v ochraně obyvatelstva. Teoretická část bude zaměřena na základní pojmy, platnou legislativu, nejvýznamnější chemické látky a na popis prostředků detekce, včetně jejich způsobů použití. V praktické části pak bude pomocí modelovacích softwarů nasimulováno šíření konkrétní nebezpečné látky v lehce osídleném prostředí a způsob provedení detekce. Součástí diplomové práce bude analýza připravenosti České republiky v oblasti detekce při nálezů neznámé látky. Cílem práce bude zhodnocení současných způsobů detekce chemických toxických látek a možnosti využití detekčních prostředků. Pro analýzu a zhodnocení současného stavu bude využito literární rešerše, přímých rozhovorů s příslušníky HZS ČR a AČR a syntézy zjištěných poznatků. Výstupem celé práce budou stanoveny návrhy a doporučení ke zvýšení efektivity zásahu při nálezů nebezpečné látky.

Seznam odborné literatury:

- [1] MATOUŠEK, Jiří, URBAN, Iason a LINHART, Petr, CBRN: detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace, ed. 1., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008, ISBN 78-80-7385-048-7
- [2] SLABOTINSKÝ, Jiří a BRÁDKA, Stanislav, Ochrana osob při chemickém a biologickém nebezpečí, ed. 1., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006, ISBN 80-86634-93-0
- [3] PITSCHMANN, Vladimír, Chemické zbraně a ochrana proti nim, ed. 1., Praha: Manus, 2011, ISBN 978-80-86571-11-9

Vedoucí: doc. Ing. Vladimír Pitschmann, CSc.

Zadání platné do 20.08.2018

.....
vedoucí katedry / pracoviště

.....
děkan

V Kladně dne 12.12.2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Místo a role jednoduchých prostředků detekce chemických toxických látek v ochraně obyvatelstva vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně dne 19.05.2017

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala mému vedoucímu práce doc. Ing. Vladimíru Pitschmannovi, CSc., za odborné vedení, pomoc, cenné rady a připomínky při zpracování této práce.

Ráda bych také poděkovala příslušníkům HZS ČR Petřiny, především panu Kadečkovi, Ondráčkovi a Pecháčkovi, za jejich ochotu a vstřícnost při poskytování potřebných informací, konzultací a rad.

Abstrakt:

Diplomová práce je zaměřena na studium některých otázek, které se týkají využití jednoduchých prostředků detekce chemických toxických látek v ochraně obyvatelstva. V teoretické části je uvedena základní legislativa týkající se dané problematiky, dělení nebezpečných chemických látek a faktory ovlivňující jejich šíření. Tato část obsahuje také přehled jednoduchých prostředků detekce využívaných AČR a HZS ČR, včetně jejich způsobu použití.

V praktické části je pomocí dotazníkového šetření a modelování šíření nebezpečných látek (v modelovacím programu Aloha) provedeno zhodnocení současných způsobů detekce s využitím jednoduchých prostředků u HZS ČR. Pro zhodnocení současného stavu je dále využito literární rešerše, přímých rozhovorů s příslušníky HZS ČR a syntézy zjištěných poznatků. Výstupem jsou návrhy a doporučení ke zvýšení efektivity provádění detekce jednoduchými prostředky při zásahu.

Klíčová slova:

Nebezpečné látky; detekce; Aloha; jednoduché prostředky detekce.

Abstract:

The diploma thesis focuses on the study of various issues concerning the use of a simple means of detecting chemical toxic substances in order to protect the population. The theoretical part examines the basic legislation regarding the given issue, the division of dangerous chemical substances and the factors affecting dissemination. This part also contains an overview of the simple means of detection used by the Czech Armed Forces and the Czech Fire Brigade, including their methods of use.

The practical part of the thesis is dedicated to the questionnaire and to the model situation of dissemination of dangerous substances (using the Aloha program) in order to evaluate the current detection methods using simple means by the Czech Fire Brigade. The evaluation of the current situation is based on literary research, direct interviews with members of the Czech Fire Brigade and on the synthesis of the findings. The outcome is the suggestion and recommendations to increase efficiency in detection by simple means of intervention.

Keywords:

Dangerous substances; detection; Aloha; simple means of detection.

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Současný stav.....	10
2.1	Základní pojmy	10
2.2	Legislativa.....	11
2.3	Nebezpečné chemické látky	13
2.3.1	Průmyslové chemické látky	13
2.3.2	Bojové chemické látky.....	15
2.4	Faktory ovlivňující šíření nebezpečných látek.....	18
2.4.1	Atmosférická difuze.....	19
2.4.2	Vertikální teplotní gradient.....	19
2.4.3	Teplota přízemní vrstvy atmosféry	20
2.4.4	Teplota povrchu půdy	20
2.4.5	Směr a rychlost větru	21
2.4.6	Atmosférické srážky	21
2.4.7	Vlhkost vzduchu	22
2.4.8	Tvar a pokrytí terénu.....	22
2.5	Chemický průzkum	23
2.5.1	Posouzení nebezpečné látky	24
2.5.2	Prostředky detekce při chemickém průzkumu.....	25
2.5.3	Struktura chemického průzkumu u HZS ČR	25
2.6	Jednoduché prostředky detekce.....	27
2.6.1	Průkazníkové prášky	28
2.6.2	Průkazníkové pásy a papírky	28
2.6.3	Detekční trubičky.....	32
3	Cíle práce a hypotézy.....	37
3.1	Stanovené hypotézy	37
4	Metodika	38
4.1	Dotazníkové šetření.....	39

4.2	Ověření falešně pozitivní reakce DETEHITu	39
4.3	Modelace šíření sarinu a jeho detekce v Aloze	40
4.4	Šíření dalších nebezpečných látek a možnosti detekce	42
5	Výsledky	44
5.1	Výsledky dotazníkového šetření	44
5.2	Výsledky experimentu	47
5.3	Výsledky modelace sarinu	49
5.4	Výsledky modelace jiných nebezpečných látek.....	59
6	Diskuse.....	63
7	Závěr	69
8	Seznam použitých zkratk	70
9	Seznam použité literatury	71
10	Seznam použitých obrázků	75
11	Seznam použitých tabulek	76
12	Seznam příloh	77

1 Úvod

Téma diplomové práce „Místo a role jednoduchých prostředků detekce chemických toxických látek v ochraně obyvatelstva“ jsem si zvolila, protože stále slyšíme o různých únicích nebezpečných látek a v současné době jsou stále častěji zmiňované teroristické útoky s možností použití chemických toxických látek. Jednoduché prostředky detekce mohou mít v takových případech významný vliv na průběh řešení mimořádné situace.

Nebezpečné látky a směsi se staly součástí našich životů, jsou všude kolem nás a většina obyvatelstva s nimi přichází denně do kontaktu. S technickým pokrokem jsou tyto látky častěji využívány v různých odvětvích průmyslu a s tím je spojena vyšší výroba, skladování, častější manipulace včetně přepravy a vlastní spotřeba, což může vést k nežádoucím únikům. K únikům dochází i přes účinnější bezpečnostní opatření a novější bezpečnější zařízení, ve kterých se nebezpečné látky či směsi vyskytují. Jedná se především o látky a směsi chemického původu, které jsou nejčastějším rizikem, a které mohou způsobit značné škody na majetku, životním prostředí nebo na zdraví a životech občanů.

V současnosti se vyskytuje i hrozba použití nebezpečných toxických látek při teroristickém útoku. Z toho důvodu jsou vždy potenciální chemickou hrozbou i nálezy neznámých látek. Prioritou je proto včasná detekce a s ní spojená identifikace a stanovení nebezpečné látky, tj. chemický průzkum a chemická kontrola. Prvotní informace z těchto činností jsou velmi důležitým podkladem pro rozhodování správních orgánů, krizových štábů a zasahujících jednotek. V případě, kdy je látka správně rychle detekována a identifikována, je možné přijmout správná a efektivní opatření k řešení mimořádné události.

Jednoduché prostředky detekce mají pro chemický průzkum a chemickou kontrolu velký přínos z toho důvodu, že jsou určeny pro rychlou a nenáročnou detekci v terénu. Jelikož jsou tyto prostředky schopny relativně rychlé detekce a okamžitého vyhodnocení, je možné v krátkém čase přijímat opatření na ochranu obyvatelstva, životního prostředí a majetku, a tak eliminovat negativní dopady vzniklé mimořádnou událostí.

2 Současný stav

2.1 Základní pojmy

Chemická látka

Chemickou látku tvoří chemický prvek nebo jeho sloučeniny, které se vyskytují v přirozeném prostředí, nebo které je možné získat výrobním postupem, včetně přísad a rozpouštědel k uchování jeho stability a nečistot, které vznikají v daném procesu. Výjimkou jsou rozpouštědla, která mohou být oddělena od látky beze změny jejich složení či bez ovlivnění jejich stability. [1]

Nebezpečná chemická látka

O nebezpečné chemické látce mluvíme, když daná látka či přípravek vykazuje výbušnost, oxidační schopnost, extrémní hořlavost, vysokou hořlavost, hořlavost, vysokou toxicitu, toxicitu, škodlivost na zdraví, žravé účinky, dráždivé účinky, senzibilující účinky, karcinogenní účinky, mutagenní účinky, účinky toxické pro reprodukci nebo nebezpečné účinky pro životní prostředí či kombinaci více z těchto vyjmenovaných vlastností. [2]

Bojové chemické látky (bojové otravné látky)

Látky, jejichž cílem je způsobit u lidí či zvířat trvalé poškození zdraví, dočasné zneschopnění či dokonce smrt. Jsou rozhodujícím komponentem chemických zbraní. [3]

Chemické zbraně

Chemické zbraně jsou složeny z bojové chemické látky (bojové otravné látky) a technického prostředku dopravy na cíl (munice, nosič). Jsou určeny k zasažení živé síly nepřítele, způsobují smrt či poškození zdraví toxickými účinky bojových chemických látek. [3]

Detekce

Je zjišťování skutečnosti, zda se určitá látka v konkrétním prostoru či vzorku nachází. Cílem je zjištění, zdali se látka v odebraném vzorku nachází či se nenachází minimálně v množství rovném nebo větším, než je mez detekce. [4]

Chemický průzkum

Chemickým průzkumem se rozumí soubor činností, které vedou k odhalení vyskytujícího se ohrožení. Jedná se zejména o detekci, charakterizaci, identifikaci nebezpečných látek a další činnosti, jejichž zjištěním se identifikují různá nebezpečí. Dle zjištěných informací a naměřených údajů či jiných zjištěných okolností, napomůže chemický průzkum ke stanovení rozsahu mimořádné události, k navržení správných a efektivních postupů řešení situace se snížením míry rizika, tak i k větší ochraně zasahujících osob. [4]

2.2 Legislativa

- Zákon č. 320/2015 Sb. o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů

Zákon charakterizuje Hasičský záchranný sbor včetně jeho organizace, zároveň stanovuje jeho povinnosti a úkoly. Vymezuje také práva a povinnosti všech příslušníků a zaměstnanců HZS ČR. [5]

- Zákon č. 350/2011 Sb. o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů

Zákon přebírá předpisy Evropské unie a navazuje na ně. Upravuje práva a povinnosti osob při výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek nebo látek obsažených ve směsích či předmětech. Dále stanovuje správnou laboratorní praxi a působnost správních orgánů při zajišťování ochrany před škodlivými účinky látek a směsí. [2]

- Zákon č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů

Tento zákon vymezuje integrovaný záchranný systém, stanovuje jeho složky a určuje působnost. Vymezuje také postavení a úkoly státních orgánů a orgánů územních samosprávních celků při přípravě na mimořádnou událost a v jejím průběhu. Při MU zákon stanovuje i práva a povinnosti fyzických a právnických osob. [6]

- Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně některých zákonů

Zákon zapracovává předpisy EU a stanovuje systém prevence závažných havárií pro objekty, ve kterých jsou umístěny nebezpečné látky. Dále stanovuje povinnosti právnických a podnikajících fyzických osob, které využívají těchto objektů s nebezpečnými látkami. Na úseku prevence závažných havárií vymezuje působnost orgánů veřejné správy. [7]

- Zákon č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách České republiky

Zákon stanovuje postavení a úkoly ozbrojených sil České republiky včetně jejich členění a řízení. Dále stanovuje vybavení vojenským materiálem a upravuje použití vojenské zbraně vojáky. [8]

Další související předpisy

- Zákon č. 19/1997 Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní a o změně některých zákonů
- Zákon č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky
- vyhláška č. 208/2008 Sb. ze dne 5. června 2008, kterou se provádí zákon o některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní

Předpisy HZS ČR

- Pokyn č. 30/2006 Sb., generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky ze dne 22. prosince 2006, kterým se vydává Řád chemické služby Hasičského záchranného sboru České republiky v souladu s § 24 odst. 1 zákona č.133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláškou č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany, ve znění vyhlášky č. 226/2005 Sb.
- Pokyn č. 50/2009 Sb., generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky, kterým se stanovují normy znalostí hasičů.
- pokyn č. 40/2001 Sb., generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR a náměstka ministra vnitra ze dne 29. října 2001, kterým se vydává Bojový řád jednotek požární ochrany, ve znění pozdějších předpisů.

2.3 Nebezpečné chemické látky

Chemické látky, které mají zdraví a životu ohrožující vlastnosti pro osoby nebo mohou způsobit ohrožení životního prostředí (ŽP), nazýváme nebezpečné chemické látky (NCHL). Jde o jedy, kyseliny, zásady, vybrané anorganické sloučeniny a další látky s nebezpečnými vlastnostmi. Řadíme sem látky toxické, zdraví škodlivé a látky ohrožující životní prostředí. Jsou zastoupeny několika tisíci substancí, které mají různou míru toxicity. Působení takových látek na lidský organismus může vyvolat rozsáhlé poškození zdraví až smrt. Mohou postihnout jakýkoliv somatický systém-epitel a také střevní, periferní a centrální nervový systém. Stejně tak mohou být zasaženy i motorické a vegetativní funkce, hematologický i kardiovaskulární systém. NCHL lze rozdělit do čtyř základních skupin dle jejich vlastností, jako je toxicita, latence, perzistence a přenos z kontaminované osoby na další osobu. Nejčastěji a nejzávažněji většinou toxické látky zasahují dýchací ústrojí, kdy se jedná o zasažení dýchacích cest, poškození dýchání v souvislosti s výměnou plynů v plicích a transportu kyslíku nebo tkáňového dýchání. [9]

Chemických látek, jako sloučenin a prvků, je několik milionů, avšak za potenciálně nebezpečné se nepokládají všechny. S výjimkami jsou tyto látky vymezeny v zákoně o chemických látkách č. 350/2011 Sb., v platném znění. Jedná se o látky, které mají jednu nebo více nebezpečných vlastností z 15 vyjmenovaných dle tohoto zákona. Pokud tedy daná chemická látka bude vykazovat výbušnost, oxidační schopnost, extrémní hořlavost, vysokou hořlavost, hořlavost, vysokou toxicitu, toxicitu, škodlivost na zdraví, žíravé účinky, dráždivé účinky, senzibilující účinky, karcinogenní účinky, mutagenní účinky, účinky toxické pro reprodukci nebo nebezpečné účinky pro životní prostředí či kombinaci více z těchto vyjmenovaných vlastností, považuje se látka za potenciálně nebezpečnou. [10]

2.3.1 Průmyslové chemické látky

Mezi průmyslové chemické látky řadíme NCHL a přípravky, které se používají v průmyslu při výrobních nebo komerčních procesech jako výchozí produkty, meziprodukty, odpadní látky či konečné produkty. V dnešní době je po celém světě používáno více než 70 000 různých chemických látek, které jsou součástí výrobních a komerčních procesů v odlišných odvětvích průmyslu, přičemž desítky tisíc takových látek vykazují toxické vlastnosti a kolem 300 látek patří do kategorie nejvíce NCHL.

Průmyslové NCHL se vyznačují zejména toxicitou, hořlavostí a výbušností či jejich kombinacemi. [11,12]

Toxické látky

Průmyslové látky, které vykazují znaky toxicity, je možné rozdělit do dvou skupin dle míry toxicity, na látky toxické a vysoce toxické. Mezi vysoce toxické látky řadíme např. arsan, kyanovodík, fosgen, fluorovodík. Jsou to látky, které mohou i ve velice malém množství vyvolat vážné poškození zdraví či dokonce smrt, jestli-že budou požitý, vdechnuty nebo proniknou kůží. Toxické látky působí na lidský organismus obdobně jako vysoce toxické látky, jen s tím rozdílem, že je třeba většího množství k vyvolání takové reakce. Jedná se např. o xylenol, chlorid arsenitý či chroman vápenatý. [10]

Látky s toxickými účinky jsou používány k nejrůznějším účelům v relativně velkém množství, a to i v České republice, kde se skladují na nejrůznějších místech. Při manipulaci s těmito látkami včetně přepravy se zvyšuje riziko jejich úniku. V současnosti lze říci, že mezi průmyslově nejpoužívanější toxické chemické látky se řadí amoniak, který se využívá k výrobě umělých hnojiv, nebo jako chladicí médium na zimních stadionech, potravinářských provozech atd. Dále sem můžeme zařadit chlór, formaldehyd, chlorovodík, fosgen, sulfan a jiné. [11,12]

Nejedná se však jen o látky, které sami o sobě vykazují toxicitu, ale i o běžně používané materiály, které mohou při hoření uvolňovat např. toxické dýmy. Názorným příkladem je hoření PVC, při kterém za určitých podmínek je uvolňován mimo chlorovodíku i fosgen. V jiném případě, při požáru některých umělých vláken, se může bez přístupu vzduchu uvolňovat kyanovodík. [13]

Hořlavé látky

Stejně tak jako toxické látky se dělí do skupin, tak i hořlavé látky dělíme do skupin dle intenzity reakce. Dle chemického zákona rozlišujeme extrémní hořlavost, vysokou hořlavost a hořlavost. Extrémně hořlavými látkami jsou označovány látky, které mají v kapalném stavu bod vzplanutí pod 0 °C a bod varu pod 35 °C anebo se za normálních podmínek v plynném stavu vznítí při styku se vzduchem. Patří sem ethylen, vodík či oxid uhelnatý. Další jsou vysoce hořlavé látky, jejichž styk se vzduchem za normálních podmínek může způsobit samovolné zahřívání a vznícení. V případě, že dojde ke styku pevné látky se zápalným zdrojem, mohou se snadno vznítit a při oddálení zdroje stále hoří či doutnají. Vysoce hořlavé látky při styku s vodou či vlhkostí uvolňují vysoce hořlavé

plyny (minimálně 1 liter.kg.hod⁻¹). Jedná se o karbid vápenatý, aceton nebo toluen. Hořlavé látky jako je lakový benzin či styren, se vyznačují tím, že mají bod vzplanutí mezi 21 °C až 55 °C. [10]

Hořlavé látky mají široké využití nejen v průmyslu, ale i v běžném životě. Jedná se zejména o pohonné hmoty, lehké topné oleje, methanol, ethanol, toluen a mnoho dalších. Tyto látky představují jeden z nejničivějších faktorů při haváriích, kdy dochází k prohloubení ohrožení v závislosti na působení a reakci hořlavých látek. [13]

Výbušné látky

Jestliže konkrétní látka reaguje za prudkého vývinu tepla a plynných zplodin i bez přítomnosti kyslíku detonací, vykazuje výbušnou vlastnost. Patří sem i látky, které kvůli roztažnosti plynu v uzavřené nádobě vybuchují. [10]

Výbuch může být vyvolán i stykem látky s horkým zdrojem, kontaktem s jiskrou či zapálenou cigaretou nebo jinými iniciátory. Pokud má dojít k výbuchu, musí být dosažena určitá koncentrace plynů nebo par látky ve vzduchu. Oblast výbušnosti je vymezena horní a spodní hranicí, ve kterých je koncentrační rozpětí plynů či par se vzduchem, kdy dochází k výbuchu. Nejrizikovější jsou tedy látky, jejichž dolní hranice je na velmi nízké úrovni. Řadí se sem běžně používané plyny, jako jsou methan, vodík, propan-butan a jiné. [13]

2.3.2 Bojové chemické látky

Pod pojmem bojové chemické látky (BCHL) si lze představit takové látky, sloučeniny či směsi, které pro své fyziologické, chemické a fyzikální vlastnosti jsou nebo mohou být využívány v boji. Jejich působení v plynné, kapalně nebo tuhé formě umožňuje vyřazení nepřítele. Na živou sílu (člověk, zvíře) mají smrtící účinek nebo způsobují zneschopnění protivníka, jenž pak není schopen pokračovat v boji. Mezi tyto látky řadíme také průmyslově vyráběné chemické sloučeniny, které mohou být použity ke zničení rostlinstva. [15]

BCHL spolu s prostředkem dopravy na cíl vytvářejí určitou formu chemické zbraně. BCHL se může šířit různými metodami a prostředky, například použitím dělostřeleckého granátu, letecké bomby, leteckého rozstřikovacího zařízení a dalších. Pro teroristické cíle lze zneužít improvizované prostředky. [9]

Dle vojensko-toxikologické klasifikace (podle účinku na lidský organismus) dělíme BCHL na několik základních skupin: nervově paralytické, zpuchýřující, dusivé, všeobecně jedovaté, dráždivé, psychoaktivní.

Nervově paralytické látky

Z vojenského hlediska se považují za nejvýznamnější skupinu nervově paralytické látky, protože se vyznačují nejvyšší toxicitou a vhodnými fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Jedná se o silné inhibitory enzymu acetylcholinesterasy, který řídí činnost přenašeče nervového vzruchu acetylcholinu. Do organismu pronikají všemi branami vstupu (gastrointestinální trakt, plíce, oční sliznice, kůže apod.). Typickými symptomy otrav nervově paralytickými látkami je předráždění nebo paralýza dýchacích svalů v závislosti na přenosu dýchacích impulsů, dochází k výtoku z nosu, zvýšené produkci slin a potu, zvracení a ke křečím. Při otravách párami či aerosolem je už při minimálních dávkách znatelné poškození hladkého svalstva oka, mióza – zúžení zornic. U nejtěžších otrav dochází k letálním účinkům při selhání dechové a srdeční činnosti. Nejvýznamnější zástupci těchto látek jsou tabun, sarin, soman, látka VX a látka R-33. [9,16]

Zpuchýřující látky

Další skupinou jsou látky zpuchýřující, které se vyznačují cytostatickým a cytotoxickým účinkem. Vyvolávají lokálně-zánětlivé až nekrotické procesy podepisující se do struktury tkáně. Typická je tvorba puchýřů, vředů na sliznicích a kůži s projevy celkové otravy organismu. Celková otrava těmito látkami souvisí s poškozením centrálního a periferního nervového systému, poruchou krvetvorby protilátek a ovlivňováním metabolismu cukrů a proteinů. Zpuchýřující látky jsou zastoupeny velice rozmanitou skupinou sloučenin s alkylační schopností, avšak mezi nejznámější látky tohoto druhu patří yperity (sírné a dusíkaté), lewisit nebo fogenoxim, případně jejich směsi. U použití různých látek se otrava danou látkou lehce liší jak příznaky, tak i prodlevou jejich působení. [16]

Dusivé látky

Dusivé látky patří historicky mezi nejstarší skupiny BCHL. Jedná se o látky, které způsobují nezvratné poškození plicní tkáně, a to takovým způsobem, že nedokáže přijímat kyslík. Dochází k otoku plic, který může vést až ke smrti zasažené osoby. V důsledku zvýšeného odporu v plicích dochází k selhání srdeční činnosti. Účinek dusivé látky se zprvu projevuje převážně dušností, drážděním ke kašli, drážděním očních sliznic,

nevolností až závratěmi. Mezi látky dusivého charakteru patří fosgen, difosgen, chlorpikrin nebo perfluorisobuten. [16]

Všeobecně jedovaté látky

Všeobecně jedovaté látky (krevní jedy) zasahují do mechanismu přenosu kyslíku do buněk a tkání a způsobují jeho nedostatek pro tělesný metabolismus. Tyto látky vážně narušují základní životní funkce, na druhou stranu jsou v organismu relativně rychle detoxikovány (nemají kumulativní účinek). Branou vstupu je převážně dýchací ústrojí, naopak kůži tyto látky pronikají jen omezeně. Ke smrti může dojít velmi rychle zástavou dechu a selháním krevního oběhu. Do skupiny všeobecně jedovatých látek řadíme chlorkyan, kyanovodík, arsan. [9,16]

Dráždivé látky

Zvláštní skupinu nesmrtících BChL tvoří dráždivé látky. Tuto skupinu lze rozdělit do dvou podskupin, na lakrimátory – látky slzotvorné a sternity – látky dráždicí horní cesty dýchací. Dráždivé látky však obvykle mají komplexní účinek, včetně dráždění kůže. Působení lakrimátorů se ihned projevuje pocitem pálení a řezání očí doprovázeným zvýšeným slzením a světloplachostí. V některých případech může dojít až ke křečovitému sevření víček způsobenému obrovskou bolestí. Při zvýšených koncentracích použité látky nebo při dlouhodobém působení se může vyskytnout podráždění horních cest dýchacích, při kterém dochází k pálení nosu a nosohltanu, dráždění ke kašli a ke zvýšené nosní sekreci. Mezi soudobé lakrimátory s komplexním účinkem (používané v policejní praxi jako látky k potlačování nepokojů) patří látka CS, látka CR, kapsaicin a jeho syntetické deriváty. Sternity způsobují podráždění sliznice v nose, hltanu, hrtanu, celkovou nevolnost a pocit na zvracení. Zasažení kůže sternity způsobuje začervenání, bolest a otok zasaženého místa. Následně se mohou vyskytnout puchýře. Mezi látky dráždicí horní cesty patří adamsit, difenylchlorarsan, difenylkyanarsan. [9]

Psychoaktivní látky

Poslední skupinu tvoří látky psychoaktivní jako je LSD a látka BZ. Tyto látky, zařazované mezi tzv. zneschopňující látky, působí převážně na lidskou psychiku, ovlivňují a způsobují změny při projevech emocí, narušují zdravé vnímání jedince a způsobují poruchy myšlení. Při malých dávkách nedochází k větším poruchám tělesných funkcí, avšak v případě větších dávek dokáží poškodit zdraví či dokonce způsobit smrt. [9,16]

2.4 Faktory ovlivňující šíření nebezpečných látek

Hlavní faktory, které ovlivňují šíření nebezpečných látek (NL), jsou fyzikální a chemické vlastnosti dané látky, meteorologické podmínky, členitost a pokrývka terénu. Fyzikální vlastnosti charakterizují NL a u BCHL kvalitativně ilustrují zejména míru vhodnosti jejich použití. Chemické vlastnosti pak specifikují chování látky v průběhu chemické reakce. U BCHL se zkoumají především fyzikální a chemické vlastnosti uvedené v tabulce 1. [17]

Tabulka 1 Fyzikální a chemické vlastnosti BCHL ^[17 – upraveno autorem]

Fyzikální vlastnosti	Chemické vlastnosti
Relativní molekulová hmotnost	Hydrolyza
Teplota tání	Oxidace
Teplota termické destrukce	Halogenace
Teplota tání	Polymerace
Hustota	Cyklizace
Hutnota par (relativní hustota)	Dealkylace
Rozpustnost	Eliminace
Povrchové napětí	Tvorba oniových solí
Viskozita	
Tlak nasycených par	
Výparnost	
Tepelná roztažnost	

Koncentrace uniklých či úmyslně rozšířených chemických toxických látek se v atmosféře snižuje s narůstající vzdáleností od místa zdroje ve směru větru. Je to dáno mísením se se vzduchem, kdy dochází ke zředování látky v atmosféře. Dalšími faktory, kromě fyzikálních a chemických vlastností samotné toxické látky, které ovlivňují šíření NL atmosférou, jsou meteorologické podmínky, jako je atmosférická difuze, vertikální teplotní gradient, teplota přízemní vrstvy vzduchu včetně teploty povrchu půdy, rychlost a směr větru, oblačnost a atmosférické srážky s vlhkostí vzduchu. Neméně důležitým faktorem je i členitost a zástavba terénu. [18, 19]

2.4.1 Atmosférická difuze

Mechanismus rozptylu toxických chemických látek v atmosféře spočívá v molekulárním a turbulentním proudění (difuze). Při turbulentních pohybech atmosféry dochází k mísení vzduchu s toxickou látkou, čímž dochází k rozpínání kontaminovaného oblaku. Intenzita difuze závisí v případě otevřeného prostoru na vzniku a vývoji turbulentních pohybů atmosféry. Tyto pohyby vznikají třením masy o terén, při změně směru a rychlosti větru vertikálního zvrstvení atmosféry, a ovlivňují je mechanické i tepelné podněty. Dle velikosti rozlišujeme mikroturbulence a makroturbulence. Mikroturbulence jsou z hlediska rozšiřování oblaku méně závažné, jelikož přispívají k homogenitě a stabilitě kontaminovaného mraku. Plyny podle hustoty buď klesají, nebo jsou naopak vynášeny do vyšších vrstev atmosféry. Naopak makroturbulence představují změny a náhlé nárazy větru, které mohou vést k rozdělení mraku. Dochází tím k rychlejšímu šíření toxické látky, ale také ke snižování její koncentrace v ovzduší. [18, 20]

2.4.2 Vertikální teplotní gradient

Jedná se o vertikální stálost atmosféry, kdy rozlišujeme tři základní stavy, které se během jednoho dne mohou i několikrát změnit. Mezi tyto stavy patří inverze, izotermie a konvekce. Při inverzi je stabilní rozvrstvení přízemní atmosféry vzduchu, kdy je spodní vrstva chladnější než přiléhavá horní vrstva ovzduší. Tento jev je typický pro jasné bezvětrné noci a dny. Vzduch, který se ochlazuje dotekem se zemským povrchem v noci ztrácejícím teplo vyzařováním, se stává těžším a má tendenci klesat k zemi. Intenzivní inverze se vyskytuje převážně v horských údolích. Při inverzi probíhá výměna vzduchu velice těžce a proto je nejvhodnějším jevem pro použití BCHL. Izotermie pak vzniká převážně při vyšší oblačnosti v ranních a večerních hodinách. Jedná se o stav, kdy ohřívání země nebo její ochlazování probíhá velmi pomalu. Šíření kontaminovaného vzduchu při izotermii je pomalé, avšak o něco rychlejší než u inverze. Posledním stavem je konvekce, která se tvoří hlavně během jasných letních dnů, ale může výjimečně nastat i v zimě. Jedná se o nerovnoměrné ohřívání zemského povrchu a vzduchu. Vznikají tak různé teploty a tím i různé hustoty malých mas vzduchu, které se stýkají. Nejintenzivnější konvekce bývá nejčastěji v létě za horkých, slunečných klidných dnů mezi 9. až 17. hodinou. Za oblačného počasí se téměř nevyskytuje a pro použití BCHL je konvekce nejméně výhodným teplotním zvrstvením atmosféry. [21]

2.4.3 Teplota přízemní vrstvy atmosféry

Hlavním zdrojem pro teplo na Zemi je Slunce, jehož záření při procházení zemskou atmosférou je absorbováno, čímž se mění v tepelnou energii. Sluneční záření se dále odráží od mraků a zemského povrchu. Dopadne-li tedy záření na mraky, tak se část záření absorbuje a část odrazí. K oteplení půdy dochází absorpcí slunečního záření, které závisí na zeměpisné šířce, místě a roční době. Na zemském povrchu se tak vyskytují různé druhy slunečního záření – přímé záření, odražené záření a vyzařování zemského povrchu. Teplotu ovzduší během dne ovlivňuje především vyzařování zemského povrchu, přičemž různá teplota je způsobena různými druhy půdy, nad kterou se vzduch nachází. [21]

Teplota ovzduší přízemní vrstvy zemského povrchu má vliv u chemických toxických látek na jejich skupenství, a to především u látek, které mají teplotu bodu varu a tuhnutí v rozmezí teplot vzduchu. Význam má teplota vzduchu i v ovlivňování maximálního tlaku par BChL, který může ovlivňovat jejich rychlost vypařování. Stálost BChL je také ovlivňována teplotou ovzduší, např. stálost sarinu je v létě několik hodin, ale v zimě může přetrvávat i několik dní. Viskozita chemických látek má vliv na jejich pronikání přes ochranné oděvy, náplně filtrů a další překážky. Schopnost vsakování také ovlivňuje teplota vzduchu. Vysoké teploty snižují efektivnost použití BChL, avšak se za nich dosahuje vyšších koncentrací, a tak vyšších a rychlejších účinků. [20]

2.4.4 Teplota povrchu půdy

Hlavním faktorem, který má vliv na teplotu povrchu půdy, je schopnost povrchu odrážet či absorbovat sluneční paprsky. Tato schopnost závisí hlavně na druhu a barvě půdy. Dalšími vlivy jsou: ozáření půdy přímým slunečním zářením rozptýleným světlem oblohy a zářením atmosféry; sklon povrchu půdy vůči slunečním paprskům; schopnost povrchu půdy transportovat přijaté teplo do hlubších vrstev nebo nahrazovat ztracené teplo z hlubších vrstev; ztráty tepla povrchu půdy do vzduchu vyzařováním. [21]

Teplota povrchu půdy ovlivňuje intenzitu odpařování kapalných látek, což má vliv i na jejich stálost v terénu. Při šíření NL a hodnocení jejich stálosti je nutno přihlížet ke změnám teplot půdy a vzduchu v průběhu celého dne. [20]

2.4.5 Směr a rychlost větru

Větrem se rozumí přemísťování vzduchových mas spolu s příměsí, jako je vodní pára, plyny, dýmy atd. ve vodorovném směru. Tento pohyb není stálý ani klidný, rychlost větru kolísá a dostavují se i nárazy. Je to způsobeno tím, že částice vzduchu neproudí po rovnoběžných drahách, ale po turbulentních, které jsou ve tvaru menších či větších vírů. Podnětem ke vzniku turbulentních pohybů jsou zejména nerovnosti zemského povrchu a nejrůznější překážky, jako jsou např. lesy, zástavba atd. [21]

Šíření nebezpečného oblaku je podmíněno směrem, rychlostí, silou a nárazovostí větru. Výparnost BCHL je jako u vody ovlivňována tlakem par ve vzduchu. Jelikož se při větru páry či aerosoly BCHL neustále přemísťují, přispívá se tím k rychlosti výparu a ovlivňuje se tím i stálost látky, která se zkracuje. Vítr souvisí také s rozšiřováním mraku do výšky a do stran. Čím nižší bude rychlost větru, tím více bude tedy mrak stabilnější. Při rychlosti větru pod $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ je předpoklad, že nedojde k vytvoření toxického oblaku. Stabilní oblak se pak zřejmě nevytvoří při rychlosti větru vyšší než $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V případě hustšího oblaku, držící se u země, může vyšší rychlost větru způsobit odtržení oblaku od země a jeho zvednutí do výšky a současně rychlý vítr urychluje zředování kontaminovaného oblaku. [21, 22]

2.4.6 Atmosférické srážky

Srážky dle jejich vzniku je možné rozdělit na vzdušné a kondenzační. Srážky vzdušné padají primárně z mraků, kondenzační pak vytvářejí kapky kondenzací vodní páry ze vzduchu přímo na povrchu země. [21]

Srážky zmenšují koncentraci BCHL, některé z nich se ve vodě víceméně rozpouští, ale všechny mají schopnost absorbovat se na povrchu kapek nebo sněhových vloček. Při srážkách dochází k mechanickému promíchávání BCHL s vodou, což vede k intenzivnímu snižování jejich koncentrace. Při slabém a krátkodobém dešti dochází k malému snižování koncentrace BCHL v atmosféře, silný déšť a liják pak dokáže kontaminovaný oblak strhnout během pár minut. Kapky deště způsobují smývání NL z povrchů půd, rostlin a jiných předmětů, kdy dochází k následné dekontaminaci přirozenou cestou. [20, 21]

2.4.7 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu příliš neovlivňuje toxické složky kontaminovaného ovzduší ani podstatně neovlivňuje BCHL nacházející se na povrchu půdy. Vysoká relativní vlhkost může mít však maskující účinek, kdy při přeměně BCHL z kapalného stavu do plynného, se může vytvořit mlha. Vytvoření mlhy pak může mít za následek prozrazení použití BCHL či k záměně s použitím dýmových látek. V případě, že je relativní vlhkost malá, je mrak BCHL průzračný nebo dle fyzikálních vlastností použité látky bezbarvý. Podstatnou roli hraje při použití některých dýmových látek, kdy tyto látky většinou vytváří dým či mlhu působením na vodu v ovzduší či vzájemným působením těchto látek za přítomnosti vlhkosti. Také má vysoký vliv na látky zápalné a na šíření případného ohně. Jestli-že je vysoká vlhkost vzduchu, tak u hořlavých látek snižuje jejich zápalnost a mírní hoření včetně vydávání tepla. [21]

2.4.8 Tvar a pokrytí terénu

V případě, že se jedná o oblak NL, tak se pohybuje vlivem směru a rychlosti větru. Směr a rychlost pohybu vzdušné hmoty se však na rozdíl od směru a rychlosti větru liší dle charakteru a pokrytí terénu. Působení členitosti terénu a jeho porostu způsobuje změnu struktury větru v důsledku obcházení či přecházení překážek, kdy vítr může zrychlovat, měnit směr, slábnout či se pohybovat kombinací těchto změn. Překážky tedy mění pravidelnost pohybu vzdušné hmoty a způsobují jejich odklon, čímž dochází v různých místech ke většímu či menšímu rozptylu kontaminovaného oblaku. Mezi překážky řadíme vertikální překážky, svahy, výšiny, kopce a hřebeny, výmoly a strže, vodní hladiny, lesy a rostlinné pokrývky, zahrady, pole s obilím nebo lidská obydlí a sídliště.

Vertikální překážky, jako jsou zdi, skupiny stromů, domy a jiné, narušují dráhu větru. Před takovými překážkami se vítr zrychluje a vzdušné hmoty se tlačí směrem nahoru, nad překážkou je pak vítr rychlejší, jelikož musí projít větší množství vzduchu menším prostorem než je v okolí. Za překážkou se následně vzdušné hmoty vrací zpět k zemi a rychlost větru se upravuje do rychlosti okolního větru. Kontaminovaný mrak tak přechází přes překážky větší rychlostí a část mraku se vlévá do závětrných prostranství. V důsledku těchto ztrát se mrak stává méně koncentrovaným. Další překážky tvořící svahy mají vliv na pohyby vzduchu ve směru spádu, kdy se při rovnoměrném sklonu sice směr větru nemění, ale zvyšuje se rychlost dle sklonu. Na vrcholu svahu pak bývá vítr nejsilnější. Kontaminované oblaky jsou ve většině případů hustší než okolní vzduch, tak dochází

ke stékání oblaků podél svahu i v případě, že vítr směřuje opačným směrem. K tomu, aby se mrak dostal na vrchol svahu, je nutné, aby vítr měl určitou rychlost. Naopak u výšin a kopců vítr obvykle tyto překážky obtéká z obou stran, přetékání vzdušných hmot je ojedinělé a dochází k tomu za silných větrů. Šíření kontaminovaného oblaku ovlivňují kopce a hřebeny často způsobem, který nepředpokládáme. Závisí totiž na řadě faktorů, které je nutné znát pro předvídání, kam se oblak bude dále šířit. Mezi takové faktory patří jednak směr a rychlost větru, ale i sklon návětrných a závětrných stran, strmost návrší, výška vírové a turbulentní oblasti a jiné. Výmoly a strže ovlivňují šíření kontaminovaného oblaku různými způsoby, podle toho zdali jsou kolmé či šikmé ve vztahu ke směru větru. V případě, že vítr je kolmý na výmol nebo strž, přenesení se větší část přes prohlubeň a menší část, která se oddělí, bude klesat dovnitř. Za slabého větru budou části mraku postupně vtékat do prohlubně a zamořovat je, naopak za silného větru tam části kontaminovaného mraku budou vtékat jen nepatrně. Vodní hladiny způsobují stočení kontaminovaného oblaku kvůli místním větrům, proto se stává, že při slabém větru, převážně v noci, kdy mají být zamořeny břehy, se oblak stočí nad vodní hladinu a břehy zůstanou nekontaminované. Lesy jsou především svislými překážkami, které způsobují zvednutí většiny vzdušných hmot a část, která se vlévá do lesa, se zpomaluje. Před lesy se proudnice přerušují a vzniká tak turbulentní oblast, která až 30krát převyšuje výšku lesa. Na závětrné straně způsobují turbulence zatékání vzdušných hmot do lesa. Zahrady a obilí mají podobný vliv na šíření oblaku jako lesy. Lidská sídliště převážně způsobují chaotické pohyby větru, jelikož se v nich nacházejí překážky různých velikostí a výšek. Obvykle je rychlost větru ve městech nižší než v okolí. Charakter větru v takových místech, pak závisí i na poloze ulic ve vztahu ke směru větru. Pokud jsou směry ulic a větru stejné, tak se celé ulice vyplní vzdušnými proudy. Jestli-že bude směr větru v šikmé poloze na ulice, tak na konci ulic se vytvoří silné turbulence. [21]

2.5 Chemický průzkum

Chemický průzkum patří mezi nejdůležitější opatření, jestli-že dojde k mimořádné události (MU), jako je nekontrolovatelný únik po havárii, nález neznámé látky nebo teroristický či vojenský útok NCHL. Chemický průzkum slouží k získávání informací o události, a tím dále umožňuje MU řešit efektivnějším způsobem a minimalizovat její následky. Jedná se tedy o soubor činností, při kterých je prováděna detekce, identifikace či stanovení NL v terénních podmínkách. Nezbytnou součástí, pro rozhodování správních orgánů a krizových štábů včetně zasahujících jednotek, je interpretace naměřených údajů

a dalších zjištěných okolností, které vedou k identifikaci charakteristického nebezpečí, ke stanovení rozsahu MU, ke zvolení postupu zamezení šíření NL a ke snížení míry rizika. [23, 24]

Jsou-li v případě teroristického útoku použity BCHL či vysoce toxické průmyslové látky v prostředí s vysokou hustotou obyvatelstva, je nutná co nejrychlejší detekce a identifikace látky, aby počet obětí a postižení lidí na zdraví bylo co nejmenší. Jestli-že není znám kontaminant, pak zásah může mít ještě vyšší ničivější účinky. Pro to, aby k takovým situacím nedocházelo, má chemický průzkum při MU s únikem toxické látky za cíl získat dva okruhy informací. Předně jde o získání údajů, které jsou nezbytné pro posouzení nebezpečnosti látky, a dále o informace, které pomáhají k přijetí správných a efektivních opatření jak pro obyvatelstvo, tak i pro zasahující jednotky, a jsou důležité pro rozhodnutí a způsob záchranných a dekontaminačních prací. [23]

2.5.1 Posouzení nebezpečné látky

V rámci chemického průzkumu se v první řadě zjišťuje, zda neznámá látka uniká nebo byla rozptýlena a zda se jedná o NL. Tato otázka se řeší detekcí látky. Mimo samotné detekce pomocí detekčních prostředků se sleduje ŽP, a jak daná látka na něj působí. NL vykazují v ŽP různé účinky, jako například zápach, úhyn živočichů či rostlin, změny ve vodním prostředí, tvorba mlhy či dýmu apod. Nezkoumají se však jen účinky na ŽP, ale i znečištění neobvyklými předměty, např. skleněné nádoby, neobvyklé obaly a další, které se nalézají v místě události a mohou mít pro identifikaci látky důležitý význam. Pozorují se také projevy intoxikace na lidský organismus, jako je slzení, sekrece z nosu, mióza, svědění kůže apod. Po detekci neznámé látky se pokládá otázka na identifikaci NCHL. V některých případech se stává, že již při detekci je látka rozpoznána. Jestli-že se po prvním kroku neví, o jakou látku se jedná, tak se provádí analýza látky pomocí analyzátorů NCHL, popřípadě odběr vzorků a identifikace látky v mobilní laboratoři. V krajních případech, kdy identifikaci látky nezajistí ani jeden z předchozích způsobů, se odváží vzorky do stacionární laboratoře. Tento proces je však velice zdlouhavý a pro rychlé rozhodování na místě MU není příliš vyhovující. Další na řadě je zjištění toxických účinků dané látky, dle jejich fyzikálních a fyzikálně chemických vlastností. Posledním krokem je stanovení NCHL, tj. přesné určení obsahu látky v daném vzorku. V terénu se po události zjišťuje pouze přibližné stanovení látky ve vzorcích. [23]

2.5.2 Prostředky detekce při chemickém průzkumu

Prostředků k detekci se nabízí celá řada, některé z nich jsou specifické, určené na konkrétní látku, jiné jsou naopak nespecifické. Tyto prostředky je možné používat od manuálního ovládání až po plně automatizované přístroje. Prostředky využívané v chemickém průzkumu lze rozdělit dle principu, na kterém pracují. Jsou založeny na fyzikálních metodách, fyzikálně-chemických metodách nebo na chemických metodách. Podle způsobu vyhodnocení rozeznáváme jednoduché prostředky detekce, univerzální detektory, analyzátory, přenosné chemické laboratoře a mobilní laboratoře. Jednoduché detekční prostředky využívají většinou chemických metod, kdy látka reaguje s činidlem na vhodném nosiči a vzniká tak barevné zbarvení, jenž se vyhodnocuje vizuálně. Univerzální detektory se používají ke stanovení NL ve vzduchu, při kterém jsou využívány různé fyzikální principy. Analyzátory jsou pak zastoupeny automatizovanými přístroji, které jsou schopny určit obsah látky, případně ji identifikovat. Analyzátory, které selektivně měří koncentraci NL a je s nimi možno dlouhodobě monitorovat situaci určité látky ve směsi s dalšími plyny a parami, nazýváme selektivní analyzátory. Dalšími analyzátory jsou multikomponentní přístroje, které mimo stanovení a monitorování jsou schopny i identifikace neznámých látek. Přenosné chemické laboratoře umožňují detailnější analýzu v terénu (chemickou kontrolu) a jsou vybaveny prostředky pro úpravu vzorků a k menším laboratorním operacím jako je filtrace, zahřívání apod. Mobilní chemické laboratoře jsou pak nástavbami vozidel vybaveny některými technologickými rozvody a obsahují soupravy přístrojů, detekčních prostředků, analyzátorů, různých pomůcek i činidel. [23, 26]

2.5.3 Struktura chemického průzkumu u HZS ČR

Chemický průzkum je velmi náročnou činností, u které se kladou obrovské nároky na detekční prostředky, ale i na znalosti a schopnosti obsluhy těchto prostředků. Proto je struktura chemického průzkumu rozdělena u HZS ČR dle náročnosti do tří skupin:

- Základní a střední jednotky požární ochrany
- Opěrné jednotky požární ochrany
- Chemické laboratoře HZS ČR [27]

Základní jednotky požární ochrany (JPO) mají osvojeny metody a postupy převážně pro MU malého rozsahu, a u rozsáhlých MU jsou schopny provést prvotní opatření vedoucí ke stabilizaci situace do příjezdu JPO vyšší skupiny. Disponují jednoduchými

prostředky detekce hořlavých par, plynů a toxických látek, se kterými se nakládá v jejich zásahovém obvodu. Dále jsou vybaveny jednoduchými prostředky detekce BCHL, jako jsou chemické průkazníky CHP-71 s detekčními trubičkami, průkazníkové papírky PP-3 a detekční proužky DETEHIT. Všechny tyto prostředky základní JPO umí používat a na základě vnějších projevů a znaků MU, a dle označení Kemler kódem, UN kódem či speciálních obalů, je schopna určit bezpečné vzdálenosti v místě MU. Spolu s OPIS tyto jednotky mohou (dle havarijního plánu, přepravní dokumentace a identifikačních údajů) posoudit nebezpečí jak pro obyvatelstvo, tak i pro zasahující jednotky. Dále jsou schopny provádět základní dekontaminaci hasičů, ochranných prostředků, věcných prostředků a osob. Střední JPO je předurčena na zásahy většího rozsahu než základní JPO, avšak u velkých MU je schopna provést pouze prvotní opatření a stabilizovat situaci do příjezdu opěrné jednotky. Na rozdíl od základní JPO je vycvičena k úplné dekontaminaci hasičů a ochranných prostředků při zásahu a při střídání u zásahu. Dále při střídání u zásahu a po opuštění nebezpečné zóny je schopna provést hrubou dekontaminaci věcných prostředků a po zásahu je schopna provést dekontaminaci omezeného počtu osob. [25, 28]

Opěrné JPO už samostatně umí určit, při MU s výskytem NL, nebezpečnost látky pro obyvatelstvo a zasahující jednotky, jelikož disponují složitějšími detekčními prostředky, jako jsou selektivní analyzátoři a detekční přístroje BCHL např. Ramanův spektrometr či GDA 2. Tyto jednotky posuzují a určují hlavní účinky NL, jako je výbušnost, žíravost, hořlavost, radioaktivita atd.. Dále jsou schopny odebírat vzorky ze ŽP pro zjištění přítomnosti NL, spolupracují s výjezdovými skupinami CHL HZS ČR, organizují monitorování úniku a označují nebezpečné zóny. Ve spolupráci s OPIS HZS kraje, dle naměřených hodnot, navrhuje opatření k ochraně obyvatelstva a modelují šíření NL v ovzduší. Na základě této spolupráce vyhodnocují šíření NL a stanovují závěry na ochranu osob v místě zásahu včetně dekontaminace hasičů, osob, věcných a ochranných prostředků zasahujících složek IZS. Jsou schopny obsluhovat stanoviště pro odmořování techniky a většího počtu osob. [25, 28]

Chemické laboratoře (CHL) HZS ČR jsou určeny k plnění úkolů stacionárních laboratoří, ale i k plnění úkolů výjezdových skupin s rozšířenou detekcí. Jsou rozmístěny převážně u významných a strategicky důležitých měst (Praha, Brno, Plzeň, Ostrava). Jmenovitě se jedná o CHL HZS Středočeského kraje – Kamenice, CHL HZS Plzeňského kraje – Třemošná, CHL Jihomoravského kraje – Tišnov, CHL Moravskoslezského kraje Frenštát pod Radhoštěm a CHL IOO Lázně Bohdaneč, která patří pod MV-GŘ HZS ČR.

Všechny tyto laboratoře zabezpečují plnění speciálních úkolů především v oblastech chemického a radiačního průzkumu, odběru vzorků, detekce NL a identifikace spolu s analytickou, dozimetrickou či radiologickou kontrolou. Dále vyhodnocují naměřené výsledky a zjišťují rozsah kontaminace a účinnost dekontaminace k zabezpečení ochrany zasahujících složek IZS a obyvatelstva při MU s výskytem NL nebo při úmyslném rozšíření a použití BCHL. Odebrané vzorky se odváží do stacionárních laboratoří, kde jsou podrobeny dalším detailnějším a potvrzujícím analýzám. CHL interpretují naměřené a zjištěné údaje do návrhů protichemických opatření, do radiační ochrany, pro rozhodování správních orgánů a krizových štábů včetně zasahujících jednotek a pro ochranu obyvatelstva. Určují nebezpečné zóny se zvláštním režimem života a postup při dekontaminačních procesech. CHL mají ve výbavě speciální výjezdové automobily, které jsou určeny k chemickému průzkumu a jsou vybaveny některými dalšími speciálními prostředky jako je plynový chromatograf, UV-VIS spektrofotometr, pH-metr, rentgenofluorescenční spektrometr, mobilní infračervený spektrometr či konduktometr. [25]

Příloha 1: Plánované vymezení činnosti výjezdových skupin chemického průzkumu a CHL a Příloha 2: Územní působnost výjezdových skupin CHL, graficky znázorňují územní působnost výjezdových skupin CHL a chemických průzkumů HZS ČR.

U zásahu HZS ČR s podezřením na přítomnost NL platí, že je potřeba nasazení speciálních prostředků, zapojení speciálních sil a dalších složek IZS včetně spolupráce s institucemi a orgány veřejné správy a odborníky, popř. původci havárie. Je důležité, aby zasahující jednotky přijížděly na místo MU po směru větru a nezajížděly do bezprostřední vzdálenosti. Při úniku, rozšíření neznámé látky platí, že odstup je zpravidla 100 m. Dále se musí vyloučit iniciační zdroje a při průzkumu nasadit co nejmenší počet hasičů, kteří budou pracovat s nejvyšší možnou úrovní ochranných prostředků. Jestli-že je to možné, tak je potřeba zabránit dalšímu úniku a rozšiřování látky např. zachycením, odstraněním.[14]

2.6 Jednoduché prostředky detekce

Na počátku historie představovaly BCHL převážně sloučeniny s obsahem chloru, proto se používala jako jedna z prvních metod detekce pomocí měděného drátu a plynového hořáku. Tento způsob spočíval v reakci hoření hořáku s měděným drátem a za přítomnosti sloučeniny obsahující chlor vznikalo jasně zelené zbarvení plamene. Dalším vývojem vznikaly jednoduché prostředky detekce, které sloužily ke zjištění NL

ve vzduchu. Nejprve se objevovaly průkazníkové prášky spolu s průkazníkovými papírky. Následně započalo významné postavení a hojně využívání průkazníkových neboli detekčních trubiček. [29]

Jednoduché prostředky detekce mají velkou výhodu v použití v terénu, kdy měření probíhá relativně rychle, a tak umožňují okamžité vyhodnocení. Dále mezi jejich přednosti patří, že mají nízkou hmotnost a malé rozměry, jsou nenáročné na ovládání a levné. [23]

2.6.1 Průkazníkové prášky

Jsou to prostředky, pomocí kterých se zjišťovala kontaminace různých povrchů terénů a terénních předmětů. Významnou roli hrály průkazníkové prášky i při kontrole těsnosti munice. Svě postavení si zachovávaly v době, kdy jednou ze dvou základních taktických metod bylo zjišťování kontaminace terénu při použití chemických zbraní. Chemické zbraně se využívaly k vytváření chemických zátarasů pomocí chemických min, nárazovou dělostřeleckou municí či rozstříkovači nejrůznějšího typu. Při takových útocích se jako BCHL používaly málo těkavé zpuchýřující látky, například sírný yperit. [29]

Průkazníkové prášky pro detekci yperitu byly na bázi hlinky impregnované azobarvivem. Za normálních podmínek bez přítomnosti BCHL látek měla hlinka pastelově růžovou barvu a v případě, že došlo k zamoření prostředí silně lipofilními látkami, změnila hlinka barvu na sytě oranžovou nebo rudou. Na hlince docházelo k vizualizaci typu kapek a šplíchanců. Jelikož se později taktika zasažení vojsk změnila, a docházelo stále častěji ke kontaminaci přízemní vrstvy atmosféry převážně nervově paralytickými látkami, tak ke kontaminaci terénu docházelo jako k sekundárnímu jevu. Z tohoto důvodu se přestaly detekční prášky používat a později byl tento způsob vizualizace, avšak na principu selektivní chemické reakce, znovu zaveden u některých typů detekčních papírků nebo pásek. [29]

2.6.2 Průkazníkové pásky a papírky

Vývoj co nejjednodušších detekčních prostředků k prokázání přítomnosti BCHL vedl ke zdokonalování již zmíněného principu zviditelnění pomocí průkazníkového prášku na bázi hlinky. Hlavním důvodem bylo využití tohoto principu i v přízemních vrstvách atmosféry. Postupem času se přišlo na průkazníkové papírky a pásky, které byly založeny na různých reakčních mechanismech. Nejjednodušší průkazníkové papírky a pásky jsou založeny na selektivních barevných reakcích, kdy dojde k vizualizaci drobných kapek málo

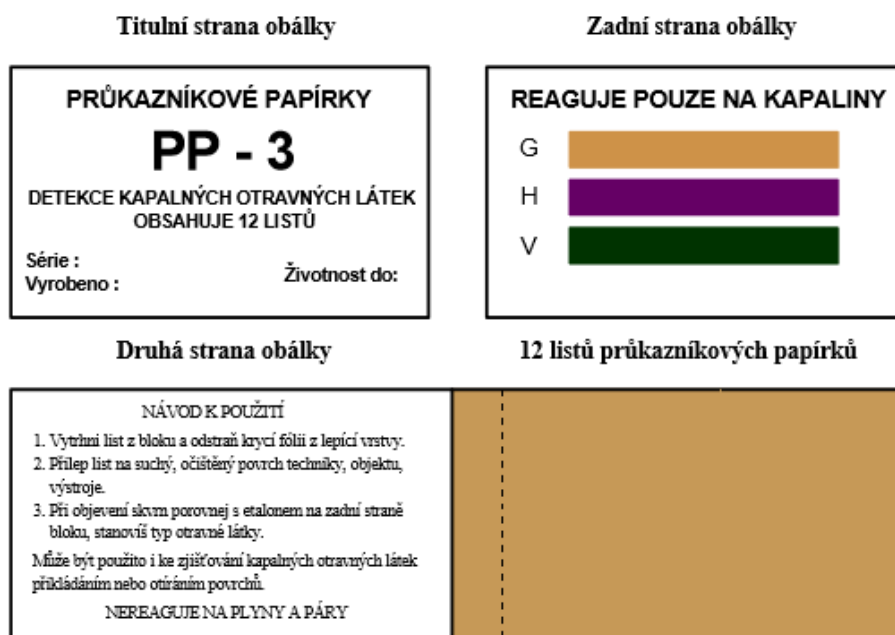
těkavých látek. Složitější jsou zase založeny na principu inhibice cholinesterázy, způsobené nervově paralytickými látkami, s kolorimetrickým vyhodnocením. [29]

Při kontaktu detekčního papírku s kapkou BCHL sedimentující z primárního oblaku použité chemické zbraně, informuje papírek o kontaminaci pomocí charakteristického zbarvení. Mimo všeobecně známých papírků pro detekci CO a arsanu, jsou vyvinuty i papírky, které reagují na jednotlivé typy BCHL. [29]

Průkazníkové papírky PP-3

Tyto papírky jsou využívány u útvarů a zařízení AČR a zároveň jsou součástí prostředků chemického průzkumu u jednotek HZS ČR. Slouží k detekci a rozlišení BCHL řady G, V a H v kapalných formách jako jsou aerosoly či kapky na povrchu. Dále tyto papírky rovněž vykazují odezvu na látku GP (IVA) a lewisit. Jde o jakýsi malý sešit v ochranném sáčku se zipem, který tvoří tuhý obal z kartónu a vevnitř se nachází 12 kusů samolepících papírků u vnitřní strany perforovaných kvůli snadnému vytržení. [30]

Na vrchní straně obalu nalezneme označení výrobku spolu s datem výroby a datem expirace, na druhé straně obalu je pak umístěný návod pro použití, a na třetí straně zezadu je barevný etalon pro určení látek, viz obrázek 1. Samostatný detekční papírek je směsí celulózy, acidobazických a lipofilních činidel, která je upravována klasickou papírenskou technologií. Ihned po dopadení kapky aerosolu určité látky na papírek dojde k vsáknutí, interakci a reakci s činidlem. Reakce se projeví na papírku jako dobře viditelná a různě zbarvená skvrna, která se následně porovná s etanolem a tak se určí druh BCHL.[31]



Obrázek 1 Průkazníkové papírky PP-3 [31]

Použitelnost těchto papírků je v teplotním rozmezí od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve stejném rozmezí je lepivost papírku zaručena na 48 hodin, avšak nalepení je možné od $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ výše. Odolnost vůči 100% relativní vlhkosti při $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ je také 48 hodin. Odezva průkazníkového papírku na kontakt s BCHL látkou trvá při $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ do 10 sekund a při $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do 15 sekund, v teplotním rozmezí $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ je stálost vzniklé barevné skvrny 1 hodina. Stálost zbarvení papírku při teplotě $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo při relativní vlhkosti 100 % a teplotě $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ je 48 h. [31, 32]

Detekční papírky se používají u AČR v případech, kdy je zaznamenán signál „RADIČNÍ A CHEMICKÉ NEBEZPEČÍ“, při podezření, že byly použity BCHL, při přeletu nízkoletících cílů, dělostřeleckém nebo raketovém útoku anebo na rozkaz nadřízeného. Na techniku se papírky lepí po jednom na její boky, na levé straně zádě a při přesunu se lepí do zorného pole velitele či chemického provozovatele. Při umístění na výstroj se dodržuje, že jeden papírek se nalepí na levý rukáv nad loket a druhý pak na přední část jedné z obuvi. Jestliže dojde ke zbarvení papírku, je nutné okamžitě vyhlásit signál „CHEMICKÝ POPLACH“, použít prostředky individuální ochrany a provést zkoušku detekce pomocí chemického průkazníku CHP-71 za použití biochemické a yperitové trubičky. [31]

Průkazníkové pásky PP-1

Tyto pásky se používají jen u některých útvarů a zařízení AČR. Pásky se využívají k detekci látek řady V. Jedná se o pásku žluté barvy, která se lepí pomocí dvou samolepicích zelených štítků přes kratší stranu. Je nutné, aby povrch, kam se páska lepí, např. povrch objektů, výstroje apod., byl suchý a očištěný. Při styku pásky s látkou řady V se okamžitě objeví na pásce různě velké skvrny modré barvy, které je nutné okamžitě srovnat s etalonem. [31]

DETEHIT

DETEHIT je detekční prostředek, kterým je každý jednotlivec AČR vybaven v rámci osobní výbavy a u HZS ČR je zařazen mezi základní prostředky chemického průzkumu. Je určen pro všechny jednotky vojsk a služeb k zabezpečování úkolů chemického průzkumu a kontroly. DETEHIT je schopen jednoduchého a citlivého zjišťování přítomnosti nervově paralytických látek principem biochemické reakce založené na inhibici acetylcholinesterázy. Umožňuje zjišťovat tyto látky v ovzduší ve formě par a aerosolů, ale také ve vodě, v potravinách, na površích techniky, výstroje, výstroje i na terénu. Jedná se o soupravu, která se skládá z 10 kusů průkazních proužků ve dvou blocích po 5 zvlášť zabalených kusech umístěných ve vrstvené zatavené aluminiové fólie, dále z plastického obalu, ve kterém jsou proužky umístěné, a jež je opatřen etiketou a víčkem s vložkou pro vysoušedlo. [30, 31]

Po ovlhčení detekční tkaniny na DETEHITu se sorbuje BCHL sorpcí ze vzduchu, ponořením do vody či vodného vzorku potravin anebo otiskem z různých povrchů terénu, techniky, výstroje. Pokud je přítomna BCHL, pak tato inhibuje na detekční tkanině imobilizovaný enzym. Stupeň inhibice se zjišťuje reakcí enzymu se substrátem a činidlem na indikačním papírku, který se přeloží a přitiskne na detekční tkaninu po dobu 2 minut. Jestli-že zůstane tkanina bílá, znamená to přítomnost nervově paralytické látky. Pokud se tkanina zabarví žlutě, tak nervově paralytická látka není přítomna. Snadnější vyhodnocení zbarvení umožňuje etalon žluté barvy, který se nachází nad detekční tkaninou. [31]

Nejnižší stanovitelné koncentrace v různých prostředích měření a po různé době expozice pomocí detekčního proužku DETEHIT, jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 Nejnižší stanovitelné koncentrace pomocí DETEHITu ^[31]

Mez dokazatelnosti / doba expozice (min)	Typy otravných látek		
	GB	GD	VX
ve vzduchu / 20	$4 \cdot 10^{-7} \text{ mg.l}^{-1}$	$2 \cdot 10^{-7} \text{ mg.l}^{-1}$	$5 \cdot 10^{-7} \text{ mg.l}^{-1}$
ve vodě a v potravinách / 30	$1 \cdot 10^{-3} \text{ mg.l}^{-1}$ (mg.kg^{-1})	$4 \cdot 10^{-4} \text{ mg.l}^{-1}$ (mg.kg^{-1})	$5 \cdot 10^{-4} \text{ mg.l}^{-1}$ (mg.kg^{-1})
povrch techniky, výstroje, výzbroje a povrch terénu / 10	5 mg.m^{-2}	1 mg.m^{-2}	1 mg.m^{-2}

Rychlost detekce závisí na koncentraci BCHL a na způsobu odebrání vzorku. Vysoké koncentrace nervově paralytických látek v ovzduší je možné detekovat do 3 minut, nízké koncentrace v ovzduší asi do 20 minut. Koncentrace látek ve vodě a potravinách, při kterých jsou požitelné, lze prokázat asi do 30 minut, a nízké koncentrace na bojové technice, výzbroje nebo terénu přibližně do 10 minut. Tento prostředek je tedy určen i k velmi citlivé detekci nervově paralytických látek či jiných inhibitorů cholinesterázy v různých formách v ŽP. [31, 35]

pH papírky

Mezi další jednoduché prostředky využívané HZS ČR řadíme indikační papírky pro měření pH, které využívají acido-bazické indikátory, obvykle poměrně složité organické sloučeniny. Tyto sloučeniny v různých roztocích mají odlišné zbarvení v závislosti na hodnotách pH. Zabarvení pH papírku je dáno poměrem čistých forem indikační látky. Při interakci s roztokem obsahujícím kyseliny nebo zásady indikátor mění svoji chemickou strukturu a tím i svoji barvu. [33]

2.6.3 Detekční trubičky

Za předchůdce detekčních trubiček se dá považovat detektor pro zjišťování přítomnosti oxidu uhelnatého. Ten se skládal z pemzové indikační vrstvy nasycené oxidem jodičným, který byl redukován na elementární jod v prostředí kyseliny sírové. Ve 30. letech 20. století se začaly objevovat jako základní detekční prostředek pro chemický průzkum detekční soupravy s detekčními trubičkami. Tyto trubičky sorbovaly plyny a páry chemických látek a po přidání činidla poskytovaly na nosiči charakteristickou barevnou reakcí. [29]

Detekční trubičky, tak jak je známe dnes, se objevily až v průběhu 2. světové války. Trubičky byly vyráběny ze skla či transparentního plastu, v podobě trubice, a byly zásadně z obou stran uzavřeny. V trubičce se nacházela indikační vrstva, která byla převážně tvořena aktivovaným silikagelem. Každý typ detekční trubičky byl doplněn ampulkou s indikačním činidlem. Nezbytnou součástí bylo také prosávací zařízení ve formě jednoduchého balónku nebo pumpičky s určitým objemem vzduchu, které se používají i v současnosti. Jde o jednoduchý analytický nástroj ke kontrole přítomnosti chemické látky, a proto je stále žádán a jeho vývoj se zdokonaluje. [29]

Jako příklad lze uvést postup při použití biochemických detekčních trubiček:

1. Odlovení obou konců detekční trubičky.
2. Rozdrcení ampule u bílé vrstvy.
3. Setřesení činidla na vrstvu se substrátem.
4. Prosávání (odběr) vzduchu.
5. Rozdrcení ampule u žluté vrstvy.
6. Setřesení činidla na vrstvu se substrátem.
7. Probíhá reakce – porovnání zbarvení. [31]

V tabulce 3 jsou uvedeny vybrané typy průkaznickových trubiček spolu s jejich citlivostí na různé chemické látky.

Tabulka 3 Vybrané průkaznickové trubičky a jejich mez detekce ^[34 – upraveno autorem]

Název průkaznickové trubičky	Látka pro kterou je trubička určena		Mez detekce $\mu\text{g.l}^{-1}$
PT-43	G	Sarin, soman, tabun, IVA	0,5
PT-44/1	G, V	Sarin, soman, tabun, IVA, VX	0,005
PT-44/2	G, V	Sarin, soman, tabun, IVA, VX	0,005
PT-145/2	CG, DP, CK, AC	Fosgen, difosgen, chlorkyan, kyanovodík	5
PT-31/1	HD, HN	Yperit, dusíkatý yperit	1
PT-35	HD, SA	Yperit, arsan	1
PT-38/2	L	Lewisit	1
PT-38/3	L, DA, DC	Lewisit, diphenylchlorarsan, diphenylkyanarsan	1
PT-38/4	SA	Arsan	0,5
PT-36/3	HD-CG, DP	Yperit, fosgen, difosgen	0,5
PT-36/4	HD-CG, DP	Yperit, fosgen, difosgen	3
PT-37	HN	Dusíkatý yperit	1
PT-147	AC,CK	Kyanovodík, chlorkyan	0,5
PT-147/1	AC	Kyanovodík	0,5
PT-147/2	AC, CK	Kyanovodík, chlorkyan	3
PT-148	CG, DP	Fosgen, difosgen	0,5
PT-361	HD-CG, DP	Yperit, fosgen, difosgen	3 nebo 5 (dle použitého činidla)
PT-51	BZ	Látka BZ	1
PT-25	CN	G-chloracetofenon	0,5
PT-26	CS	Látka CS	1
PT-26/X	CS	Látka CS	1
PT-146	CK	Chlorkyan	0,5
PT147/3	AC	Kyanovodík	10
PT- 381	DM	Adamsit	3
PT-27	CR	Látka CR	0,1

Chemický průkazník CHP-71

Chemický průkazník CHP-71 je nejvyužívanějším přístrojem pro zjišťování přítomnosti BCHL u AČR. Je určen všem druhům vojsk a s funkcemi a způsobem použití jsou seznamovány všichni příslušníci ozbrojených sil. Zároveň i tento přístroj je zařazen do stávající výbavy prostředků pro chemický průzkum HZS ČR. U AČR a HZS ČR se používají 3 základní typy trubiček na nervově paralytické látky, yperit a kombinované. Další doplnění trubiček je individuální. [30, 32]

S použitím základní sady trubiček je chemický průkazník určen k detekci nervově paralytických látek série G (zejména sarin, soman, tabun, cyklosin), látek série V (VX, R-33), případně jiných mohutných inhibitorů acetylcholinesterázy. Tyto látky je přístroj schopen zjišťovat bez rozlišení. Dále je schopen zjistit přítomnost yperitu, fosgenu, difosgenu a rozlišit chlorkyan a kyanovodík.

Přístroj se využívá k chemickému průzkumu ve vozidlech, kde je napájen z elektrické sítě vozidla, nebo pro chemický průzkum pochůzkou, kdy je potřeba vlastního zdroje napájení přístroje většinou v podobě monočlánků. Chemický průkazník CHP-71 je schopen zjišťovat BCHL ze vzduchu, z terénu, z terénních předmětů nebo z bojové techniky. Princip činnosti průkazníku spočívá v nasávání vzduchu z okolní atmosféry pomocí membránového čerpadla, které pohání elektrický motorek. Vzduch vstupuje do přístroje vstupním filtrem a dále putuje do průtokoměru a do detekčních trubiček, kde je nasáván čerpadlem, ze kterého je pak vytlačován přes výstupní filtr do okolní atmosféry. V případě, že nasátý vzduch obsahuje BCHL, pro které je přístroj určen, dochází k barevným reakcím v detekčních trubičkách. Dle přiložených etalonů a porovnáním intenzity zabarvení trubiček se dokazuje přítomnost BCHL v prosávaném vzduchu. Součástí soupravy je i otevírač detekčních trubiček, který je opatřen třemi bodci na rozbíjení ampulek, a také ocelovým kroužkem, který slouží k odlomení hrotů.

Detekční trubičky, které se vkládají do chemického průkazníku CHP-71, jsou zatavené skleněné trubice. Obsahují indikační vrstvy, které jsou vzájemně odděleny polyethylenovými hvězdičkami a polyamidovými sítkami. Detekční trubičky jsou zabaleny do papírového obalu vždy po 10 kusech stejného druhu. Na pouzdře se nachází barevný etalon a stručný návod k použití. Na etalonu je uvedeno zbarvení indikačních vrstev trubiček jak pro kontaminaci ovzduší, tak i pro případ, že se BCHL ve vzduchu nenachází. Na zadní straně obalu je pak uvedena výrobní série, měsíc a rok výroby.

Všechny detekční trubičky jsou v horní části opatřeny barevnými proužky, které označují k jakému druhu BCHL jsou určeny. Trubička s třemi červenými proužky je určena pro detekci nervově paralytických látek, trubička s dvěma žlutými proužky je určena pro yperit a trubička se dvěma zelenými proužky pro fosgen (difosgen), kyanovodíku a chlorkyan. Detekční trubičky se žlutými a zelenými proužky je možné použít po dobu 120 min nepřetržitého prosávání vzduchu, nebo opakovaně 10krát při přerušovaném třiminutovém intervalu provozu v průběhu 4 hodin. Všechny detekční trubičky je nutné chránit před dlouhodobým zahřátím nad 40 °C, kdy by mohlo dojít k jejich znehodnocení. [31, 32]

Při používání přístroje je důležité, aby obsluha byla dobře připravená a vycvičená, jinak se může stát, že přítomnost či nepřítomnost BCHL nebude správně vyhodnocena. Při práci s tímto chemickým průkazníkem je nezbytné, aby obsluha měla dobrou znalost technických parametrů detekčních trubiček, uměla s nimi pracovat a zároveň dobře znala vlastnosti zjišťovaných BCHL. Detekční trubičky se zelenými a žlutými proužky lze používat současně a tak detekovat několik BCHL zároveň. Před vložením trubiček do přístroje se musí zkontrolovat, zda není nějak mechanicky poškozena, aby bylo zaručeno správné fungování. [31]

Chemický průkazník CHP-5

Lze říci, že chemický průkazník CHP-5 je inovovanou verzí chemického průkazníku CHP-71. Průkazník CHP-5 pracuje na stejném principu jako CHP-71 a vyznačuje se především částečnou automatizací provozu, dokonalejším způsobem ohřevu trubiček a schopností prosávat trubičky různých typů a konstrukčních provedení. Je určen ke zjištění přítomnosti BCHL a průmyslových toxických látek ve vzduchu, na terénu a na technice. Přístroj je schopen provozu od -20 °C do 50 °C a napájení je řešeno pomocí zdrojové skříně na baterie nebo připojením k palubní síti vozidla. [30]

Dräger CMS

Jedná se o přístroj, který je hojně využíván chemickou službou HZS ČR. Funguje na podobném principu jako detekční trubičky. Slouží pro analyzování nebezpečných látek pomocí kolorimetrie, vyhodnocování barevného produktu vzniklého při chemické reakci. Pro jednotlivé typy látek je určen speciální čip (jedna sada obsahuje 10 kapilár). Největší výhodou je, že zbarvení kapiláry je vyhodnoceno objektivním optoelektronickým čidlem, jehož signál je zpracován elektronikou přístroje. Následně je zobrazena na displeji přístroje hodnota koncentrace plynné NCHL v ppm. [25, 36]

3 Cíle práce a hypotézy

Cílem diplomové práce je zhodnocení současných způsobů detekce chemických toxických látek s využitím jednoduchých prostředků detekce. Součástí diplomové práce je analýza v oblasti detekce jednoduchými prostředky ve vztahu k připravenosti odpovědných institucí České republiky na nález neznámé chemické látky, a to jak v chemických laboratořích, tak při provádění chemického průzkumu. Původním záměrem byla analýza připravenosti na nález neznámé chemické látky i u příslušníků chemického vojska AČR, ale protože se mi nepodařilo navázat dostatečně aktivní spolupráci, nakonec jsem se rozhodla tuto část zaměřit pouze na HZS ČR, který má v této oblasti primární činnost. Diplomová práce dále řeší problém, zda jsou jednoduché prostředky detekce spolehlivé a jakou roli sehrávají při chemickém průzkumu a chemické kontrole. Jednotlivé kapitoly jsou věnovány i možným scénářům provedení detekce jednoduchými prostředky při úniku nebo úmyslném rozptýlení konkrétní nebezpečné látky.

Na základě výsledků analýzy a vyhodnocení současného stavu jsou stanoveny možné návrhy a doporučení, které by mohly přispět ke zvýšení efektivity zásahu při nálezů neznámé chemické látky s využitím jednoduchých prostředků detekce.

3.1 Stanovené hypotézy

H1: Předpokládám, že při detekci neznámé chemické látky chemická služba HZS ČR nevyužívá jednoduché prostředky jako hlavní prostředky k detekci.

H2: Předpokládám, že jednoduché prostředky detekce jsou spolehlivé a k falešně pozitivním či negativním vyhodnocení dochází jen ojediněle.

H3: Předpokládám, že vzdálenosti mezí detekce jednoduchých prostředků přesahují hranice nejnebezpečnějších zón – AEGL 3 (60 min) konkrétních látek od místa zdroje.

4 Metodika

Diplomová práce vychází ze základních vědeckých a výzkumných metod, a to z analyticko-syntetické metody, rešerše odborné literatury, z přímých rozhovorů s příslušníky chemické služby HZS ČR a chemického vojska AČR. Na základě získaných informací, převážně od příslušníků chemické služby HZS ČR, je provedena analýza současného stavu a syntéza zjištěných poznatků o provádění detekce jednoduchými prostředky právě u HZS ČR.

Informace od příslušníků HZS ČR byly získány také kvalitativním dotazníkovým šetřením. K vytvoření dotazníku byly použity konzultace a přímé rozhovory s odborníky. Dotazník tvoří 12 otázek, jejichž cílem bylo získat fakta a názory příslušníků chemické služby HZS ČR k probírané oblasti. Na základě výsledků dotazníkového šetření byly následně provedeny individuální rozhovory s některými příslušníky chemické služby HZS ČR a byl proveden experiment.

Cílem experimentu bylo ověřit možné falešně pozitivní reakce detekčního proužku DETEHIT v závislosti na meteorologických podmínkách. V rámci experimentu byly některé podmínky uměle vytvořeny pomocí běžně využívaných přístrojů či jiných pomůcek. V experimentu byla uplatněna metoda idealizace, jelikož některé podmínky měření nemohly být skutečné, i když co nejvíce odpovídaly skutečnosti. Vyhodnocení reakcí DETEHITu bylo provedeno přímým pozorováním.

Další z metod diplomové práce je modelování úniku či úmyslného rozšíření NL v modelovacích programech a rovněž vyobrazení linie citlivosti různých jednoduchých prostředků, které jsou využívány HZS ČR. V rámci tohoto modelování bylo zkoumáno, do jaké míry jsou jednoduché prostředky detekce použitelné při jednotlivých situacích se šířením konkrétních chemických toxických látek. K modelaci a vyobrazení linií bylo využíváno především softwarového programu Aloha, který je určen k okamžitému vyhodnocení hrozeb a k možnosti simulace šíření NL v ovzduší. Umožňuje zobrazení jednotlivých zón, ve kterých by došlo k různým negativním následkům převážně pro obyvatelstvo. Jelikož se jedná o jednoduché detekční prostředky, byly pro modelace vybrány takové látky, které je možné detekovat takovými prostředky.

Metoda komparace pak byla aplikována na získaná data z výše uvedených metod.

4.1 Dotazníkové šetření

Součástí průzkumu bylo dotazníkové šetření týkající se využitelnosti a spolehlivosti jednoduchých detekčních prostředků u chemické služby HZS ČR. Na základě konzultací s odborníky byl vytvořen dotazník, viz Příloha 3 Dotazník k diplomové práci, který se skládá z 12 otázek. Otázky jsou převážně uzavřeného typu, pod kterými jsou možnosti k výběru, ale také je doplňují otázky otevřeného typu. Jsou pokládány tak, aby z nich bylo možné získat jasné informace o faktech a názorech příslušníků chemické služby HZS ČR na využitelnost a spolehlivost jednotlivých jednoduchých detekčních prostředků. Vytvořený dotazník byl rozeslán elektronickou formou vedoucím chemických služeb HZS ČR všech krajů České republiky s žádostí o přeposlání svým podřízeným příslušníkům chemické služby v daném kraji. V Praze byl dotazník předán v listinné podobě, jelikož nebyla nalezena aktuální e-mailová adresa. Celkem se mi vrátilo 64 vyplněných dotazníků z deseti krajů včetně hlavního města Prahy, přičemž nejvíce respondentů jsem získala z hlavního města Prahy, kraje Vysočiny a Středočeského kraje. S několika vybranými respondenty následně proběhla diskuse a objasnění některých odpovědí.

4.2 Ověření falešně pozitivní reakce DETEHITu

Na základě získaných informací, že detekční papírek DETEHIT vykazuje celkem vysoký počet falešně pozitivních reakcí, jsem se rozhodla, že provedu experiment, kterým se pokusím zjistit, zda mají i meteorologické podmínky, převážně teplota vzduchu, vliv na chemické reakce DETEHITu. Experiment byl prováděn v podmínkách, které byly uvedeny v dotazníkovém šetření a v následných individuálních rozhovorech s příslušníky chemické služby HZS ČR.

Jedná o jednoduchý prostředek, který je určen pro rychlou a nenáročnou detekci v terénu, je s ním spojená také nízká selektivita, což vede k tomu, že prostředek neměří jen jednu konkrétní látku nebo skupinu látek. Nezbarvení detekční tkaniny – označující přítomnost BCHL, může být způsobeno různými interferencemi tj. křížovými citlivostmi na jiné látky, které mohou vyvolat podobný efekt. Přímo u DETEHITu je to např. reakce na pyridin, a proto za takových situací nelze hovořit o selhání detekčního proužku, ale o křížové citlivosti. Také z těchto důvodů obecně platí u HZS ČR, že je u detekce nutné použít nejméně dva detekční principy vzájemně na sobě nezávislé. [25]

4.3 Modelace šíření sarinu a jeho detekce v Aloze

Pro modelaci šíření NL je nejdůležitější si nejprve zvolit druh unikající či rozptýlené látky, včetně jejího množství, a v jakém prostředí se látka bude uvolňovat. Jedním z nejdůležitějších hledisek, pro modelování šíření NL, jsou informace o vlastnostech dané látky a meteorologické podmínky, od kterých se odvozují možnosti šíření látek a prognóza, k jakým negativním následkům by případně mohlo dojít.

Aloha je modelovací program, který umožňuje odhad hrozeb a vykreslení jednotlivých zón spojených s únikem NL. Jedná se zejména o hrozby, které jsou spojené s šířením toxického oblaku, s požárem nebo výbuchem. Je zde možné vykreslení 3 zón, které si můžeme nadefinovat sami např. dle koncentrace NL v oblaku. Jedná se o jednoduchý rozptylový program, který využívá sérii rovnic Gaussova rozdělení nebo modelu těžkého plynu k přibližnému vyhodnocení pohybu NL uvolněných do ovzduší. [37]

Jelikož Aloha obsahuje pouze omezené množství nebezpečných látek, modelace byly provedeny na BCHL sarin a další vybrané NL. Dále Aloha neumožňuje vyznačení ohrožujících zón ve větších vzdálenostech než je 10 km, proto byly modelace prováděny na takové množství uniklých či rozšířených látek, které nebudou mít zóny ohrožení větší než je tato vzdálenost, anebo při srovnání několika modelací na jedné látce nebude nejmenší zóna ohrožení větší než 10 km.

Pro modelaci bylo zvoleno místo, které v případě teroristického útoku by mohlo být významným cílem, tj. letiště Václava Havla v Praze. Jedná se o slabě osídlenou oblast, avšak s vyšší hustotou lidí, proto se nedá vyloučit, že by k takovému útoku mohlo dojít. Letiště Václava Havla se nachází na západním okraji hlavního města Prahy, hned vedle přírodního parku Šárka-Lysolaje. Modelace byly provedeny na místě parkoviště u terminálu 3, který je určen převážně pro soukromé lety, v těsné blízkosti úřadu pro civilní letectví. Dále do dvou kilometrů od terminálu 3 se nachází Pražský okruh a obchodní centrum Šestka, což by také mohlo přispět k případnému zvolení právě tohoto místa k provedení teroristického útoku.

Sarin byl k modelaci zvolen proto, že již od 2. světové války patří mezi nejvýznamnější BCHL vůbec. I když použití sarinu v České republice se neočekává (vztahuje se na něj, tak jako na všechny ostatní vojensky významné chemické toxické látky, Úmluva o zákazu vývoje, výroby, hromadění zásob a použití chemických zbraní a o jejich zničení), vyloučit to nelze, proto bychom měli být i na tuto eventualitu připraveni.

Sarin (isopropyl-methylfosfonofluoridát) se řadí mezi nervově paralytické BCHL, které inhibují enzym acetylcholinesterázu, který udržuje správnou činnost nervové soustavy. Sarin do organismu proniká všemi branami vstupu a prostupuje i běžným oděvem. Za normálních podmínek je velmi těkavou kapalinou čiré barvy bez zápachu. Často se stávalo, že byl nažloutlé až nahnědlé barvy s nevýraznou ovocnou vůní, což bylo způsobeno některými přidanými látkami. Střední letální koncentrace LC_{t50} v ovzduší při inhalační otravě činí 0,15-1,00 g/m³ (doba expozice 1 minuta). Pro perkutánní toxicitu platí LD_{50} 500-2000 mg u 70 kg člověka. [38, 39]

Prvním příznakem působení sarinu na lidský organismus je mióza – zúžení zornic, následně u lehkých otrav dochází k bolestem hlavy, tlaku a bolestem v očích, překrvení spojivek. Zároveň se začnou objevovat dýchací potíže, tlak na prsou, úporný kašel, nevolnost, která může vést až ke zvracení a celková únava organismu. Tyto potíže přetrvávají 3 až 5 dní. Při středně těžkých otravách dochází k podobným počátečním příznakům jako u lehkých otrav, ale postupně se zhoršují. Dochází ke slinění, pocení, zvýšení sekrece z nosu, zhoršení kašle a k celkovému neklidu. Objevuje se napětí ve svalech a svalový třes, který přechází v záškuby či křeče, zvláště u dolních končetin. Potíže trvají 10 až 14 dní a je nutná rekonvalescence po dobu až 2 týdnů. V případě těžkých otrav dochází k rozvoji křečí, ztrátě vědomí a prohlubování dýchacích potíží s nepravidelným srdečním rytmem. Těžké otravy se léčí po dobu 30 dnů, a jestliže dojde ke smrti, je to zpravidla způsobeno zástavou dechu. [40]

```
Text Summary
SITE DATA:
Location: PRAGUE, CZECH REPUBLIC
Building Air Exchanges Per Hour: 0.35 (unsheltered single storied)
Time: March 27, 2017 1227 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: SARIN
CAS Number: 107-44-8 Molecular Weight: 140.11 g/mol
AEGL-1 (60 min): 4.8e-04 ppm AEGL-2 (60 min): 0.006 ppm AEGL-3 (60 min): 0.022 ppm
Normal Boiling Point: 297.0° F
Note: Not enough chemical data to use Heavy Gas option

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 1 meters/second from SE at 10 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 10.8° C Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 39%

SOURCE STRENGTH:
Direct Source: 2 kilograms/hr Source Height: 0
Release Duration: 60 minutes
Release Rate: 0.0735 pounds/min
Total Amount Released: 4.41 pounds
```

Obrázek 2 Zadaná data do softwaru Aloha ^[41 – upraveno autorem]

Pro to, aby modelovací program Aloha mohl vypočítat, zobrazit velikost a směr šíření oblaku, je nutné zadat potřebné údaje o místě události, chemických vlastnostech dané látky, atmosférických podmínkách a o zdroji, odkud se bude NL šířit, viz obrázek 2.

4.4 Šíření dalších nebezpečných látek a možnosti detekce

K únikům a šíření NL i přes všechna zabezpečení dochází každý den. Některé úniky jsou v minimálním množství, kdy není třeba tento únik řešit a přijímat na něj určitá opatření, protože nepředstavují ohrožení pro obyvatelstvo, životní prostředí ani majetek. Jiné větší úniky pak představují hrozbu a je třeba je řešit. V případě, že se jedná o únik či úmyslné rozšíření neznámé látky, je nutné, aby se co nejrychleji provedl chemický průzkum, a zjistila se unikající látka, aby mohla být přijata správná a efektivní opatření. Jednoduché prostředky detekce tak zastávají při chemickém průzkumu významnou roli.

V tabulce 4 jsou uvedeny detekční trubičky a jejich citlivost detekce na konkrétní NL, na které jsou prováděny následující modelace v programu Aloha.

Tabulka 4 Detekční trubičky v modelacích ^[42 – upraveno autorem]

Název detekční trubičky	Určení	Mez detekce mg/m ³
DT-001	Fosgen	0,5
DT-003	Chlór	3
DT-005	Oxid siřičitý	5
DT-006	Sulfan (Sirovodík)	5
DT-008	Amoniak	50
DT-011	Oxid uhelnatý	30
DT-12	Fosgen, difosgen, chlorkyan, kyanovodík	5
DT-17	Kyanovodík, chlorkyan	0,5
DT-24	Kyanovodík	10

5 Výsledky

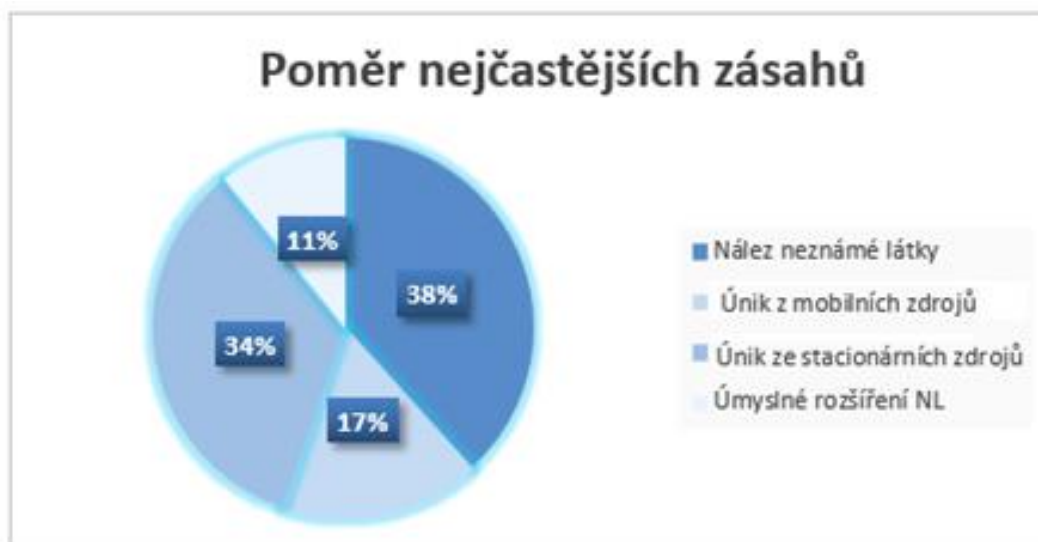
5.1 Výsledky dotazníkového šetření

Jak již bylo zmíněno výše v kapitole 4.1, dotazníkového šetření se celkem zúčastnilo 64 respondentů, největší počet byl pak zastoupen příslušníky chemické služby HZS ČR z Prahy, Vysočiny a Středočeského kraje. Z celkového zjištění vyplývá, že na každého příslušníka chemické služby HZS ČR průměrně připadá téměř 13 let služebního poměru.

Otázka č. 3 v dotazníku zněla: „U kolika zásahů jste byl/a s podezřením na přítomnost NL za posledních 5 let? (Nezahrnují se zásahy, kdy látka byla předem identifikována).“ Z odpovědí je zřejmé, že počty zásahů se téměř shodují dle místa výkonu služby, avšak mezi jednotlivými místy panuje patřičný nepoměr, kdy základní a střední jednotky nevyjíždí k takovému počtu zásahů jako CHL. Z průzkumu vyplývá, že je to dáno především z důvodu struktury chemického průzkumu. Základní a střední jednotky požární ochrany mají malé pole působnosti a většinou na nálezy neznámých látek se svými prostředky nestačí, proto se snaží většinou „jen“ stabilizovat situaci a vyčkat na příjezd opěrné jednotky, popř. chemické laboratoře HZS ČR, které mají podstatně rozsáhlejší územní působnost a rozšířené možnosti detekce a identifikace neznámých chemických látek. Dále, je zde možné zjistit, že na tyto zásahy vyjíždějí chemici základních a středních jednotek požární ochrany jen výjimečně, tj. maximálně 50krát za pět let. U opěrných jednotek se tento počet navyšuje na 51 a více zásahů za posledních pět let a u chemických laboratoří je to zpravidla více jak 100 zásahů za posledních pět let.

Odpovědi na otázku č. 4, která se týká výskytu událostí s podezřením na zneužití některé BCHL za posledních pět let, vykazují podobné charakteristiky jako u otázky č. 3, vážou se na místo výkonu služby. U chemických laboratoří výrazně převyšuje odpověď „ano“. U opěrných bodů JPO jsou odpovědi „ano“ a „ne“ poměrně vyrovnané, i když mírně převládá odpověď „ne“. U středních a základních jednotek se naopak odpověď „ano“ vyskytuje pouze výjimečně.

Poměrně překvapivé pro mne bylo vyhodnocení otázky č. 5, kde se seřazovala četnost výjezdů k jednotlivým únikům či nálezu neznámé chemické látky. Bez ohledu na geografické umístění výjezdové skupiny byl nejčastější nález neznámé látky a únik ze stacionárních zdrojů. Méně časté byly úniky z mobilních zdrojů (u nichž jsem předpokládala největší počet) a úmyslné rozšíření NL, viz obrázek 3.

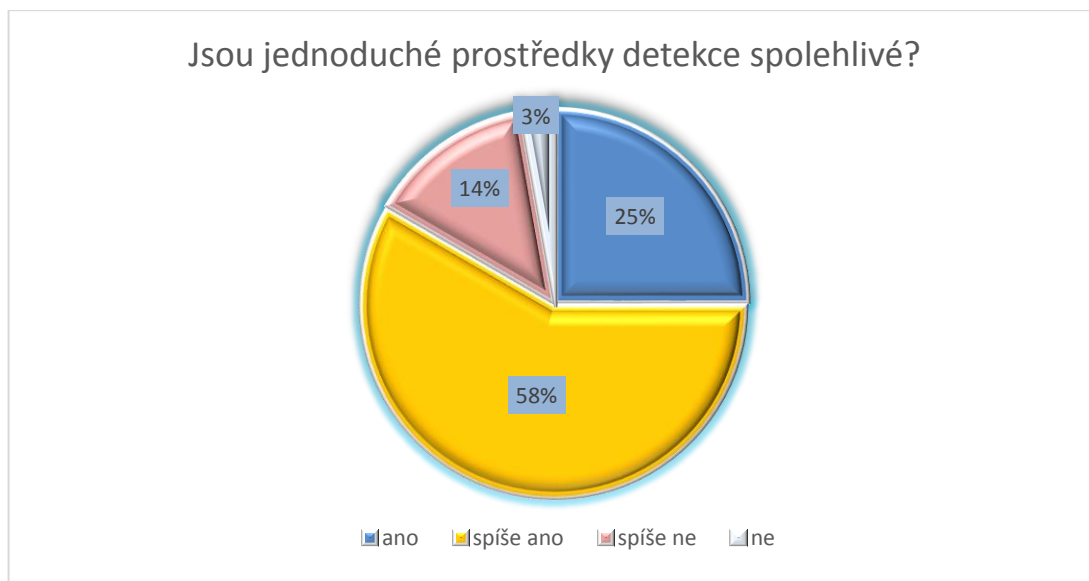


Obrázek 3 Poměr nejčastějších zásahů [Zdroj: vlastní]

Mezi další, převážně výjimečné výjezdy, které nejsou uvedeny v grafu, patří zásahy ke spolupráci s PČR, např. při nálezů chemických látek v pěstírnách, kdy je vyžadována rychlejší a spolehlivější detekce. Dále se zde vyskytují výjezdy k měření koncentrace oxidu uhelnatého v domech, bytech či jiných prostorech, a v neposlední řadě je to asistence PČR při silničních kontrolách ADR.

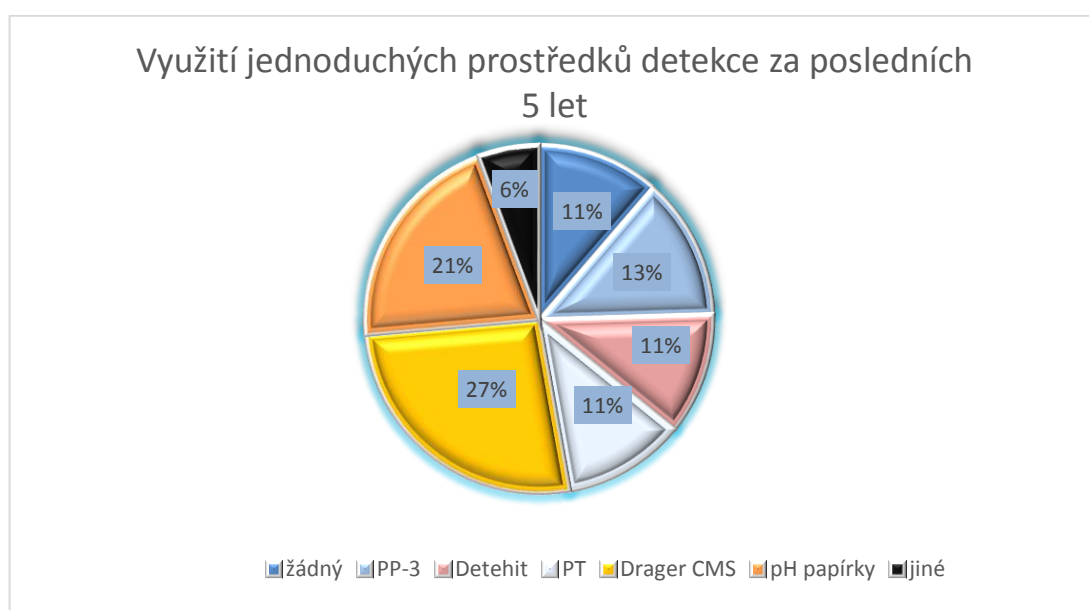
Při zjišťování, jak velký význam a přínos mají jednoduché detekční prostředky v oblasti chemického průzkumu HZS ČR, se respondenti rozdělili do tří téměř stejně velkých skupin. Jednotlivé skupiny zastávaly tři různé názory. První skupina přikládala jednoduchým prostředkům detekce podstatný význam, kdy k této variantě přihlédli respondenti také z důvodu ekonomického hlediska. Jednoduché prostředky detekce jsou podstatně méně finančně náročné jak na pořízení, tak i na údržbu. Další dvě skupiny se přiklání ke střednímu a malému významu jednoduchých detekčních prostředků a tyto prostředky používají spíše k potvrzení přítomnosti určité NCHL, než k primární činnosti detekce. Pouze jeden respondent těmto prostředkům zcela nedůvěřuje a nemá pro něj žádný význam.

Na otázku č. 7, zda jsou dle vlastního uvážení jednoduché prostředky detekce spolehlivé, uvedla převážná většina, že spíše ano, viz obrázek 4. Je třeba brát v úvahu, že žádný jednoduchý detekční prostředek není zcela selektivní. Detekční prostředky tedy neměří pouze jednu konkrétní látku nebo skupinu látek a dochází u nich k interferencím.



Obrázek 4 Jsou jednoduché prostředky detekce spolehlivé? [Zdroj: vlastní]

Využívání jednoduchých prostředků detekce je poměrně hojné a k hodnocení „ano“ se přiklání 53 % respondentů, je však nutné vzít v potaz, že malé stanice jinými detekčními prostředky nedisponují, a to může mít vliv na výsledky. „Spíše ano“ pak odpovědělo 21 %, „spíše ne“ 19 % a 7 % uvedlo, že jednoduché prostředky detekce absolutně nevyužívají. Ti, kteří tyto prostředky vůbec nepoužívají, se shodli, že by přistoupili k možnosti detekce jednoduchými detekčními prostředky jen tehdy, pokud by měli podezření na zneužití BCHL. U zásahů jak základních a středních JPO, tak i opěrných JPO a chemických laboratoří HZS ČR, bylo za posledních pět let využito řady jednoduchých detekčních prostředků. Četnost využití těchto prostředků je znázorněna na obrázku 5.



Obrázek 5 Využití jednoduchých prostředků detekce za posledních 5 let [Zdroj: vlastní]

V posledních třech otázkách bylo zjišťováno, zda při použití jednoduchých prostředků detekce došlo někdy v minulosti k falešně pozitivním či falešně negativním výsledkům, popřípadě u jakých prostředků a za jakých podmínek k takové události došlo. Celkem 18 respondentů potvrdilo, že některé jednoduché detekční prostředky poskytly jiné výsledky, než k jakým dospěla následná měření. Pouze ve dvou případech se stalo, že výsledná reakce byla negativní a dalším měřením se prokázala přítomnost NL. Naopak situace, kdy se objevil pozitivní výsledek u jednoduchého detekčního prostředku, a následně se přítomnost NL vyloučila, se stala vícekrát. Podstatnou část (celkem 12 takových reakcí) tvoří falešně pozitivní reakce detekčního proužku DETEHIT.

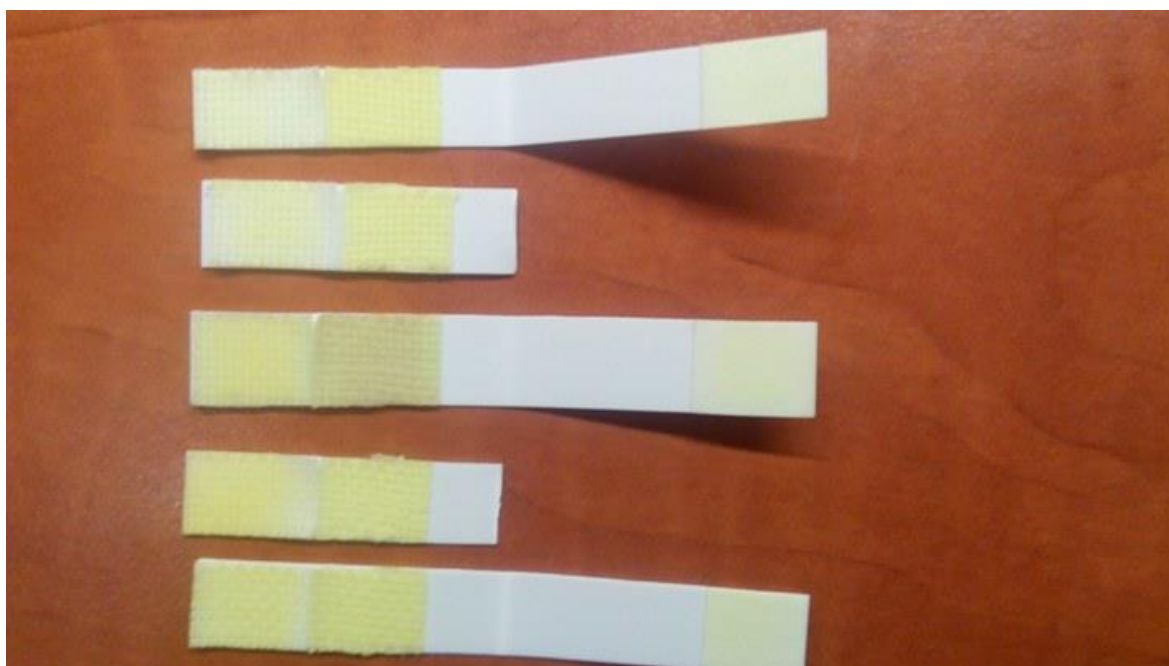
5.2 Výsledky experimentu

Jelikož většinou byly při falešně pozitivních výsledcích uváděny důvody jako přímé sluneční záření, vyšší teploty, jasné počasí apod., byla většina pokusů provedena v reálných podmínkách v jeden den, kdy teplota vzduchu dosahovala 21 °C, relativní vlhkost vzduchu byla 37 %, rychlost větru 3 m/s a obloha byla bez mraků. Byly tudíž vytvořeny podmínky uváděné v dotaznících a při dalších rozhovorech (přímé sluneční záření – jasné počasí). Jiné teploty vzduchu byly nasimulovány různými běžně dostupnými prostředky a pokusy proběhly v uzavřených vnitřních prostorech. Všechny pokusy byly provedeny naslepo, bez použití jakýkoliv chemických látek či jiných přípravků. Ve všech případech poskytoval detekční proužek DETEHIT negativní výsledek, tj. nepřítomnost BCHL (viz tabulka 5).

Tabulka 5 Pokusy DETEHIT [Zdroj: vlastní]

Experiment č.	Prostředí	Doba expozice (min)	Teplota ovzduší/vody (°C)	Výsledek
1.	Vzduch	20	21	Negativní
2.	Vzduch	15	21	Negativní
3.	Vzduch	10	21	Negativní
4.	Vzduch	2	21	Negativní
5.	Vzduch	10	2	Negativní
6.	Vzduch	10	40	Negativní
7.	Vzduch	2	2	Negativní
8.	Vzduch	2	40	Negativní
9.	Voda	30	8	Negativní
10.	Voda	30	8	Negativní

Ačkoli byly všechny výsledky pokusů negativní a přítomnost BCHL se nepotvrdila, v některých případech se projevilo obtížněji rozeznatelné zbarvení detekční tkaniny. DETEHIT byl použit přesně dle návodu k použití, kdy po ovlhčení bílé a žluté tkaniny byly proužky umístěny do různého prostředí na různě dlouhou dobu (viz tabulka 5). Po vyjmutí z analyzovaného prostředí byla detekční tkanina omyta čistou vodou a byl na ni přiložen indikační papír po dobu 2 minut. Jak je patrné z obrázku 6, který dokumentuje výsledky pěti pokusů, při každém provedeném pokusu se tkanina zbarvila do různých odstínů žluté barvy. Při interpretaci těchto výsledků nutno vzít v úvahu několik faktů. Prvním faktem je, že obrázek je pořízen mobilním telefonem a zbarvení tkaniny na obrázku je lehce zkreslené. Ve skutečnosti toto zbarvení bylo více kontrastní. Dalšími fakty je i to, že jde o subjektivní vyhodnocení a záleží na světelných podmínkách, za nichž je vyhodnocení prováděno. Takže pokud je vyhodnocení zbarvení detekční tkaniny prováděno na přímém slunci či pod světelným zdrojem žluté barvy, může to mít na subjektivní posouzení zbarvení detekční tkaniny podstatný vliv, neboť kontrast není zcela zřetelný.



Obrázek 6 Rozdílné zbarvení DETEHUTu [Zdroj: vlastní]

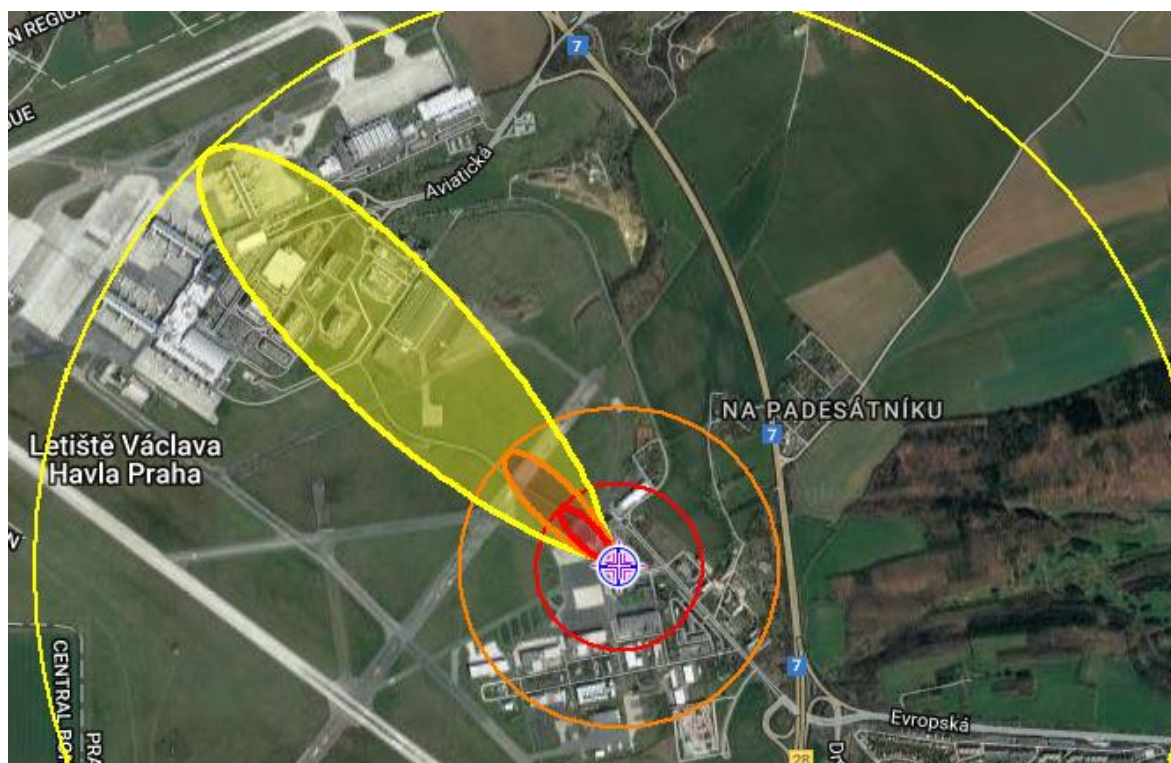
5.3 Výsledky modelace sarinu

Modelace byla provedena za podmínek, jaké panovaly 27. 3. 2017 v 12:00 hodin. Místem události, jak už bylo zmíněno, je letiště Václava Havla v Praze, parkoviště u terminálu č. 3. Aloha již obsahuje ve své databázi toxických chemických látek sarinu, proto nebylo třeba tuto látku přidávat do databáze. Při zadání sarinu se vygenerovala chemická data jako registrační číslo CAS: 107-44-8, molekulární hmotnost: 140.11 g/mol, bod varu: 147,22 °C a hodnoty AEGL, které značí úroveň akutní expozice a popis působení chemických látek ve vzduchu na člověka včetně závažnosti toxických účinků dané látky. Hodnoty AEGL, které vydává The National Advisory Committee for AEGLs, jsou u sarinu zde určeny pro dobu expozice 1 hodina. AEGL-1 stanovuje koncentraci v ovzduší, při níž jedinci mohou pocítit patrné nepohodlí, podráždění či symptomatrické příznaky, které nejsou postřehnutelné lidskými smysly. Účinky jsou přechodné a po přerušení expozice vratné. Při této koncentraci by jedinci neměli být výrazně oslabeni, pro sarin je tato hodnota stanovena na koncentraci 0,00048 ppm, což představuje 0,00275 mg/m³. AEGL-2 stanovuje koncentraci ve vzduchu, při níž jedinci mohou být ohroženi dlouhotrvajícími, nevratnými či jinými vážnými negativními zdravotními účinky. Při této koncentraci může také dojít ke zhoršení schopnosti úniku jedince. AEGL-2 pro sarin je 0,006 ppm, čili 0,03438 mg/m³. AEGL-3 stanovuje koncentraci NL ve vzduchu, při níž se předpokládá, že dojde u jedinců k vážným zdravotním účinkům ohrožující život nebo ke smrti. Pro sarin je tato koncentrace stanovena na 0,022 ppm, což je 0,13 mg/m³. [41]

Nejbližší meteorologická stanice je umístěna na Praze 6 - Strahově, odkud byly čerpány veškeré atmosférické podmínky důležité pro modelaci. Jelikož vítr vál z jihovýchodu směrem na severozápad a tímto směrem je převážně otevřená krajina, byl do Alohy zadán údaj šíření v otevřené krajině. Byla zadána rychlost větru 1m/s, teplota vzduchu 10,8 °C, relativní vlhkost 39 %, bez inverze, obloha bez mraků, a na základě těchto údajů byla stanovena třída stability atmosféry B, která představuje mírně nestabilní atmosféru, kdy za slunečního záření se ohřívá vzduch v blízkosti povrchu země a vytváří se tak poměrně velké víry, které vyzdvihávají tento vzduch i s kontaminovaným oblakem vzhůru.

Zdroj byl zvolen s postupným uvolňováním sarinu do ovzduší, který může představovat rozstřikovací zařízení, které je umístěno na zemi. Celková kapacita sarinu

2 kg ve zdroji je uvolňována do ovzduší konstantní rychlostí 33,339 g/min po dobu 1 hodiny s celkovým uvolněním 2 kg sarinu do ovzduší.



Obrázek 7 Výstup velikosti toxického oblaku z Alohý ^[41 – upraveno autorem]

Za předpokladu, že se meteorologické podmínky nezmění, tak jak je vidět na obrázku 7, kontaminovaný oblak sarinem, označený žlutou barvou, s nejnižší koncentrací, která může způsobit podráždění, patrné nepohodlí či vyvolat symptomy nezaznamenané lidskými smysly, bude dosahovat vzdálenosti od zdroje až 2 km. Šířka tohoto mraku může dosahovat až 520 m. Dále je zde zobrazeno oranžovou barvou šíření mraku s koncentrací sarinu AEGL-2, který dosahuje ve směru větru vzdálenosti od místa zdroje 553 m, a oblak s koncentrací sarinu AEGL-3 do 288 m, který je vyobrazen barvou červenou.

Vykreslení citlivosti detekce jednoduchých prostředků

Za stejných podmínek, které jsou uvedeny výše v kapitole 5.3 „Výsledky modelace sarinu“, byla provedena modelace s vykreslením jednotlivých linií, které značí mez detekce jednotlivých jednoduchých prostředků pro detekci, které využívá HZS ČR. Mezi jednoduché prostředky ve výbavě HZS ČR, které jsou schopny detekovat sarin, se řadí průkazníkové papírky PP-3, DETEHIT a detekční trubička DT-11 označena třemi červenými pruhy.

Jelikož je modelace prováděna za jasného počasí a průkazníkové papírky PP-3 nereagují na plyny ani páry, nebude proto zobrazena linie pro tento detekční prostředek. Dle výrobce je citlivost prostředku (mez detekce) DETEHIT na sarin při 20 °C při expozici 2 minut 0,01 mg/m³ a citlivost detekční trubičky DT-11 je 0,05 mg/m³.



Obrázek 8 Meze detekce prostředků DETEHIT a DT-11, zóna AEGL-3 ^[41 – upraveno autorem]

Na obrázku 8 je zobrazena červenou barvou zóna AEGL-3 (288 m), v níž se nachází sarin v takové koncentraci, že jedinci mohou být postiženi závažnými účinky na zdraví ohrožující život nebo u nich dojde ke smrti. Oranžovou barvou je označena hranice zóny citlivosti detekční trubičky DT-11. V této zóně je možné látku detekovat, a dosahuje vzdálenosti ve směru šíření oblaku až 471 m od místa zdroje. Žlutou barvou je znázorněna linie citlivosti prostředku DETEHIT do vzdálenosti až 1,1 km od místa zdroje ve směru větru.

Souhrn údajů z modelace

V souhrnné tabulce 6 jsou uvedeny jednotlivé okraje nebezpečných zón dle hodnocení AEGL (60 min) a okraje zón citlivosti prostředku DETEHIT a detekčních trubiček DT-11, ve kterých je možno sarin pomocí těchto prostředků detekovat. Tyto okraje jsou následně graficky znázorněny na obrázku 9, kde červenou barvou je ohraničena zóna do vzdálenosti 291 m od místa zdroje, v níž je život ohrožující a letální koncentrace sarinu. Do vzdálenosti 475 m od místa zdroje ve směru větru by měly detekční trubičky

DT-11 zaznamenat přítomnost sarinu. Toto území je vyznačeno oranžovou menší elipsou, která se nachází v prostoru zóny AEGL-2 (do 553 m) označené větší oranžovou elipsou, proto je nezbytné, aby při detekci a pohybu v tomto prostoru byly zasahující složky chráněny ochrannými prostředky. Dále je na obrázku vyobrazen prostor citlivosti detekce prostředku DETEHIT – žlutá menší elipsa do vzdálenosti 1 km od místa zdroje ve směru větru, nacházející se v prostoru AEGL-1, který se táhne do vzdálenosti až 2 km.

Tabulka 6 Souhrn zón nebezpečnosti a citlivosti jednoduchých detekčních prostředků (Sarin) [Zdroj: vlastní]

Ohraničení zóny pro	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3	Citlivost DT-11	Citlivost DETEHIT (expozice 2 min)
Maximální vzdálenost od místa zdroje (m)	2000	553	291	475	1000



Obrázek 9 Grafické znázornění zón nebezpečnosti a zón citlivosti (mezi detekce) jednoduchých detekčních prostředků (pro sarin) ^[41 – upraveno autorem]

Závislost na množství sarinu a třídě stability atmosféry při šíření v ovzduší

V následujících tabulkách 7 – 12 jsou uvedeny vzdálenosti, které by dosahovaly zóny AEGL-1, AEGL-2, AEGL-3 při 1hodinové expozici sarinu, a linie citlivosti (mezi detekce) prostředku DETEHIT při expozici 2 minuty a detekčních trubiček DT-11. Následně jsou tyto vzdálenosti graficky znázorněny na obrázcích 10 – 15. Všechny tyto vzdálenosti jsou

vztaženy na okamžitý zdroj umístěný na povrchu země, který může představovat výbušné zařízení. Při rozšíření NL pomocí tohoto zdroje dojde k okamžitému uvolnění veškerého množství sarinu obsaženého v zařízení. Šíření je modelováno na rovinný povrch země, jakým je například letiště Václava Havla. V tabulkách jsou hodnoty získané modelací šíření sarinu za různých meteorologických podmínek, které představují různé třídy stability atmosféry, avšak za stálé rychlosti větru 2 m/s.

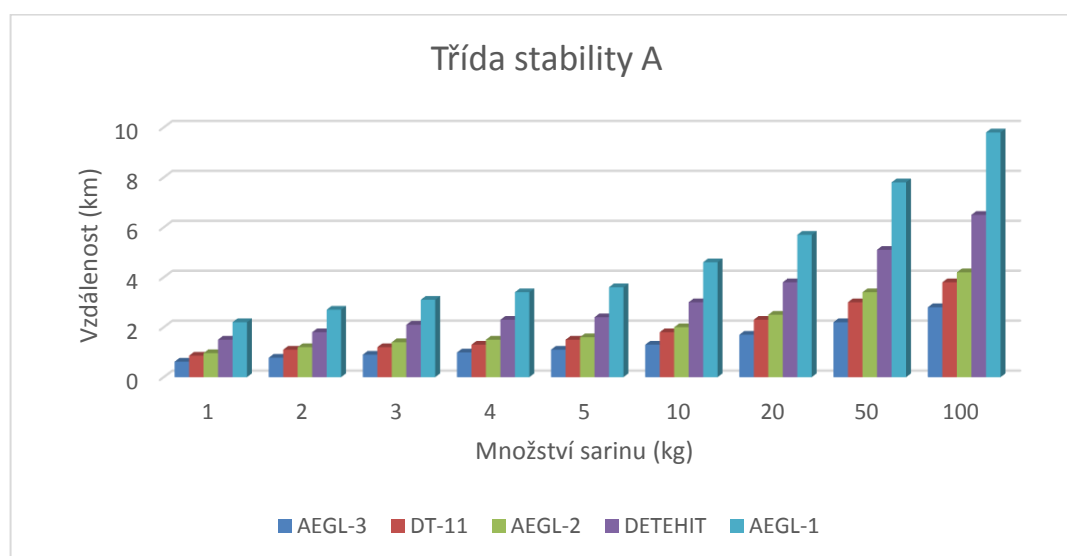
Jednotlivé třídy stability atmosféry mají velký vliv na šíření NL v ovzduší, kdy ovlivňují velikosti zón ohrožení a rychlost snižování koncentrace NL v kontaminovaném oblaku. Za nestabilních podmínek se plyn rychleji mísí s okolním vzduchem a na velikosti zóny ohrožení se to projeví tím způsobem, že tato určitá zóna nebude dosahovat takových vzdáleností jako za stabilnějších podmínek. Zóny vytvořené za nestabilních podmínek jsou na druhou stranu většinou širšího charakteru. Třídy stability A až C jsou řazeny mezi nestabilní podmínky, kdy sluneční záření ohřívá vzduch v blízkosti zemského povrchu a vytváří zde turbulence, které následně mísí oblak se vzduchem a vyzdvihávají kontaminovaný oblak vzhůru. Takové stavy mají pozitivní vliv na rychlejší snižování koncentrace NL v ovzduší. Třída stability D je považována za neutrální stabilitu, kdy mírné sluneční záření vytváří malé turbulence a oblak není příliš mísen se vzduchem. U této neutrální stability oblak plynu nemá tendenci stoupat jako u předchozích tříd stability atmosféry, ale ani klesat. Třídy stability E a F jsou pak považovány za stabilní prostředí, kdy vzduch v blízkosti povrchu země nevytváří turbulence a má sniženou tendenci stoupat. Pod každou z těchto tabulek je zařazen odpovídající graf, který znázorňuje jednotlivé zóny ohrožení a citlivosti jednoduchých prostředků detekce (DETEHIT a DT-11) pro různé množství sarinu. [41]

Tabulka 7 uvádí hodnoty maximálních vzdáleností jednotlivých zón ve směru větru, při třídě stability A. Tato třída je zde definována meteorologickými podmínkami, které mohou nastat v letních ranních hodinách. Konkrétně se jedná o teplotu vzduchu 13 °C, relativní vlhkost vzduchu 25 % a rychlost větru 2 m/s. Jedná se o zóny, které ze všech tříd stability atmosféry mají nejmenší rozsah. V blízkosti povrchu země se vytváří největší turbulence vzduchu, které vytlačují kontaminovaný oblak vzhůru a tím dochází k rychlejšímu mísení vzduchu s oblakem. To pak vede ke snižování nebezpečných koncentrací.

Tabulka 7 je doplněna obrázkem 10, který znázorňuje tabulkové hodnoty - jednotlivé zóny ohrožení a citlivosti prostředí DETEHIT a detekčních trubiček DT-11 v závislosti na množství sarinu při třídě stability atmosféry A.

Tabulka 7 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry A [Zdroj: vlastní]

Množství sarinu (kg)	Vzdálenost (km)				
	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3	DETEHIT	DT-11
1	2,2	0,96	0,62	1,5	0,86
2	2,7	1,2	0,78	1,8	1,1
3	3,1	1,4	0,9	2,1	1,2
4	3,4	1,5	0,99	2,3	1,3
5	3,6	1,6	1,1	2,4	1,5
10	4,6	2	1,3	3	1,8
20	5,7	2,5	1,7	3,8	2,3
50	7,8	3,4	2,2	5,1	3
100	9,8	4,2	2,8	6,5	3,8



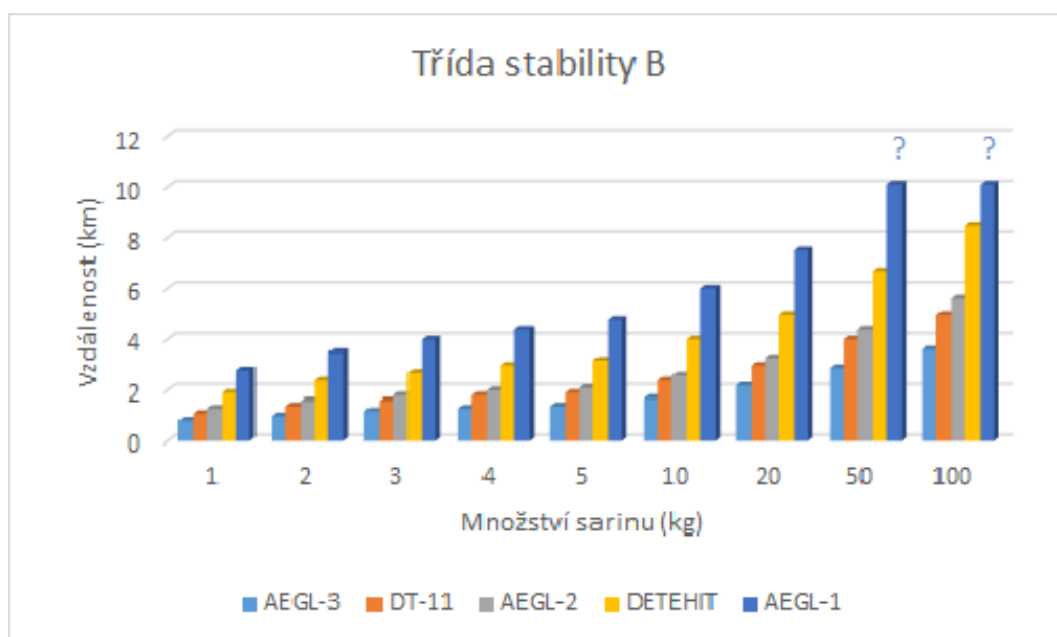
Obrázek 10 Grafické znázornění zón při třídě stability A [Zdroj: vlastní]

Tabulka 8 obsahuje největší vzdálenosti zón ve směru větru, které by nastaly v případě, že zdroj by byl okamžitý a najednou by se uvolnilo uvedené množství sarinu. Vzdálenosti jednotlivých zón jsou ovlivněny meteorologickými podmínkami, v tomto případě to jsou podmínky, které by mohly nastat v jarním období kolem poledne, kdy je teplota vzduchu 10,8 °C, vlhkost vzduchu 39 %, třída stability B a vítr dosahuje rychlosti 2 m/s.

Tabulku 8 doplňuje obrázek 11, z něhož je názorně vidět prodlužování vzdáleností jednotlivých zón ve srovnání se vzdálenostmi uvedenými pro třídu stability A.

Tabulka 8 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry B [Zdroj: vlastní]

Množství sarinu (kg)	Vzdálenost (km)				
	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3	DETEHIT	DT-11
1	2,8	1,3	0,82	1,9	1,1
2	3,5	1,6	1	2,4	1,4
3	4	1,8	1,2	2,7	1,6
4	4,4	2	1,3	3	1,8
5	4,8	2,1	1,4	3,2	1,9
10	6	2,6	1,7	4	2,4
20	7,5	3,3	2,2	5	3
50	>10	4,4	2,9	6,7	4
100	>10	5,6	3,6	8,5	5

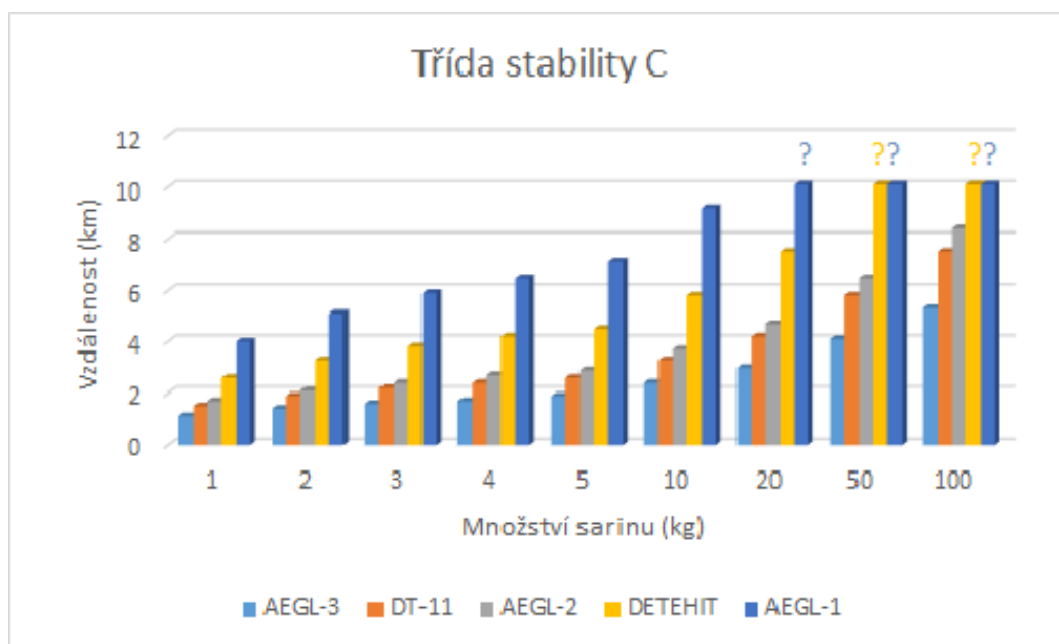


Obrázek 11 Grafické znázornění zón při třídě stability B [Zdroj: vlastní]

V tabulce 9 jsou uvedeny maximální vzdálenosti jednotlivých zón za meteorologických podmínek, které představují třídu stability atmosféry C. Zde je tato třída stability atmosféry charakterizována meteorologickými podmínkami, které mohou nastat na podzim kolem poledních hodin. Jedná se o teplotu vzduchu 8 °C, relativní vlhkost 50 % a rychlost větru 2 m/s.

Tabulka 9 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry C [Zdroj: vlastní]

Množství sarinu (kg)	Vzdálenost (km)				
	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3	DETEHIT	DT-11
1	4	1,7	1,1	2,6	1,5
2	5,1	2,1	1,4	3,3	1,9
3	5,9	2,4	1,6	3,8	2,2
4	6,5	2,7	1,7	4,2	2,4
5	7,1	2,9	1,9	4,5	2,6
10	9,2	3,7	2,4	5,8	3,3
20	>10	4,7	3	7,5	4,2
50	>10	6,5	4,1	>10	5,8
100	>10	8,4	5,3	>10	7,5

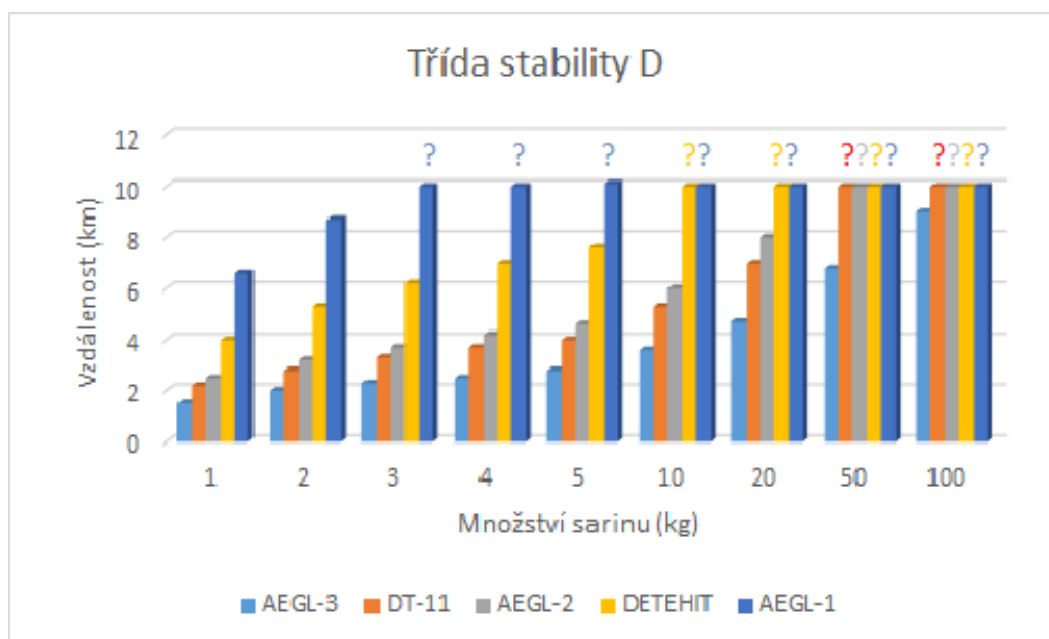


Obrázek 12 Grafické znázornění zón při třídě stability C [Zdroj: vlastní]

Tabulka 10 udává hodnoty vzdáleností jednotlivých zón při třídě stability atmosféry D. Konkrétně se jedná o podmínky, které mohou nastat v odpoledních hodinách na jaře, kdy teplota vzduchu dosahuje 12 °C, relativní vlhkost je 42 % a vítr vane rychlostí 2 m/s.

Tabulka 10 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry D [Zdroj: vlastní]

Množství sarinu (kg)	Vzdálenost (km)				
	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3	DETEHIT	DT-11
1	6,6	2,5	1,5	4	2,2
2	8,7	3,2	2	5,3	2,8
3	>10	3,7	2,3	6,2	3,3
4	>10	4,2	2,5	7	3,7
5	>10	4,6	2,8	7,6	4
10	>10	6	3,6	<10	5,3
20	>10	8	4,7	>10	7
50	>10	>10	6,8	>10	>10
100	>10	>10	9	>10	>10

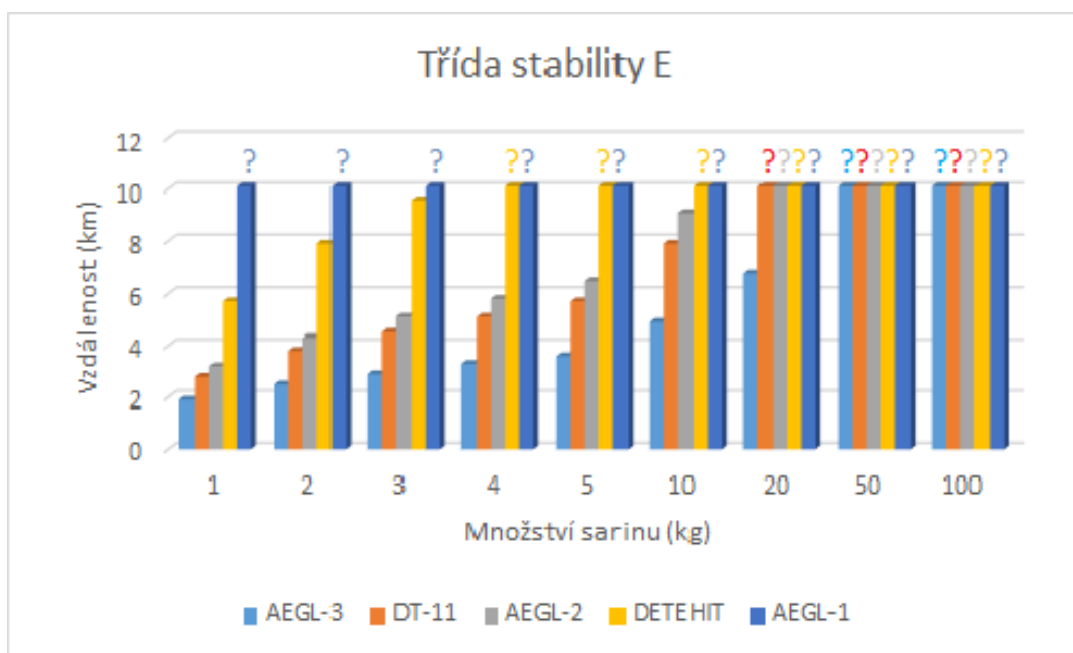


Obrázek 13 Grafické znázornění zón při třídě stability D [Zdroj: vlastní]

V tabulce 11 jsou uvedeny nejvyšší hodnoty vzdáleností zón AEGL a citlivosti prostředí DETEHIT a detekčních trubiček určených na sarin, vztažené na třídu stability E. V tomto případě se jedná o večerní hodiny v zimním období, kdy je teplota vzduchu 1 °C, vlhkost 30 % a rychlost větru 2 m/s.

Tabulka 11 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry E [Zdroj: vlastní]

Množství sarinu (kg)	Vzdálenost (km)				
	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3	DETEHIT	DT-11
1	>10	3,2	1,9	5,7	2,8
2	>10	4,3	2,5	7,9	3,8
3	>10	5,1	2,9	9,6	4,5
4	>10	5,8	3,3	>10	5,1
5	>10	6,5	3,6	>10	5,7
10	>10	9,1	4,9	>10	7,9
20	>10	>10	6,8	>10	>10
50	>10	>10	>10	>10	>10
100	>10	>10	>10	>10	>10

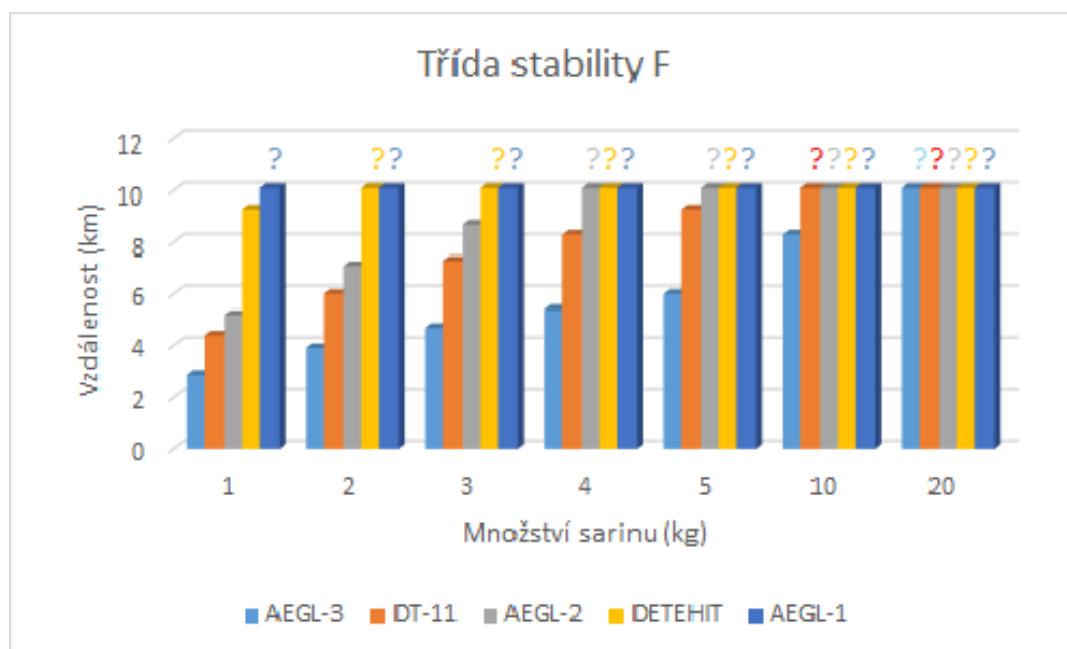


Obrázek 14 Grafické znázornění zón při třídě stability E [Zdroj: vlastní]

V tabulce 12 jsou uvedeny vzdálenosti, které by také mohly nastat v případě okamžitého zdroje a za určitých meteorologických podmínek. Pro případ třídy stability atmosféry F se jedná o jarní období ve večerních hodinách, kdy je teplota vzduchu 8 °C, vlhkost vzduchu 50 %, třída stability F a rychlost větru 2 m/s.

Tabulka 12 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry F [Zdroj: vlastní]

Množství sarinu (kg)	Vzdálenost (km)				
	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3	DETEHIT	DT-11
1	>10	5,2	2,9	9,3	4,4
2	>10	7,1	3,9	>10	6
3	>10	8,7	4,7	>10	7,3
4	>10	>10	5,4	>10	8,3
5	>10	>10	6	>10	9,3
10	>10	>10	8,3	>10	>10
20	>10	>10	>10	>10	>10



Obrázek 15 Grafické znázornění zón při třídě stability F [Zdroj: vlastní]

5.4 Výsledky modelace jiných nebezpečných látek

V tabulkách 13 až 19 jsou uvedeny vzdálenosti jednotlivých zón AEGL-1, AEGL-2 a AEGL-3 při 1hodinové expozici konkrétní NL a vzdálenosti citlivosti (mezích detekce) jednotlivých detekčních trubiček používaných ke zjišťování dané NL. Všechny tyto vzdálenosti jsou vztaženy na okamžitý zdroj umístěný na povrchu země, který okamžitě uvolní veškeré obsažené množství NL do ovzduší. Šíření je modelováno na otevřenou krajinu, kde je teplota vzduchu 18 °C, vlhkost 43 %, rychlost větru 2 m/s a třída stability atmosféry C.

Tabulka 13 Vzdálenosti jednotlivých zón u chlóru [Zdroj: vlastní]

Množství chlóru (kg)	Vzdálenost (km)			
	AEGL-1 (0,5 ppm)	AEGL-2 (2 ppm)	AEGL-3 (20 ppm)	DT-003 (3 mg/m ³)
50	3	1,9	0,798	2,4
250	5	3,1	1,4	3,9
500	6,3	3,9	1,8	5
1000	7,8	4,9	2,1	6,1
2000	9,6	6	2,6	7,6
5000	>10	8	3,4	>10
10000	>10	9,9	4,3	>10

Tabulka 14 Vzdálenosti jednotlivých zón u fosgenu [Zdroj: vlastní]

Množství fosgenu (kg)	Vzdálenost (km)				
	AEGL-1 (nestanovena)	AEGL-2 (0,3 ppm)	AEGL-3 (0,75 ppm)	DT-001 (0,5 mg/m ³)	DT-12 (5 mg/m ³)
50	-	3,1	2,3	4,3	1,9
250	-	5,2	3,8	7	3,2
500	-	6,5	4,8	8,9	4,1
1000	-	8	5,9	>10	5
2000	-	10	7,3	>10	6,2
5000	-	>10	9,7	>10	8,1
10000	-	>10	>10	>10	>10

Tabulka 15 Vzdálenosti jednotlivých zón u kyanovodíku [Zdroj: vlastní]

Množství kyanovodíku (kg)	Vzdálenost (km)					
	AEGL-1 (2 ppm)	AEGL-2 (7,1 ppm)	AEGL-3 (15 ppm)	DT-24 (10 mg/m ³)	DT-17 (0,5 mg/m ³)	DT-12 (5 mg/m ³)
50	1,6	1	0,785	0,944	2,6	1,2
250	2,7	1,8	1,4	1,6	4,5	2,1
500	3,4	2,2	1,7	2,1	5,8	2,6
1000	4,4	2,8	2,2	2,6	7,5	3,3
2000	5,6	3,6	2,8	3,3	9,7	4,2
5000	7,8	4,9	3,8	4,5	>10	5,8
10000	>10	6,3	4,8	5,8	>10	7,5

Tabulka 16 Vzdálenosti jednotlivých zón u amoniaku [Zdroj: vlastní]

Množství amoniaku (kg)	Vzdálenost (km)			
	AEGL-1 (30 ppm)	AEGL-2 (160 ppm)	AEGL-3 (1100 ppm)	DT-008 (50 mg/m ³)
50	0,724	0,368	0,14	0,526
250	1,3	0,706	0,316	0,994
500	1,6	0,902	0,436	1,2
1000	2	1,1	0,578	1,5
2000	2,5	1,4	0,764	1,9
5000	3,5	2	1	2,6
10000	4,4	2,5	1,3	3,3

Tabulka 17 Vzdálenosti jednotlivých zón u oxidu uhelnatého [Zdroj: vlastní]

Množství oxidu uhelnatého (kg)	Vzdálenost (km)			
	AEGL-1 (nestanovena)	AEGL-2 (83 ppm)	AEGL-3 (330 ppm)	DT-011 (30 mg/m ³)
50	-	0,396	0,201	0,639
250	-	0,748	0,439	1,1
500	-	0,953	0,581	1,4
1000	-	1,2	0,75	1,8
2000	-	1,5	0,955	2,3
5000	-	2,1	1,3	3,1
10000	-	2,6	1,6	3,9

Tabulka 18 Vzdálenosti jednotlivých zón u oxidu siřičitého [Zdroj: vlastní]

Množství oxidu siřičitého (kg)	Vzdálenost (km)			
	AEGL-1 (0,2 ppm)	AEGL-2 (0,75 ppm)	AEGL-3 (30 ppm)	DT-005 (5 mg/m ³)
50	4,3	2,7	0,717	2
250	7,1	4,5	1,3	3,3
500	9	5,7	1,6	4,2
1000	>10	7,1	1,9	5,2
2000	>10	8,7	2,3	6,4
5000	>10	>10	3,1	8,7
10000	>10	>10	3,9	>10

Tabulka 19 Vzdálenosti jednotlivých zón u sulfanu [Zdroj: vlastní]

Množství sulfanu (kg)	Vzdálenost (km)			
	AEGL-1 (0,51 ppm)	AEGL-2 (27 ppm)	AEGL-3 (50 ppm)	DT-006 (5mg/m ³)
50	4,1	0,997	0,78	2,1
250	6,9	1,8	1,4	3,6
500	8,8	2,3	1,8	4,5
1000	>10	2,8	2,3	5,7
2000	>10	3,6	2,9	7,2
5000	>10	4,8	3,9	9,6
10000	>10	6,1	4,9	>10

6 Diskuse

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení současných způsobů detekce chemických toxických látek s využitím jednoduchých prostředků detekce v České republice. Ve své práci jsem se zaměřila především na detekci prováděnou příslušníky HZS ČR. Do diskuse jsem zahrнула jak poznatky ze zkoumání dané problematiky pomocí dotazníku, experimentu a modelování, tak i poznatky získané na základě individuálních rozhovorů s příslušníky HZS ČR, zejména pak s příslušníky chemické služby HZS ČR Petřiny, která je opěrnou JPO v rámci chemického průzkumu.

Jednou z klíčových pokládaných otázek byla otázka na využití jednoduchých prostředků detekce, která úzce souvisí se stanovenou hypotézou H1: „Předpokládám, že při detekci neznámé chemické látky chemická služba HZS ČR nevyužívá jednoduché prostředky jako hlavní prostředky k detekci“. Tato hypotéza se nepotvrdila ani nevyvrátila.

Domnívám se, že je to dáno postavením jednotky ve struktuře chemického průzkumu HZS ČR a geografickým místem položení hasičské stanice. Tyto dva faktory ovlivňují vybavení stanic různými detekčními prostředky. Z hlediska postavení ve struktuře chemického průzkumu, základní a střední jednotky disponují jednoduchými prostředky detekce BCHL, jako jsou chemické průkazníky CHP-71, průkazníkové papírky PP-3 a detekční proužky DETEHIT. Naopak opěrné jednotky požární ochrany disponují už složitějšími detekčními prostředky, jako jsou selektivní analyzátory a detekční přístroje, např. Ramanův spektrometr či GDA 2. Chemické laboratoře jsou navíc vybaveny ještě složitějšími přístroji jako je plynový chromatograf, UV-VIS spektrofotometr, pH-metr, rentgenový fluorescenční spektrometr nebo mobilní infračervený spektrometr. V rámci geografického položení stanice je následné dovybavení detekčními prostředky závislé na látkách, s nimiž se nakládá v zásahovém obvodu požární jednotky.

Ze zkoumání zřejmé, že jednoduché prostředky detekce mají při detekci neznámých chemických látek nezastupitelnou roli u JPO, které nedisponují složitějšími analyzátory, univerzálními detektory či mobilními laboratořemi, a tudíž způsob detekce je založen převážně na jednoduchých prostředcích. Jedná se o prostředky, které slouží k základní detekci, například průkazníkové papírky PP-3, prostředek DETEHIT, papírky na měření pH a detekční trubičky na BCHL i průmyslové škodliviny. Tyto jednotky se při nálezů neznámé látky snaží získat co nejvíce informací o látce na základě toho, jak látka působí na

ŽP, popř. jaké jsou projevy intoxikace lidského organismu, a dle zjištěných poznatků přistupují k volbě vhodného jednoduchého prostředku k detekci. Častým problémem však je, že tyto jednoduché prostředky jsou používány nesprávným způsobem.

U jednotek, které disponují i jinými způsoby detekce, jako jsou například různé složitější detektory, analyzátory či mobilní laboratoře, pak jednoduché prostředky detekce plní úlohu spíše doplňkového měření anebo slouží pro kontrolu před a po dekontaminaci. Tyto jednotky při chemickém průzkumu volí především přístroje, které jsou schopny zanalyzovat a vyhodnotit danou látku tak, aby ji zároveň identifikovali, jedná se např. o analyzátory RAID, GDA 2 nebo Ramanův spektrometr. Protože u HZS ČR se detekce provádí minimálně dvěma na sobě nezávislými metodami detekce, tak v případě, že analyzátor vyhodnotí přítomnost NL, lze jako sekundární metodu detekce spolehlivě využít chemický průkazník CHP-71 či CHP-5 spolu s detekčními trubičkami či jiné jednoduché prostředky detekce. Chemické průkazníky mohou také dobře posloužit k odběru vzorku pomocí detekčních trubiček. Chemické průkazníky stejně jako papírky PP-3 jsou vhodnými prostředky pro případný monitoring. V případě, kdy se ví, že k nějaké kontaminaci došlo, tak jednoduché prostředky detekce v podobě papírků nebo pásků jsou často také využívány pro kontrolní stěry před dekontaminací a po dekontaminaci.

Následně se řešila problematika, zda jsou jednoduché prostředky detekce spolehlivé a jakou roli zastávají při chemickém průzkumu. Druhá část otázky, jakou roli zastávají jednoduché prostředky detekce při chemickém průzkumu, byla již zodpovězena výše v diskusi u hypotézy H1, kdy byla tato problematika předmětem rozhovorů s příslušníky chemické služby HZS ČR a součástí dotazníkového šetření. K první části o spolehlivosti jednoduchých prostředků detekce byla stanovena hypotéza H2: „Předpokládám, že jednoduché prostředky detekce jsou spolehlivé a k falešně pozitivním či negativním vyhodnocení dochází jen ojediněle“. Tato hypotéza byla vyvrácena.

U dotazníkového šetření vypovědělo 18 z 64 respondentů, že v minulosti se již stalo, že některý jednoduchý prostředek detekce vyhodnotil opačný výsledek, než se následně potvrdil. Pouze ve dvou případech se stalo, že výsledná reakce byla negativní a dalším měřením se prokázala přítomnost NL. Naopak situace, kdy se objevil pozitivní výsledek u jednoduchého detekčního prostředku, a následně se přítomnost NL vyloučila, se stala vícekrát (16krát). Největší část falešně pozitivních výsledků poskytoval detekční proužek DETEHIT (celkem 12krát).

V rámci doplňujících rozhovorů se většina příslušníků chemické služby HZS ČR shodla na názoru, že takové reakce byly způsobeny některou z křížových citlivostí (rušivými vlivy). Mnozí se přiklání i k tomu, že detekční tkanina se může zbarvit jen částečně nebo se jedná o špatně viditelné zbarvení. Toto zbarvení je posuzováno subjektivně a žlutá není příliš kontrastní k bílé barvě, proto mohlo dojít k nesprávnému vyhodnocení. To se potvrdilo i v experimentální části, v kapitole 5.2 „Výsledky experimentu“, kde byly provedeny pokusy s detekčním proužkem DETEHIT a u každého pokusu, který byl proveden přesně dle návodu k použití, došlo k odlišnému zbarvení detekční tkaniny. Odlišné zbarvení proužků je patrné i na obrázku 6, avšak je třeba přihlídnout k tomu, že konkrétní fotografie je pořízena mobilním telefonem a částečně zkresluje. Kontrast žluté barvy detekční tkaniny byl ve skutečnosti o něco vyšší. Je třeba také přihlídnout ke světelným podmínkám, za jakých se zbarvení vyhodnocuje, protože i to může negativní vliv na vyhodnocení zbarvení. Přihlídnout je potřeba i k možnému nesprávnému použití prostředku DETEHIT, například k nestandardnímu přeložení obou funkčních zón. Dalším problémem může být skutečnost, že při zásahu u nálezu neznámé chemické látky, u které je podezření nebo předpoklad, že se jedná o látku s toxickými účinky na lidský organismus, se musí zasahovat s prostředky nejvyšší kompletní protichemické ochrany. To znamená, že při takovém zásahu hasič může mít dvojitě zkreslené vidění přes zorník masky a zorník obleku. Tento efekt bude ještě výraznější v případě, kdy se zorník hasiči zamžlí. Jisté je, že detekční proužek DETEHIT je pro většinu dotázaných nepřesvědčivým prostředkem detekce chemických toxických látek a nedoporučuje se tento prostředek používat pro samotnou detekci, svou roli však může sehrát v okamžiku, kdy se ví, že došlo ke kontaminaci, a bude použit jako kontrolní prostředek po dekontaminaci.

Další hypotéza je vztažena na citlivost různých jednoduchých detekčních prostředků. Zkoumá se vzdálenost meze detekce konkrétního jednoduchého prostředku od místa zdroje NL ve vztahu ke vzdálenosti zóny AEGL-3 (60 min). Proto byla stanovena hypotéza H3: „Předpokládám, že vzdálenosti mezí detekce jednoduchých prostředků přesahují hranice nejnebezpečnějších zón – AEGL 3 (60 min) konkrétních látek od místa zdroje“. U většiny zkoumaných jednoduchých prostředků detekce byla tato hypotéza potvrzena.

Je však nutné vzít v potaz, že toto zkoumání bylo provedeno pomocí modelovacího programu Aloha, který poskytuje pouze možný vývoj šíření NL včetně možnosti zjištění koncentrací v různých bodech, ale od reálné situace se v mnoha ohledech může lišit.

Všechny modelace jsou provedeny v programu pomocí série rovnic Gaussova rozdělení a pouze na ohrožení toxickými plyny/výpary v ovzduší. Nejdůležitějším hlediskem pro modelování úniků či úmyslného rozšíření nebezpečných látek jsou meteorologické podmínky a vlastnosti daných látek, na kterých závisí jejich šíření do okolí. Neméně důležitou roli však hraje i členitost a pokrytí terénu, se kterým Aloha přesně nepočítá. Je pravda, že je zde možnost volby šíření NL na různou drsnost povrchu jako je otevřená krajina, město nebo les a vodní plocha, kdy Aloha tento údaj zahrne do výpočtu. Program je schopen importovat výsledky modelace do mapového podkladu, jak je znázorněno v kapitole 5.3 „Výsledky modelace sarinu“, ale nelze tyto výsledky importovat do žádného geografického informačního systému s prostorovými daty, a tak ještě upřesnit výsledky modelace. Aloha neobsahuje veškeré data o sarinu – chemické a fyzikální vlastnosti, které by umožnily modelace s jinými scénáři rozptylu než s přímým okamžitým či přímým kontinuálním zdrojem. Další program pro modelace úniků NL TerEx neumožnil jiný scénář, než pomalý odpar z louže kapaliny. Z těchto důvodů nebylo možné provést srovnání výsledků modelace z obou programů.

Z výsledků – tabulek a grafů modelace sarinu je zřejmé, že jednotlivé třídy stability atmosféry mají podstatný vliv na šíření sarinu, tím i na vzdálenosti různých zón ohrožení včetně linie citlivosti detekce (meze detekce) různých jednoduchých detekčních prostředků, v tomto případě vzdálenosti, která odpovídá citlivosti detekčního proužku DETEHIT při expozici 2 min a citlivosti detekční trubičky DT-11. Z těchto výsledků lze učinit závěr, že oba detekční prostředky jsou schopny detekovat sarin za ohraničením zóny AEGL-3 pro dobu expozice 1 hodiny.

V zóně AEGL-3 jsou stanoveny koncentrace nebezpečných látek ve vzduchu, při nichž se předpokládá, že u jedinců dojde k závažným zdravotním účinkům, které mohou ohrozit zdraví anebo mohou vést ke smrti.

V další kapitole 5.4 „Výsledky modelace jiných nebezpečných látek“, kde jsou provedeny modelace na látky více či méně využívané v průmyslu, více či méně toxické a látky potenciálně zneužitelné k teroristickému útoku. Konkrétně se jedná o chlór, fosgen, kyanovodík, amoniak, oxid uhelnatý, oxid siřičitý a sulfan. Pro detekci těchto látek jsou vyrobeny různé typy detekčních trubiček, které mají rozdílné hodnoty citlivosti detekce (meze detekce). Ze všech modelací vyplývá, že všechny uvedené detekční trubičky, až na jednu, jsou schopny detekovat látky, pro které jsou určeny, až za zónami AEGL-3 každé z uvedených NL. Trubička DT-12 je určena pro více látek – fosgen, difosgen,

chlorkyan a kyanovodík, u modelace na fosgen se prokázala menší vzdálenost než je hranice zóny AEGL-3, avšak u kyanovodíku dosahovala její citlivost podstatně dále než hranice zóny AEGL-3 kyanovodíku. Při podezření na únik či rozptýlení fosgenu je tak efektivnější použití detekční trubičky DT-001, která umožňuje zjišťovat fosgen ve větší vzdálenosti.

Jelikož jednotky HZS ČR zpravidla provádí detekci v místě, kde je předpokládána nejvyšší koncentrace NL, a přijíždí na místo události po směru větru, tak citlivost jednotlivých trubiček není až tak podstatná pro samotnou detekci. Pokud jsou jednotky vybaveny detekčními trubičkami, tak k nim nepoužívají ruční prosávací zařízení, ale některý z chemických průkazníků (CHP-5 nebo CHP-71). Tyto průkazníky jsou výborným prostředkem pro jednotky, které nemají složitější detektory, ale u jednotek, kde je možnost využití jiných detektorů a analyzátorů, tak své uplatnění najdou spíše při monitoringu situací. V případě, kdy jde hasič na místo s výskytem neznámé látky a má na sobě kompletní protichemické ochranné prostředky, tak subjektivní vyhodnocení trubiček je, stejně jako u detekčního proužku DETEHIT, v daných podmínkách poměrně složité. Citlivost detekčních trubiček však hraje roli při monitoringu. Čím je detekční trubička citlivější (má nižší mez detekce), tím se zlepšují podmínky pro řešení mimořádné události. V případě, že trubička detekuje látku ve vzdálenějších místech od místa zdroje, mohou se rychleji přijímat ochranná opatření a tím eliminovat negativní následky dané události.

Z výsledků analýzy a ze zhodnocení současného stavu vyplývá, že jednoduché prostředky detekce jsou přínosem jak pro chemický průzkum, tak i pro monitoring situací a pro kontrolu před a po dekontaminaci.

Využití těchto prostředků u zásahu se však někdy komplikuje. Například u detekčního proužku DETEHIT je to především jeho velikost (rozměry). Při zásahu v místě neznámé látky je hasič v kompletním protichemickém obleku, který také tvoří dvoje rukavice a práce s tímto prostředkem je náročná. Proto by bylo vhodné tento prostředek alespoň 2krát zvětšit, přičemž by se zároveň zvětšila i plocha detekční tkaniny. Zároveň v některých případech kontrast žluté barvy na bílém podkladu není příliš přesvědčivý, proto by bylo vhodné, aby se detekční tkanina zbarvovala do jiné, kontrastnější barvy, např. tmavě modré.

Subjektivní vyhodnocení je také problémem u chemických průkazníků, kdy v některých případech je složité vyhodnotit zbarvení detekční trubičky i přes to, že hasiči disponují poměrně výkonnými svítilnami. Z tohoto důvodu by bylo vhodné doplnit chemické průkazníky například fotometrem, který by sejmul z trubiček zbarvení a převedl ho do konkrétního výsledku, i přes to že by se už nejednalo o jednoduchý prostředek detekce.

Z výsledků modelace je zřejmé, že úniky či rozšíření nebezpečných látek mohou způsobit kontaminaci ovzduší do velkých vzdáleností. Dle bojového řádu jednotek požární ochrany je stanovený odstup od místa MU s výskytem neznámé chemické látky 100 m, a v závislosti na zhodnocení a vývoji situace se tento prostor může upravovat na větší či menší vzdálenosti. Z tohoto důvodu bych doporučovala, alespoň u podezření na BCHL, postupovat tak, že by se jako odstupová vzdálenost stanovila vzdálenost od místa zdroje minimálně 500 m, a postupně by se tento prostor zmenšoval, popř. rozšiřoval v závislosti na vývoji situace.

Dalším problémem při takových únicích může být dlouhá doba dojezdu CHL či opěrných bodů s možností rozšířené detekce na místo události. Protože střední a základní jednotky požární ochrany nedisponují složitějšími detektory ani analyzátory, doporučovala bych výbavu některých středních jednotek doplnit tak, aby disponovaly detekčními prostředky Dräger CMS a GDA 2 či Ramanovým spektrometrem, popř. plynovým chromatografem Bruker EM 640, který je jedním z nejuniverzálnějších analyzátorů. Doporučovala bych vybavení středních jednotek těmito prostředky alespoň v dojezdové vzdálenosti 1 hodina. Zároveň by bylo vhodné, aby JPO byly více proškoleny v oblasti chemického průzkumu a naučily se správně používat jednoduché prostředky detekce, jež mají k dispozici.

7 Závěr

V rámci studie využitelnosti jednoduchých prostředků detekce chemických toxických látek v ochraně obyvatelstva byla věnována pozornost základní legislativě, obecným faktorům ovlivňujícím šíření nebezpečných látek a popisu jednoduchých prostředků detekce včetně jejich způsobů použití. Tyto podklady byly následně využity pro zhodnocení současného stavu. Praktické zkoumání dané problematiky bylo provedeno pomocí dotazníku, experimentu, modelování a rozhovorů s příslušníky HZS ČR.

Ze získaných poznatků a analýzy současného stavu vyplývá, že jednoduché prostředky detekce, i přes stále novější a dokonalejší detektory a analyzátory, mají stále významnou roli při chemickém průzkumu, monitoringu a kontrole. Pro samotnou detekci jsou využívány jednotkami požární ochrany, které nedisponují složitějšími detektory a analyzátory, u opěrných jednotek a chemických laboratoří slouží především k sekundárnímu, doplňkovému měření. Významnou roli zastávají jednoduché prostředky detekce v monitorování situace a zkoumání šíření nebezpečné látky. Dále jsou výbornými pomocníky při kontrole před nebo po dekontaminaci, kdy je lze spolehlivě použít na kontrolní stěry. Detekční trubičky mohou také v některých situacích posloužit jako médium pro odběr vzorků.

Výstupem diplomové práce jsou také návrhy a doporučení ke zvýšení efektivity využití jednoduchých prostředků detekce při zásahu. Jedná se především o inovaci některých jednoduchých prostředků ve smyslu snadnější manipulace a vyhodnocení. Dále je při podezření na přítomnost bojové chemické látky doporučována úprava vzdálenosti odstupu a v souvislosti s dobou dojezdu jednotek se složitějšími detektory a analyzátory na místo mimořádné události je doporučováno dovybavení některých dalších jednotek.

Na základě zjištěného stavu a předložených návrhů a doporučení k řešení se domnívám, že cíl diplomové práce byl splněn.

8 Seznam použitých zkratek

AČR – Armáda České republiky

ADR – Accord Dangereuses Route

AEGL – Acute Exposure Guideline Levels

BCHL – Bojová chemická látka

CBRN – Chemical, Biological, Radiological and Nuclear

ČR – Česká republika

EU – Evropská unie

HZS – Hasičský záchranný sbor

CHL – Chemická laboratoř

CHP – Chemický průzkum

IOO – Institut ochrany obyvatelstva

IZS – Integrovaný záchranný systém

JPO – Jednotka požární ochrany

LSD – Dietylamid kyseliny lysergové

MU – Mimořádná událost

MV-GŘ – Ministerstvo vnitra – generální ředitelství

NCHL – Nebezpečná chemická látka

NL – Nebezpečná látka

OPIS – Operační a informační středisko

PČR – Policie České republiky

PVC – Polyvinylchlorid

ŽP – Životní prostředí

9 Seznam použité literatury

- [1] BALOG, Karol a Ivana BARTLOVÁ. *Základy toxikologie*. Ostrava: SPBI, 1998. ISBN 80-86111-29-6.
- [2] ČESKO. Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 13. 4. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-350#f4420295>
- [3] MATOUŠEK, Jiří a Petr LINHART. *CBRN Chemické zbraně*. Ostrava: SPBI, 2005. ISBN 80-86634-71-X.
- [4] *Koncepce chemické služby Hasičského záchranného sboru České republiky* [online]. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2005 ISBN 80-86640-40-X [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Koncepce_chemick%C3%A9_slu%C5%BEby_HZS_%C4%8CR.pdf
- [5] ČESKO. Zákon č. 320/2015 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 13. 4. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-320#f5710083>
- [6] ČESKO. Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 13. 4. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239#f2059301>
- [7] ČESKO. Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 13. 4. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224#f5676405>
- [8] ČESKO. Zákon č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách České republiky. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 13. 4. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1999-219#f1964613>

- [9] KOTINSKÝ, Petr a Jaroslava HEJDOVÁ. *Dekontaminace v požární ochraně*. Ostrava: SPBI, 2003. ISBN 80-86634-31-0.
- [10] SLABOTINSKÝ, Jiří a Stanislav BRÁDKA. *Ochrana osob při chemickém a biologickém nebezpečí*. Ostrava: SPBI, 2006. ISBN 80-86634-93-0.
- [11] MAŠEK, I.; MIKA, O. J.; ZEMAN, M.: *Prevence závažných průmyslových havárií*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2006. ISBN 80-214-3336-1.
- [12] MIKA, O. J.: *Průmyslové havárie*. 1. vyd. Praha: TRITON s.r.o., 2003. 126 s. ISBN 80-7254-455-1.
- [13] *Detekce a laboratorní kontrola úniků nebezpečných chemických látek do životního prostředí s nutností výjezdu chemické laboratoře HZS* [online]. Brno, 2013 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=64309
- [14] *Bojový řád jednotek požární ochrany*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. ISBN 978-80-7385-026-5.
- [15] PITSCHMANN, Vladimír. *Analýza toxických látek detekčními trubičkami*. 2., upr. vyd. Drahelčice: Econt Consulting, 2005. ISBN 80-86664-01-5.
- [16] ŠÍN, Robin. *Medicína katastrof*. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-295-4.
- [17] HALÁMEK, Emil a Zbyněk KOBLIHA. *Přehled bojových chemických látek*. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska ve Vyškově, 2002
- [18] ČAPOUN, Tomáš a kolektiv. *Chemické havárie*, Generální ředitelství hasičského záchranného sboru České republiky, ISBN 978-80-86640-64-8, Praha 2009.
- [19] MIKA, Otakar J, Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie*, Policejní akademie České republiky v Praze, ISBN 978-80-7251-321-5, Praha 2010.
- [20] *Toxikologické aspekty chemických havárií* [online]. Brno, 2014 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=87200

- [21] MIKEŠ, Radomír. *Základní fyzikální stavy atmosféry a její vliv na šíření oblaku OL*. Vyškov: Vojenská akademie ve Vyškově, 2000. Studijní materiál
- [22] *Stability Class: Background on Atmospheric Stability Classes* [online]. United States Environmental Protection Agency [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: [file:///localhost/C:/Program%20Files%20\(x86\)/ALOHA/AlohaHelp/aloha_help.htm#atmospheric/user_input/stability_class.htm](file:///localhost/C:/Program%20Files%20(x86)/ALOHA/AlohaHelp/aloha_help.htm#atmospheric/user_input/stability_class.htm)
- [23] PITSCHMANN, Vladimír. *Chemické zbraně a ochrana proti nim*. Praha: Manus, 2011. ISBN 978-80-86571-09-6.
- [24] Česká republika. *Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR ze dne 22. 12. 2006, kterým se vydává Řád chemické služby Hasičského záchranného sboru České republiky*. : Sbíрка interních aktů řízení generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky. Praha: MV-GŘ HZS ČR 2006,
- [25] HRDLIČKA, Jan. *Možnosti využití monitorovacích automobilů HZS krajů při plnění úkolů chemického průzkumu*. Brno, 2014. Disertační práce.
- [26] LINHART, Petr, ČAPOUN, Tomáš. *Systém chemického průzkumu a laboratorní kontroly v HZS ČR*, Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2005. ISBN 80-86640-54-X.
- [27] HRDLIČKA, Jan., KUKLETA Pavel. *Chemický průzkum u HZS ČR*. In: Bezpečnostní management a společnost, Univerzita obrany, 2011.
- [28] HRDLIČKA, Jan. *Připravenost HZS JmK v oblasti detekce BCHL*. In: Aktuální problémy ochrany vojsk a obyvatelstva před účinky ZHN a průmyslových nebezpečných látek 2011: konference: Vyškov, 19. -20. října 2011. Brno: Univerzita obrany, 2011, s. 1-6. ISBN 978-80-7231-834-6.
- [29] MATOUŠEK, Jiří, Iason URBAN a Petr LINHART. *CBRN: detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-048-7.
- [30] ČAPOUN, T. a KRYKORKOVÁ, J. *Nová souprava pro výcvik s prostředky chemického průzkumu Hasičského záchranného sboru*. Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2010. 13 s.

- [31] Chem 22-4. *Jednoduché prostředky chemického průzkumu a chemické kontroly*. Praha: Ministerstvo obrany České republiky, 2001, 56 s.
- [32] *Technika a zařízení pro detekci otravných látek využívaných Armádou České republiky* [online]. České Budějovice, 2014 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: https://theses.cz/id/ssrg6w/BAKALSK_PRCE.pdf
- [33] *Využití obrazové analýzy k určování pH neznámých chemických sloučenin* [online]. Brno, 2015 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/374508/fi_m/dp_kuriplach_public.pdf
- [34] HALÁMEK, Emil, Zbyněk KOBLIHA a Vladimír PITSCHMANN. *Analýza bojových chemických látek*. Vyškov: Univerzita obrany, 2007. ISBN 978-80-7231-258-0.
- [35] GIBSON, N., ROVERY, M., *IHD Jane's EOD&CBRNE Defence Equipment 2012-2013* 1st ed., ISH Jane's, ISH Global Limited: Coulsdon, UK, 2012
- [36] ČAPOUN, T. a KRYKORKOVÁ, J. *Zabezpečení detekce terénních analýz bojových chemických látek v HZS*, Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2015.
- [37] SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA. *Prevence nehod a havárií*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-73-9.
- [38] PATOČKA, Jiří. *Vojenská toxikologie*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0608-3.
- [39] *Detekce simulantů bojových chemických látek*. Brno, 2016. Diplomová práce.
- [40] Software TerEx
- [41] Software Aloha
- [42] *Detekční trubičky* [online]. Copyright 2016 Oritest, All Right Reserved, 2016 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://oritest.arion.cz/produkty/detekcni-prostredky/trubicky/>

10 Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 Průkazníkové papírky PP-3	30
Obrázek 2 Zadaná data do softwaru Aloha.....	42
Obrázek 3 Poměr nejčastějších zásahů	45
Obrázek 4 Jsou jednoduché prostředky detekce spolehlivé?.....	46
Obrázek 5 Využití jednoduchých prostředků detekce za posledních 5 let	46
Obrázek 6 Rozdílné zbarvení DETEHUTu	48
Obrázek 7 Výstup velikosti toxického oblaku z Alohy	50
Obrázek 8 Meze detekce prostředků DETEHIT a DT-11, zóna AEGL-3.....	51
Obrázek 9 Grafické znázornění zón nebezpečnosti a zón citlivosti (mezi detekce) jednoduchých detekčních prostředků (pro sarin)	52
Obrázek 10 Grafické znázornění zón při třídě stability A	54
Obrázek 11 Grafické znázornění zón při třídě stability B	55
Obrázek 12 Grafické znázornění zón při třídě stability C	56
Obrázek 13 Grafické znázornění zón při třídě stability D	57
Obrázek 14 Grafické znázornění zón při třídě stability E	58
Obrázek 15 Grafické znázornění zón při třídě stability F.....	59

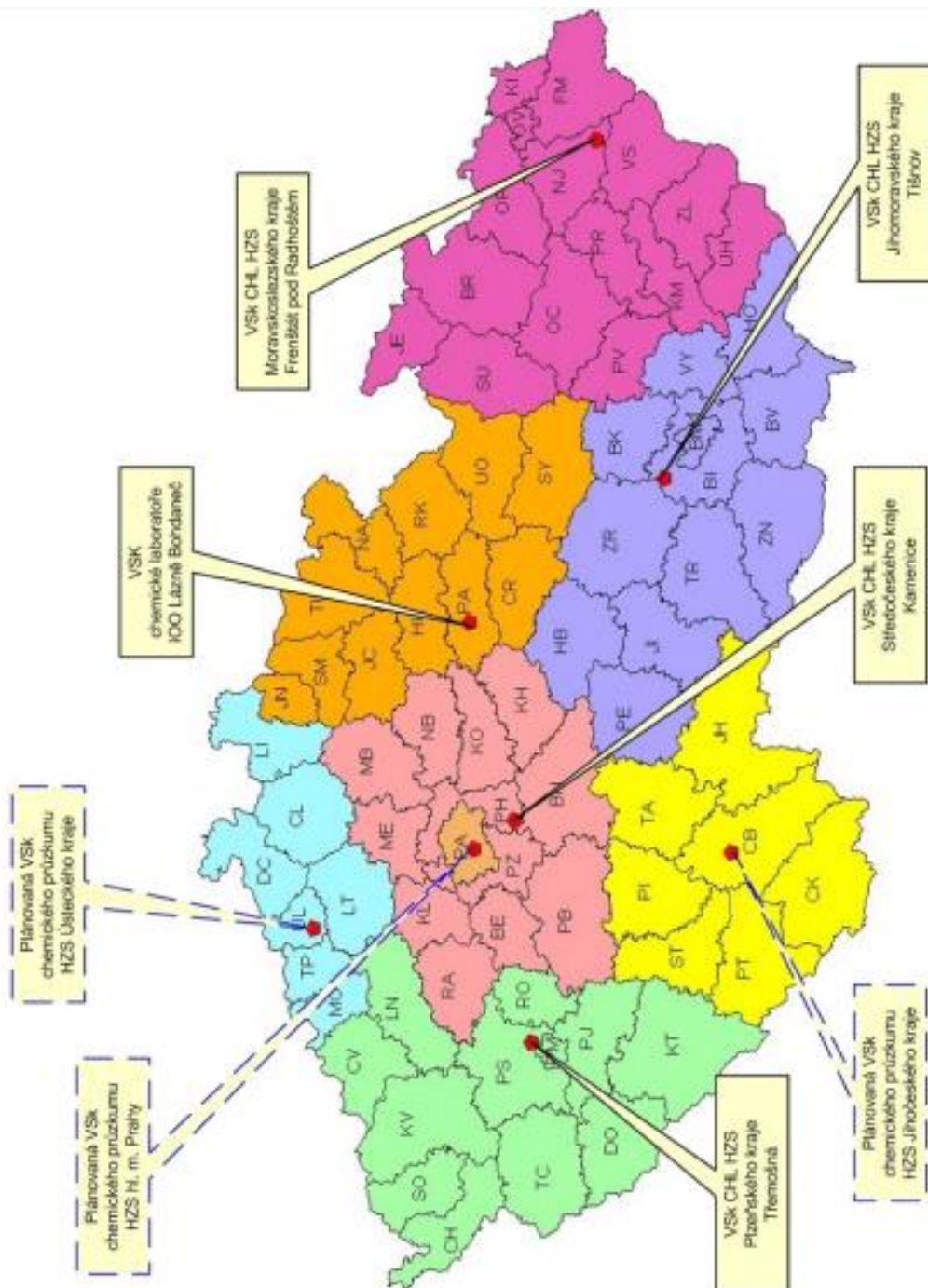
11 Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 Fyzikální a chemické vlastnosti BCHL	18
Tabulka 2 Nejnižší stanovitelné koncentrace pomocí DETEHITu	32
Tabulka 3 Vybrané průkazníkové trubičky a jejich mez detekce	34
Tabulka 4 Detekční trubičky v modelacích	43
Tabulka 5 Pokusy DETEHIT	47
Tabulka 6 Souhrn zón nebezpečnosti a citlivosti jednoduchých detekčních prostředků (Sarin)	52
Tabulka 7 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry A	54
Tabulka 8 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry B	55
Tabulka 9 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry C	56
Tabulka 10 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry D	57
Tabulka 11 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry E	58
Tabulka 12 Vzdálenosti jednotlivých zón při třídě stability atmosféry F	59
Tabulka 13 Vzdálenosti jednotlivých zón u chlóru	60
Tabulka 14 Vzdálenosti jednotlivých zón u fosgenu	60
Tabulka 15 Vzdálenosti jednotlivých zón u kyanovodíku	60
Tabulka 16 Vzdálenosti jednotlivých zón u amoniaku	61
Tabulka 17 Vzdálenosti jednotlivých zón u oxidu uhelnatého	61
Tabulka 18 Vzdálenosti jednotlivých zón u oxidu siřičitého	61
Tabulka 19 Vzdálenosti jednotlivých zón u sulfanu	62

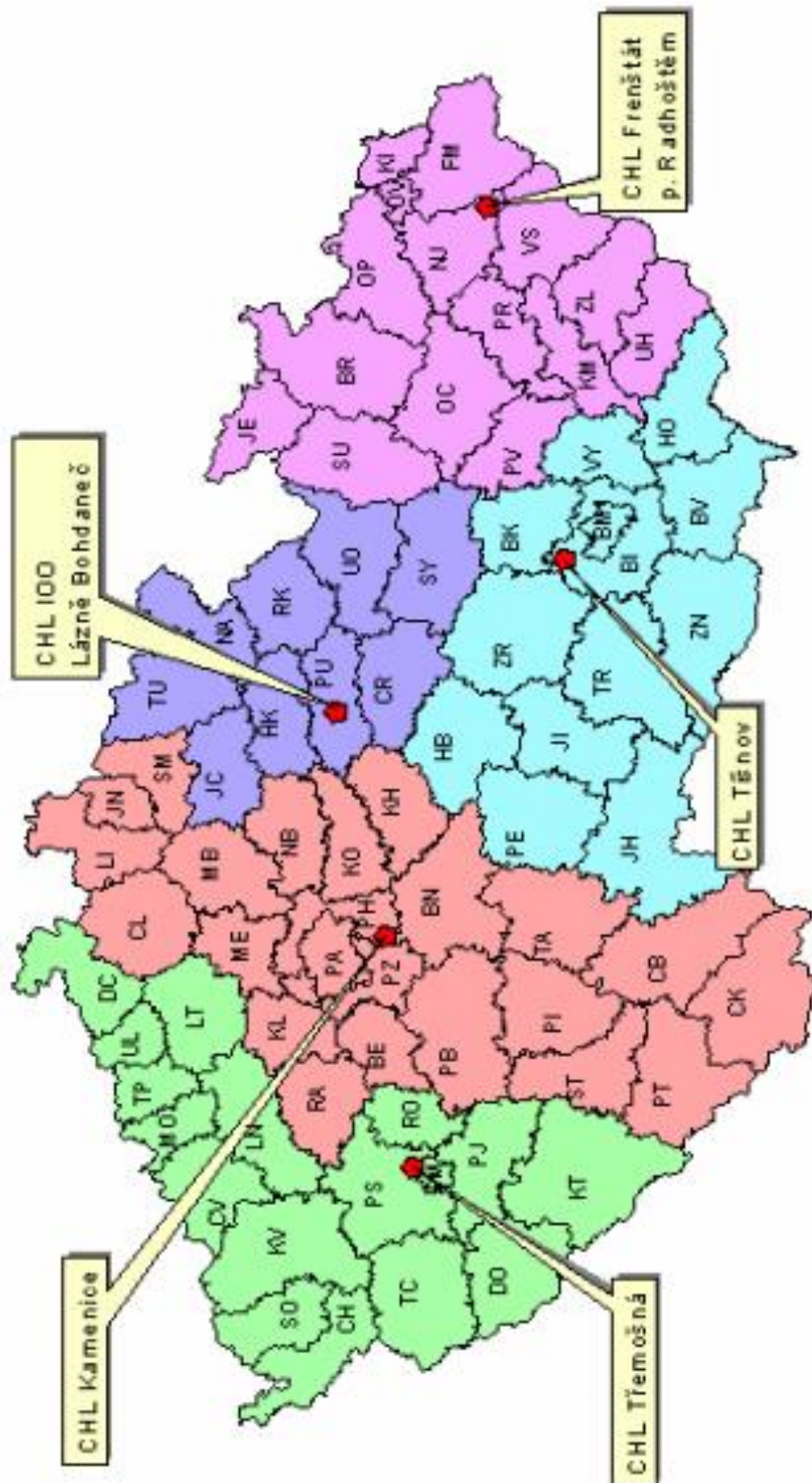
12 Seznam příloh

Příloha 1: Plánované vymezení činnosti výjezdových skupin chemického průzkumu a CHL	1
Příloha 2: Územní působnost výjezdových skupin CHL.....	2
Příloha 3 Dotazník k diplomové práci	3

Příloha 1: Plánované vymezení činnosti výjezdových skupin chemického průzkumu a CHL [25]



Příloha 2: Územní působnost výjezdových skupin CHL [25]



Příloha 3 Dotazník k diplomové práci [zdroj: vlastní]

Dotazník k diplomové práci

Dobrý den, jmenuji se Eliška Šimůnková a studuji obor Civilní nouzové plánování na ČVUT v Praze. Touto cestou bych Vás chtěla požádat o vyplnění tohoto dotazníku k diplomové práci, který je určen pro členy chemické služby HZS ČR. Dotazník je zcela anonymní a bude sloužit jako důležitý podklad k mé diplomové práci na téma „Místo a role jednoduchých prostředků detekce chemických toxických látek v ochraně obyvatelstva“.

Veškeré údaje, které zde uvedete, budou použity jen pro účely výše zmíněné práce. Vaše odpovědi zakřížkujte, zvýrazněte nebo jiným způsobem označte, případně doplňte. Vyplnění tohoto dotazníku Vám nezabere déle jak 10 minut.

Vyplněné dotazníky zasílejte prosím na e-mail: XXXXXXXXXXXXXXXX

Předem děkuji za Váš čas a spolupráci.

- 1) U kterého kraje výjezdové skupiny chemické služby HZS ČR jste příslušníkem?
Kraj: _____
- 2) Jak dlouho jste příslušníkem chemické služby HZS ČR? _____ let.
- 3) U kolika zásahů jste byl/a s podezřením na přítomnost nebezpečné látky za posledních 5 let? (Nezahrnují se zásahy, kdy látka byla předem identifikována)
 - < 10
 - 10-50
 - 51-100
 - > 100
- 4) Byl/a jste za posledních 5 let u zásahu s podezřením na zneužití některé bojové chemické látky?
 - Ano
 - Ne
- 5) K jakým zásahům nejčastěji vyjíždíte?
(přiřaďte čísla 1-4 popř. 1-5, 1 = nejčastější)
 - Únik ze stacionárních zdrojů _____
 - Únik z mobilních zdrojů _____
 - Úmyslné rozšíření NL _____

- Nález neznámé látky _____
- Jiné: _____

6) Jak velký význam mají pro Vás jednoduché detekční prostředky?

- Podstatný
- Střední
- Malý
- Žádný

7) Jsou podle Vás jednoduché detekční prostředky spolehlivé?

- Ano
- Spíše ano
- Spíše ne
- Ne

8) Využíváte při nálezu, úniku nebo úmyslném rozšíření neznámé chemické látky jednoduché prostředky detekce?

- Ano
- Spíše ano
- Spíše ne
- Vůbec

9) Jaké jednoduché prostředky detekce za posledních 5 let jste využil/a?

- Žádný
- PP-3
- Detehit
- Průkazníkové trubičky typu _____
- Drager CMS
- Jiný: _____

10) Stalo se Vám, že některý jednoduchý prostředek detekce vyhodnotil přítomnost nebezpečné látky, která se následně vyloučila?

- Ano
 - PP-3
 - Detehit
 - Průkazníkové trubičky typu _____
 - Drager CMS

- Jiný: _____
- Ne

11) Stalo se Vám, že některý jednoduchý prostředek detekce vyhodnotil nepřítomnost nebezpečné látky, která se následně prokázala?

- Ano
 - PP-3
 - Detehit
 - Průkazníkové trubičky _____
 - Drager CMS
 - Jiný: _____
- Ne

12) Jestli-že jste v 10. nebo 11. otázce odpověděli ano.

Stručně popište, za jakých podmínek (meteorologických, jiných) k selhání došlo:
