



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Jednoduchá detekce látek k potlačování nepokojů

Simple Detection of Riot Control Agents

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Civilní nouzové plánování

Autor diplomové práce: Bc. Karolína Kláblenová
Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Vladimír Pitschmann, CSc.

Kladno 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Klablenová** Jméno: **Karolína** Osobní číslo: **500021**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Civilní nouzové plánování**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Jednoduchá detekce látek k potlačování nepokojů

Název diplomové práce anglicky:

Simple Detection of Riot Control Agents

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude zhodnocení současného stavu jednoduché detekce látek používaných k potlačování nepokojů. Teoretická část se bude zabývat charakteristikou jednotlivých látek používaných k potlačování nepokojů a jejich vztahem k Úmluvě o zákazu chemických zbraní. Dále budou popsány možnosti jejich používání v České republice i ve světě, nebezpečí jejich zneužití a způsoby jejich detekce v laboratorních i terénních podmínkách pomocí prostředků Armády ČR a Hasičského záchranného sboru ČR. V praktické části budou formou experimentálního výzkumu provedeny a porovnány alespoň dvě jednoduché metody (prostředky) detekce vybraných chemických látek. Výstupem bude zhodnocení současného stavu jednoduchých metod detekce látek k potlačování nepokojů v ČR a případná doporučení pro zlepšení ochrany obyvatelstva při zneužití těchto látek.

Seznam doporučené literatury:

- [1] MATOUŠEK, Jiří, URBAN, Iason, LINHART, Petr, CBRN: detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008, ISBN 978-80-7385-048-7
- [2] MATOUŠEK, Jiří, LINHART, Petr, CBRN: chemické zbraně, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, ISBN 80-86634-71-x
- [3] OLAJOS, Eugene J., STOPFORD, Woodhall, Riot control agents: issues in toxicology, safety, and health, Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2004, ISBN 9780415299022
- [4] PITSCHMANN, Vladimír, Analýza toxických látek detekčními trubičkami, ed. 2. upr., Drahelčice: Econt Consulting, 2005, ISBN 80-86664-03-1
- [5] TU, Anthony, Chemical and Biological Weapons and Terrorism, Boca Raton: CRC Press, 2021, ISBN 978-0367779085

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. Vladimír Pitschmann, CSc.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **19.09.2022**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2024**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Jednoduchá detekce látek k potlačování nepokojů 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), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 10.05.2023

.....
Bc. Karolína Kláblenová

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych zde vyjádřit své upřímné poděkování vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Vladimíru Pitschmannovi, CSc, za jeho trpělivost, ochotu a vstřícnost při vedení a konzultacích během zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat společnosti ORITEST za poskytnutí potřebného materiálu a informací, které mi umožnily zpracovat praktickou část této práce.

Nakonec bych chtěla vyjádřit vděčnost své rodině a přátelům za jejich podporu, trpělivost a povzbuzování během celého studia. Děkuji Vám za tuto příležitost a za všechny zkušenosti, které jsem při zpracování této práce získala.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá problematikou bojových chemických látek používaných k potlačování nepokojů a jejich jednoduchou detekcí. V úvodní části jsou představeny jednotlivé typy bojových chemických látek, jejich historie a Úmluva o zákazu chemických zbraní. Dále se práce věnuje jednotlivým neletálním chemickým látkám používaným k potlačování nepokojů, jako jsou CN, CS, CR, OC a PAVA, a také jejich zneužití.

V druhé části diplomové práce jsou popsány různé metody detekce, zahrnující analyzátoři, chemické laboratoře a jednoduchá detekční zařízení a použití těchto metod Armádou a Hasičským záchranným sborem České republiky. Třetí část diplomové práce se zaměřuje na legislativní aspekty, kontrolu a užívání dráždivých látek v České republice.

První část praktického výzkumu se zabývá analýzou aktuálních publikací týkajících se detekce bojových chemických látek se zaměřením na látky dráždivé. Na základě získaných výsledků jsou navrženy a provedeny tři experimenty, jejichž úkolem je ověřit efektivitu různých činidel a jednoduchých prostředků pro detekci látky PAVA.

Výsledky těchto experimentů slouží jako podklad pro zhodnocení metod, které by mohly být přínosné pro další výzkum v oblasti detekce dráždivých látek. Tyto výsledky by mohly přispět k rozvoji nových a účinnějších detekčních metod, které by mohly zlepšit ochranu obyvatelstva i bezpečnostních složek.

Klíčová slova

Riot control agents, neletální chemické zbraně; bojové chemické látky; jednoduchá detekce, detekční trubičky; ochrana civilního obyvatelstva; Úmluva o zákazu chemických zbraní

ABSTRACT

This thesis deals with the issue of chemical warfare agents used for the suppression of riots and their simple detection. The introduction presents the various types of chemical warfare agents, their history, and the Chemical Weapons Convention. The thesis further examines individual non-lethal chemical agents used for riot control, such as CN, CS, CR, OC, and PAVA, as well as their misuse.

The second part of the thesis describes detection methods, including analyzers, chemical laboratories, and simple detection devices, and their use by the Czech Army and Fire Rescue Service. The third part of the thesis focuses on legislative aspects, control, and use of irritants in the Czech Republic.

The first part of the practical research analyzes current publications related to the detection of chemical warfare agents, with a focus on irritant agents. Based on the results obtained, three experiments are proposed and tested to verify the effectiveness of various detection methods for PAVA.

The results of these experiments serve as a basis for evaluating the methods that could be beneficial for further research in the detection of irritant agents. These results could contribute to the development of new and more effective detection methods, which could improve the protection of the population and security forces.

Keywords

Riot control agents, Non-lethal chemical weapons; Chemical warfare agents; Simple detection, detection tubes; Civilian protection; Chemical Weapons Convention

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Bojové chemické látky	11
2.1	Nervově-paralytické látky.....	11
2.2	Zpuchýřující látky	12
2.3	Dusivé látky.....	13
2.4	Všeobecně jedovaté látky.....	14
2.5	Zneschopňující látky	15
2.6	Dráždivé látky.....	15
2.7	Historie.....	17
2.8	Úmluva o zákazu chemických zbraní.....	19
2.8.1	Látky používané k potlačování nepokojů v Úmluvě.....	20
2.9	Látky používané k potlačování nepokojů.....	20
2.9.1	Látka CN:.....	21
2.9.2	Látka CS:.....	21
2.9.3	Látka CR:	22
2.9.4	Kapsaicin:	23
2.9.5	Látka PAVA:	23
2.10	Zneužití neletálních chemických látek	25
3	Detekce bojových chemických látek.....	28
3.1	Chemické laboratoře	28
3.2	Analyzátory	30
3.3	Jednoduché detekční prostředky	31
3.3.1	Jednoduché detekční prostředky používané v České republice .	33

4	Neletální chemické zbraně v České republice	38
4.1.1	Používání dráždivých látek v České republice.....	38
5	Cíle a hypotézy	42
6	METODIKA	43
6.2	Analýza patentové literatury zaměřené na jednoduchou detekci dráždivých látek.....	43
6.3	Experimenty s detekčními trubičkami	43
7	Výsledky	47
7.1	Průzkum barevných reakcí pro detekci dráždivých látek	47
7.1.1	Reakce látky CN	47
7.1.2	Reakce látky CS	47
7.1.3	Reakce látky CR.....	48
7.1.4	Reakce adamsitu.....	48
7.1.5	Reakce kapsaicinu	49
7.2	Analýza patentové literatury zaměřené na jednoduchou detekci dráždivých látek.....	50
7.3	Experimenty s detekčními trubičkami	54
7.3.1	Příprava na experimentální část.....	54
7.3.2	Detekce PAVA Folin-Ciocalteuovým činidlem	57
7.3.3	Detekce PAVA detekční trubičkou na látku BZ	72
7.3.4	Detekce PAVA detekční trubičkou na dusíkatý yperit	86
8	Diskuze	92
8.1	Současný stav detekce dráždivých látek.....	92
8.2	Možnosti detekce látky PAVA.....	93

8.2.1	Folin-Ciocalteuovo činidlo.....	93
8.2.2	Detekční trubička DT-20	95
8.2.3	Detekční trubička DT-16	96
8.3	Používání neletálních chemických látek jako prostředků k potlačování nepokojů	97
8.4	Úmluva o zákazu chemických zbraní.....	100
9	Závěr	103
10	Seznam použitých zkratk	106
11	Seznam použité literatury	107
12	Seznam použitých obrázků	115
13	Seznam použitých grafů	118
14	Seznam použitých tabulek.....	119
15	Seznam Příloh.....	120
15.1	Patenty, užitné vzory a průmyslové vzory	120
15.1.1	Patenty	120
15.1.2	Užitné vzory.....	122
15.1.3	Průmyslové vzory	128

1 ÚVOD

Zajištění veřejného pořádku a ochrana majetku jsou zásadními úkoly orgánů integrovaného záchranného systému. K potlačení nežádoucích jevů, jako jsou například nepokoje, výtržnosti či stávky jsou využívány různé prostředky, včetně různých druhů chemických látek. Tyto látky jsou však potenciálně nebezpečné nejen pro osoby, které jsou jim vystaveny, ale i pro samotné zásahové jednotky. Tyto látky mohou být také zneužity při teroristických útocích nebo v ozbrojených konfliktech, proto je velmi důležité, aby byly v polních i laboratorních podmínkách spolehlivě detekovány a identifikovány. Tato práce se zaměřuje na problematiku detekce látek používaných k potlačování nepokojů a přináší přehled metod používaných k jednoduché detekci těchto látek.

V rámci teoretické části se práce zaměřuje na bojové chemické látky a na Úmluvu o zákazu chemických zbraní, která stanovuje pravidla pro výzkum, vývoj, výrobu, skladování, používání a zničení tohoto druhu zbraní hromadného ničení. Dále jsou popsány jednotlivé typy látek k potlačování nepokojů, jako jsou CN, CS, CR, OC či PAVA, a bude přiblížena problematika jejich zneužití a nedovoleného použití. V druhé polovině teoretické části se práce zabývá metodami a prostředky vyvinutými a zavedenými pro detekci bojových chemických látek a jejich využitím Hasičským záchranným sborem a Armádou České republiky. Poslední část teorie je zaměřena na používání dráždivých látek a jejich regulaci v České republice, konkrétně na předpisy v této oblasti a jejich praktické uplatňování ze strany jednotlivých ozbrojených složek.

Tato práce si klade za cíl přiblížit problematiku detekce látek používaných k potlačování nepokojů. Jejím dalším cílem je analyzovat, jaká část současných odborných publikací v České republice se zabývá detekcí dráždivých látek, a také ověřit možné způsoby pro spolehlivou detekci dráždivé látky PAVA pomocí tří experimentů, jejichž výsledky by mohly být podkladem pro další případnou výzkumnou činnost.

2 BOJOVÉ CHEMICKÉ LÁTKY

Bojové chemické látky, dále jen BCHL, jsou toxické sloučeniny a jejich směsi nebo receptury, které jsou speciálně navrženy tak, aby usmrtily, zneschopnily nebo poranily co největší množství lidí, zvířat či rostlin v určitém čase.

Lze je rozdělit do několika různých kategorií, konkrétně na látky nervově paralytické, zpuchýřující, všeobecně jedovaté, dusivé, zneschopňující a dráždivé. Každý typ BCHL má jiný způsob účinku a působí na organismus různými způsoby [1, 2].

2.1 Nervově-paralytické látky

Nervově-paralytické látky jsou typem BCHL, které narušují normální fungování nervového systému. Tyto látky působí tak, že blokují působení enzymu acetylcholinesteráza, který je zodpovědný za rozklad neurotransmiteru acetylcholinu. V důsledku toho se acetylcholin hromadí v nervovém systému, což vede k nadměrné stimulaci a nakonec k paralýze [1].

Nervově paralytické látky lze rozdělit do dvou hlavních kategorií: látky typu G a látky typu V.

Do první kategorie spadají organofosforové sloučeniny, jako jsou sarin, soman a tabun, které byly vyvinuty Německem už krátce před a během druhé světové války. Jedná se o bezbarvé, poměrně těžké kapaliny (nejtěžavější je sarin), bez výrazného zápachu. Jsou rozpustné ve vodě (sarin dokonce neomezeně) a v organických rozpouštědlech. Ve druhé kategorii se nacházejí strukturně složitější organofosforové sloučeniny vyvinuté v 50. a 60. letech ve Švédsku, Spojeném království, USA a v Sovětském svazu. Opět se jedná o bezbarvé kapaliny, bez výrazného zápachu. Na rozdíl od látek G jsou však málo těžké, takže mohou vydržet v terénu výrazně delší dobu, nejsou příliš rozpustné

ve vodě, zato se však výrazně lépe rozpouštějí v organických rozpouštědlech a tucích [1, 2, 3].

Nervově paralytické látky mohou být vdechnuty nebo absorbovány kůží či očima. Poměrně rychle se dostávají do krevního oběhu a následně se rozšíří po celém těle. Jsou vysoce toxické a mohou být smrtelné i ve velmi malých dávkách. Příznaky intoxikace nervově paralytickými látkami mohou zahrnovat zvýšené pocení, slinění, nevolnost, zvracení, svalové záškuby, křeče a respirační selhání. Smrt může nastat během minut až hodin po kontaktu, v závislosti na dávce a způsobu intoxikace. Při otravě nervově paralytickými látkami by měla být co nejdříve zahájena antidotní terapie, založená na podání anticholinergika a reaktivátoru cholinesteráz [1].

2.2 Zpuchýřující látky

Zpuchýřující látky, známé také jako vesikanty, jsou druhem BCHL, které mohou způsobit vážné poškození kůže, očí a dýchacích cest. Jejich primární účinek se manifestuje na kůži vytvářením puchýřů, které mohou být extrémně bolestivé a mohou vést k sekundárním infekcím a poškození tkáně. [1, 4]

Mezi nejběžněji uváděné zástupce patří yperit a lewisit. Yperit je v čistém stavu bezbarvá olejovitá kapalina s hořčičným zápachem. Není příliš rozpustný ve vodě, zato v organických činidlech ano. V terénu vydrží přibližně 3-7 dní v letních měsících a až několik týdnů v měsících zimních. Jeho bod tuhnutí je však 14,4 °C, takže se v zimě nedá příliš využít. Čistý lewisit je bezbarvá kapalina bez zápachu, technický produkt však voní po pelargoniích. Také se dobře rozpouští v organických rozpouštědlech, ale je méně stálý než yperit. V terénu se udrží maximálně jeden den v létě a jeden týden v zimě. Jeho bod tuhnutí je však -18 C, takže z hlediska vojenského využití je v zimním období účinnější než yperit [1]. V minulosti se yperit a lewisit často vyskytovaly ve směsi.

Obě látky mohou být vdechnuty nebo absorbovány kůží a mohou způsobit vážné zdravotní problémy, pokud se dostanou do krevního řečiště. Mezi příznaky zasažení patří zarudnutí, svědění, pálení a puchýře na kůži, poškození zraku, kašel, bolest na hrudi a potíže s dýcháním. Vystavení vysokým dávkám těchto látek může způsobit vážné popáleniny a poškození tkáně, nevolnost, zvracení s příměsí krve, šok a následně smrt [1, 4].

Léčba po zasažení těmito chemikáliemi zahrnuje dekontaminaci postižené oblasti pokožky a její ošetření hojivými mastmi či antibiotiky. Účinná antidota nejsou známa. Prevence je však nejúčinnějším způsobem, jak se vyhnout vážné otravě. Při manipulaci nebo práci v blízkosti zpuchýřujících látek by měla být vždy uplatněna vhodná ochranná opatření jako je nošení individuálních ochranných prostředků [1,4].

2.3 Dusivé látky

Dusivé látky jsou typem chemických zbraní, které způsobují poškození dýchacího systému a mohou vést k udušení. Tyto látky způsobují podráždění a záněty dýchacího traktu, což může vést až k velmi nebezpečnému, často smrtelnému, plicnímu edému [1].

Mezi typické představitele dusivých látek patří chlór, fosgen, difosgen a chlorpikrin, masově používané během první světové války. Plynný chlór, poprvé použitý v dubnu 1915 v bitvě u Yprů (toto datum je uváděno jako počátek moderní chemické války), může způsobit okamžité dýchací potíže, stejně jako podráždění očí a kůže. V současné době se chlór již nepovažuje za BCHL. Toxičtější fosgen je za nízkých teplot bezbarvá kapalina zapáchající po zatuchlém senu. Dobře se rozpouští ve vodě i v organických rozpouštědlech, vzhledem ke svému plynnému skupenství však v terénu není příliš stálý, vydrží 5 -10 minut v létě a nanejvýš 20 minut v zimě. Kapalný difosgen má některé vlastnosti podobné fosgenu, ale není tak dobře rozpustný ve vodě a je méně těkavý,

takže je schopen se v terénu udržet delší dobu, obvykle 1-3 hodiny. Chlorpikrin je bezbarvá až nažloutlá kapalina se silným dráždivým účinkem na oči i dýchací cesty. Je poměrně stálý a v zasažené oblasti vydrží až 4 hodiny v létě a až týden v zimě [1, 2].

Mezi dusivé látky se řadí i průmyslové toxické látky vyráběné a používané v obrovském množství jako výchozí surovina pro řadu důležitých syntéz v organické chemii. Snadná dostupnost těchto látek zvyšuje riziko jejich zneužití pro bojové účely [5].

Dusivé látky jsou typicky šířeny ve formě plynu nebo kapalného aerosolu a mohou být inhalovány nebo absorbovány kůží. Příznaky intoxikace mohou zahrnovat kašel, sípání, bolest na hrudi, zvracení, bolesti hlavy, dušnost a zrychlené dýchání. Ve vysokých dávkách způsobují těžké dýchací potíže a mohou vést ke smrti. Její příčinou bývá nedostatek kyslíku v životně důležitých orgánech [1, 2].

2.4 Všeobecně jedovaté látky

Všeobecně jedovaté chemické látky, známé také jako krevní jedy, jsou typem chemických zbraní, které působí tak, že narušují normální funkci tělesných buněk, zejména těch, které se podílejí na dýchání (blokují buněčné dýchání). Tyto látky jsou vysoce toxické a již v malých dávkách či koncentracích mohou být smrtelné [2].

Mezi nejčastěji používané všeobecně jedovaté látky patří kyanovodík. Jedná se o bezbarvou kapalinu s vůní mandlí. Je vysoce těkavý, v letních měsících vydrží v terénu maximálně pět minut, ale až desítky minut v měsících zimních. Všeobecně jedovaté látky mohou být použity ve formě plynu, kapaliny nebo aerosolu a mohou být absorbovány kůží, očima nebo dýchacím systémem. Příznaky otravy mohou zahrnovat bolest hlavy, zrychlené dýchání, nevolnost, zvracení, zmatenost, křeče a nakonec respirační selhání. Nejvhodnější první

pomocí je zahájení umělého dýchání, přísun kyslíku a podání antidot, například dusitanu sodného nebo thiosíranu sodného [1, 4, 6].

2.5 Zneschopňující látky

Zneschopňující látky se dělí na psychicky zneschopňující látky, neboli psychotomimetika, a na fyzicky zneschopňující látky, též známé jako dysregulátory [1].

Psychotomimetika mohou u lidí vyvolat dočasné symptomy podobné psychóze, například intenzivní strach, zmatek, dezorientaci, stupor a halucinace. Velká část z nich se zneužívá jako drogy. Mezi nejznámější zástupce patří LSD, amfetamin či kokain. Z vojenského hlediska je nejvýznamnější látka BZ. Jedná se o bílou krystalickou látku nahořklé chuti, dobře rozpustnou ve vodě. Je chemicky stálá a v terénu se tak může držet dlouhodobě [1,4].

Fyzicky zneschopňující látky jsou chemické sloučeniny, které jsou navrženy tak, aby poškodily některé fyzické funkce. Způsobují zvýšenou únavu, paralýzu, poruchy koordinace, sluchu či zraku, křeče či parkinsonský syndrom. Mezi látky s těmito účinky patří například aziridiny, tremorogenní a lathyrogenní látky, které zatím byly testovány jen na zvířatech. Protože se nejedná o příliš toxické látky, jejich vojenské využití ve formě smrtících chemických zbraní není příliš pravděpodobné. Nelze však vyloučit, že mohou být použity jako součást tzv. neletálních chemických zbraní [1, 2].

2.6 Dráždivé látky

Dráždivé látky, známé také jako neletální chemické zbraně, jsou navrženy tak, aby vyvolaly dočasné nepohodlí a nezpůsobilost k činnosti, aniž by způsobily trvalé poškození nebo smrt. Podle převládajícího účinku se dělí na sternity a lakrimátory [1].

Sternity jsou dráždivé látky, které iritují horní cesty dýchací. Obvykle jsou používané formou dýmů pomocí min, ručních granátů a leteckých pum. Mezi nejvýznamnější představitele sternitů patří adamsit a Clark I a II.

Adamsit, pojmenovaný dle chemika Adamse, byl navržen již za první světové války a poprvé použit pro bojové účely britskými jednotkami v době ruské občanské války. Jedná se o krystalickou látku s kanárkově žlutou barvou a nevýrazným zápachem, avšak při kontaktu dojde k okamžitému podráždění dýchací sliznice i očí. Prakticky se nerozpouští ve vodě a je špatně rozpustná v organických rozpouštědlech, nejlépe se rozpouští v acetonu. Adamsit v bojových koncentracích zamožuje terén pouze po dobu 0,5 až 1 hodinu [1, 7].

Clark I a Clark II jsou sternity používané především v době první světové války. Clark I je bezbarvá krystalická látka se slabým ovocným zápachem, nerozpustná ve vodě, avšak dobře rozpustná v organických rozpouštědlech. Je velmi těkavá a v bojových podmínkách je schopna kontaminovat terén pouze po dobu 5-10 minut. Clark II je méně těkavější bezbarvá krystalická látka s velmi slabým zápachem po česneku nebo hořkých mandlích [1].

Lakrimátory jsou slzotvorné chemické látky, které způsobují především silné podráždění očí a nosu, při vyšších dávkách také dýchacích cest a zejména vlhké pokožky. Působí tak, že dráždí sliznice, což následně způsobuje slzení, pálení, řezání, pocit něčeho cizího v oku, kašel, kýchání a potíže s dýcháním. Mezi nejznámější zástupce se řadí látky CS, CR, CN, kapsaicin a PAVA. Právě díky dočasným účinkům se používají jako látky používané k potlačování nepokojů, neboli riot control agents (RCA), kterým bude podrobněji věnována další část práce [1, 2, 6].

2.7 Historie

Používání různých toxických látek, které bychom dnes označily jako BCHL, sahá do dávné minulosti. Použitím těchto látek se lidé snažili získat při lovu kořist (otrávené šípky, otravování vod, vykuřování zvěře z úkrytu), či porazit nepřítele ve válečných konfliktech [1, 8].

První dochované zprávy o použití jedů jako válečného prostředku pochází z doby kolem roku 600 př.n.l., kdy Řekové a Asyřané trávili zdroje vody svého protivníka. Tou dobou také byly známy zápalné, dráždivé a toxické účinky přírodních látek, například síry a asfaltu [1,8].

Následující staletí uvádějí spisovatelé a kronikáři napříč euroasijským kontinentem mnoho dalších způsobů, jak člověk využíval jedy, opiáty, zápalné a dráždivé látky pro svůj prospěch, například v podobě dráždivého dýmu, zápalných koulí či použití jedu na hrotech zbraní [1, 9].

V roce 1912 byly francouzskou policií poprvé použity lakrimátory na potlačení nepokojů v Paříži. Moderní použití BCHL látek (v dobové terminologii „otravných plynů“) však začalo až v první světové válce, kdy obě strany začaly v masovém měřítku používat toxické sloučeniny ke vzájemnému útoku [10].

Nejprve byly používány pouze dráždivé látky. Tento krok zahájila jako první Francie v roce 1914 proti císařskému Německu, když použila puškové střely naplněné slzotvorným ethylbromacetátem. I když tento útok neměl příliš valné účinky, někteří němečtí autoři tvrdí, že tento krok byl v rozporu s mezinárodním právem týkajícím se použití jedů a otrávených zbraní a považují jej za začátek chemické války. Po nasazení slzotvorných látek jako jsou chloraceton, bromaceton, benzylbromid apod., následovalo na obou stranách použití dalších nebezpečných chemických látek. Dráždivé látky se však používaly až do konce první světové války, v její závěrečné fázi zejména látky Clark I a Clark I [7].

První smrtící látkou použitou ve válce byl plynný chlór, který ve formě vlnového útoku vypustila německá armáda v dubnu 1915 během druhé bitvy u Yprů. Plyn způsobil okamžité dýchací potíže a byl zodpovědný za přibližně 15 000 mrtvých a zraněných vojáků na straně Spojenců [2]. Po zavedení chlóru se na bojištích objevil fosgen, difosgen, kyanovodík a mnohé jiné smrtící chemikálie.

Zejména Německo, které se nacházelo na pozici chemické a průmyslové velmoci, se rychle ujalo iniciativy v oblasti chemických zbraní a začalo vyvíjet a používat nové a efektivnější prostředky. Jejich vývoj v oblasti BCHL vyvrcholil zavedením sirného yperitu (tzv. hořčičného plynu), který způsoboval vážná poškození kůže, dýchacích cest a očí. Použití yperitu jeho následné zavedení na obou stranách prakticky změnilo dosavadní charakter vedení chemické války [3, 7].

Po první světové válce byla zahájena jednání o zákazu používání chemických zbraní. Jejich výsledkem byl Ženevský protokol z roku 1925, který zakazoval použití dusivých, otravných nebo jiných plynů a bakteriologických metod vedení války. Tato smlouva však neomezovala vývoj, výrobu nebo hromadění těchto zbraní, a tak jejich výroba pokračovala [2].

Druhá generace BCHL se objevila v období 30. až 60. let 20. století, kdy se příprava na další válku stávala stále aktuálnější. Německo se opět stalo dominantní silou v oblasti výzkumu a vývoje BCHL. Byla vynalezena nová skupina BCHL zvaná nervově paralytické BCHL, která byla ještě smrtelnější a efektivnější než první generace BCHL. Mezi tyto látky patří tabun, sarin, soman, látka VX a látka R-33. Kromě smrtících látek však byly po druhé světové válce vyvinuty i nové neletální chemické látky, jako dráždivé látky CS nebo CR, s cílem jen dočasně oslabit nepřítele. Významným průlomem bylo zařazení do vojenského arzenálu látky BZ, která patří mezi psychofarmaka a má velmi dlouhodobý účinek. Vysoká tepelná stabilita látky BZ umožňuje její uvedení

do bojového stavu ve formě jedovatého dýmu pomocí pyrotechnických směsí a výbušnin [3].

V roce 1972 byla podepsána Úmluva o zákazu vývoje, výroby a hromadění bakteriologických a toxinových zbraní a o jejich zničení, která má však řadu nedostatků, především absenci účinných kontrolních mechanismů. Velkým průlomem v oblasti omezení možností vedení chemické války je přijetí Úmluvy o zákazu chemických zbraní v roce 1993 [2, 3].

2.8 Úmluva o zákazu chemických zbraní

Úmluva o zákazu chemických zbraní, celým názvem Úmluva o zákazu vývoje, výroby, hromadění zásob a použití chemických zbraní a o jejich zničení (dále jen Úmluva), je mezinárodní smlouva, která zakazuje vývoj, výrobu, hromadění a použití chemických zbraní, jakož i ničení existujících zásob chemických zbraní a zařízení na jejich výrobu. Smlouva byla otevřena k podpisu v roce 1993 a vstoupila v platnost v roce 1997 [11, 12].

Je spravována Organizací pro zákaz chemických zbraní (OPCW), která sídlí v nizozemském Haagu. Do roku 2022 Úmluvu ratifikovalo 193 zemí. Izrael tuto úmluvu podepsal, ale neratifikoval. Egypt, Severní Korea (KDR) a Jižní Súdán ji nepodepsaly ani neratifikovaly [13, 14].

Podle Úmluvy musí každý členský stát zničit všechny své chemické zbraně do 10 let od přistoupení ke smlouvě; tento termín však byl opakovaně prodloužen. V současné době zničily své deklarované zásoby chemických zbraní všechny členské státy kromě USA. OPCW ověřuje zničení chemických zbraní prostřednictvím inspekcí na místě a monitorováním zařízení na výrobu chemických látek [15, 16, 17].

Dále Úmluva požaduje, aby členské státy oznámily všechna zařízení na výrobu chemických zbraní, která vlastní, a umožnily inspektorům OPCW přístup do těchto zařízení. Kromě toho musí členské státy podniknout kroky k zabránění transferu chemických zbraní do jiných zemí nebo nestátních subjektů [17].

2.8.1 Látky používané k potlačování nepokojů v Úmluvě

Podle Úmluvy je látka používaná k potlačování nepokojů „*jakákoli chemická látka neuvedená v seznamu, která je schopna u lidí rychle vyvolat podráždění smyslových orgánů nebo ochromující fyzické účinky, které mizí během krátké doby po skončení expozice [17, str. 3].*“

To znamená, že pokud jsou látky k potlačování nepokojů použity pro oprávněné účely vymáhání práva (zajištění vnitrostátní bezpečnosti), nejsou podle Úmluvy považovány za chemické zbraně, zároveň však zakazuje použití těchto látek v ozbrojených konfliktech (jako prostředek vedení války [17]).

2.9 Látky používané k potlačování nepokojů

Látky používané k potlačení nepokojů, neboli riot control agents - dále jen RCA, jsou chemické sloučeniny, které používají policejní a bezpečnostní síly k rozptýlení davů při nepokojích nebo ke zneškodnění agresivních útočníků. Tyto látky působí tak, že způsobují podráždění očí, nosu a krku, což může vést k slzení, dočasné ztrátě vidění, kýchání, kašli a potížím s dýcháním. Jsou využívány především díky rychlému nástupu účinku, krátké době jeho trvání a celkem vysoké míře bezpečnosti, dané poměrem mezi vysokou hodnotou letální dávky a nízkou hodnotou efektivní dávky [6, 10, 18].

Mezi nejčastěji používané RCA se řadí látky CN, CS, CR, OC a PAVA.

2.9.1 Látka CN:

Chemický vzorec: $C_6H_5C(O)CH_2Cl$

Chemický název: chloracetofenon

Látka CN byla objevena již roku 1871 německým chemikem Karlem Graebem. Jedná se o tuhou bezbarvou krystalickou látku s vůní kvetoucí střemchy, která je nerozpustná ve vodě [5].

Při vdechování nebo jiném způsobu zasažení může CN opět způsobovat podráždění a pocity pálení v očích, nosu a na kůži. Tyto účinky mohou trvat několik minut až hodinu nebo i déle v závislosti na koncentraci či dávce, které byla osoba vystavena.

Chloracetofenon je považován za toxičtější sloučeninu, než je látka CS a ostatní běžně používané látky. Bylo prokázáno, že ve vyšších koncentracích může způsobit poškození epitelu rohovky a dýchacího systému. V plicích se může hromadit sekret, který může následně vést k edému, emfyzému, tracheitidě, bronchitidě nebo bronchopneumonii. V dnešní době však látka CN už ztrácí svůj někdejší význam a z velké části byla nahrazena jinými prostředky k potlačení nepokojů [3, 5, 19].

2.9.2 Látka CS:

Chemický vzorec: $ClC_6H_4CH=C(CN)_2$

Chemický název: o-Chlorbenzylidenmalononitril

Látka CS je látka k potlačení nepokojů, kterou běžně používají policejní a bezpečnostní síly na celém světě. Poprvé byla připravena v roce 1928 a je pojmenována po dvou objevitelích, Benu Corsonovi a Rogeru Stoughtonovi.

Látka CS je bílý nebo téměř bílý krystalický prášek, který je nerozpustný ve vodě, ale může být rozptýlen ve vzduchu jako jemná mlha v podobě aerosolu [5].

Kromě běžné technické krystalické formy látky CS byly vyvinuty její dvě hydrofobní varianty, CS1 a CS2. CS1 je mikronizovaný prášek obsahující 5% hydrofobní aerogel oxidu křemičitého, který za normálních povětrnostních podmínek může v terénu přetrvávat až 2 týdny. CS2 je silikonizovaná mikroenkapsulovaná forma CS1 s delší skladovatelností, stálostí a odolnost proti degradaci a se schopností plavat na vodě, což by mohlo omezit nebo znemožnit použití vody pro vojenské operace. CS je asi 10krát účinnější než CN, ale výrazně méně toxický a proto představuje nižší riziko dlouhodobých zdravotních účinků. Vystavení vysokým koncentracím CS, zejména v uzavřených nebo nevětraných místnostech, však může způsobit zdravotní problémy, například otok plic či vznik puchýřů [10, 20, 21].

2.9.3 Látka CR:

Chemický vzorec: $C_6H_4(O)(N=CH)C_6H_4$

Chemický název: Dibenzo[b,f][1,4]oxazepin

Látku CR připravili v roce 1962 Higginbottom a Suschitzky. Jedná se o světle žlutou sypkou látku s vůní pepře. Není příliš rozpustná ve vodě, ale dobře rozpustná v ethanolu, vyšších alkoholech a etheru [5].

Nejběžněji se k potlačování nepokojů používá 0,1% roztok látky CR ve směsi propylenglykolu s vodou v poměru 80:20. I když má látka CR výrazné dráždivé a slzotvorné účinky, je považována za relativně bezpečnou. Bylo ověřeno, že jednorázová i opakovaná aplikace 1% roztoku způsobí pouze minimální dlouhodobé zdravotní problémy, jako je zarudnutí očí, nebyly zaznamenány žádné další projevy intoxikace, jako jsou puchýře nebo jiné poškození. Pocit pálení trvá přibližně 30 minut a zčervenání kůže zmizí zhruba do 2 hodin. Ve srovnání s látkou CS i CN je tedy látka CR bezpečnější, účinnější a také nástup účinku je rychlejší [20].

2.9.4 Kapsaicin:

Chemický vzorec:



Chemický název: 8-methyl-N-vanillyl-trans-6-nonenamid

V praxi se běžně používá kapsaicin spolu s příbuznými alkaloidy ve formě paprikové silice nebo pryskyřice (oleoresin capsicum, OC). Čistý kapsaicin je krystalická látka s vůní pepře, která se nerozpouští ve vodě, ale je rozpustná v organických rozpouštědlech [5].

Oleoresin capsicum může být extrahován z vysušených, zralých paprik, obvykle z druhů *Capsicum annuum* nebo *Capsicum frutescens*. Chemické určení této směsi je složité, jelikož u rostlinných látek závisí vlastnosti na době sklizně plodů a environmentálních podmínkách rostliny. Stejně jako ostatních RCA, i látka OC způsobuje podráždění sliznic, především nosohltanu, a pokožky. Hlavními látkami zodpovědnými za typický účinek je kapsaicin a další deriváty vanillylamidu [10, 21].

2.9.5 Látka PAVA:

Chemický vzorec: $\text{C}_{17}\text{H}_{27}\text{NO}_3$

Chemický název: N-[(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)methyl] nonanamid

PAVA (vanilylamid kyseliny pelargonové), je synteticky připravená pevná krystalická látka, která se řadí mezi kapsacinoidy, což jsou látky odvozené od kapsaicinu. PAVA je výrazně účinnější než CS. Komerčně se prodává ve formě spreje. Rozstříkovaný aerosol má efektivní dosah až 4 metry. PAVA postihuje především oči, přičemž bolest očí je hlášena jako intenzivnější než jakou způsobuje látka CS. Účinky odeznívají během 15–20 minut po vystavení čerstvému vzduchu [22, 23, 24].

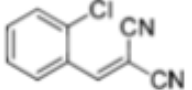
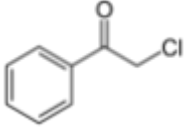
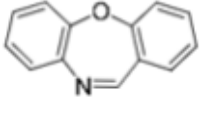
V tabulce č. 1 je uveden přehled fyzikálních vlastností některých vybraných RCA. V tabulce č. 2 jsou uvedeny jejich chemické vlastnosti, bez kapsaicinu, u něhož jsou tyto údaje nedostupné.

Tabulka č. 1 - Fyzikální vlastnosti vybraných RCA

	CS	CR	CN	Capsaicin
Molekulová hmotnost	188.5	195.3	154.5	305
Bod tání (°C)	93	72	54	64
Tlak par (mmHg při 20 °C)	0,00034	0,00059	0,0054	0,011
Těkavost (mg.m⁻³/°C)	0,71/25°C	0,63/25°C	1,06/52°C	

Zdroj: Salem, 2014 [21].

Tabulka č. 2 - Chemické vlastnosti vybraných RCA

	CS	CN	CR
Strukturální vzorec			
Prahová koncentrace mg.m ⁻³	0,05	0,3-1,5	0,0025
Nesnesitelná koncentrace mg.m ⁻³	1-2	1-15	0,15-0,2
Vyzařující dávka mg.min.m ⁻³	1-5	80	0,7-1,0
Doba setrvání efektu	5--10	25-40	2-5
Smrtelná dávka LC mg.min.m ⁻³	25 000 - 43 000	8 500 - 14 000	25 000 - 100 000

Zdroj: Středa (2015); Chemické listy-str. 360 (2011) [10, 20].

2.10 Zneužití neletálních chemických látek

Použití látek pro zvládnání nepokojů může být kontroverzním tématem, protože jejich zneužití může vést k vážnému porušování lidských práv. Od roku 2015 bylo podle lékařských záznamů zraněno přibližně 119 000 lidí při použití RCA [25].

Zneužívání těchto látek však začalo již v minulém století. Asi nejrozsáhlejší zneužití RCA bylo zdokumentováno během vietnamské války, kdy armáda Spojených států používala prostředky pro potlačení nepokojů k oslabení nepřátel. První známé případy použití dráždivých látek se ve Vietnamu začaly objevovat od roku 1962, kdy Spojené státy začaly zásobovat jihovietnamskou armádu dráždivými látkami chloracetofenonem, adamsitem a látkou CS. Jedním z nejznámějších případů zneužívání RCA ve Vietnamu bylo jejich použití americkými a spojeneckými vojáky k vyklizení táborů a tunelů vietnamských

partyzánů. Podle zveřejněných informací vojáci házeli do tunelů dýmavnice s dráždivými látkami, což způsobilo, že zasažení kašlali, lapali po dechu a museli tak opustit tunely, takže je američtí vojáci mohli snadno zajmout nebo zabít. Dráždivým látkám však neuniklo ani civilní obyvatelstvo. Během bombardování území, především municí naplněnou látkou CS, byly přiotráveny tisíce lidí a mnozí z nich zranění podlehly. V tabulce č. 3 je uvedeno množství dráždivé látky CS (v tunách) objednané ministerstvem obrany USA v letech 1964-1969, tedy v době operací ve Vietnamu [15].

Tabulka č. 3 - Množství látky CS (v tunách) objednané ministerstvem obrany USA v letech 1964-1969

LÁTKA\ROK	1964	1965	1966	1967	1968	1969	CELKEM
CS	106	42	208	231	395	1060	2041
CS1	64	83	533	350	1591	87	2727
CS2	0	0	0	0	423	1763	2186
CELKEM	170	125	761	581	2409	2910	6954

Zdroj: Pitschmann, 2016 [15].

Dalším problémem je nesprávné použití těchto látek jako RCA. Na rozdíl od zneužití, kdy jsou tyto látky použity jako válečné zbraně, tady sehrává velkou roli jejich nesprávné použití policejními a bezpečnostními složkami. Podle reportu Amnesty International policejní síly používají RCA často v neúměrně velkém množství nebo proti převážně pokojným demonstrantům. Dalším problémem je místo použití těchto prostředků. Mezi zaznamenanými přestupky bylo použití těchto prostředků proti civilnímu obyvatelstvu v uzavřených prostorech, jako je například auto či nákupní středisko, což znemožňuje zasaženým osobám rychlou evakuaci. Dále pak také byly RCA použity v době,

kdy se v okolí zdržovaly skupiny, které mohou být méně schopné uprchnout nebo jsou citlivější k jejím účinkům, jako jsou děti, těhotné ženy, starší lidé a lidé se zdravotním postižením [26].

Příkladem mohou být některá potlačení demonstrací v Bahrajnu, Hongkongu nebo ve Spojených státech amerických.

V roce 2011 došlo v Bahrajnu k povstání, které bylo inspirováno arabským jarem. Demonstranti požadovali politické reformy a větší demokracii. Protesty byly násilně potlačeny bezpečnostními silami, které používaly „slzný plyn“ a gumové projektily proti demonstrantům. Zneužívání dráždivých látek mělo za následek několik úmrtí a rozsáhlé zdravotní komplikace [27].

Během protestů pro podporu demokracie v Hongkongu v roce 2019 policie nasadila proti demonstrantům velké množství „pepřového spreje“ a dalších RCA. Poměrně nekontrolované použití těchto látek v přeplněných a uzavřených prostorách způsobilo mnoha demonstrantům vážná zranění a různé zdravotní komplikace [26].

V roce 2020 vyvolalo širokou kritiku použití RCA policií během protestů proti policejní brutalitě a rasismu v USA. Bylo zjištěno, že používání těchto prostředků bylo v některých případech nadměrné a nerozlišující cíl, což vedlo ke zranění a poškození pokojných demonstrantů a přihlížejících. K podobným případům zneužití dráždivých látek došlo během protestů v Indonésii, Peru a Guatemale [28].

3 DETEKCE BOJOVÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK

Detekce BCHL je v současné době klíčovým opatřením pro ochranu obyvatelstva před potenciálním ohrožením. V případě teroristického útoku nebo průmyslové havárie může být detekce těchto látek rozhodující pro rychlé a efektivní zásahy. V této části diplomové práce jsou shrnuty různé metody detekce v laboratorních i terénních podmínkách.

3.1 Chemické laboratoře

Stacionární laboratoře disponují analytickými nástroji pro provádění analýzy neznámých vzorků s důrazem na zjištění toxických látek v různých formách skupenství a směsích. Tyto laboratoře umožňují detekci, stanovení a identifikaci toxických organických látek (včetně BCHL) a anorganických látek a iontů všeho druhu (např. kyanidů, těžkých kovů) ve všech typech vzorků, stanovení akceleračních hoření k zjištění příčin požáru apod. Laboratorní zpracování odebraných vzorků umožňuje detailní, vysoce citlivou a přesnou analýzu a především separaci jednotlivých složek vzorku. Přehled nejčastěji využívaných metod ve stacionárních chemických laboratořích uvádí tabulka č. 4 [9, 29].

Tabulka č. 4 Metody detekce, stanovení a identifikace využívané ve stacionárních chemických laboratořích

Metoda	Kvalitativní	Kvantitativní
UV/VIS-spektrofotometrie (včetně fotometrie)	Záleží na použité barevné reakci s činidlem	Ano
Extrakční spektrofotometrie	Jen v určitých případech, u zcela neznámých látek nelze	Ano
Infračervená spektrofotometrie	Určena k identifikaci	Ano
Hmotnostní spektrofotometrie	Nejpoužívanější metoda identifikace	Ano
Rentgenofluorescenční spektrofotometrie	Identifikace – elementární analýza	Ano
Plynová chromatografie	Pro těkavé látky omezená možnost identifikace	Pro těkavé látky
Kapalinová chromatografie	Jen v určitých případech, u zcela neznámých látek nelze	Ano
Tenkvrstvá chromatografie	Jen v určitých případech, u zcela neznámých látek nelze	Jen méně běžným denzitometrem
Isotachoforéza	Jen v určitých případech, u zcela neznámých látek nelze	Ano
Potenciometrie	Jen v určitých případech, u zcela neznámých látek nelze	Ano
Konduktometrie	Ne	Ano
Polarografie	Jen v určitých případech, u zcela neznámých látek nelze	Ano

Zdroj: Pitschmann, 2011 [9, str.68].

Pro detekci RCA se ve specializovaných laboratořích používají různé metody. Mezi nejčastěji využívané metody patří kapalinová chromatografie, hmotnostní spektrometrie, UV\VIS-spektrofotometrie, infračervená spektrofotometrie, potenciometrické metody, dále pak také tenkovrstvá a plynová chromatografie [9, 30].

Mobilní laboratoře jsou jedním z nejlepších nástrojů pro analýzu na místě zásahu. Vozidlo dopravuje posádku i technické prostředky pro detekci BCHL do místa mimořádné události. V místě události lze provést chemickou analýzu měřicí technikou uvnitř i vně vozidla v každé denní době a za každého počasí. V nástavbě je vyčleněn prostor pro uložení detekčních prostředků, analyzátorů, pomůcek, činidel, potřebných technických rozvodů a ochranných prostředků [9, 29].

Přenosné (polní) chemické laboratoře umožňují provádět analýzy v terénu a využívají zejména chemické barevné reakce. Výsledky se vyhodnocují vizuálně (pouhým okem) nebo fotometricky. Mohou být výhodné pro zajišťování vzorků z životního prostředí a provádění různých operací, ale vyžadují zaškolení obsluhy. Polní chemické laboratoře jsou primárně určené k detekci BCHL a HZS ČR je používá také pro rozборы běžných škodlivin [29].

3.2 Analyzátořy

Analyzátořy jsou automatické přístroje používané k určení a někdy i identifikaci. Skládají se z detektorů, vyhodnocovacích a zobrazovacích jednotek a napájecího zdroje. Zařizení lze kategorizovat do skupin podle jejich citlivosti, měřené látky a způsobu přenosu informace. Hlavními výhodami použití analyzátořů v nouzových situacích jsou vysoký komfort měření, nepřetržité monitorování, ukládání naměřených dat do paměti a vysoká selektivita. Mezi nevýhody však často patří velmi vysoké pořizovací náklady, značné nároky na údržbu a servis a nutnost kvalifikovaného servisu. Mezi základní druhy patří

univerzální, selektivní, multikomponentní analyzátory a terénní analytické přístroje [29].

Univerzální analyzátory měří hodnotu určité vlastnosti prostředí a v závislosti na její změně lze analyzovanou látku určit. Jsou užitečné v případech, kdy koncentrace látky výrazně převažuje nad ostatními.

Selektivní analyzátory jsou naproti tomu vybaveny elektrochemickými senzory a používají se k selektivnímu měření koncentrace určitého souboru látek i ve směsi s jinými plyny a parami.

Multikomponentní analyzátory umožňují identifikaci látek neznámého složení.

Terénní analytické přístroje jsou miniaturizované přístroje, které jsou schopny provádět měření s laboratorní přesností v terénu a vyhodnocovat získaná data tak, aby byla srozumitelná i neodborníkům, a případně mohla být předávána na dálku [29].

3.3 Jednoduché detekční prostředky

Pro rychlá měření v terénu jsou ideální jednoduché detekční prostředky, které umožňují získat okamžité výsledky. Tyto prostředky většinou využívají chemické metody, kdy škodlivina reaguje s analytickými činidly umístěnými na vhodném nosiči za vzniku charakteristického barevného produktu. Zabarvení je vizuálně vyhodnoceno a umožňuje určit nejen přítomnost, ale také přibližné množství škodliviny.

Největší výhodou jednoduchých detekčních prostředků je jejich přenosnost a snadné použití. K obsluze vyžadují minimální školení a umožňují provádět měření na místě bez potřeby složitého vybavení nebo laboratorní analýzy. Dále mezi jejich přednosti patří nižší hmotnost, menší rozměry a jsou mnohem levnější

než jiné prostředky. Ve srovnání se sofistikovanějšími metodami detekce však obecně mají nižší selektivitu, citlivost a kratší životnost [29, 31]. Jsou ovšem k dispozici i jednoduché prostředky, které v těchto parametrech předčí i mnohé analyzátoři (např. prostředky na bázi cholinesterázové reakce). Oproti dostupným analyzátorům a jiným složitým a nákladným přístrojům umožňují i detekci látek k potlačování nepokojů v ovzduší.

Mezi jednoduché prostředky detekce patří průkazníkové prášky, papírky, pásy a detekční trubičky (se zařízením pro odběr vzorku vzduchu) [5, 31].

Průkazníkové prášky, papírky a pásy

Průkazníkové prášky se v minulosti používaly pro zjištění kontaminace povrchů, ale byly nahrazeny efektivnějšími metodami a nyní už se příliš nepoužívají.

Průkazníkové papírky a pásy jsou určeny ke kontrole přítomnosti toxických látek v ovzduší, ve vodě a na površích. Některé slouží jako osobní detektory BCHL, jiné mají speciální určení, například pro průkaz kapek a kapalného aerosolu BCHL, které na místě kontaktu vytvoří na detekční ploše charakteristická zbarvení. Pro svoji jednoduchost bývají často součástí polních laboratoří [31].

Detekční trubičky

Detekční trubičky jsou typem zařízení pro detekci plynů používaného v různých průmyslových odvětvích ke zjišťování přítomnosti a orientačnímu měření koncentrace látky (plyn, pára, aerosoly) ve vzduchu. Jsou však známé i detekční trubičky určené pro analýzu vod a roztoků.

Jsou tvořeny tenkou skleněnou trubicí obsahující nosič nasycený činidlem (přímo nebo po rozbití ampule), které při reakci se škodlivinou poskytuje

příslušné zabarvení, jehož intenzita je přímo úměrná koncentraci škodliviny v ovzduší.

Detekční trubičky se používají spolu se zařízením pro odběr vzorku vzduchu v podobě mechanické a elektrické pumpy, která může být konstruována jako chemický průkazník [9, 29].

3.3.1 Jednoduché detekční prostředky používané v České republice

V následující části jsou detailněji specifikovány prostředky jednoduché detekce, které jsou využívány Armádou ČR a Hasičským záchranným sborem ČR. V České republice se používají detekční papírky PP-3 (CALID-3), chemické průkazníky CHP-71 a CHP-5, osobní detektor Detehit a detekční trubičky [9, 29].

Detekční papírky PP-3

Detekční papírky PP-3 (CALID-3) slouží k orientačnímu určení a vzájemnému rozlišení kapalných nervově paralytických látek a yperitu. Tyto papírky jsou k dispozici v samolepicím provedení ve formě sešitku s odtrhávacími listy. Po dopadu koncentrovaných kapek BCHL na povrch papírku dochází k jejich absorpci a reakci s detekčním činidlem. Látky typu G (například sarin, soman, nebo tabun), látky typu H (yperit) a látky typu V (VX) vykazují odlišné zbarvení - v závislosti na druhu látky se na papírku vytvoří barevná skvrna v průběhu několika sekund. Pro nervově paralytické látky typu G se zbarví žlutě, pro látky typu V olivově zeleně a pro yperit červeně [9, 29].

Detehit

Detehit je jednoduchý detektor nervově paralytických látek, který obsahuje plastický proužek s pracovními plochami, na nichž jsou imobilizována potřebná činidla komponenty. Detekuje nervově paralytické látky v ovzduší, vodě nebo na površích pomocí biochemické reakce založené na inhibici enzymu

acetylcholinesterázy. Stačí namočit bílou detekční tkaninu s enzymem do zkoumaného roztoku, vystavit ji působení ovzduší nebo setřít analyzovaný povrch, spojit ji s papírkem napuštěným substrátem a chromogenním činidlem a vzniklé zbarvení porovnat s etalonem. Detektor Detehit je velmi citlivý a dokáže detekovat soman při koncentraci 0,008 mg/m³, sarin při 0,01 mg/m³ a látku VX při 0,05 mg/m³ v ovzduší po dvou minutách expozice při 20°C [9, 29].

Chemické průkazníky CHP-71 a CHP-5

Chemický průkazník CHP-71 je technické zařízení určené k odběru vzorků kontaminovaného ovzduší při práci s detekčními trubičkami. Kromě toho přístroj umožňuje regulaci průtoku vzduchu, ohřev průkazníkových trubiček při nízkých teplotách, nepřetržitý provoz ve vozidle, šestihodinový provoz mimo vozidlo a další funkce. V chemickém průkazníku CHP-71 se používají standardní detekční trubičky pro vybrané BCHL a průmyslové škodliviny. V současné době se nabízí inovovaná verze přístroje CHP-5, která pracuje s poloautomatickým režimem a obsahuje řadu nových kontrolních funkcí [29, 31].

Jednoduchá detekce látek RCA látek detekčními trubičkami

V chemických průkaznících CH-71 a CHP-5, ale i samostatně s použitím jednoduchých nasávacích zařízení, lze použít i několik detekčních trubiček určených ke zjišťování dráždivých BCHL, tudíž RCA. Níže jsou uvedeny některé technické parametry vybraných (nikoli všech dostupných) detekčních trubiček.

<u>Určení:</u>	<u>Látka CR</u>
Kód:	DT-27 (TT-27)
Označení:	2 bílé proužky, dvě tečky
Citlivost:	0,1 mg.m ⁻³
Zdvihy:	30 zdvihů ruční pumpou (nebo 3 litry vzduchu)
Zabarvení:	bílé (nažloutlé) -> červeno fialová
Reakce:	Reakcí látky CR s dusitanem sodným vzniká diazoniová sůl, která s Bratton-Marshallovým činidlem poskytuje příslušný barevný produkt
Popis:	Detekční trubička obsahuje indikační vrstvu s dusitanem sodným a ampulku s hydrochloridem N-(1-naphthyl)-ethylendiaminanu ve směsi pyridinu s 20% kyselinou chlorovodíkovou
Selektivita:	Tato reakce je specifická pro látku CR
Teplota:	5-50 °C
Vlhkost:	Voda je obsažena v analytickém systému [5]

Určení: Látka CN

Kód: PT-25 (TT-21)

Označení: 2 bílé proužky

Citlivost: 0,5 mg.m-3

Zdvihy: 30 zdvihů ruční pumpou (nebo 3 litry vzduchu)

Zabarvení: bílá -> malinově červená

Reakce: Reakce s m-dinitrobenzenem (tzv. Zimmermannova reakce)

Popis: Trubička obsahuje indikační vrstvu s m-dinitrobenzenem a ampulku s 20% hydroxidem sodným

Selektivita: Podobně reaguje látka CS nebo brombenzylkyanid, při vysokých koncentracích také aceton, bromaceton a jiné látky s reaktivním vodíkem

Teplota: 0-50 °C

Vlhkost: Nemá vliv na citlivost detekce [5]

Určení: Látka CS

Kód: PT-26 (TT-22)

Označení: 3 bílé proužky

Citlivost: 1 mg.m-3

Zdvihy: 30 zdvihů ruční pumpou (nebo 3 litry vzduchu)

Zabarvení: bílá -> zelenomodrá

Reakce: Reakce s chloranilem

Popis: Trubička obsahuje indikační vrstvu s chloranilem
a ampulku se směsí hydroxidu amonného s ethanolem

Selektivita: Při vyšších koncentracích může reagovat dusíkový yperit

Teplota: 0-50 °C

Vlhkost: Voda je součástí analytického systému [5]

4 NELETÁLNÍ CHEMICKÉ ZBRANĚ V ČESKÉ REPUBLICE

Česká republika nevlastní žádné chemické zbraně ani chemické toxické látky charakteru BCHL, neboť jsou zakázané zákonem č. 19/1997 Sb. a prováděcí vyhláškou č. 459/2020 Sb. Jen malé množství těchto látek je přítomno v některých výzkumných zařízeních pro potřeby nezbytného testování detekčního vybavení, ochranných masek, filtrů, oděvů, dekontaminačních látek atd., jelikož tyto činnosti nejsou v rozporu s Úmluvou o zákazu chemických zbraní z roku 1993.

Vzhledem ke své mezinárodní politice a členství v NATO, OSN, Evropské unii i jiných organizacích je v současné době pravděpodobnost napadení České republiky chemickými zbraněmi poměrně nízká, ale nelze je zcela vyloučit [32].

4.1.1 Používání dráždivých látek v České republice

Jako výjimku deklarovala Česká republika použití tradičních dráždivých látek, jako jsou látka CS, chloracetofenon a kapsaicin v rámci složek Ministerstva spravedlnosti (Vězeňská služba), Ministerstva obrany (Vojenský policie) a Ministerstva vnitra (Policie České republiky) [10].

Česká legislativa implementuje ustanovení Úmluvy v zákoně č. 19/1997 Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní, hlava VII § 27 "Chemické látky používané k zajištění vnitřního pořádku a bezpečnosti", podle které jsou všechny složky oprávněné k používání neletálních zbraní povinny ohlásit název používané chemické látky, a to nejpozději do 10 dnů ode dne, kdy došlo ke změně stavu [10, 33].

Použití donucovacích prostředků je limitováno a definováno v zákonech příslušných složek, tedy v zákonech č.:

- 273/2008 Sb. o Policii České republiky
- 300/2013 Sb. o Vojenské policii
- 555/1992 Sb. o Vězeňské službě

Dále je použití donucovacích prostředků limitováno nařízenými Policejního prezidenta, náčelníka Vojenské policie a generálního ředitele vězeňské služby [10].

4.1.1.1 Prostředky užívané k potlačování nepokojů jednotlivými složkami

Policie České republiky

Policie České republiky používá k potlačování nepokojů látky CS a OC. K tomu využívá tři základní druhy prostředků, a to zásahové prostředky kombinované, pyrotechnické zásahové výbušky a zásahové výbušky slzné [10, 34].

Mezi zásahové prostředky kombinované se řadí výbuška zásahová P2 a výbuška zásahová P2 MINI. Výbuška zásahová P2 obsahuje 14 ks minivýbušek, z nichž celkem 4 ks jsou naplněny látkou CS s reaktivním pohonem. Reaktivní pohon v závislosti na délce hoření napodobuje palbu ručních zbraní v různých časových intervalech [10].

Výbuška zásahová P2 MINI obsahuje 6 ks minivýbušek s explozivní náplní 3 mini výbušky obsahují generátory s látkou CS. Po odhození a krátké prodlevě jsou minivýbušky i generátory odděleny od zásahové výbušky. Vzniká akustický efekt napodobující palbu automatické zbraně a zároveň je uvolňován dráždivý dým (v zaužívané terminologii slzný plyn [10]).

Jako pyrotechnické zásahové výbušky se používají zásahové výbušky NICO, které vyvolávají dezorientaci v důsledku zvukových a světelných efektů. Výbušku lze rozšířit o kontejner s látkou CS [10].

Zásahové výbušky slzné jsou ruční granáty RGSL-85 a RGSL-85 PL. Ruční granát slzný RGSL-85 obsahuje 45 gramů slzotvorné látky. Ta je uvolňována po dobu 50 sekund a objem zasaženého prostoru je cca 700 m³. Ruční granát slzný RGSL-85 PL po použití vyhodí 5 tělísek, které vytváří bílý dým s obsahem látky CS. Za normálních povětrnostních podmínek zasahuje oblast přibližně 10 m² [10].

Vojenská policie

Vojenská policie má ve své výbavě donucovací prostředky určené především ke své sebeobraně. Jedná se především o oslňující granáty a pepřové spreje [10].

Výbuška P2 130 DB je představitelem opticko-akustických zbraní. Po odhození následuje prodleva 2,5 sekundy. Následně jsou odhozeny mini výbušky, které generují formou jednotlivých ran zvuk s hlučností 130 decibelů a zároveň vzniká slzný oblak [10].

Mezi osobní donucovací prostředky používané vojenskou policií patří sprejová svítidla TORNADO a rozstříkovač SLZ.KASR. Sprejová svítidla TORNADO představuje novou kategorii osobních donucovacích prostředků. Využívá pepřový sprej (OC 10 %) a super-svítivé LED diody k oslepení útočníka. Rozstříkovač SLZ.KASR je obranný sprej využívající dráždivou látku CS [10].

Vězeňská služba České republiky

Vězeňská služba České republiky využívá komerčně dostupné obranné spreje Your DEFENDER Jet a TAJFUN proudový pepřový sprej.

Your DEFENDER Jet obsahuje roztok dráždivé látky OC a je účinný zhruba do 5 m. TAJFUN proudový pepřový sprej obsahuje vysoce koncentrovaný roztok látky OC a je především doporučován na zvláštní akce, například demonstrace, kde se vyskytuje více potenciálních útočníků [10].

Armáda České republiky

Armáda České republiky po přijetí Úmluvy o zákazu chemických zbraní v roce 1997 zničila všechny prostředky určené k potlačení nepokojů. Nyní využívá jen malé množství látky CS (tzv. tělíška CS) pro kontrolu těsnosti a spolehlivosti ochranných masek [10].

5 CÍLE A HYPOTÉZY

Pro zpracování diplomové práce ve smyslu zadání bylo stanoveno celkem pět cílů:

Cíl 1 – Přiblížit problematiku detekce látek používaných k potlačování nepokojů.

Cíl 2 – Analyzovat, jakou pozornost věnuje odborná a patentová literatura problematice jednoduché detekce dráždivých látek.

Cíl 3 – Experimentálně ověřit možnost použití Folin-Ciocalteuovo činidla pro jednoduchou detekci dráždivé látky PAVA.

Cíl 4 – Experimentálně ověřit možnost použití detekční trubičky na psychoaktivní látku BZ jako selektivního detektoru dráždivé látky PAVA.

Cíl 5 – Experimentálně ověřit možnost použití detekční trubičky na dusíkatý yperit pro detekci dráždivé látky PAVA.

Ke splnění těchto cílů byly navrženy tři hypotézy:

Hypotéza 1 - Folin-Ciocalteuovo činidla lze použít pro detekci dráždivé látky PAVA.

Hypotéza 2 – Detekční trubičky s obsahem Marquisova činidla lze použít jako selektivní detektor dráždivé látky PAVA.

Hypotéza 3 – Detekční trubičky s obsahem Dragendorffova činidla lze použít pro detekci látek k potlačování nepokojů.

6 METODIKA

6.1 Průzkum barevných reakcí pro detekci dráždivých látek

Obecně platí, že narůstající počet chemických látek používaných v průmyslu, zemědělství, ve farmacii a jiných odvětvích přináší potřebu neustálého zdokonalování metod a technologií pro jejich detekci. To se týká také detekce BCHL a v jejich rámci i dráždivých látek, které jsou předmětem diplomové práce. V teoretické části jsou uvedeny základní informace o jednoduchých prostředcích jejich detekce, v prakticky zaměřené části pak budou uvedeny samostatným studiem odborných publikací získané poznatky o barevných reakcích, které jsou nebo mohou být pro přípravu jednoduchých detekčních prostředků použité. Pozornost bude soustředěna na dráždivé látky CN, CS, CR, kapsaicin a adamsit.

6.2 Analýza patentové literatury zaměřené na jednoduchou detekci dráždivých látek

V diplomové práci bude analyzována česká patentová literatura, která se věnuje detekci BCHL, průmyslových škodlivin a jiných vojensky významných sloučenin. Pozornost bude zaměřena na patenty a užité vzory, jejichž majitelem je společnost Oritest, přední výrobce jednoduchých prostředků detekce BCHL a dalších toxických látek u nás. Výběr těchto dokumentů evidovaných Úřadem průmyslového vlastnictví bude ještě zúžen na dokumenty, jejich původcem nebo spolupůvodcem je vedoucí diplomové práce prof. Vladimír Pitschmann. Smyslem této analýzy bude zjistit stav technického řešení problému jednoduché detekce zájmových látek a zároveň identifikovat příležitosti pro další výzkum.

6.3 Experimenty s detekčními trubičkami

Detekční trubičky, které slouží k chemickému průzkumu a chemické kontrole, jsou tvořeny obalovou trubicí vyrobenou ze skla nebo průhledného plastu.

Uvnitř se nachází indikační náplň a tělíska, která slouží k rozvádění kontaminovaného vzduchu. Tato tělíska mohou být různá, například skleněné hranolky, polyethylenové hvězdičky, nebo perforované porcelánové a plastové vložky. Detekční trubičky obsahují těsnící komponenty, jako jsou kovové sítky nebo tampóny z inertních pružných materiálů. Některé typy trubiček mohou obsahovat skleněné ampulky s detekčními roztoky a další pomocné prvky, jako jsou ocelové pružinky, tepelné spirály nebo ohřívací tělíska.

Do detekčních trubiček se používají různé druhy adsorbentů a nosičů. Adsorbent je pevný zrněný materiál s adsorpčními vlastnostmi, který se používá k adsorpci plynů a par a lze ho také použít jako nosič pro chromogenní činidla nebo výše zmíněné detekční roztoky. Nosič je vnitřní zrněný materiál, na kterém je ukotveno chromogenní činidlo. Průběh samotné detekce je ovlivněn několika faktory, mezi které patří druh použitého materiálu, způsob jeho uložení v trubičce, velikost a nepravidelnost zrn.

Mezi obvyklé náplně detekčních trubiček patří silikagel, drcené sklo, celulóza, pemza, skelná vata, porcelán, zeolity, aktivované hlinky, diatomit a mnoho dalších. Použité materiály musí splňovat specifické požadavky, zejména nesmí výrazně měnit své chemicko-fyzikální vlastnosti při průchodu vzduchu nebo páry, musí být inertní vůči materiálu trubice a mít dostatečnou adsorpční kapacitu, aniž by ovlivňovaly reakce chromogenních činidel s analyzovanou látkou.

Pro práci byly použity celkem 3 druhy trubiček, jednak vlastnoručně připravené a jednak standardní trubičky vyráběné firmou Oritest, konkrétně trubičky DT-20 používané k detekci psychoaktivní látky BZ a trubičky DT-16 používané k průkazu dusíkatého yperitu.

Detekční trubička na látku BZ

Kód:	PT-51 (DT-20)
Označení:	1 bílý proužek
Citlivost:	1 mg.m ⁻³
Zdvihy:	30 (3 litry vzduchu)
Zabarvení:	Bílá -> zelenomodrá
Reakce:	Reakce s Marquisovým činidlem
Popis:	Trubička obsahuje indikační vrstvu tvořenou skleněnou drtí a ampulku s detekčním roztokem - Marquisovým činidlem.
Použití:	Po odběru vzorku vzduchu se rozdrťí ampulka a její obsah setřepe na indikační vrstvu, jejíž zbarvení je porovnáno s etalonem.
Selektivita:	Zelenomodré zbarvení se objevuje pouze u látky BZ, za vzniku různého zbarvení mohou reagovat i jiné sloučeniny s benzenový jádrem. Například s dráždivými látkami CN a CS se objevuje žluté a s adamsitem červenohnědé zbarvení.
Teplota:	0- 50 °C
Vlhkost:	Optimálně 10-90% relativní vlhkost vzduchu [5].

Detekční trubička na dusíkaté yperity

Kód:	PT-37 (DT-16)
Označení:	3 žluté proužky
Citlivost:	1 mg.m ⁻³ pro HN-3
Zdvihy:	30 (3 litry vzduchu)
Zabarvení:	Žlutá -> oranžová
Reakce:	Reakce s Dragendorffovým činidlem
Popis:	Trubička obsahuje indikační vrstvu tvořenou aktivovaným silikagelem a ampulku s Dragendorffovým činidlem.
Použití:	Po odběru vzorku vzduchu se rozdrťí ampulka a její obsah setřepe na indikační vrstvu. Zbarvení této vrstvy je porovnáno s etalonem.
Selektivita:	Podobně reagují všechny typy dusíkových yperitů. Stejně zbarvení mohou poskytovat látka BZ, CR, VX, GP nebo GA.
Ruší látky:	Ruší alkaloidy, aminy a jiné dusíkaté látky (fencyklidin, fentanyl a jeho analogy apod.).
Teplota:	0- 40 °C
Vlhkost:	Nemá vliv na citlivost detekce [5].

7 VÝSLEDKY

7.1 Průzkum barevných reakcí pro detekci dráždivých látek

7.1.1 Reakce látky CN

Pro detekci látky CN se obvykle využívá skupinová reakce látek s aktivním vodíkem s m-dinitrobenzenem, která v alkalickém prostředí poskytuje malinově červený reakční produkt. Podobnou reakci a barevný produkt poskytuje látka CS, ale také aceton, bromaceton, brombenzylkyanid a jiné sloučeniny. Další možností je reakce látky CN s 4-(p-nitrobenzyl)pyridinem, tj. se skupinovým činidlem na alkylační látky, nebo s 4-chlor-5,7-dinitrobenzofurazanem za vzniku oranžového zbarvení. Známé, ale méně používané, jsou reakce látky CN s kyselinou pikrovou nebo s amoniakem, s nímž se vytváří indol, který následně může být indikován barevnou reakcí s p-dimethylaminobenzaldehydem [35, 36].

7.1.2 Reakce látky CS

Již zmiňovanou reakci s m-dinitrobenzenem lze využít i pro detekci látky CS, avšak v porovnání s látkou CN zde vzniká odlišný červený barevný odstín. Pro jednoduchou detekci látky CS se doporučuje použít její reakci s chinony v alkalickém prostředí. Tento princip umožňuje získat produkty s různými barevnými odstíny v závislosti na použitém činidle, například s chloranilem vzniká výrazné zelené zbarvení. Metoda je velmi oblíbená zejména pro přípravu detekčních trubiček.

Mezi vhodné metody detekce látky CS patří také barevné reakce s nitroprussidem sodným, který poskytuje červené zbarvení, nebo s ninhydrinem, s nímž vzniká žluté zbarvení. Další možností je použití činidel odvozených od benzofurazanu, které (podobně jako s látkou CN) poskytují barevné produkty různých odstínů. Také bylo zjištěno, že Marquisovo činidlo a skupinové činidlo na alkylační látky 4-(p-nitrobenzyl)pyridin dávají

s látkou CS žluté zbarvení. Zveřejněna byla barevná reakce látky CS s organickými disulfidy (např. Ellmanovo činidlo), jejíž mechanismus není detailně znám; pravděpodobně se jedná o redukci za vzniku příslušných thiolů. Popsána je také reakce látky CS se sirouhlíkem a měďnatými ionty [35, 36].

7.1.3 Reakce látky CR

Látku CR lze detekovat pomocí reakcí na azobarviva. Sloučenina se nejprve v prostředí kyseliny chlorovodíkové rozkládá na amin, který s dusitany poskytuje diazoniovou sůl. Tato diazoniová sůl v dalším kroku reaguje s kopulační komponentou, s Bratton-Marshallovým činidlem, hydrochloridem N-(1-naftyl)ethylendiaminu, za vzniku červeně fialového zbarvení. Tato reakce byla popsána pro spektrofotometrické stanovení a pro detekční trubičky. Látka CR obsahuje terciární dusík, a tudíž reaguje s Dragendorffovým činidlem za vzniku oranžového zbarvení. Aromatický charakter látky CR je základem její reakce s Marquisovým činidlem za vzniku žlutě zbarveného produktu, podobně jako u látky CS [35].

7.1.4 Reakce adamsitu

Adamsit poskytuje červenofialové zbarvení při reakci s koncentrovanou kyselinou sírovou, zároveň v prostředí této kyseliny také reaguje s dusičnanem rtuťným a vytváří specifické zelené zbarvení, jehož mechanismus zatím není plně prozkoumán. Aromatická povaha adamsitu je využívána při jeho detekci pomocí Marquisova činidla (např. metodou tenkovrstvé chromatografie). Při nitraci adamsitu kyselinou dusičnou a následné reakci s hydroxidem sodným se vytváří modrofialová aci-forma. Adamsit také reaguje s Dragendorffovým činidlem, stejně jako látka CR, a specificky za vzniku modrého zbarvení také s N-oxidem 4-chlor-5,7-dinitrobenzofurazanu [35].

7.1.5 Reakce kapsaicinu

Kapsaicin může být selektivně, rychle a citlivě detekován chromogenní reakcí pomocí 2,6-dichlorochinon-4-chlorimidu (tzv. Gibbsovo činidlo) za vzniku modrého zbarvení. Dále bylo popsáno, že v alkalickém prostředí kapsaicin reaguje s Folin-Ciocalteuovým činidlem, přičemž se vytváří modře zbarvený produkt; metoda byla využita ke spektrofotometrickému stanovení [37, 38].

Domnívám se, že výše uvedené postupy by mohly být, vzhledem k podobné chemické struktuře, aplikovány i na detekci látky PAVA. Nicméně, v literatuře nebyly nalezeny žádné relevantní údaje. Pro ověření tohoto předpokladu bude v praktické části diplomové práce věnována významná pozornost ověření reakce této látky.

V tabulce č. 5 je uveden stručný přehled možností detekce vybraných RCA pomocí činidel poskytujících barevné produkty.

Tabulka č. 5 - Možnosti detekce vybraných RCA pomocí různých činidel a metod

ČINIDLO, METODA/ LÁTKA	CS	CR	CN	OC
Dragendorffovo činidlo	-	+	-	?
Marquisovo činidlo	-	-	+	+?
m-dinitrobenzen	+	-	+	-
Chloranil	+	-	-	-
Benzofurazan	+	-	+	-
Diazotace	-	+	-	-
Folin-Ciocalteu činidlo	-	-	-	+
Gibbsovo činidlo	-	-	-	+

Zdroj: vlastní; využito osobní sdělení (Vladimír Pitschmann)

7.2 Analýza patentové literatury zaměřené na jednoduchou detekci dráždivých látek

7.2.1 Postup

Na internetových stránkách Úřadu pro průmyslové vlastnictví byl z databáze patentů, užitných a průmyslových vzorů vybrán soubor dokumentů, které se zabývají detekcí BCHL, průmyslových škodlivin a jiných sloučenin významných z hlediska vojenství a bezpečnosti. Jejich celkový přehled uvádí příloha 1.

Následně byla provedena analýza těchto publikací. Nejprve byly zájmové látky rozděleny do 8 kategorií: látky nervově paralytické, zpuchýřující, dusivé, všeobecně jedovaté, zneschopňující, dráždivé, průmyslové škodliviny a ostatní. Poté bylo zjišťováno, jaké kategorii látek se vybrané publikace věnují. V případě, že se nějaká publikace věnovala více než jedné kategorii látek, byl její příspěvek poměrově rozdělen mezi jednotlivé kategorie (např. 2 kategorie látek, každá počet 0,5).

7.2.2 Výsledky

Celkem bylo analyzováno 90 výsledků. Nejčastěji zastoupené byly nervově paralytické BCHL a průmyslové škodliviny, kterým bylo shodně věnováno 17 publikací. Na třetím místě se umístily dráždivé látky, na jejichž detekci bylo zaměřeno 13 prací. Na čtvrtém místě byly všeobecně jedovaté látky s 12 publikacemi a na pátém místě dusivé látky, na které se zaměřilo 11,5 patentů a užitných vzorů. Problematikou detekce ostatních látek se zabývalo celkem 10 publikací. Látky zpuchýřující se na základě tohoto hodnocení umístily na předposledním místě, jejich detekci bylo přiřazeno 7,5 publikací. Nejméně zastoupenou kategorií byly zneschopňující látky, pouze 2 publikace se zabývaly jejich detekcí.

Zpracování těchto výsledků je přehledně uvedeno v tabulce č. 6. Procentuální zastoupení publikací zabývajících se detekcí dráždivých látek ve srovnání s jinými kategoriemi látek je vyjádřen grafem č. 1.

Ohledně detekce zaměřené na dráždivé látky, bylo zjištěno, že nejvíce pozornosti bylo věnováno látce CS, která se objevuje v 6 publikacích. Následuje adamsit, jehož detekci byly věnovány 3,5 publikace. Další pořadí dráždivých látek co do počtu publikací: látka CR (2 publikace), kapsaicin (1 publikace) a konečně látka CN (0,5 publikace). K této části výsledků je třeba poznamenat, že při analýze vybraného vzorku české patentové literatury zaměřené na detekci dráždivých látek nebyla zaznamenána žádná publikace speciálně (adresně) věnovaná látce PAVA.

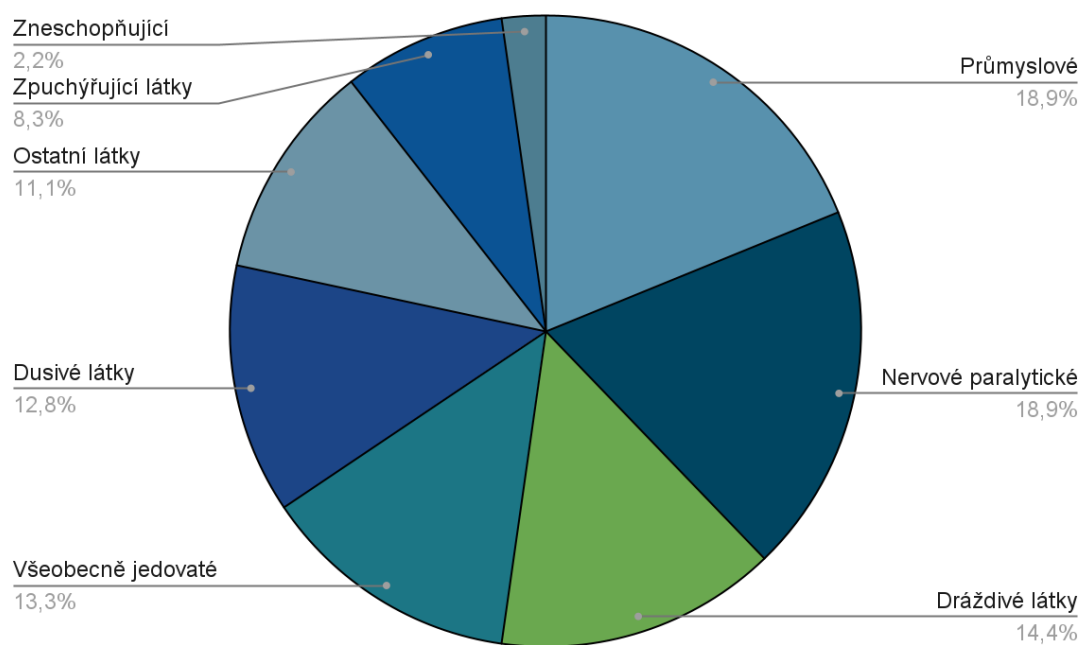
Stručný přehled získaných výsledků je zpracován v tabulce č. 7. Grafické znázornění poměru publikací zabývajících se jednotlivými druhy dráždivých látek je uvedeno na grafu č. 2.

Tabulka č. 6 – Počet publikací věnovaných detekci jednotlivých kategorií BCHL a jiných látek

Typ BCHL	Počet věnovaných publikací
Průmyslové škodliviny	17
Nervové paralytické látky	17
Dráždivé látky	13
Všeobecně jedovaté látky	12
Dusivé látky	11,5
Ostatní látky	10
Zpuchýřující látky	7,5
Zneschopňující látky	2

Zdroj: vlastní

Graf č. 1 – Poměr publikací věnovaných detekci jednotlivých kategorií BCHL a jiných látek



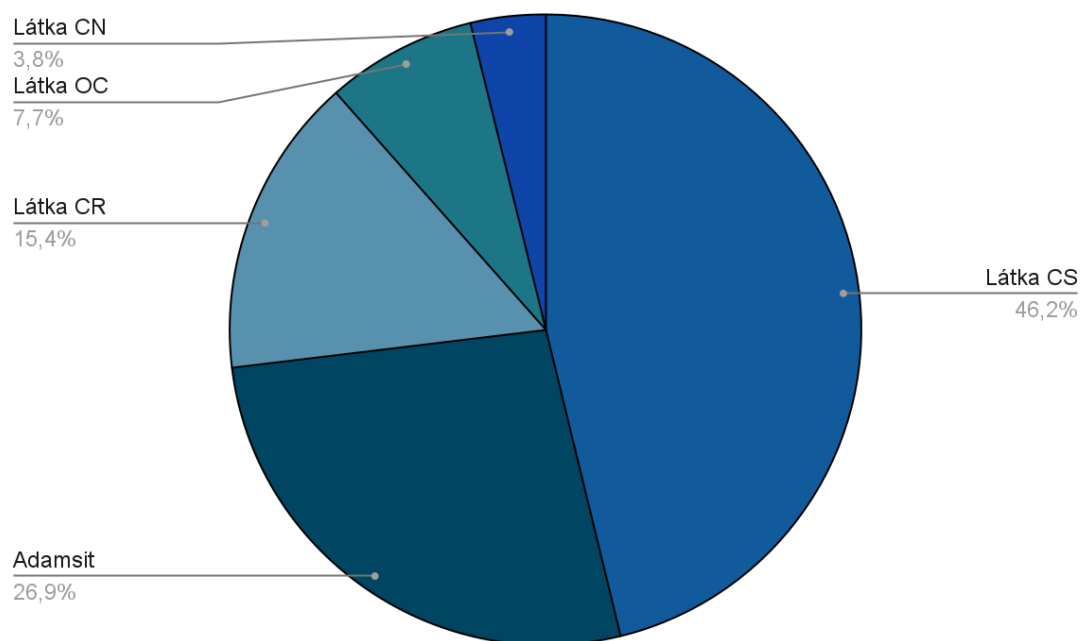
Zdroj: vlastní

Tabulka č. 7 – Počet publikací věnovaných konkrétním dráždivým látkám

Dráždivá látka	Počet věnovaných publikací
Látka CS	6
Adamsit	3,5
Látka CR	2
Látka OC	1
Látka CN	0,5

Zdroj: vlastní

Graf č. 2 – Poměr počtu publikací věnovaných jednotlivým dráždivým látkám



Zdroj: vlastní

7.2.3 Dílčí závěr

Detekci, stanovení a identifikaci dráždivých látek je věnováno poměrně velké množství vědeckých prací, ale jak bylo demonstrováno na rozboru (byť jen vybraného segmentu české patentové literatury), výzkum a vývoj v této oblasti analýzy ještě zdaleka není ukončen je potřeba provést další studie, které by se věnovaly detekci zatím opomíjených druhů dráždivých látek. Do plánů budoucích výzkumných prací v oblasti chemické analýzy je vhodné zahrnout i látku PAVA a kapsaicin, případně i jiné kapsaicinoidy, které mohou být použity jako RCA a jejichž neoprávněné a nezákonné použití může ohrozit zdraví obyvatelstva.

7.3 Experimenty s detekčními trubičkami

7.3.1 Příprava na experimentální část

7.3.1.1 Chemikálie

K práci byly použity tyto dráždivé látky: PAVA (vanilylamid kyseliny pelargonové), Sigma-Aldrich, USA; látka CS (2-chlorbenzylidenmalononitril) a látka CR (dibenzo[b,f][1,4]oxazepin), Syntchem, Slovenská republika.

Dále byly použity: Folin-Ciocalteu činidlo (Sigma-Aldrich), hydroxid sodný, hydrogenuhličitan sodný, toluen, absolutní ethanol a destilovaná voda.

7.3.1.2 Materiál a zařízení

K práci bylo použito: z polotovarů (Tejas, ČR) vlastnoručně vyrobená detekční trubička (obrázek č. 1), standardní detekční trubička na látku BZ (obrázek č. 2) a detekční trubička na dusíkatý yperit (obrázek č. 3), obě Oritest, Praha, nasávací zařízení (obrázek č. 4), MSA, Německo, otevírač trubiček a ampulí obrázek č. 5), Oriest, ČR, pipety (obrázek č. 6), laboratorní váhy a jiné běžné laboratorní pomůcky.



Obrázek č. 1 vlevo – Vlastnoručně vyrobená trubička, zdroj: vlastní



Obrázek č. 2 vpravo – Detekční trubička DT-20 na látku BZ, zdroj: vlastní



Obrázek č. 3 vlevo – Detekční trubička na dusíkatý yperit, zdroj: vlastní



Obrázek č. 4 vpravo – Nasávací zařízení MSA, zdroj: vlastní



Obrázek č. 5 vlevo – Otvírač trubiček a ampulí, zdroj: vlastní



Obrázek č. 6 vpravo – Pipeta se špičkou, zdroj: vlastní

7.3.2 Detekce PAVA Folin-Ciocalteuovým činidlem

7.3.2.1 Cíl experimentů

Hlavním cílem tohoto experimentu je ověřit, zda je možné Folin-Ciocalteuovo činidlo (směs fosfomolybdátů a fosfowolframátů), používané pro detekci fenolů, využít také pro detekci látky PAVA, orientačně přitom stanovit některé podmínky detekce, jako jsou koncentrace, množství, doba reakce a pH prostředí.

7.3.2.2 Příprava roztoků a detekčních trubiček

Bylo použito komerční Folin-Ciocalteuovo činidlo. Dále byl připraven 0,1% roztok látky PAVA (0,02g PAVA rozpuštěno v 20 ml ethanolu), 20% roztok hydrogenuhličitanu sodného (10 g rozpuštěno v 50 ml vody) a roztoky hydroxidu sodného (1%, 3% a 5%).

Pro tento experiment bylo vlastnoručně vyrobeno 10 kusů detekčních trubiček. Do prázdně skleněné trubice bylo vloženo těsnění (polyethylenová hvězdička), na kterou byla nasypána vrstva 1 cm aktivovaného silikagelu o průměru zrn 0,7-0,9 mm. Vrstva byla utěsněna další polyethylenovou hvězdičkou.

7.3.2.3 Obecný postup detekce

Před použitím detekční trubičky byla pomocí otevírače trubiček a ampulí ulomena špička, aby byl zajištěn průchod vzduchu. Na vrstvu silikagelu pipetovány připravené roztoky hydroxidu sodné nebo hydrogenuhličitanu sodného a poté zkušební roztok látky PAVA. Následně bylo pomocí nasávacího zařízení provedeno 10 zdvihů, aby bylo dosaženo odsátí přebytečného rozpouštědla a tím alespoň do určité míry simulovány podmínky odpovídající odběru vzorku aerosolu látky PAVA v ovzduší. Poté bylo přidáno činidlo.

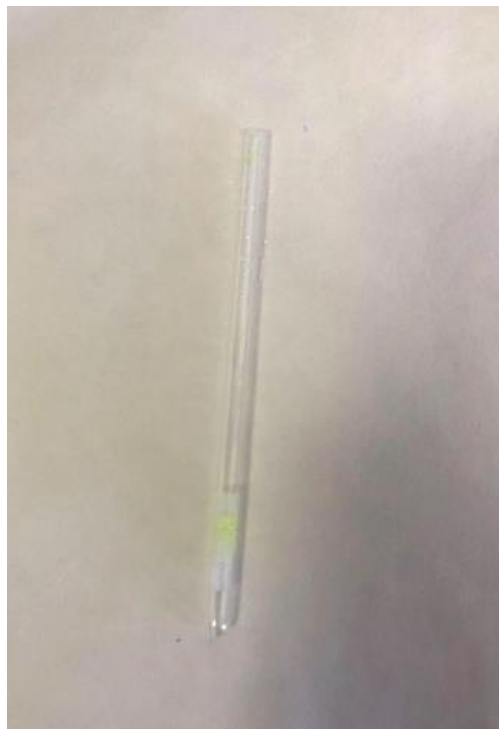
7.3.2.4 Pokus č. 1

Jako první v pořadí byl proveden tzv. slepý pokus, to jest bez detekované látky PAVA. Na nosič bylo nejprve pipetováno 30 μ l hydrogenuhličitanu sodného a poté 30 μ l Folin-Ciocateuova činidla. Výsledek byl vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 7) a po 3 minutách (obrázek č. 8) od aplikace činidla.

Z obou uvedených obrázků je zřejmé, že k žádnému vzniku reakčního produktu nedošlo, žluté zbarvení vrstvy detekční trubičky způsobil žlutý roztok analytického činidla.



Obrázek č. 7 vlevo – Zbarvení detekční trubičky slepého pokusu po 1 minutě, zdroj: vlastní

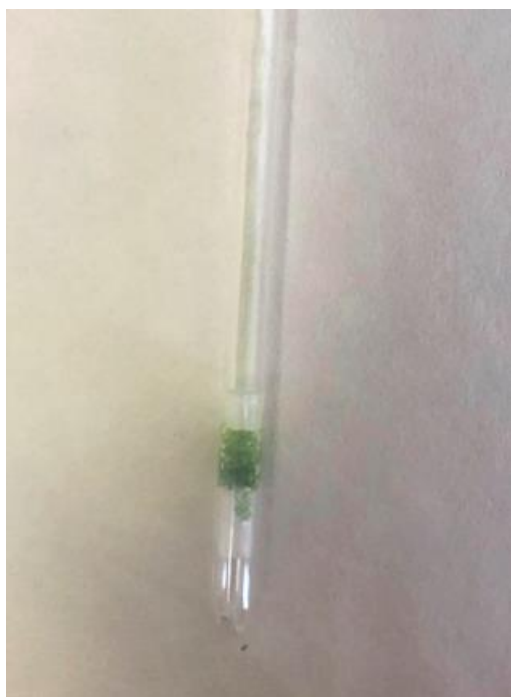


Obrázek č. 8 vpravo – Zbarvení detekční trubičky slepého pokusu po 3 minutách, zdroj: vlastní

7.3.2.5 Pokus č. 2

Na vrstvu silikagelu v detekční trubičce bylo pipetováno 30 μl roztoku hydrogenuhličitanu sodného a následně 10 μl roztoku PAVA. Po provedení 10 zdvihů nasávacím zařízením bylo přidáno 30 μl Folin-Ciocalteuova činidla. Výsledek byl vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 9) a po 3 minutách (obrázek č. 10).

Po aplikaci analytického činidla došlo prakticky k okamžitému zbarvení vrstvy silikagelu detekční trubičky do modra. Zbarvení vrstvy zaznamenané po 3 minutách se zdá být o něco intenzivnější. Je možné, že hypotéza 1 bude potvrzena.



Obrázek č. 9 vlevo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 2 po 1 minutě, zdroj: vlastní

Obrázek č. 10 vpravo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 2 po 3 minutách, zdroj: vlastní

7.3.2.6 Pokus č. 3

Třetí pokus byl proveden bez přítomnosti alkálie. K 10 μl roztoku látky PAVA bylo přidáno 30 μl Folin-Ciocalteuova činidla. Výsledek byl vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 11) a po 3 minutách (obrázek č. 12).

Z obou obrázků je zřejmé, že bez aplikace alkálie nebyla látka PAVA detekována ani po třech minutách. Tímto byla potvrzena nezbytnost přítomnosti alkálie pro průběh analytické reakce.



Obrázek č. 11 vlevo – Zbarvení detekční trubičky pokusu bez aplikace alkálie po 1 minutě, zdroj: vlastní

Obrázek č. 12 vpravo – Zbarvení detekční trubičky pokusu bez aplikace alkálie po 3 minutách, zdroj: vlastní

7.3.2.7 Pokus č. 4

Pro čtvrtý pokus byl použit 1% roztok hydroxidu sodného. Na vrstvu silikagelu bylo pipetováno 30 μ l tohoto alkalického roztoku a 10 μ l roztoku látky PAVA. Po provedení 10 zdvihů nasávacím zařízením bylo pipetováno 30 μ l Folin-Ciocalteuova činidla. Výsledek byl jako při předcházejících pokusech vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 13) a po 3 minutách (obrázek č. 14) od aplikace činidla.

Bylo zjištěno, že po aplikaci činidla došlo k průkazné detekci PAVA a intenzita zbarvení po třech minutách ještě nepatrně zesílila. Oproti pokusu s č. 2 je však barva poměrně nevýrazná, i když dávkování chemikálií zůstalo stejné.



Obrázek č. 13 vlevo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 4 po 1 minutě, zdroj: vlastní

Obrázek č. 14 vpravo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 4 po 3 minutách, zdroj: vlastní

7.3.2.8 Pokus č. 5

Pro pátý pokus byl použit 3% roztok hydroxidu sodného. Na vrstvu silikagelu bylo pipetováno 30 μ l tohoto alkalického roztoku a 10 μ l roztoku látky PAVA. Po provedení 10 zdvihů nasávacím zařízením bylo pipetováno 30 μ l Folin-Ciocalteuova činidla. Výsledek byl opět vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 15) a po 3 minutách (obrázek č. 16) od aplikace činidla.

Je patrné, že po aplikaci činidla došlo k viditelné detekci PAVA a intenzita zbarvení po třech minutách ještě nepatrně zesílila. Oproti pokusu s č. 4 je vzniklé zbarvení výraznější, takže 3% roztok hydroxidu sodného se zdá být vhodnější pro detekci látky PAVA.



Obrázek č. 15 vlevo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 5 po 1 minutě, zdroj: vlastní

Obrázek č. 16 vpravo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 5 po 3 minutách, zdroj: vlastní

7.3.2.9 Pokus č. 6

Pro šestý pokus byl použit 5% roztok hydroxidu sodného. Na vrstvu silikagelu bylo pipetováno 30 μl tohoto alkalického roztoku a 10 μl roztoku látky PAVA. Po 10 dvizích nasávacím zařízením bylo pipetováno 30 μl Folin-Ciocalteuova činidla a výsledek byl vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 17) a po 3 minutách (obrázek č. 18) od aplikace činidla.

Po aplikaci činidla došlo k viditelné detekci PAVA a intenzita zbarvení po třech minutách se ještě nepatrně zesílila. Oproti pokusu s č. 5 je však zbarvení méně výrazné. **Tyto výsledky naznačují, že 3% roztok hydroxidu sodného stále zůstává vhodnější volbou pro použití jako alkálie pro detekci látky PAVA.**



Obrázek č. 17 vlevo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 6 po 1 minutě, zdroj: vlastní

Obrázek č. 18 vpravo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 6 po 3 minutách, zdroj: vlastní

7.3.2.10 Pokus č. 7

Vzhledem k neočekávaným výsledkům bylo opět použito dávkování i koncentrace z pokusu č. 6. (tedy 5% roztok hydroxidu sodného) a celý postup byl opakován. Výsledek byl opět vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 19) a po 3 minutách (obrázek č. 20) od aplikace činidla.

Při pokusu č. 7 bylo dosaženo ještě méně intenzivního zbarvení než při pokus č. 6. Potvrdilo se, že 3% roztok hydroxidu sodného se stále zdá být vhodnější alkálií pro detekci látky PAVA než roztok 5%.



Obrázek č. 19 vlevo – Porovnání výsledků pokusu č. 6 a pokusu č. 7, zdroj: vlastní

Obrázek č. 20 vpravo – Srovnání intenzity zbarvení detekčních trubiček v závislosti na alkalickém prostředí (pokus č. 1-7), zleva doprava, zdroj: vlastní

7.3.2.11 Pokus č. 8

Pro tento pokus byl použit 3% roztok hydroxidu sodného. Na vrstvu silikagelu bylo pipetováno 30 μl tohoto alkalického roztoku a 5 μl roztoku látky PAVA (2x snížený objem). Po 10 zdvích nasávacím zařízením bylo pipetováno 30 μl Folin-Ciocalteuova činidla a výsledek byl opět vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 21) a po 3 minutách (obrázek č. 22) od aplikace činidla.

Po přidání činidla byla ihned viditelná reakce, i když zbarvení nebylo tak intenzivní jako v pokusu č. 5. Lze tedy konstatovat, že množství detekované látky bude mít vliv na intenzitu zbarvení. Tím bude umožněno orientačně určit i koncentraci látky PAVA v ovzduší.



Obrázek č. 21 vlevo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 8 po 1 minutě, zdroj: vlastní

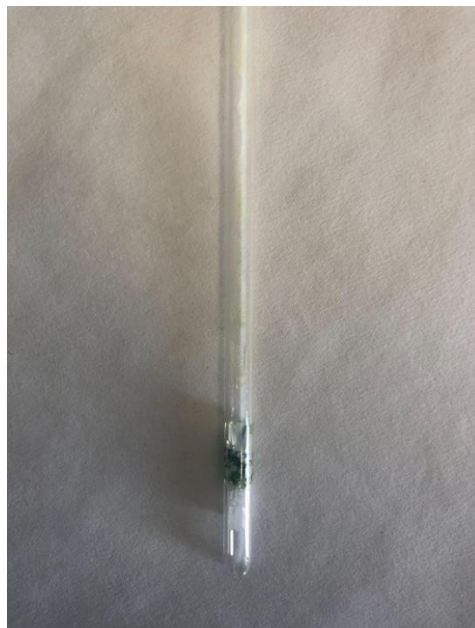
Obrázek č. 22 vpravo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 8 po 3 minutách, zdroj: vlastní

7.3.2.12 Pokus č. 9

V pokusu č. 9 byl ještě jednou ověřen vliv množství detekované látky PAVA na intenzitu zbarvení indikační vrstvy detekční trubičky. K tomuto účelu bylo aplikováno 30 μ l 0,1% roztoku PAVA. Jinak byl postupný shodný s pokusem č. 8. Výsledek byl vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 23) a po 3 minutách (obrázek č. 24).

Z výsledků pokusů č. 5, č. 8 a č. 9 bylo možné porovnat závislost množství detekované látky na intenzitě zbarvení trubičky. Pokus č. 9 (30 μ l roztoku PAVA) měl nejintenzivnější reakci, méně intenzivní zbarvení vznikalo při pokusu č. 5 (10 μ l roztoku PAVA) a nejslabší zbarvení bylo pozorováno u pokusu č. 8 (5 μ l roztoku PAVA). **Tím byla přímá závislost intenzity zbarvení na množství (objemu) látky PAVA potvrzena.**

Rovněž bylo zjištěno, že zbarvení vrstvy trubičky je po třech minutách o něco intenzivnější. **Je tedy patrné, že existuje přímá závislost intenzity zbarvení na délce působení detekované látky (reakčním čase).** Hlavním cílem experimentu však bylo ověřit, zda je možné použít Folin-Ciocalteuovo činidlo při detekci látky PAVA, takže této závislosti již nebylo věnováno více pozornosti.



Obrázek č. 23 vlevo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 9 po 1 minutě, zdroj: vlastní

Obrázek č. 24 vpravo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 9 po 3 minutách, zdroj: vlastní

7.3.2.13 Pokus č. 10

V desátém pokusu bylo experimentováno s objemem a koncentrací látky PAVA. Na vrstvu silikagelu bylo pipetováno 30 μl 3% roztoku hydroxidu sodného a 10 μl 0,025% roztoku látky PAVA. Po 10 zdvích nasávacím zařízením bylo pipetováno 30 μl Folin-Ciocalteuova činidla a výsledek byl vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 25) a po 3 minutách (obrázek č. 26) od aplikace činidla.

Ačkoli došlo ke snížení koncentrace a aplikovaného množství detekované látky PAVA, reakce byla viditelná okamžitě. Oproti 0,1% roztoku je však vzniklé zbarvení méně intenzivní. Tento výsledek tedy jasně ukazuje na závislost mezi koncentrací roztoku (množstvím) detekované látky a silou analytického signálu.



Obrázek č. 25 vlevo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 10 po 1 minutě, zdroj: vlastní

Obrázek č. 26 vpravo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 10 po 3 minutách, zdroj: vlastní

7.3.2.14 Pokus č. 11

V tomto pokusu bylo pozměněno aplikované množství 0,025% roztoku látky PAVA, pipetováno bylo pouze 5 μl . Výsledek pokusu byl vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 27).

Snížením množství detekované látky na 5 μl došlo pouze k nepatrnému zbarvení vrstvy silikagelu. Tím byl znovu potvrzen předpoklad (a očekávání), že intenzita zbarvení při reakci PAVY s Folin-Ciocalteuovým činidlem závisí na množství (objemu) detekované látky. **Vzniklé zbarvení je blízké limitu detekce, což odpovídá 1,25 μg PAVA.**

Pro úplnost jsou na obrázku č. 28 seřazeny výsledky všech experimentů provedených s Folin-Ciocalteuovým činidlem.



Obrázek č. 27 vlevo – Zbarvení detekční trubičky pokusu č. 11 po 1 minutě, zdroj: vlastní

Obrázek č. 28 vpravo – Porovnání intenzity zbarvení trubičky pokusů 1 až 11, zleva doprava, zdroj: vlastní

7.3.2.15 Dílčí závěry a shrnutí

Výsledky experimentu naznačují, že Folin-Ciocalteuovo činidlo je vhodné pro detekci látky PAVA. První část pokusů byla věnována testům na závislost detekce v různém alkalickém prostředí. V druhé části pokusů byl zkoumán vztah mezi množstvím a koncentrací látky PAVA a intenzitou vzniklého zabavení v důsledku analytické reakce.

Jako pokus č. 1 byl proveden test bez látky PAVA, aby byl vidět případný rozdíl ve zbarvení detekční trubičky v případě, že je testovaná látka aplikována. Tento předpoklad byl potvrzen už po dokončení pokusu č. 2, kdy prakticky okamžitě došlo k viditelné reakci.

Pokusy č. 2 až č. 7 se zabývaly závislostí intenzity zbarvení na alkalitě (pH) prostředí. Pro stanovení této závislosti byly použity: 20% roztok hydrogenuhličitanu sodného, 1% roztok hydroxidu sodného, 3% roztok hydroxidu sodného a 5% roztok hydroxidu sodného. Největší intenzity zbarvení a největší spolehlivosti detekce bylo dosaženo při použití 3% roztoku hydroxidu sodného.

V následujících experimentech č. 8 a č. 9 byl sledován vliv objemu detekované látky na intenzitu zbarvení indikační vrstvy detekční trubičky. Pro srovnání byl také proveden experiment č. 5, u něhož se alkalické prostředí ani koncentrace látky PAVA nelišily. Výsledky těchto tří pokusů ukazují, že mezi objemem detekované látky a intenzitou vzniklé zbarvení existuje přímá souvislost.

Jako poslední byl v pokusech č. 10 a č. 11 zjišťován vliv koncentrace roztoku detekované látky PAVA na intenzitu zbarvení, tedy sílu analytického signálu. Tato závislost byla prokázána a zároveň byl odhadnut i limit detekce navrženým a prověřovaným způsobem – je to asi 1,25 µg látky PAVA.

I když se zbarvení objevovalo prakticky okamžitě u všech pokusů, přesto bylo pozorováno silnější zbarvení po 3 minutách. Doba reakce má tedy na výsledek detekce pozitivní vliv. Tato závislost na čase by však měla být ještě podrobněji studována.

Při ověřování možnosti použití Folin-Ciocalteuova činidla k detekci látky PAVA bylo zjištěno, že vlivem různých parametrů, jako jsou druh a koncentrace

alkalického činidla, množství a koncentrace látky PAVA, může být ovlivněn výsledek detekce. Proto je potřeba složení jednotlivých prvků analytického systému i postup práce s detekční trubičkou optimalizovat.

Celkově lze tedy konstatovat, že Folin-Ciocalteuovo činidlo se ukázalo jako vhodné pro rozpracování jednoduché metody detekce látky PAVA a může být použito pro její analýzu v různých vzorcích a prostředích.

Hypotéza 1 byla potvrzena.

7.3.3 Detekce PAVA detekční trubičkou na látku BZ

7.3.3.1 Cíle experimentu

Hlavním cílem tohoto experimentu je ověřit, zda standardní detekční trubička používaná ke zjišťování psychoaktivní látky BZ (obsahující jako detekční roztok Marquisovo činidlo) může být použita také jako selektivní detektor dráždivé látky PAVA.

7.3.3.2 Příprava zkušebních roztoků a výběr detekčních trubiček

Příprava zkušebních roztoků a chemikálií:

1. 0,175% roztok PAVA - 0,035g PAVA bylo rozpuštěno v 20ml ethanolu
2. 0,1% roztok CS: Do 100 ml ethanolu bylo přidáno 0,1 g látky CS
3. 0,1% roztok CR: Do 100 ml ethanolu bylo přidáno 0,1 g látky CR
4. Toluén

Pro práci bylo použito 12 detekčních trubiček DT-20 vyrobených společností Oritest.

7.3.3.3 Obecný postup detekce

Před každým pokusem byla ulomena špička detekční trubičky pomocí otevírače trubiček a ampulí. Na nosič detekční trubičky byl aplikován přesně odměřený objem roztoku látky PAVA a dalších zkušebních roztoků. Následně bylo pomocí nasávacího zařízení provedeno 10 zdvihů, aby bylo dosaženo odsátí přebytečného rozpouštědla a tím alespoň do určité míry simulovány podmínky odpovídající odběru vzorku analytů v ovzduší. Nakonec byla rozdrcena ampule v detekční trubičce a její obsah setřepán na indikační vrstvu. Experimenty probíhaly při 50% vlhkosti vzduchu a teplotě 25°C.

7.3.3.4 Pokus č. 1

Jako první byl proveden tzv. slepý pokus bez detekované látky. Pomocí otevírače trubiček a ampulí byl ulomeny špičky trubičky a rozbita ampule s Marquisovým činidlem. Výsledek byl vyhodnocen po 1 minutě (obrázek č. 29) od aplikace činidla.

Po rozbití ampule se trubička zbarvila do odstínu detekčního roztoku. K žádným rušivým vlivům, které by snad mohly ovlivnit průběh reakce, tudíž nedošlo. Pro jistotu byl výsledek ještě porovnán s nepoužitou trubičkou DT-20 (obrázek č. 30).



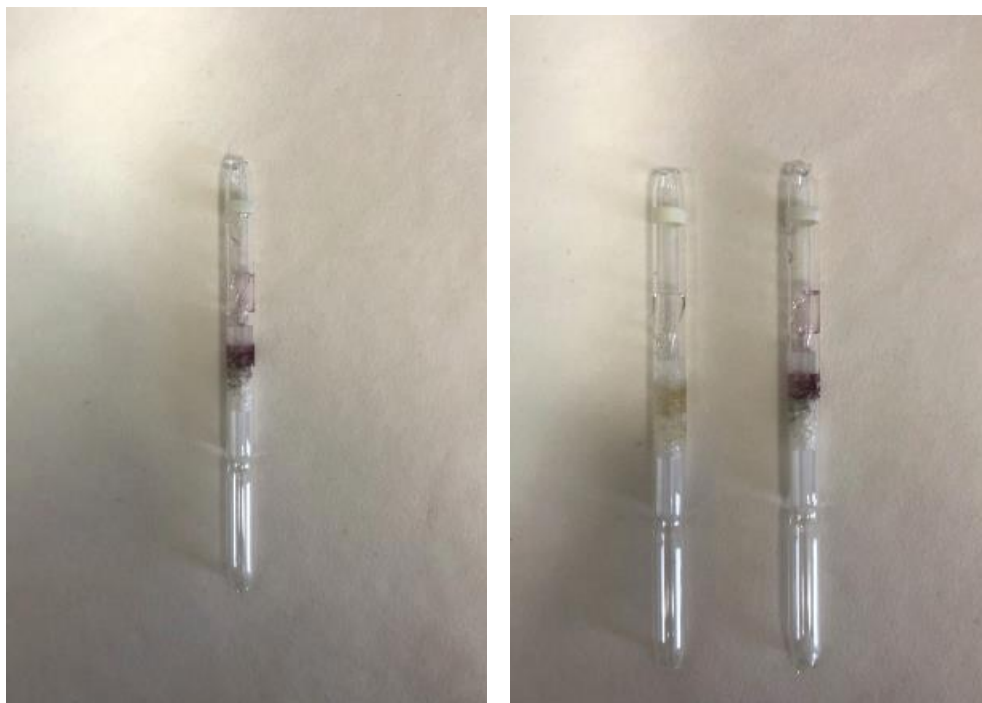
Obrázek č. 29 vlevo – Trubička po rozbití ampule, zdroj: vlastní

Obrázek č. 30 vpravo – Srovnání trubičky DT-20 před použitím a po použití, zdroj: vlastní

7.3.3.5 Pokus č. 2

Po otevření trubičky bylo na nosič aplikováno 10 μ l roztoku látky PAVA a po provedení 10 zdvihů nasávacím zařízením byla rozbita ampulka s činidlem. Výsledek je zobrazen na obrázku č. 31.

Okamžitě po rozdrčení ampule se indikační vrstva zbarvila do fialova. Rozdíl mezi slepým pokusem a tímto pokusem je jasně patrný z obrázku č. 32. Je tedy možné, že hypotéza bude potvrzena.



Obrázek č. 31 vlevo – Zbarvení trubičky po aplikaci 10 μ l 0,175% roztoku PAVA, zdroj: vlastní

Obrázek č. 32 vpravo – Srovnání zbarvení trubičky před použitím a po něm, zdroj: vlastní

7.3.3.6 Pokus č. 3

Při tomto pokusu bylo navýšeno množství (objem) detekované látky. Po otevření trubičky bylo na nosič pipetováno 20 μl roztoku látky PAVA a po provedení předepsaného množství zdvihů nasávacím zařízením byla rozbila ampule s detekčním činidlem

Po rozbití ampulky bylo opět vidět okamžité zbarvení indikační vrstvy do fialova (obrázek č. 33). Toto zbarvení však oproti předchozímu pokusu není tak intenzivní, přestože detekované látky bylo použito dvojnásobné množství (obrázek č. 34). Pokus byl proto opakován.



Obrázek č. 33 vlevo – Zbarvení trubičky po aplikaci 20 μl látky 0,175% roztok PAVA, zdroj: vlastní

Obrázek č. 34 vpravo – Srovnání intenzity zbarvení detekčních trubiček DT-20 pokusů 1 až 3, zdroj: vlastní

7.3.3.7 Pokus č. 4

V rámci č. 4 byly pečlivě zopakovány všechny kroky z pokusu č. 3.

Po rozbití ampulky byla opět patrná barevná analytická reakce (obrázek č. 35).

Stejně jako v předchozím pokusu však nebylo zbarvení tak intenzivní jako po použití polovičního objemu detekované látky PAVA (obrázek č. 36).



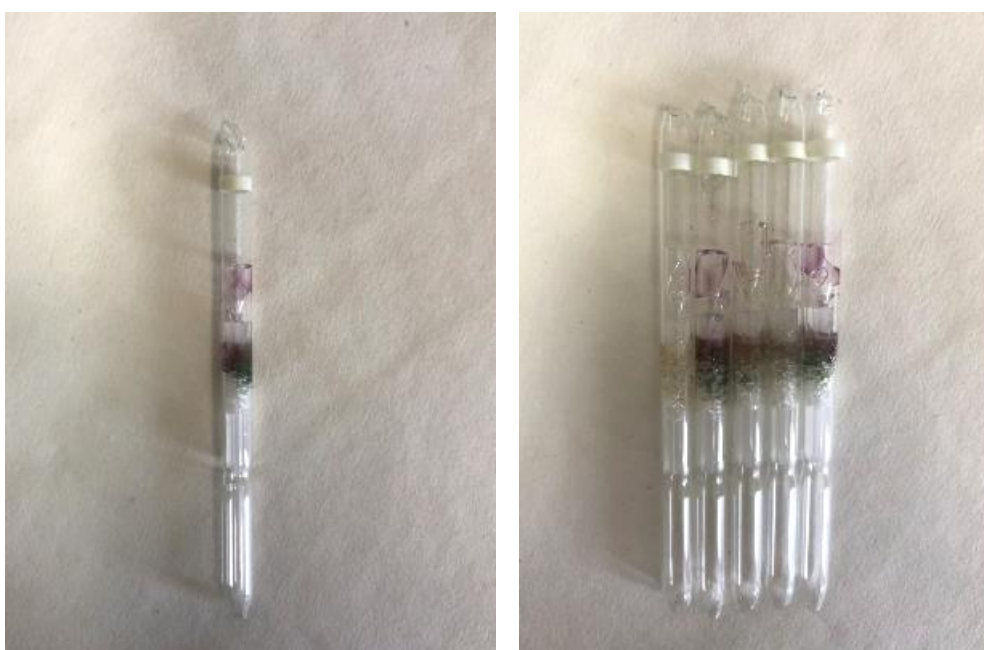
Obrázek č. 35 vlevo – Trubička s 20 μ l látky 0,175% roztok PAVA, zdroj: vlastní

Obrázek č. 36 vpravo – Srovnání intenzity zbarvení detekčních trubiček DT-20 pokusů 1 až 4, zdroj: vlastní

7.3.3.8 Pokus č. 5

Pro pokus č. 5 byly opět zopakovány kroky z pokusu č. 3 a č. 4, avšak s tím rozdílem, že počet zdvihů nasávacím zařízením byl z 10 zvýšen na 20.

Během pokusu došlo prakticky k okamžité reakci (obrázek č. 37). Podle očekávání však bylo pozorováno intenzivnější zbarvení nosiče detekční trubičky, než tomu bylo v předcházejících dvou pokusech (obrázek č. 38).



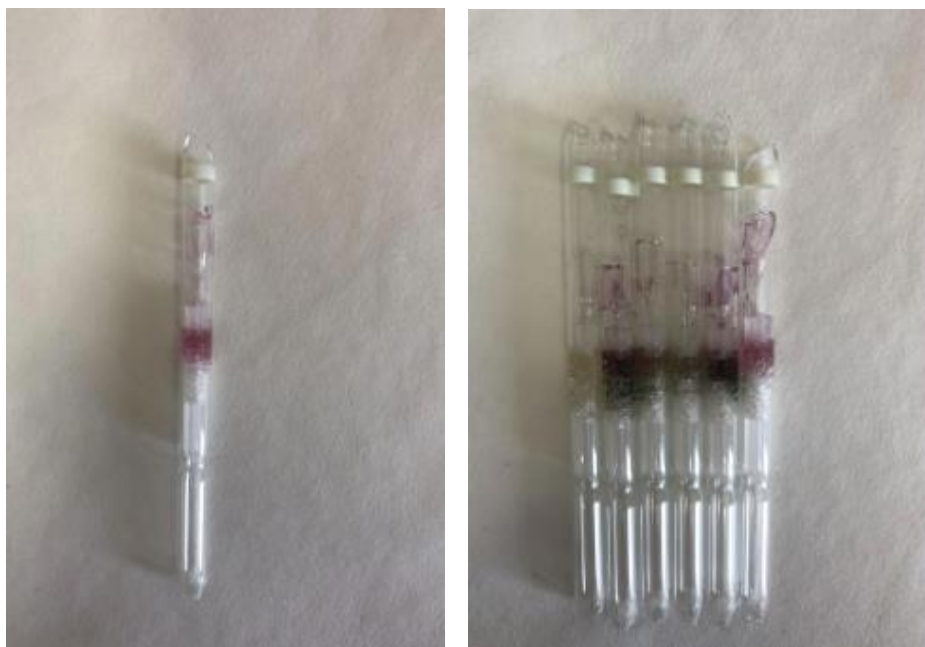
Obrázek č. 37 vlevo – Trubička po rozbití ampule s činidlem, zdroj: vlastní

Obrázek č. 38 vpravo – Srovnání intenzity zbarvení detekčních trubiček DT-20 pokusů 1 až 5, zdroj: vlastní

7.3.3.9 Pokus č. 6

Při provedení pokusu č. 6 byl opět navýšen objem roztoku detekované látky PAVA, nyní na 30 μ l, a po provedení 20 zdvihů nasávacím zařízením byla rozbita ampule s Marquisovým činidlem.

Po přidání činidla prakticky okamžitě došlo k barevné reakci (obrázek č. 39). Na indikační vrstvě se objevilo růžovo-fialové zbarvení. Na rozdíl od předchozích pokusů, kde mělo zbarvení odstíny tmavě nebo světle fialové, tento výsledek poskytoval spíše růžové zbarvení (obrázek č. 40).



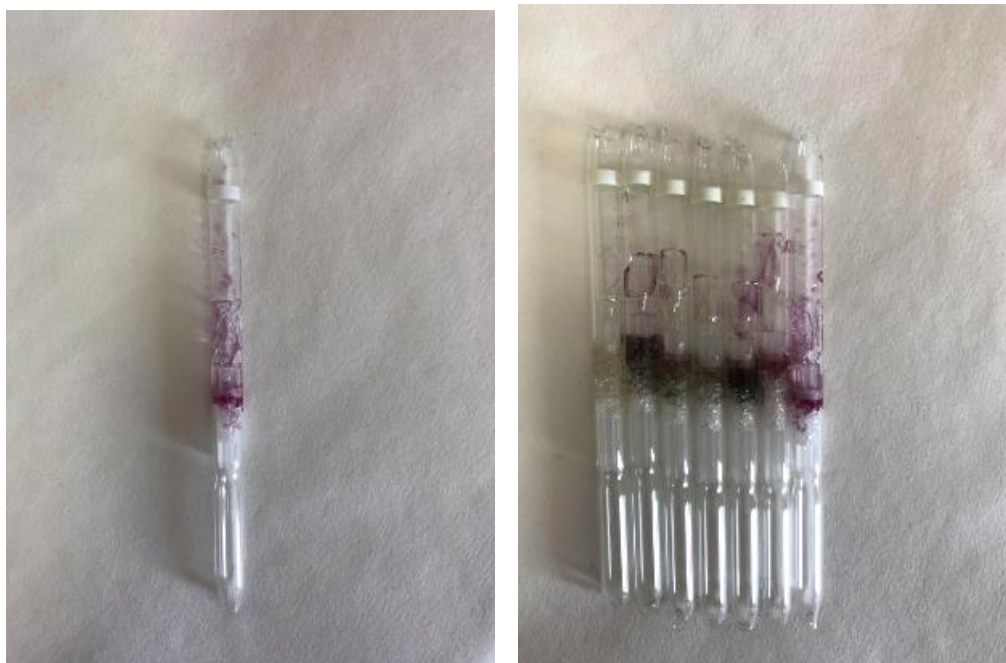
Obrázek č. 39 *vlevo* – Trubička po rozbití ampule s činidlem, zdroj: vlastní

Obrázek č. 40 *vpravo* – Srovnání intenzity zbarvení detekčních trubiček DT-20 pokusů 1 až 6, zdroj: vlastní

7.3.3.10 Pokus č. 7

V pokusu č. 7 byla k vyhodnocení použita starší detekční trubička DT-20 přibližně 5 až 10 let po expirační době. Na nosič bylo pipetováno 10 μ l roztoku látky PAVA, další postup se od obecného postupu nijak nelišil.

Po rozbití ampulky se opět prakticky okamžitě objevilo zbarvení do růžovo-fialova (obrázek č. 41). Zbarvení je poměrně intenzivní i ve srovnání s ostatními pokusy, kde bylo použito dvojnásobné množství detekované látky (obrázek č. 42). Zbarvení je však evidentně rozšířeno po celé délce detekční trubičky.



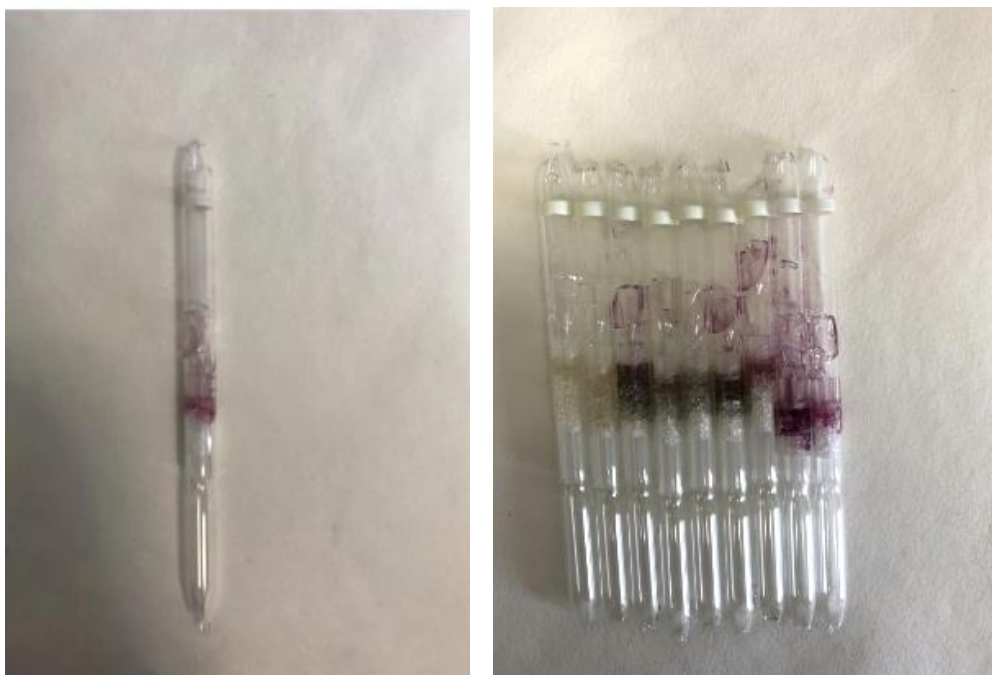
Obrázek č. 41 vlevo – Zbarvení starší DT-20 po rozbití ampule s činidlem, zdroj: vlastní

Obrázek č. 42 vpravo – Porovnání intenzity zbarvení detekčních trubiček DT-20 pokusů 1 až 7, zdroj: vlastní

7.3.3.11 Pokus č. 8

V pokusu č. 8 byla opět otestována starší detekční trubička s prošlou expirační dobou. Objem roztoku látky PAVA však byl navýšen na 30 μ l, aby bylo možné ověřit si předpoklad, potvrzený už v předešlých měřeních, že intenzita zbarvení není přímo úměrná množství zkušební látky. Proces probíhal identickým způsobem jako předešlé pokusy.

Po rozdrcení ampulky se prakticky okamžitě objevilo růžovo-fialové zbarvení (obrázek č. 43). Zbarvení však bylo méně intenzivní než u předešlého měření, kde bylo aplikováno jen 10 μ l (obrázek č. 44).



Obrázek č. 43 vlevo – Trubička po rozbití ampule s činidlem, zdroj: vlastní

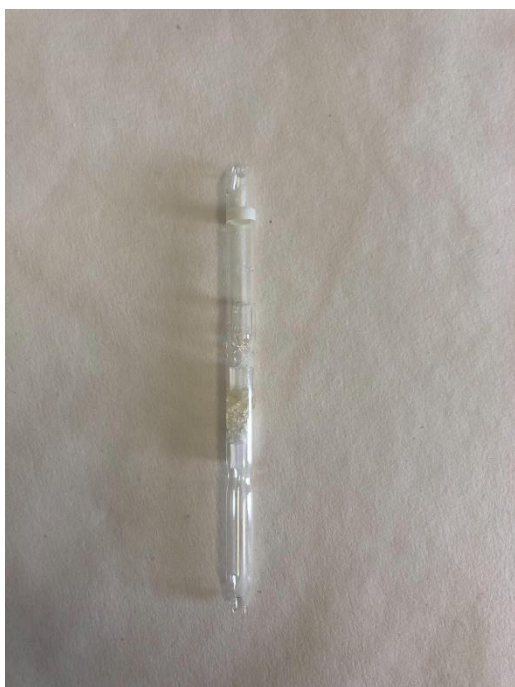
Obrázek č. 44 vpravo – Porovnání intenzity zbarvení detekčních trubiček DT-20 pokusů 1 až 8, zdroj: vlastní

7.3.3.12 Pokus č. 9

S cílem ověřit selektivitu detekční trubičky DT-20 s Marquisovým vzhledem k látce PAVA, byla ověřena její odezva na další dráždivé látky CS a CR, a rovněž na páry toluenu, u něhož je tato odezva dobře známá.

Jako první byl proveden pokus s 30 μ l 0,1% roztoku látky CS. Byl přitom dodržen obecný pracovní postup.

Po rozdrcení ampule nebylo pozorováno žádné zřetelné zbarvení (obrázek č. 45). Je tedy patrné, že detekční trubička DT-20 s látkou CS zkoušené koncentrace nereaguje.



Obrázek č. 45 - Trubička po aplikaci roztoku látky CS po rozbití ampule s činidlem, zdroj: vlastní

7.3.3.13 Pokus č. 10

K dalšímu pokusu na ověření selektivity detekce látky PAVA bylo použito 30 μ l 0,1% roztoku látky CR. Obecný pracovní postup byl dodržen.

Po rozdrcení ampule bylo pozorováno pouze nevýrazné zbarvení (obrázek č. 46), ale ve srovnání s látkou CS se zdá, že detekce látky CR je možná (obrázek č. 47). Barevný odstín je však dostatečně odlišný od zbarvení, které poskytuje látka PAVA.



Obrázek č. 46 vlevo – Trubička po aplikaci látky CR a po rozbití ampule s činidlem, zdroj: vlastní

Obrázek č. 47 vpravo – Porovnání intenzity zbarvení detekčních trubiček DT-20 látkami CS a CR, zdroj: vlastní

7.3.3.14 Pokus č. 11

Pro potvrzení poznatků z pokusu č. 9 byl ještě proveden pokus s pevnou látkou CS. Po otevření trubičky byl na nosič vložen krystal látky CS a rozdrčena ampule s detekčním činidlem.

Výsledek dokumentují obrázek č. 48 a č. 49. Je zřejmé, že detekce není dostatečně průkazná.



Obrázek č. 48 vlevo – Trubička po aplikaci krystalické látky CS po rozbití ampule s činidlem, zdroj: vlastní

Obrázek č. 49 vpravo – Porovnání intenzity zbarvení po aplikaci aerosolu látek CS a CR a krystalické látky CS, zdroj: vlastní

7.3.3.15 Pokus č. 12

Nejprve byla rozdrčena ampule a potom byly do detekční trubičky pomocí nasávacího zařízení přímo z otevřené láhve zavedeny páry toluenu (2 zdvihy).

U tohoto pokusu došlo podle očekávání k nejintenzivnější barevné reakci. Indikační vrstva vlivem toluenu nabyla tmavého oranžovo-hnědého zbarvení (obrázek č. 50).

Protože žádný pokusů s látkami CS, CR a toluenem neprokázal barevnou (fialovou) reakci pozorovanou u látky PAVA, lze říci, že metoda může být pro látku PAVA poměrně selektivní.



Obrázek č. 50 vlevo – Trubička po vystavení nasyceným párám toluenu a po rozbití ampule s činidlem, zdroj: vlastní

Obrázek č. 51 vpravo – Porovnání intenzity zbarvení po aplikaci roztoků látek CS a CR, krystalické látky CS a par toluenu, zdroj: vlastní

7.3.3.16 Dílčí závěry a shrnutí

Na základě dosažených experimentálních výsledků lze usoudit, že použití detekční trubičky DT-20 určené pro detekci psychoaktivní látky BZ jako selektivního detektoru pro dráždivou látku PAVA je možné.

V první části experimentu, v níž byly zkoumány reakce mezi látkou PAVA a detekčním činidlem (Marquisovo činidlo), byl prokázán vznik výrazného fialového zbarvení. Dále bylo zjištěno, že intenzita toho zbarvení není závislá na aplikovaném množství (objemu) detekované látky, tak jak tomu bylo u Folin-Ciocalteuova činidla.

Ve druhé části experimentu byly zkoumány reakce s jinými látkami s benzenovým jádrem, konkrétně látky CS, CR a toluen. K určité barevné odezvě sice docházelo (u toluenu dokonce velice výrazně), ale ani v jediném případě nebyla pozorována shoda nebo podobnost se zbarvením poskytujícím látkou PAVA. Z toho vyplývá, že použití detekční trubičky určené pro detekci BZ je také poměrně selektivní a spolehlivá pro detekci látky PAVA. Nicméně je jasné, že pro získání podrobnějších informací je nutné analyzovat větší množství potenciálních látek.

Získané výsledky jsou v souladu s hypotézou, že detekční trubička používaná na psychoaktivní látku BZ může být použita jako selektivní detektor pro dráždivou látku PAVA – **Hypotéza 2 byla potvrzena.**

7.3.4 Detekce PAVA detekční trubičkou na dusíkatý yperit

7.3.4.1 Cíle experimentu

Hlavním cílem tohoto experimentu je ověřit, zda detekční trubička používaná ke zjišťování dusíkatého yperitu může být použita také k průkazu dráždivé látky PAVA.

7.3.4.2 Příprava roztoků a výběr detekčních trubiček

Pro práci byl použit 0,175% roztok PAVA v ethanolu: 0,035g PAVA bylo rozpuštěno v 20ml absolutního ethanolu.

Pro tento experiment byly použity 4 trubičky DT-16 od společnosti Oritest.

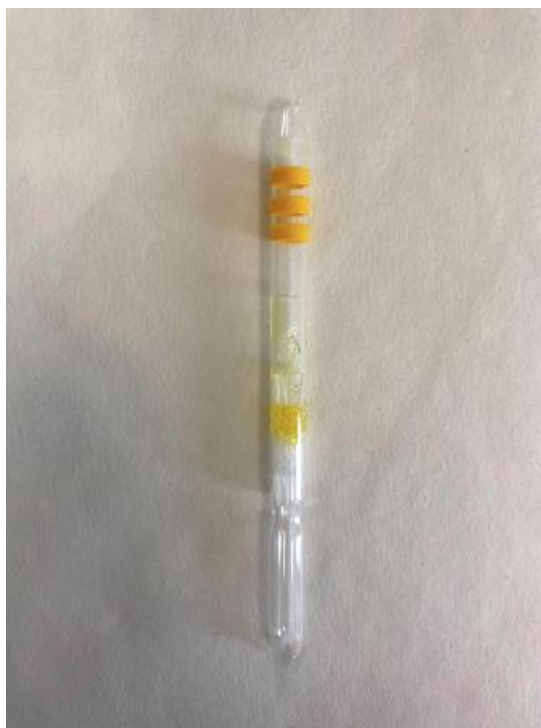
7.3.4.3 Obecný postup detekce

Na začátku každého pokusu byla ulomena špička detekční trubičky pomocí otevírače trubiček a ampulí. Následně byl na nosič pipetován přesný objem zkušební roztoku látky PAVA a pomocí nasávacího zařízení bylo odsáto přebytečné rozpouštědlo (z důvodu simulace odběru aerosolu látky PAVA). Tímto způsobem byla simulována forma aerosolu. Po provedení 10 zdvihů byla rozbita ampulka s detekčním Dragendorffovým činidlem. Jednotlivé kroky byly vždy provedeny ve stejném pořadí. Experimenty probíhaly při 50% vlhkosti vzduchu a teplotě 25°C.

3.3.4.4 Pokus č. 1

Jako první byl opět proveden slepý pokus, to znamená bez zkušební látky.

Indikační vrstva detekční trubičky se prakticky okamžitě zbarvila žlutým detekčním činidlem (obrázek č. 52). Nebyla tedy prokázána přítomnost analytu ani žádné rušivé látky.



Obrázek č. 52 – Zbarvení detekční trubičky při slepém pokusu, zdroj: vlastní

3.3.4.5 Pokus č. 2

Po otevření detekční trubičky bylo na nosič pipetováno 10 μ l roztoku látky PAVA a po provedení 10 zdvihů byla rozbita detekční ampulka s Dargendorffovým činidlem.

Indikační vrstva detekční trubičky se opět zbarvila do žluta (obrázek č. 53). Přítomnost zkušební látky pravděpodobně nebyla zachycena, jelikož intenzita zbarvení se příliš neliší od slepého pokusu (obrázek č. 54).



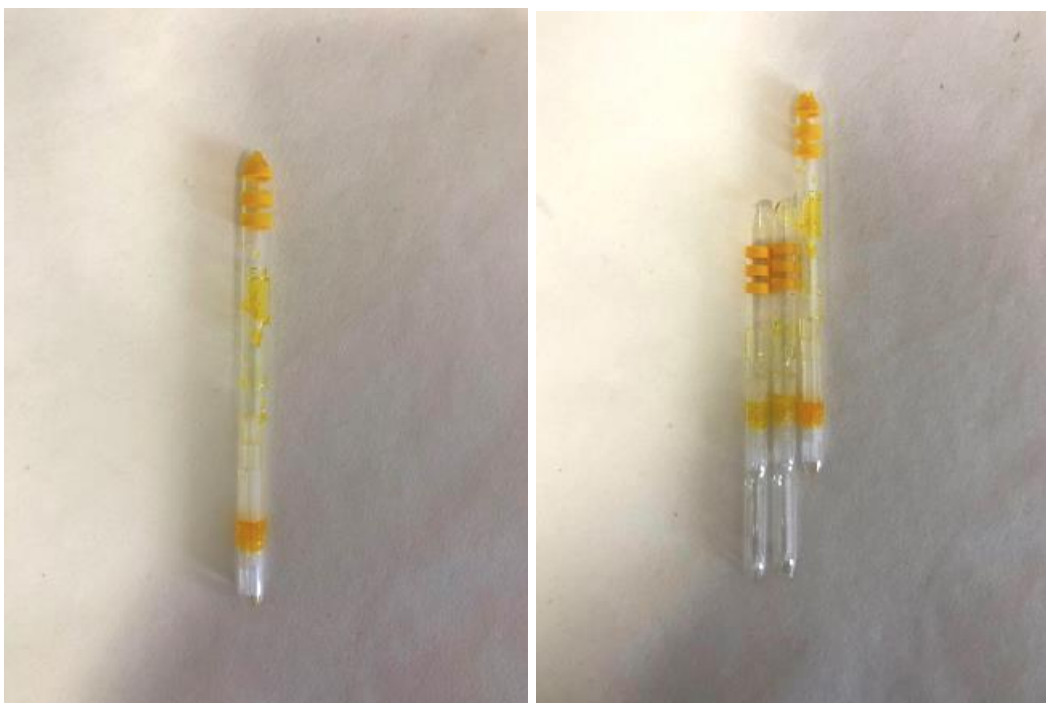
Obrázek č. 53 vlevo – Trubička DT-16 po aplikaci 10 μ l látky PAVA, zdroj: vlastní

Obrázek č. 54 vpravo – Porovnání barevné reakce slepého pokusu a po přidání 10 μ l látky PAVA, zdroj: vlastní

3.3.4.6 Pokus č. 3

Pro tento pokus byla použita novější trubička DT-16, která má podle výrobce upravenou recepturu ke zvýšení citlivosti a selektivity detekce dusíkatého yperitu. Postup byl stejný jako u pokusu č. 2 (10 μ l roztoku látky PAVA).

Po přidání rozdrčení ampule prakticky okamžitě došlo k pozitivní odezvě, protože indikační vrstva byla zbarvena (na rozdíl od pokusu č. 2) oranžově (obrázky č. 55 a č. 56).



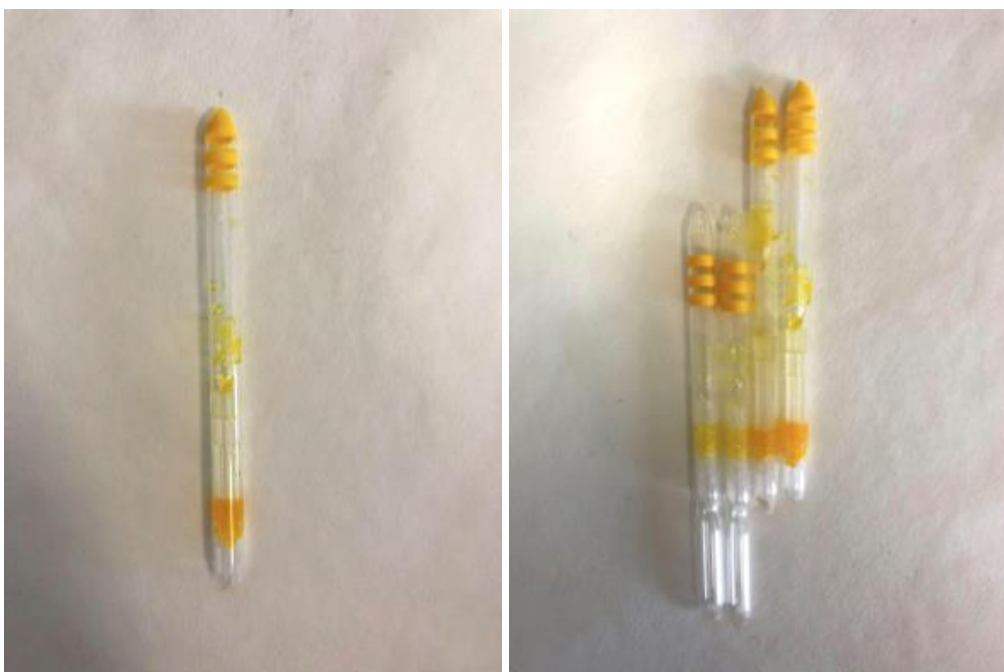
Obrázek č. 55 vlevo – Zbarvení trubičky na dusíkatý yperit po aplikaci 10 μ l PAVA, zdroj: vlastní

Obrázek č. 56 vpravo – Porovnání zbarvení detekčních trubiček PT-16 u pokusů 1 až 3, zdroj: vlastní

3.3.4.7 Pokus č. 4

Pro tento pokus byla použita opět novější detekční trubička DT-16. Dávkování zkušební roztoku látky PAVA bylo však navýšeno na 30 μ l. Jednotlivé základní kroky byly provedeny stejně jako u předchozích pokusů.

Po rozdrčení ampule došlo k okamžité reakci. Na indikační vrstvě detekční trubičky se objevilo oranžové zbarvení, podobně jako u předchozího pokusu (obrázek č. 57). Intenzita zbarvení se však oproti pokusu č. 3 nezměnila, přestože bylo aplikováno trojnásobné množství zkušební látky PAVA (obrázek č. 58).



Obrázek č. 57 vlevo – Zbarvení trubičky na dusíkatý yperit po přidání 30 μ l PAVA, zdroj: vlastní

Obrázek č. 58 vpravo – Porovnání zbarvení detekčních trubiček PT-16 u pokusů 1 až 4, zdroj: vlastní

7.3.4.8 Dílčí závěr

Na základě provedeného experimentu lze konstatovat, že standardní detekční trubička DT-16 s Dragendorffým činidem, určená ke zjišťování dusíkatých yperitů, může být úspěšně použita také pro detekci látky PAVA. Dosažené výsledky však vyžadují zvláštní komentář.

K práci byly použity dva vývojové typy detekčních trubiček. Starším typem nebyla látka PAVA detekována, zatímco u novějších trubiček se změněným složením (pro citlivější a selektivnější detekci látek typu dusíkatých yperitů) byla detekována úspěšně. Intenzita detekce sice nebyla příliš výrazná ani s novějším typem detekčních trubiček, ale je potřeba si uvědomit, že zkušební roztok obsahoval pouze 1,75 μg látky PAVA. (Jenom pro porovnání, pro průkaz dusíkatých yperitů se požaduje množství kolem 1 μg - to odpovídá koncentraci asi 1 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ v ovzduší při odběru 1 litru vzduchu) .

Dalším zjištěním bylo, že intenzita zbarvení se nelišila při aplikaci různých množství látky PAVA (10 μl a 30 μl), ale tento rozdíl dávek je příliš malý, aby sloužil jako podklad pro konečný závěr. Vzhledem k dosaženým výsledkům a jejich rozumné interpretaci **lze tedy hypotézu 3 považovat za potvrzenou.** Detekční trubička používaná na dusíkatý yperit může být použita jako vhodný detektor dráždivé látky PAVA.

Hypotéza 3 byla potvrzena.

8 DISKUZE

8.1 Současný stav detekce dráždivých látek

Výsledek analýzy odborné literatury naznačuje, že v oblasti detekce BCHL a ostatních vojensky významných látek, včetně dráždivých látek (RCA), je stále mnoho nevyřešených otázek. Například analýzou české patentové literatury bylo zjištěno, že z 90 hodnocených výsledků je dráždivým látkám věnováno přibližně 14,4 %, ale pouze jedna práce se zabývala detekcí kapsaicinu a vůbec žádná publikace nebyla primárně zaměřená na detekci látky PAVA. Přitom právě tato látka může být v následujících letech využívána častěji a hrozilo by tak nebezpečí, že při nesprávné aplikaci nebo zneužití by mohla představovat zdravotní problémy.

Jak již bylo zmíněno, strukturně a svým účinkem podobná látka OC je využívána Policií ČR. Tyto chemické látky jsou určeny pro použití v omezeném rozsahu a jejich použití ve vyšších koncentracích je nebezpečné. Proto je důležité, aby se s nimi zacházelo opatrně a v souladu s pokyny pro jejich správné použití. Kromě toho jsou v současné době pepřové spreje běžně dostupné v České republice jako prostředky osobní ochrany a prodej některých produktů tohoto typu není nijak omezen. Tato skutečnost ještě zvyšuje riziko jejich zneužití.

Je tedy zřejmé, že jedním z důležitých předpokladů správného zacházení s těmito prostředky nebo v případě jejich zneužití je dostupnost adekvátních prostředků pro jejich detekci, alespoň orientačních. Z tohoto hlediska lze hodnotit výsledek analýzy jako prospěšný.

Vzhledem k potenciálnímu nebezpečí by bylo výhodné vylepšit schopnost detekovat tyto látky, což by vedlo k lepší ochraně před jejich případnými vedlejšími účinky. Proto je nutné dále vést intenzivní výzkum v této oblasti

a zlepšit schopnost detekovat nejrůznější typy dráždivých látek (RCA), včetně kapsaicinu a látky PAVA.

Z analýzy odborné literatury (a experimentální část práce, která se zabývá detekcí látky PAVA, to jen potvrzuje) vyplývá, mnohé dráždivé látky mohou být detekovány stejnými analytickými činidly díky své podobné chemické struktuře. Tento poznatek lze zobecnit. V praxi to znamená, že by mohly být vytvořeny univerzální prostředky detekce, které by byly schopny detekovat různé zájmové látky, včetně skupiny dráždivých látek (RCA). Další výzkumná práce by měla být zaměřena na to, aby se zjistilo, zda jsou tyto potenciální univerzální prostředky detekce dostatečně citlivé a spolehlivé pro detekci jednotlivých druhů nebo skupin látek. Takový přístup by mohl přinést výhodu z hlediska nákladů a časové náročnosti vývoje a výroby detekčních prostředků a mohl by mít zásadní význam pro bezpečnost a ochranu obyvatelstva.

8.2 Možnosti detekce látky PAVA

8.2.1 Folin-Ciocalteuovo činidlo

V první části experimentů byla ověřena možnost použití Folin-Ciocalteuova činidla pro jednoduchou detekci látky PAVA a výsledky ukázaly, že tato hypotéza byla správná a nabízí se možnost použití tohoto činidla například při přípravě detekční trubičky. V diplomové práci byla tato možnost ověřena a byly získány některé potřebné informace o reakčních podmínkách a citlivosti navrženého analytického systému s Folin-Ciocalteuovým činidlem, které jsou důležité pro posouzení jeho spolehlivosti.

Předně byl zjišťován vliv alkalického prostředí na intenzitu zbarvení indikační vrstvy detekční trubičky. Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že jako vhodný se jeví 3% roztok hydroxidu sodného. Zatímco nižší koncentrace

neposkytovaly dostatečnou barevnou odezvu, použití vyšších koncentrací se nijak neprojevovalo intenzivnějším zbarvením, takže další zvyšování koncentrace pravděpodobně není příliš významné.

Kromě závislosti na alkalickém prostředí byl prokázán i významný vliv množství (objemu) zkušební látky PAVA na intenzitu zbarvení detekční trubičky. Při vyšším množství nebo koncentraci látky PAVA byla pozorována vyšší intenzita zbarvení, zatímco u nižšího množství bylo zbarvení méně výrazné. Tento výsledek je v souladu s požadavkem, aby intenzita zbarvení detekční trubičky přímo závisela na množství nebo koncentraci analytu.

Orientačně byla ověřena i závislost detekce na reakční době, když pouze v časovém rozmezí 1 a 3 minuty. Na základě získaných výsledků však lze usoudit, že existuje přímá závislost mezi dobou analytické reakce (časem detekce) a intenzitou zbarvení (výsledkem detekce). Nicméně pro potvrzení je ještě nutné podrobnější zkoumání této závislosti a to i s použitím vhodného pokročilého technického zařízení s větším rozlišením pro objektivní měření.

S ohledem na omezený počet provedených pokusů je nutné provést další experimenty k ověření dosažených výsledků. Nicméně, hlavním cílem této práce bylo prokázat, zda je Folin-Ciocalteuovo činidlo vhodné či nevhodné pro detekci látky PAVA, proto této problematice již nebyly věnovány další pokusy.

Závěrem, z výsledků lze tedy vyvodit, že reakce s Folin-Ciocalteuovým činidlem představuje vhodnou metodu pro detekci látky PAVA. ale je důležité si uvědomit, že existuje několik faktorů, které mohou mít vliv na výsledky této detekce. Mezi tyto faktory patří například množství a koncentrace látky PAVA, kvalita alkalického prostředí či délka expozice. Je tedy důležité tyto faktory zohlednit a pečlivě sledovat podmínky testování, aby bylo možné dosáhnout spolehlivých výsledků detekce. Přestože je tato metoda vhodná pro detekci látky

PAVA, je potřeba zkoumat i další metody, které mohou být citlivější, přesnější a spolehlivější v závislosti na konkrétních potřebách a podmínkách.

Tyto poznatky by mohly sloužit jako výchozí bod pro další výzkum v oblasti detekce RCA a mohly by vést k vývoji nových nebo zdokonalených metod detekce.

8.2.2 Detekční trubička DT-20

Druhá fáze experimentálního výzkumu se věnovala ověření možnosti použití detekční trubičky DT-20, určené pro detekci psychoaktivní látky BZ, jako selektivního detektoru pro látku PAVA.

V první fázi experimentu byly uskutečněny testy s cílem ověřit, zda je vůbec možné detekovat látku PAVA Marquisovým činidlem, které je součástí této detekční trubičky. Tyto testy prokázaly, že Marquisovo činidlo skutečně reaguje s PAVA, což bylo potvrzeno fialovo-modrým zbarvením. V rámci tohoto experimentu bylo také prokázáno, že funkční jsou i detekční trubičky s prošlou dobou expirace – i v tomto případě docházelo v přítomnosti látky PAVA k fialovo-růžovému zbarvení indikační vrstvy.

Během pokusů však bylo zaznamenáno, že intenzita zbarvení nebyla úměrně závislá na koncentraci detekované látky, což se značně odlišovalo od výsledků získaných pomocí Folin-Ciocalteuova činidla. Při detekci menších objemů, do 10 μ l, bylo pozorováno, že intenzita zbarvení vzrůstá s přidáním množstvím detekované látky. Nicméně jakmile byl objem analytu vyšší než 10 μ l, začala se intenzita zbarvení zmenšovat a zvyšování dalších objemů již nemělo výrazný vliv na zvýšení intenzity zbarvení, ba naopak, zdála se být nižší. Tento jev může být způsoben nadměrným zředěním detekčního Marquisova činidla, což má za následek ztrátu jeho účinnosti při interakci s detekovanou látkou. Podmínkou

správné funkce tohoto činidla je totiž přítomnost velmi vysoké koncentrace kyseliny sírové.

Řešením tohoto problému je experimentovat nikoli se zvyšováním objemu zkušební látky s konstantní koncentrací, ale naopak, používat stejný objem zkušební látky o různé koncentraci. Pro ověření této teze by však bylo potřeba provést více pokusů.

Ve druhé části experimentu byla prověřována selektivita detekční trubičky určené pro detekci látky BZ. Byly testovány její odezvy na přítomnost jiných látek s benzenovým jádrem, konkrétně látek CS, CR a toluenu. Výsledkem bylo, že detekční trubička reagovala s látkou CS a CR, což se projevilo zbarvením indikační vrstvy do žlutého odstínu, byť toto zbarvení bylo velmi nevýrazné. Po reakci s toluenem se na indikační vrstvě objevilo sytě oranžovo-hnědé zbarvení. Při ověřování detekční trubičky na látku PAVA vznikalo zbarvení fialovomodré až fialové, což se lišilo od ostatních známých reakcí detekční trubičky DT-20. Látka BZ poskytuje zbarvení zelenomodré, opiáty (např. morfin) červené až fialové, jiné dráždivé látky žluté a červenohnědé.

Na základě tohoto pozorování lze potvrdit, že použití detekční trubičky určené pro detekci látky BZ je pro detekci PAVA dostatečně selektivní a lze jej považovat za vhodné, zejména při analýze souboru dráždivých látek. Je rovněž zřejmé, že aby se zaručila správná interpretace výsledků, je nezbytné důkladně prověřit odezvu na větší soubor potenciálních látek, které by mohly vykazovat podobné zbarvení, například již zmiňované opiáty.

8.2.3 Detekční trubička DT-16

Ve třetí části experimentů byla ověřována použitelnost detekční trubičky určené pro detekci dusíkatého yperitu pro detekci dráždivé látky PAVA.

Získané výsledky této experimentální fáze mají nejnižší průkaznost v porovnání s předchozími experimenty. V průběhu prvních testů, které byly provedeny s použitím starších typů detekčních trubiček DT-16 nebyla téměř pozorována žádná reakce.

V rámci druhé fáze testování s novějšími detekčními trubičkami, s upraveným Dragendorffovým činidlem pro zvýšení citlivosti a selektivity detekce dusíkatých yperitů, byla už pozorována očekávaná reakce poskytující oranžové zbarvení. Zároveň nebyly zjištěny žádné výrazné rozdíly v intenzitě zbarvení při použití různých objemů zkušebního roztoku látky PAVA. Malý rozdíl v těchto objemech (10 a 30 μ l) v tuto chvíli však neumožňuje přijmout jednoznačnou závěr. V dalších experimentech je však určitě vhodnější změnit metodiku aplikace analytu (viz komentář v experimentální části).

Přes uvedené problémy lze na základě provedených experimentů konstatovat, že použití detekční trubičky s Dragendorffovým činidlem je vhodné pro detekci dráždivé látky PAVA a lze jen doporučit na této možnosti v budoucnosti dále intenzivně pracovat.

8.3 Používání neletálních chemických látek jako prostředků k potlačování nepokojů

Problematika používání látek k potlačování nepokojů (RCA) je z mnoha pohledů velmi kontroverzní. Na jedné straně jsou dráždivé látky účinným nástrojem pro kontrolu davů a ochranu veřejného pořádku, na druhé straně jsou však stále považovány za nebezpečné a jejich použití může mít dlouhodobé účinky na zdraví.

V posledních letech lze pozorovat zvyšující se trend častého využívání RCA ze strany bezpečnostních sil a policie v mnoha zemích. Tento znepokojivý vývoj

svědčí o problematické tendenci používat RCA jako rutinní prostředek k potlačení různých druhů protestů a demonstrací. Organizace Amnesty International eviduje přibývající množství případů, kdy policisté používají RCA ve zbytečně velkém rozsahu a proti převážně pokojným demonstrantům. Kromě toho se v některých zemích, jako například v Bahrajnu, objevují zprávy o zneužívání RCA při útocích na civilisty přímo v jejich domovech v rámci vymáhání vlastních zájmů, případně jsou použity proti vyznavačům určitého náboženství. Sollom uvádí, že používaná munice (zpravidla dýmovnice) s dráždivými látkami v Bahrajnu pochází od nejméně čtyř světových výrobců, mezi nimiž se nachází i brazilské společnosti Condor Non-Lethal Technologies, která je v posledních letech kritizována kvůli pravidelným dodávkám neletálních zbraní do zemí, kde jsou následně prokazatelně používány k porušování lidských práv. Dalším bodem kritiky je nedostatečná transparentnost v oblasti výroby a prodeje jejich produktů. Přestože jejich prodej prochází přes brazilské Ministerstvo vnějších vztahů a Ministerstvo obrany, tyto informace nejsou veřejně dostupné. Tento nedostatek transparentnosti vytváří obavy ohledně procesu schvalování, kontrol, výroby a prodeje jejich produktů. S ohledem na skutečnost, že se jedná o neletální zbraně, se nevěnuje této problematice dostatečná pozornost a důsledkem toho je pokračující porušování v oblasti lidských práv, což poukazuje na nedostatek regulací RCA prostřednictvím mezinárodního práva a obchodní politiky [10, 26, 27, 39].

Jak již bylo zmíněno, RCA mají řadu vedlejších účinků především na oči, pokožku i dýchací cesty a v některých případech mohou dokonce způsobit smrt. Kaszeta v této souvislosti poukazuje na skutečnost, že ačkoliv se použití RCA v posledních letech výrazně rozšířilo, novější typy RCA nebyly nikdy dostatečně testovány na lidech. Účinky těchto látek byly zjišťovány převážně v minulém století, avšak většinou pouze na vojácích, kteří se v mnoha ohledech výrazně tělesně odlišují od běžné populace, proti které jsou RCA často nasazovány.

Kaszeta dále upozorňuje na fakt, že testy na lidech s určitými zdravotními problémy nebyly nikdy provedeny, a proto nejsou známy možné dopady těchto látek na lidi se zdravotními omezeními [40].

Dále je potřeba zdůraznit, že i dráždivé látky mají stále vlastnosti BCHL a jako takové mohou být kdykoli použity. Jako příklad může být uvedeno okamžité použití chemických zbraní ze stranu Iráku v roce 1982, když se začínalo zdát, že prohrává válku s Íránem. Jako další problém Pitschmann uvádí, že právě použití dráždivých látek se hrálo klíčovou roli v rozpoutání "chemické války" během první světové války, když byly poprvé použity v roce 1914 Francií proti Německu v bitvě v Argonském lese. Dalším problémem s RCA je povolený vývoj technických prostředků (nosných systémů) k jejich užití. Dráždivé látky mohou být kdykoli vyměněny za jakoukoli jinou BCHL a mohou být použity jako chemické zbraně [7, 41].

Všechny uvedené argumenty jasně ukazují na aktuálnost, ale zároveň problematičnost používání dráždivých látek. Zlepšení stavu by mohlo být dosaženo prostřednictvím regulace a stanovení přísných pravidel pro používání RCA v rámci Úmluvy.

Policisté by měli mít odpovídající vzdělání a výcvik v používání RCA a měli by být schopni správně posoudit, kdy a v jakém množství je potřebné a vhodné použití těchto látek. V souvislosti s ochranou obyvatelstva se rovněž nabízí možnost vzdělávání obyvatel, aby byli připraveni na situaci, kdy hrozí kontakt s nebezpečnými látkami. Tento druh vzdělávání může zahrnovat rozšiřování povědomí o možnostech a způsobech použití improvizovaných prostředků pro individuální ochranu dýchacích cest a povrchu těla, a snížit tak riziko dlouhodobých následků [42].

Zároveň je důležité zvážit alternativní způsoby, jak řešit situace, které by jinak vyžadovaly použití RCA, jako například využití školených specialistů. Celkově je nutné pečlivě zvážit potenciální rizika a důsledky při používání RCA a přijmout opatření k minimalizaci těchto rizik.

Celkově lze říci, že tato problematika má mnoho aspektů a je důležité, aby byly zváženy všechny argumenty pro a proti předtím, než se rozhodne o tom, zda a jak používat látky k potlačování nepokojů. Je třeba brát v úvahu jak účinnost, tak i bezpečnost a zdraví civilního obyvatelstva i zaměstnanců bezpečnostních složek.

8.4 Úmluva o zákazu chemických zbraní

Úmluva o zákazu chemických zbraní představuje klíčový mezinárodní nástroj v boji proti používání chemických látek jako zbraní. Nicméně, nedostatky související s regulací RCA nejsou jedinými aspekty, které tato Úmluva nezohledňuje dostatečně.

Jedním z dalších problémů je nedostatečná kontrola dodržování Úmluvy. Nedostatek kapacit a prostředků pro monitorování a inspekce představuje výzvu při zajištění plného dodržování dohody ze strany všech zainteresovaných států. Rozšíření a zintenzivnění kontrolních mechanismů by bylo vhodným řešením pro dosažení větší důvěryhodnosti a důslednosti v uplatňování Úmluvy. Vývoj nových detekčních technologií pro chemické látky by mohl představovat užitečný nástroj při podpoře těchto snah a zajištění účinného monitorování a identifikace nelegálního držení chemických látek [43].

Nedostatečná úroveň kontroly, společně se snadnou dostupností látek, které, nejsou v Úmluvě zahrnuty, významně přispívá k podporování jednoho z největších současných bezpečnostních rizik, terorismu. Teroristé mají

neomezený přístup k širokému spektru chemických látek, což jim umožňuje vytvářet nekonečné kombinace pro výrobu improvizovaných chemických zbraní. Tato rozmanitost chemických látek zahrnuje komerčně dostupné průmyslové chemikálie, zemědělské pesticidy či léčiva. Tyto látky následně mohou být kombinovány s dalšími materiály a prostředky, což dává teroristům možnost vytvářet zbraně, které jsou specificky přizpůsobeny jejich útokům. Obrana proti těmto improvizovaným chemickým zbraním improvizovanými prostředky není příliš efektivní, navíc běžně používané prostředky pro detekci a neutralizaci nebezpečných látek nemusí být účinné pro tyto neznámé kombinace [9, 44].

Další výzvou jsou nedostatečné definice v Úmluvě, které mohou představovat problém při uplatňování a dodržování jejích ustanovení. Přes veškeré úsilí a snahu o regulaci používání chemických látek jako zbraní, některé termíny a pojmy nejsou dostatečně definovány, což vede k různým výkladům a nejednoznačností. Navíc, zbraně, které byly umístěny pod zem nebo do moře před 1. lednem 1977 a 1985, jsou vyjmuty z působnosti Úmluvy a není na ně vztahována povinnost jejich ničení do doby, než budou vyneseny na povrch. Tato situace představuje další zbytečné bezpečnostní riziko v případě, že se k těmto zbraním dostanou osoby, které mají záměr je zneužít, nebo vlivem jejich poškození dojde k ekologické katastrofě [9, 45].

Posledním z významných nedostatků Úmluvy je skutečnost, že není ratifikována všemi státy. Tato situace přináší vážné důsledky, zejména pokud jde o zvýšené riziko využití chemických zbraní ze strany těchto států. Nedostatečná účast na Úmluvě snižuje efektivitu a univerzálnost ochranných opatření a kontrolních mechanismů, což v konečném důsledku oslabuje boj proti nelegálnímu a nebezpečnému užívání chemických zbraní. Dalším zásadním aspektem je uváděný negativní dopad pouhého povědomí o držení chemických

zbraní na bezpečnost a zdraví obyvatelstva. Samotné vědomí o existenci těchto zbraní v rukou nepřátelských subjektů vytváří obavy a nejistotu, které mohou negativně ovlivnit životní psychiku, lidské zdraví i mezinárodní stabilitu. Tímto způsobem se chemické zbraně stávají faktorem destabilizace a rizikem pro celé mezinárodní společenství. Existuje však protiargument, který se opírá o předpoklad, že právě držení chemických zbraní je výsledkem omezení těchto útoků z důvodu obav z odvetného útoku ze strany protivníka, který by rovněž disponoval těmito zbraněmi [9, 46, 47, 48].

Je však nezbytné podniknout další kroky k posílení ratifikace a k plnému přijetí Úmluvy všemi státy, a to prostřednictvím diplomatických a politických opatření. Zároveň je nezbytné pokračovat ve snahách o vzdělávání a povědomí o nebezpečí chemických zbraní, aby se minimalizoval jejich negativní dopad na bezpečnost lidí a celkovou mezinárodní stabilitu. Pouze prostřednictvím celosvětové spolupráce a angažovanosti lze dosáhnout většího zabezpečení a ochrany před nelegálním užíváním chemických zbraní. I přesto, že Úmluva o zákazu chemických zbraní má své nedostatky, stále je velmi důležitým mezinárodním dokumentem, který zabraňuje šíření a používání chemických zbraní. Úmluva přinesla mnoho pozitivních změn v oblasti mezinárodní bezpečnosti a byla klíčovým faktorem v likvidaci mnoha stávajících zásob chemických zbraní. Je tedy důležité, aby Úmluva byla plně dodržována a aby byly přijaty další kroky k posílení její účinnosti a uplatňování.

9 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zaměřovala na problematiku detekce látek používaných k potlačování nepokojů (RCA). Jejím hlavním cílem bylo přiblížit problematiku detekce těchto látek a analyzovat současný stav odborné literatury, patentů a užitných vzorů, které se zabývají jednoduchou detekcí dráždivých látek v České republice.

Teoretická část práce se zabývala bojovými chemickými látkami, Úmluvou o zákazu chemických zbraní, jednotlivými typy látek používaných k potlačování nepokojů a jejich zneužitím. Práce také pojednávala o metodách a prostředcích potřebných k detekci těchto látek a o jejich využití ze strany Hasičského záchranného sboru a Armády České republiky. Poslední část teoretické části se zaměřila na regulaci používání dráždivých látek v České republice a jejich použití ze strany ozbrojených složek.

V další části byly sumarizovány vědecké poznatky týkající se chemických analytických činidel a jejich zbarvení při detekci dráždivých látek. Dále byla v praktické části provedena podrobná analýza počtu publikací, které se věnují problematice detekce bojových chemických látek. V rámci této části byly zjištěny rezervy v této oblasti a na základě toho pak byly navrženy a provedeny experimenty v praktické části práce.

V první části experimentů byla zkoumána možnost využití Folin-Ciocalteuova činidla pro detekci látky PAVA. Výsledky naznačují, že tato metoda může být efektivní. Během experimentů byly pozorovány a popsány různé analytické parametry, které ovlivňují výsledky detekce, jako například koncentrace a množství detekované látky, nebo alkalita reakčního prostředí. Tím byla potvrzena Hypotéza 1.

V druhé části experimentu byla ověřována možnost použití standardní detekční trubičky DT-20, určené pro detekci látky BZ, jako selektivního detektoru dráždivé PAVA. Testy prokázaly, že Marquisovo činidlo, které detekční trubička obsahuje, reaguje s látkou PAVA selektivně. Během experimentů se objevily některé metodické problémy (zejména způsob dávkování zkušebního roztoku látky PAVA), což může být důvod pro provedení dalších experimentů v budoucnosti, včetně širšího výzkumu rušivých vlivů a jiných parametrů, které ovlivňují výsledek detekce. Lze však konstatovat, že Hypotéza 2 byla potvrzena.

Ve třetí části experimentů byla ověřována použitelnost standardní detekční trubičky DT-16, určené pro detekci dusíkatého yperitu, při detekci látky PAVA. Získané výsledky prokázaly dobrou účinnost Dragendorffova činidla, které je součástí detekční trubičky. Detekční trubička tedy umožňuje zjišťovat látku PAVA, ačkoli její selektivita není pochopitelně vysoká. Hypotéza 3 byla potvrzena.

Další výzkum v této oblasti metod detekce PAVA je nezbytný, a k jeho dalšímu zaměření mohou snad přispět i výsledky získané v této diplomové práci. Zároveň je vhodné hledat další alternativní metody detekce všech potenciálních dráždivých látek.

V poslední části byla zhodnocena úroveň detekce dráždivých látek v ČR a diskutována problematika Úmluvy o zákazu chemických zbraní, používání látek k potlačování nepokojů a také byly komentovány některé výsledky experimentální části.

Úplným závěrem, tato diplomová práce přináší přehled problematiky detekce látek používaných k potlačování nepokojů a analyzuje současný stav výzkumu se zvláštním zaměřením na patentovou literaturu v oblasti detekce dráždivých látek v České republice. Experimentálně získané výsledky naznačují, že všechna

studovaná činidla, tj. Folin-Ciocalteuovo, Marquisovo i Dragendorffovo, jsou pro detekci látky PAVA vhodné. Práce přináší nové poznatky v oblasti detekce dráždivých látek a diskutuje o souvisejících problémech, jako je používání látek k potlačování nepokojů a Úmluva o zákazu chemických zbraní.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BCHL	bojové chemické látky
CN	chloracetonfenon
CR	dibenzo[b,f][1,4]oxazepin
CS	o-Chlorbenzylidenmalononitril
ČR.....	Česká republika
NATO.....	Severoatlantická aliance
OC	oleoresin capsicum
OPCW.....	Organizace pro zákaz chemických zbraní
OSN	Organizace spojených národů
PAVA	vanilylamid kyseliny pelargonové
RCA	riot control agents
USA	Spojené státy americké

11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. PATOČKA, Jiří. Vojenská toxikologie. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-0608-3.
2. MATOUŠEK, Jiří a Petr LINHART. CBRN - chemické zbraně. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-86634-71-X.
3. HALÁMEK, Emil; KOBLIHA, Zbyněk. Potencionální bojové chemické látky: Chemické listy 105. Praha: Česká společnost chemická, 323–333, 2011, roč. 105. ISSN 0009-2770.
4. KASSA, Jiří. Základy vojenské toxikologie a ochrany proti bojovým chemickým látkám: role 1-4: učební text pro nižší zdravotnický personál. V Hradci Králové: Vojenská lékařská akademie Jana Evangelisty Purkyně, 2003. Učební texty Vojenské lékařské akademie Jana Evangelisty Purkyně v Hradci Králové, sv. 335. ISBN 80-85109-68-9.
5. PITSCHMANN, Vladimír. Analýza toxických látek detekčními trubičkami. 2. upravené vydání. Drahelčice: Econt Consulting, 2005. ISBN 80-86664-03-1.
6. SLABOTINSKÝ, Jiří a BRÁDKA, Stanislav. *Ochrana osob při chemickém a biologickém nebezpečí*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-86634-93-0.

7. PITSCHMANN, Vladimír. Chemici v laboratoři a na bitevním poli: kapitoly z dějin chemických, toxinových a zápalných zbraní : období od roku 1914 do roku 1945. Praha: Naše vojsko, 2012. ISBN 978-80-206-1298-4.
8. PITSCHMANN, Vladimír. Šamani, alchymisté, chemici a válečníci: kapitoly z dějin chemických, toxinových a zápalných zbraní : období od prehistorie do roku 1914. Praha: Naše vojsko, 2010. ISBN 978-80-206-1110-9.
9. PITSCHMANN, Vladimír. Chemické zbraně a ochrana proti nim. Praha: Manus, 2011. ISBN 978-80-86571-11-9.
10. STŘEDA, Ladislav a KOBLIHA, Zbyněk. "Neletální" chemické zbraně - zbraně pro 21. století?: léky jako zbraň. Brno: [Tribun EU], 2015. ISBN 978-80-263-0975-8.
11. Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Úmluva o zákazu vývoje, výroby, hromadění zásob a použití chemických zbraní a jejich zničení. Státní úřad pro jadernou bezpečnost [online]. Praha [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/zakaz-chemicky-zbrani/umluva-o-zakazu-vyvoje-vyroby-hromadeni-zasob-a-pouziti-chemicky-zbrani-a-jejich-zniceni>
12. Sdělení č. 94/1997 Sb. o sjednání Úmluvy o zákazu vývoje, výroby, hromadění zásob a použití chemických zbraní a o jejich zničení. In: Zákony pro lidi [online]. AION CS, s.r.o. 2010-2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-94>
13. OPWC. Mission [online]. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, © 2023 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.opcw.org/about/mission>

14. OPWC. Member states [online]. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, © 2023 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.opcw.org/about-us/member-states>
15. PITSCHMANN, Vladimír. CHEMICKÁ VÁLKA VE VĚKU ATOMU A DNA: Kapitoly z dějin chemických, toxinových a zápalných zbraní OBDOBÍ ROK 1945 DO ROKU 2015. Praha: NAŠE VOJSKO, s.r.o, 2016. ISBN 978-80-206-16-32-6.
16. OPWC. Opwc numbers [online]. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, © 2023 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.opcw.org/media-centre/opcw-numbers>
17. Úmluva o zákazu vývoje, výroby, hromadění zásob a použití chemických zbraní a o jejich zničení [online]. 13. 1. 1993 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/zakaz-zbrani/Umluva_CW.pdf
18. SHEN, Sam a P. WOOD, Stephen. Mass Casualties from Riot-Control Agents [online]. December 2016 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/3-s2.0-B9780323286657001205/first-page-pdf>
19. SUN, Yin, and Kwok Y. ONG. Detection Technologies for Chemical Warfare Agents and Toxic Vapors. CRC, 2004. ISBN 9781566706681.
20. KARASOVÁ, Jana Ž.; ŽDÁRA, Jaroslav. Potencionální bojové chemické látky: Chemické listy 105. Praha: Česká společnost chemická, 359–365, 2018, roč. 105. ISSN 0009-2770.

21. SALEM, Harry; FEASEL Michael; BALLANTYNE, Bryan a A. KATZ, Sidney. Encyclopedia of Toxicology [online]. 2014 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123864543009222>
22. PubChem. Nonivamide [online]. National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database. 2005 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Nonivamide>
23. PATOČKA, Jiří a KUČA, Kamil. Pelargonic acid vanillyllamide (PAVA): Riot control agent [online]. 10. 6. 2011 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/266447578_PELARGONIC_ACID_VANILYLLAMIDE_PAVA_RIOT_CONTROL_AGENT
24. Wayback Machine. Guidance on the Use of Incapacitant Spray [online]. Association of Chief Police Officer of England, Wales & Northern Ireland, 2009. © 2012. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20130309021418/http://www.acpo.police.uk/documents/uniformed/2009/200905UNGIS01.pdf>
25. SELSKY, Andrew. Report: 119K people hurt by riot-control weapons since 2015. <https://apnews.com/> [online]. 22. 3. 2023 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://lethalindisguise.org/wp-content/uploads/2022/12/LID2-Executive-Summary-1.pdf>
26. Global: 'Alarming' extent of police tear gas abuse around the world revealed [online], (no date). Home | Amnesty International UK. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.amnesty.org.uk/press-releases/global-alarming-extent-police-tear-gas-abuse-around-world-revealed>

27. SOLLUM R and Atkinson HG. Weaponizing Tear Gas: Bahrain's unprecedented use of toxic chemical agents against civilians. Physicians for Human Rights, 2012. ISBN: 1-879707-68-3.
28. Global: Fresh evidence of police misuse of tear gas leading to protesters' deaths and injuries – updated investigative website [online], (no date). Amnesty International. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.amnesty.org/en/latest/press-release/2021/02/global-fresh-evidence-of-police-misuse-of-tear-gas-leading-to-protesters-deaths-and-injuries-updated-investigative-website/>
29. MATĚJKA, Jiří. Chemická služba: učební skripta. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2012. ISBN 978-80-87544-09-9.
30. ZERBA, E. N. and RUVEDA, M. A. Gas chromatographic determination of riot-control agents. Journal of Chromatography A [online]. 68(1), 245–247. 1972 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: doi: 10.1016/s0021-9673(00)88780-4
31. MATOUŠEK, Jiří; URBAN, Iason a LINHART, Petr. CBRN - detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. ISBN 978-80-7385-048-7.
32. Časopis 112 ROČNÍK XVI ČÍSLO 4/2015 - Hasičský záchranný sbor České republiky. Úvodní strana - Hasičský záchranný sbor České republiky [online]. Copyright © 2023 Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, všechna práva vyhrazena [cit. 2023-05-01]. Dostupné z:

<https://www.hzscr.cz/hasicien/docDetail.aspx?docid=21901734&docType=ART&chnum=4>

33. Zákon č. 19/1997 Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní a o změně a doplnění zákona č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 140/1961 Sb., trestní zákon, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-19>
34. Policie České republiky. Donucovací prostředky. [online]. 2021 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/donucovaci-prostredky.aspx>
35. Ministerstvo obrany. Závěrečná zpráva projektu SIGNALIZÁTOR – Výzkum reakcí a technologií pro automatický signalizátor bojových chemických látek na spektrofotometrickém principu za období od 17. 5. 2003 do 31. 12. 2005 smlouva č. 03012222. Program Obranný výzkum pro podporu cílů výstavby sil NATO- 907 920.
36. PITSCHMANN, Vladimír; LUNEROVÁ, Kamila; KOBLIHA, Zbyněk a KRÁLÍK, Lukáš. A new tool for detecting the riot control agents CS and CN in air using 4-chloro-5,7-dinitrobenzofurazan. Online. In: *The 4th Virtual International Conference on Advanced Research in Scientific Areas*. Publishing Society, 2015. ISBN 9788055411262. [cit. 2023-04-20].

37. RYU, WK; KIM, HW; KIM, GD, RHEE, HI. Rapid determination of capsaicinoids by colorimetric method. *J Food Drug Anal.* 2017 Oct;25(4):798-803. Epub 2016 Dec 8. PMID: 28987355; PMCID: PMC9328869. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfda.2016.11.007. ISSN: 1021 – 9498
38. BAJAJ, K.L.; KAUR, G. Colorimetric determination of capsaicin in capsicum fruits with the Folin-Ciocalteu reagent. *Mikrochim Acta* 71, 81–86 (1979). Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1007/BF01197523>
39. Anna Feigenbaum, “Riot Control Agents: The Case for Regulation”, *SUR* 22 (2015), accessed May 14, 2023, <https://sur.conectas.org/en/riot-control-agents-case-regulation/>
40. PETR, Jaroslav. Smrtící plyn. Odborníci varují na nebezpečí slzného i pepřového spreje. *Lidovky.cz* [online]. Praha: -, 2019 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: https://www.lidovky.cz/orientace/veda/smrtici-plyn-odbornici-varuji-na-nebezpeci-slzneho-i-peproveho-spreje.A190918_141623_ln_veda_ape
41. TU, Anthony. *Chemical and Biological Weapons and Terrorism.*: CRC Press, 2021. ISBN 978-0367779085.
42. ŠÍN, Robert et al. *MEDICÍNA KATASTROF.* 2017. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-295-4.
43. 21st Century Challenges Facing the Chemical Weapons Convention – St Edmund Hall MCR [online], (no date). *St Edmund Hall MCR – The Graduate Community of St Edmund Hall.* [cit. 2023-05-09]. Dostupné z:

<https://mcr.seh.ox.ac.uk/2022/02/15/21st-century-challenges-facing-the-chemical-weapons-convention/>

44. KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše a FOLWARCZNY, Libor. Ochrana obyvatelstva. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-134-7.
45. OLAJOS, Eugene. APPENDIX A. Online. In: Riot Control Agents, pp. 329–334. Informa Healthcare, 2004. ISBN 9780415299022. [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1201/9780203497760.ax1>
46. TUCKER, Jonathan B. CHALLENGES TO THE CHEMICAL WEAPONS CONVENTION [online] 1999. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: https://www.jstor.org/stable/pdf/resrep09898.6.pdf?refreqid=excelsior%3A1ea0312d978e6168c74a3fa1669d4346&ab_segments=&origin=&initiator=&acceptTC=1
47. Evolution of the Status of Participation in the Convention. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons. Haag, Netherlands, 1997. Dostupné z: <https://www.opcw.org/evolution-status-participation-convention> [online]. [cit. 2022-04-13].
48. GUPTA, Ramesh C. *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents*. 2nd. - : Academic Press, 2015. ISBN 978-0-12-800159-2.

12 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 vlevo – Vlastnoručně vyrobená trubička.....	55
Obrázek č. 2 vpravo – Detekční trubička DT-20 na látku BZ	55
Obrázek č. 3 vlevo – Detekční trubička na dusíkatý yperit.....	55
Obrázek č. 4 vpravo – Nasávací zařízení MSA.....	55
Obrázek č. 5 vlevo – Otevírač trubiček a ampulí	56
Obrázek č. 6 vpravo – Pipeta se špičkou	56
Obrázek č. 7 vlevo – Zbarvení trubičky slepého pokusu po 1 min.....	58
Obrázek č. 8 vpravo – Zbarvení trubičky slepého pokusu po 3 min	58
Obrázek č. 9 vlevo – Zbarvení trubičky pokusu č. 2 po 1 min.....	59
Obrázek č. 10 vpravo – Zbarvení trubičky pokusu č. 2 po 3 min.....	59
Obrázek č. 11 vlevo – Zbarvení trubičky bez aplikace alkálie po 1 min.....	60
Obrázek č. 12 vpravo – Zbarvení trubičky bez aplikace alkálie 3 min.....	60
Obrázek č. 13 vlevo – Zbarvení trubičky pokusu č. 4 po 1 minutě.....	61
Obrázek č. 14 vpravo – Zbarvení trubičky pokusu č. 4 po 3 minutách	61
Obrázek č. 15 vlevo – Zbarvení trubičky pokusu č. 5 po 1 minutě.....	62
Obrázek č. 16 vpravo – Zbarvení trubičky pokusu č. 5 po 3 minutách.....	62
Obrázek č. 17 vlevo – Zbarvení trubičky pokusu č. 6 po 1 minutě.....	63
Obrázek č. 18 vpravo – Zbarvení trubičky pokusu č. 6 po 3 minutách.....	63
Obrázek č. 19 vlevo – Porovnání výsledků pokusu č. 6 a pokusu č. 7.....	64
Obrázek č. 20 vpravo – Srovnání intenzity zbarvení detekčních trubiček v závislosti na alkalickém prostředí (pokus č. 1-7), zleva doprava.....	64
Obrázek č. 21 vlevo – Zbarvení trubičky pokusu č. 8 po 1 minutě.....	65
Obrázek č. 22 vpravo – Zbarvení trubičky pokusu č. 8 po 3 minutách	65
Obrázek č. 23 vlevo – Zbarvení trubičky pokusu č. 9 po 1 minutě	67
Obrázek č. 24 vpravo – Zbarvení trubičky pokusu č. 9 po 3 minutách	67
Obrázek č. 25 vlevo – Zbarvení trubičky pokusu č. 10 po 1 minutě.....	68
Obrázek č. 26 vpravo – Zbarvení trubičky pokusu č. 10 po 3 minutách.....	68

Obrázek č. 27 vlevo – Zbarvení trubičky pokusu č. 11 po 1 minutě	69
Obrázek č. 28 vpravo – Porovnání zbarvení trubičky pokusů 1 až 11	69
Obrázek č. 29 vlevo – Trubička po rozbití ampule	73
Obrázek č. 30 vpravo – Trubičky DT-20 před použitím a po použití	73
Obrázek č. 31 vlevo – Zbarvení trubičky po aplikaci 0,175% roztoku PAVA.....	74
Obrázek č. 32 vpravo – Srovnání zbarvení před použitím a po něm.....	74
Obrázek č. 33 vlevo – Zbarvení trubičky po aplikaci 0,175% roztok PAVA.....	75
Obrázek č. 34 vpravo – Srovnání zbarvení trubiček pokusů 1 až 3	75
Obrázek č. 35 vlevo – Trubička s 20 µl látky 0,175% roztok PAVA	76
Obrázek č. 36 vpravo – Srovnání zbarvení trubiček pokusů 1 až 4	76
Obrázek č. 37 vlevo – Trubička po rozbití ampule s činidlem	77
Obrázek č. 38 vpravo – Srovnání zbarvení trubiček pokusů 1 až 5	77
Obrázek č. 39 vlevo – Trubička po rozbití ampule s činidlem	78
Obrázek č. 40 vpravo – Srovnání zbarvení trubiček pokusů 1 až 6	78
Obrázek č. 41 vlevo – Zbarvení starší DT-20	79
Obrázek č. 42 vpravo – Porovnání zbarvení trubiček pokusů. 1 až 7.....	79
Obrázek č. 43 vlevo – Trubička po rozbití ampule s činidlem	80
Obrázek č. 44 vpravo – Porovnání zbarvení trubiček pokusů 1 až 8.....	80
Obrázek č. 45 - Trubička po aplikaci roztoku látky CS	81
Obrázek č. 46 vlevo – Trubička po aplikaci látky CR a	82
Obrázek č. 47 vpravo – Porovnání zbarvení trubiček látkami CS a CR.....	82
Obrázek č. 48 vlevo – Trubička po aplikaci krystalické látky CS	83
Obrázek č. 49 vpravo – Porovnání intenzity zbarvení po aplikaci aerosolu látek CS a CR a krystalické látky CS	83
Obrázek č. 50 vlevo – Trubička po vystavení nasyceným párám toluenu	84
Obrázek č. 51 vpravo – Porovnání intenzity zbarvení po aplikaci roztoků látek CS a CR, krystalické látky CS a par toluenu.....	84
Obrázek č. 52 – Zbarvení detekční trubičky při slepém pokusu	87
Obrázek č. 53 vlevo – Trubička DT-16 po aplikaci 10 µl látky PAVA.....	88

Obrázek č. 54 vpravo – Porovnání barevné reakce slepého pokusu a po přidání 10 μl látky PAVA	88
Obrázek č. 55 vlevo – Zbarvení trubičky na dusíkatý yperit po aplikaci 10 μl PAVA.....	89
Obrázek č. 56 vpravo – Porovnání zbarvení trubiček u pokusů 1 až 3	89
Obrázek č. 57 vlevo – Zbarvení trubičky na dusíkatý yperit po přidání 30 μl PAVA	90
Obrázek č. 58 vpravo – Porovnání zbarvení trubiček u pokusů 1 až 4	90

13 SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

Graf č. 1 – Publikace věnované detekci jednotlivých kategorií BCHL..... 52

Graf č. 2 – Publikace věnované jednotlivým dráždivým látkám 53

14 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka č. 1 - Fyzikální vlastnosti vybraných RCA.....	24
Tabulka č. 2 - Chemické vlastnosti vybraných RCA.....	25
Tabulka č. 3 - Množství látky CS objednané USA v letech 1964-1969	26
Tabulka č. 4 Metody detekce využívané v laboratořích	29
Tabulka č. 5 - Možnosti detekce vybraných RCA pomocí různých metod	49
Tabulka č. 6 – Publikace věnované detekci jednotlivých kategorií BCHL.....	51
Tabulka č. 7 – Publikace věnované jednotlivým dráždivým látkám	52

15 SEZNAM PŘÍLOH

15.1 Patenty, užité vzory a průmyslové vzory

15.1.1 Patenty

1. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., TUŠAROVÁ, I.: Způsob analytické kontroly průmyslových škodlivin. Int. Cl. G01N21/78. CZ 284 693. Udělení oznámeno ve Věstníku č. 2/99, 17. 2. 1999.
2. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E.: Detekční trubička pro zjišťování yperitu ve vzduchu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 285 895. Udělení oznámeno ve Věstníku č. 11/99, 17. 11. 1999.
3. PITSCHMANN, V., VEŘTÁT, M.: Náplň do trubičky na kontrolu alkoholu v dechu. Int. Cl. G01N33/52. CZ 287 633. Udělení oznámeno ve Věstníku č. 1/2001, 17. 1. 2001. Majitel: Tejas Jablonec.
4. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E.: Detekční trubička pro zjišťování dusivých a krevních jedů ve vzduchu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 288 125. Udělení oznámeno ve Věstníku č. 4/2001, 11. 4. 2001.
5. PITSCHMANN, V.: Indikační náplň ke stanovení nízkých koncentrací fosgenu v ovzduší. PV 2007-802. Publikováno ve Věstníku ÚPV 27. 5. 2009. Negativně ukončeno po zveřejnění (nepodána žádost o průzkum).
6. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E.: Náplň do trubičky ke zjišťování bis(2-chlorethyl)sulfidu v ovzduší. Int.Cl. G01N31/22. CZ 300 051. Přihlášeno 7. 10. 2004, zveřejněno 17. 5. 2006. Oznámení o udělení zveřejněno ve Věstníku č.3/2009 ze dne 21. 1. 2009.
7. KRÁLÍK, L., LUNEROVÁ, K., BŘÍNEK, J., PITSCHMANN, V.: Detektor pro kolorimetrické zjišťování přítomnosti methylsalicylátu v ovzduší. Int. Cl. G01N31/22. CZ 304 268 B6. Přihlášeno 28. 11. 2012, uděleno 5. 2. 2014. Majitel: Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany – Oritest.

8. KOBLIHA, Z., PITSCHMANN, V., SKALIČAN, Z.: Detekční trubička ke zjištění aerosolu 2-chlorbenzylidenmalononitrilu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 305796 B6. Přihlášeno 2. 7. 2014, uděleno 16. 3. 2016 (Věstník č. 11/2016). Majitel: Ministerstvo obrany ČR.
9. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I.: Kompozitní indikační náplň do trubiček ke zjišťování fosgenu a difosgenu v ovzduší. Int. Cl. G01N31/22. CZ 305 935. Přihlášeno 5. 1. 2011, uděleno 30. 3. 2016, publikováno 11. 5. 2016.
10. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L., VETCHÝ, D.: Trubičkový biosenzor anticholinesterázových látek v ovzduší. PV 2015-819. Přihlášeno 19. 11. 2015. Zamítnuto rozhodnutím ze dne 23. 11. 2020.
11. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L., VETCHÝ, D., FRANC, A.: Spherical pellets, as well as their manufacturing process, usage, and a detection tube comprising such pellets. EP 3 196 315. Přihlášeno 19. 1. 2016, uděleno 5. 2. 2020 (Evropský patentový věstník č. 20/06). Majitel: Oritest - Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.
12. VETCHÝ, D., FRANC, A., GAJDZIOK, J., VYSLOUŽIL, J., PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L.: Obalené sférické pelety, jejich výroba a adjustace v detekčních trubičkách k detekci inhibitorů cholinesteráz. Int. Cl. G01N31/22. CZ 306 803. Přihlášeno dne 26. 5. 2016, publikováno ve Vestníku 12. 7. 2017. Majitel: Oritest - Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.
13. PITSCHMANN, V., DYMÁK, M., KOBLIHA, Z., KRÁLÍK, L., VANĚK, J.: Způsob detekce kapalných bojových chemických látek. Int. Cl. G01N31/22. CZ 307 382. Přihlášeno dne 30. 11. 2017, uděleno 30. 5. 2018. Majitel: Oritest – SÚJCHBO Milín.
14. VETCHÝ, D., FRANC, A., ZEMAN, J., PITSCHMANN, V., OREL, J.: Obalené sférické matricové pelety určené k adjustaci do detekčních trubiček k detekci inhibitorů cholinesteráz. Přihláška Oritest - Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2019. PV 2019-243.
15. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L., VETCHÝ, D., ZEMAN, J., FRANC, A.: Způsob přípravy indikační náplně do detekčních trubiček k detekci fosgenu a difosgenu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 309 885. Přihlášeno 22. 9. 2020, uděleno 9. 12. 2021. Majitel: Oritest – Masarykova univerzita, Brno.

15.1.2 Užité vzory

1. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E.: Detekční trubička pro zjišťování yperitu a fosgenu či difosgenu ve vzduchu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 8222. Zapsáno 1. 2. 1999.
2. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E.: Detekční trubička ke zjišťování psychoaktivní bojové otravné látky BZ ve vzduchu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 8223. Zapsáno 1. 2. 1999.
3. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E.: Detekční trubička pro zjišťování kyanovodíku a chlorkyanu ve vzduchu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 8224. Zapsáno 1. 2. 1999.
4. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E.: Detekční trubička ke zjišťování lewisitu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 8867. Zapsáno 13. 7. 1999.
5. PITSCHMANN, V.: Detekční trubička ke zjišťování zpuchýřujících látek. Int. Cl. G01N31/22. CZ 9949. Zapsáno 2. 5. 2000.
6. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., TUŠAROVÁ, I., OREL, J., KOBLIHA, Z., VEVERKA, V.: Souprava simulačních trubiček ST-1 pro imitaci bojových chemických látek. Int. Cl. G01N31/22. CZ 10473. Zapsáno 29. 9. 2000.
7. PITSCHMANN, V., KOBLIHA, Z., HALÁMEK, E., OREL, J., TUŠAROVÁ, I.: Polní chemická laboratoř pro analýzu bojových chemických látek ve vodě. Int. Cl. G01N33/18. CZ 11547. Zapsáno 25. 9. 2001.
8. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Detekční trubička pro zjišťování toxických sloučenin arsenu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 12292. Zapsáno 4. 6. 2002.
9. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Indikační náplň detekční trubičky na fosgen a difosgen. Int. Cl. G01N31/22. CZ 12413. Zapsáno 8. 7. 2002.
10. PITSCHMANN, V.: Trubičkový polydetektor pro zjišťování redukujících sirných sloučenin. Int. Cl. G01N31/22. CZ 12424. Zapsáno 8. 7. 2002.
11. PITSCHMANN, V. VEŘTÁT, M.: Náplň do trubičky na kontrolu alkoholu v dychu. Int. Cl. G01N33/52. SK 3125 U. Zapsáno 12. 12. 2001. Majitel: Tejas Jablonec

12. PITSCHMANN, V., OREL, J.: Detekční trubička pro zjišťování bojových chemických látek. Int. Cl. G01N31/22. CZ 12840. Zapsáno 2. 12. 2002.
13. PITSCHMANN, V.: Detekční trubička pro detekci a kolorimetrické stanovení kyselých a zásaditých par a plynů. Int. Cl. G01N31/22. CZ 13544. Zapsáno 1. 8. 2003.
14. PITSCHMANN, V.: Indikační směs jako náplň detekční trubičky ke zjišťování oxidu siřičitého v ovzduší. Int. Cl. G01N31/22. CZ 13825. Zapsáno 10. 11. 2003.
15. PITSCHMANN, V.: Náplň do detekční trubičky pro stanovení sulfanu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 14286 U1. Zapsáno 26. 4. 2004.
16. PITSCHMANN, V.: Detekční trubička ke stanovení kyanidů ve vodě. Int. G01N31/22. CZ 14305 U1. Zapsáno 3. 5. 2004.
17. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Detekční trubička ke stanovení dráždivých látek. Int. G01N31/22. CZ 14444. Zapsáno 14. 6. 2004.
18. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Detekční trubička ke stanovení lewisitu a policejních plynů. Int. G01N31/22. CZ 14443. Zapsáno 14. 6. 2004.
19. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Detekční trubička ke stanovení adamsitu. Int. G01N31/22. CZ 14426. Zapsáno 7. 6. 2004.
20. PITSCHMANN, V.: Náplň pro detekční trubičku ke stanovení chlóru. Int. G01N31/22. CZ 14425. Zapsáno 7. 6. 2004.
21. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Chromogenní činidlo ke stanovení chlóru. Int. G01N31/22. CZ 14445. Zapsáno 14. 6. 2004.
22. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I., VEVERKA, V.: Indikační roztok pro monitorovací pásku ke stanovení amoniaku. Int. G01N31/22. CZ 14646. Zapsáno 24. 8. 2004.
23. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I., VEVERKA, V.: Indikační roztok pro monitorovací pásku ke stanovení sulfanu a oxidu siřičitého. Int. G01N31/22. CZ 14643. Zapsáno 24. 8. 2004.

24. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I., VEVERKA, V.: Indikační roztok pro monitorovací pásku ke stanovení chlorkyanu. Int. G01N31/22. CZ 14645. Zapsáno 24. 8. 2004.
25. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I., VEVERKA, V.: Indikační roztok pro monitorovací pásku ke stanovení fosgenu. Int. G01N31/22. CZ 14647. Zapsáno 24. 8. 2004.
26. PITSCHMANN, V.: Indikační roztok pro monitorovací pásku ke stanovení sirouhlíku. Int. G01N31/22. CZ 14644. Zapsáno 24. 8. 2004.
27. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Indikační roztok ke stanovení oxidu dusičitého. Int. G01N31/22. CZ 14655. Zapsáno 24. 8. 2004.
28. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Indikační páska ke stanovení oxidu dusičitého. Int. G01N31/22. CZ 14656. Zapsáno 24. 8. 2004.
29. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I., HALÁMEK, E.: Indikační roztok pro monitorovací pásku ke stanovení kyanovodíku. Int. G01N31/22. CZ 14830. Zapsáno 18. 10. 2004.
30. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E.: Indikační náplň do detekční trubičky ke zjišťování dusíkových yperitů. Int. Cl. G01N31/22. CZ 14951. Zapsáno 29. 11. 2004.
31. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Chromogenní činidlo ke stanovení chlóru. Int. Cl. G01N31/22. CZ 14953. Zapsáno 29. 11. 2004.
32. PITSCHMANN, V.: Detekční trubička ke zjišťování chlorkyanu a chlóru. Int. Cl. G01N31/22. CZ 14952. Zapsáno 29. 11. 2004.
33. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Trubičkový detektor pro určení dráždivé látky DM. Int. Cl. G01N21/78. CZ 15059. Zapsáno 25. 1. 2005.
34. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., TUŠAROVÁ, I., KOBLIHA, Z.: Činidlo pro testování alkaloidů. Int. Cl. G01N21/78. CZ 15428. Zapsáno 16. 5. 2005.
35. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., TUŠAROVÁ, I., KOBLIHA, Z.: Náplň do detekční trubičky ke zjišťování formaldehydu v ovzduší. Int. Cl. G01N31/22. CZ 15374. Zapsáno 2. 5. 2005.

36. PITSCHMANN, V.: Trubička ke zjišťování sulfidických a dusíkových yperitů v ovzduší.

Int. Cl. G01N31/22. CZ 15979. Zapsáno 31. 10. 2005.

37. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I.: Detekční trubička pro průmyslové škodliviny s redukčním účinkem. Int. Cl. G01N31/22. CZ 17036. Zapsáno 27. 11. 2006.

38. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E.: Detekční trubička na fosgen, difosgen, kyanovodík a chlorkyan, s kapalným chloračním činidlem. Int. Cl. G01N31/22. CZ 17643. Zapsáno 2. 7. 2007.

39. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Detekční trubička pro stanovení látky CS. Původce: Int. Cl. G01N31/22. CZ 17644. Zapsáno 2. 7. 2007.

40. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I.: Binární detekční trubička ke zjišťování organických sloučenin brómu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 18029. Zapsáno 12. 11. 2007.

41. PITSCHMANN, V.: Detekční trubička k měření koncentrace chlóru v ovzduší. Int. Cl. G01N31/22. CZ 18030. Zapsáno 12. 11. 2007.

42. PITSCHMANN, V., HALÁMEK, E., TUŠAROVÁ, I., KOBLIHA, Z.: Trubičkový detektor na kapsaicin a jeho analogy. Int. Cl. G01N31/22. CZ 18572. Zapsáno 20. 5. 2008.

43. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I.: Trubička pro analytickou kontrolu sulfurylchloridu v ovzduší. Int.Cl. G01N31/22. CZ 20505. Zapsáno 8. 2. 2010.

44. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I.: Detekční trubička ke zjišťování toluendiisokyanátů. Int.Cl. G01N31/22. CZ 20506. Zapsáno 8. 2. 2010.

45. PITSCHMANN, V., VEŘTAT, D.: Detekční trubička ke zjišťování kannabinoidů v ovzduší. Int. Cl. G01N31/22. CZ 21624. Zapsáno 10. 1. 2011.

46. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I.: Náplň do detekční trubičky s dapsonem pro stanovení oxidu dusičitého. Int. Cl. G01N31/22. CZ 21664. Zapsáno 24. 1. 2011.

47. TUŠAROVÁ, I., PITSCHMANN, V., OREL, J.: Papír pro detekci kapek a aerosolů otravných látek. Int. Cl. G01N31/22. CZ 21729. Zapsáno 7. 2. 2011.

48. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I.: Kompozitní indikační náplň do trubiček ke zjišťování chlorkyanu v ovzduší. Int. Cl. G01N31/22. CZ 22475. Zapsáno 18. 7. 2011.
49. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I.: Trubička ke stanovení anilinu a jeho derivátů v ovzduší. Int. Cl. G01N31/22. CZ 22615. Zapsáno 22. 8. 2011.
50. PITSCHMANN, V., KOBLIHA, Z.: Detekční trubička se sirouhlíkem ke zjišťování policejní látky CS. Int. Cl. G01N31/22. CZ 22993. Zapsáno 28. 11. 2011.
51. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I.: Trubičkový detektor s dusičnanem ceričito-amonným ke zjišťování dráždivých látek CR a DM v ovzduší i v roztocích. Int. Cl. G01N31/22. CZ 23816. Zapsáno 17. 5. 2012.
52. PITSCHMANN, V., TUŠAROVÁ, I.: Kompozitní indikační náplň s 4-nitrobenzilem ke zjišťování kyanovodíku v ovzduší. Int. Cl. G01N31/22. CZ 24176. Zapsáno 14. 8. 2012.
53. PITSCHMANN, V.: Optický trubičkový detektor pro analýzu dusitanů ve vodách. Int. Cl. G01N31/22. CZ 24588. Zapsáno 19. 11. 2012.
54. PITSCHMANN, V.: Detekční trubička s 4-chlor-5,7-dinitrobenzofurazanem ke zjišťování dráždivých látek CS a CN. Int. Cl. G01N31/22. CZ 25040. Zapsáno 7. 3. 2013.
55. PITSCHMANN, V.: Stabilní náplň pro kolorimetrickou detekci halogenkyanů. Int. Cl. G01N31/22. CZ 25836. Zapsáno 9. 9. 2013.
56. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L.: Detektor nervově paralytických látek V a 2-(dialkylamino)ethanthiolů ve vodě. Int. Cl. G01N31/22. CZ 26208. Zapsáno 9. 12. 2013.
57. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L.: Kolorimetrický detektor symetrických 2-(dialkylamino)ethanthiolů ve vodě. Int. Cl. G01N31/22. CZ 26209. Zapsáno 9. 12. 2013.
58. PITSCHMANN, V.: Detekční trubička s isatinem ke zjišťování policejní látky CS. Int. Cl. G01N31/22. CZ 27400. Zapsáno 6. 10. 2014.

59. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L., VETCHÝ, D.: Trubičkový detektor inhibitorů cholinesteráz ve vodě. Int. Cl. G01N31/22. CZ 29220. Zapsáno 8. 3. 2016.
60. KOBLIHA, Z., ZAPLETALOVÁ, M., PITSCHMANN, V., SKALIČAN, Z.: Detekční trubička ke zjišťování perfluorisobutenu v ovzduší. Int. Cl. G01N31/22. CZ 29729. Zapsáno 30. 8. 2016. Majitel: Ministerstvo obrany ČR.
61. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L.: Osobní detektor inhibitorů cholinesteráz. Int. Cl. G01N31/22. CZ 30380. Zapsáno 21. 2. 2017.
62. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L.: Osobní detektor nervově paralytických látek a jiných inhibitorů cholinesteráz. Int. Cl. G01N31/22. CZ 30670. Zapsáno 15. 5. 2017.
63. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L.: Indikační část detektorů inhibitorů cholinesteráz. Int. Cl. G01N31/22. CZ 30996. Přihlášeno 26. 7. 2017, zapsáno 5. 9. 2017.
64. PITSCHMANN, V., LOBOTKA, M.: Průkazníková páska pro detekci kapek a aerosolu sirného yperitu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 31506. Přihlášeno 19. 12. 2017, zapsáno 20. 2. 2018.
65. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L.: Pracovní část detektorů inhibitorů cholinesteráz obsahující substrát a chromogenní indikátor. Int. Cl. G01N31/22. CZ 31941. Přihlášeno 13. 6. 2018, zapsáno 30. 7. 2018.
66. LOBOTKA, M., PITSCHMANN, V.: Průkazníková páska s komplexem mědi pro detekci kapalných organických sloučenin fosforu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 32297. Přihlášeno 5. 10. 2018, zapsáno 6. 11. 2018.
67. LOBOTKA, M., PITSCHMANN, V.: Průkazníková páska s komplexem železa pro detekci nervově paralytických látek v kapalně fázi. Int. Cl. G01N31/22. CZ 32980. Přihlášeno 16. 5. 2019, zapsáno 28. 6. 2019.
68. PITSCHMANN, V., URBAN, M.: Průkazníková páska ke zjišťování persistentních kapalných organofosforových látek. Int. Cl. G01N31/22. CZ 33052. Přihlášeno 7. 6. 2019, zapsáno 30. 7. 2019. Majitel: Oritest Praha – SÚJCHBO Milín.
69. LOBOTKA, M., KOBLIHA, Z., PITSCHMANN, V.: Tekutý polymerní film pro kolorimetrickou detekci chemických toxických látek. Int. Cl. G01N31/22. CZ

35360. Přihlášeno 15. 7. 2021, zapsáno 31. 8. 2021. Majitel: Ministerstvo obrany ČR.

70. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L., DYMÁK, M., DĚDIČ, J., URBAN, M.: Kolorimetrický trubičkový detektor sarinu s využitím reakce na kyanovodík. Int. Cl. G01N31/22. CZ 35564. Přihlášeno 30. 9. 2021, zapsáno 22. 11. 2021. Majitel: Oritest Praha – SÚJCHBO Milín.

71. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L., DYMÁK, M., DĚDIČ, J., URBAN, M.: Roztok pro impregnaci náplně detekční trubičky ke zjišťování bis(2-chlorethyl)sulfidu. Int. Cl. G01N31/22. CZ 35863. Přihlášeno 7. 2. 2022, zapsáno 17. 3. 2022. Majitel: Oritest Praha – SÚJCHBO Milín.

72. PITSCHMANN, V., MATĚJOVSKÝ, L.: Fluorescenční trubičkový detektor alkyl-methylfosfonofluoridátů v ovzduší. Int. Cl. G01N21/00. CZ 35974. Přihlášeno 17. 2. 2022, zapsáno 28. 4. 2022.

73. LOBOTKA, M., PITSCHMANN, V.: Detekční trubička ke zjišťování nervově paralytických látek. PUV 2022-40022. Přihlášeno 21. 6. 2022. Zastaveno 17. 10. 2022.

74. PITSCHMANN, V., LOBOTKA, M.: Detekční trubička s 1-naftolem ke zjišťování dráždivé látky CR - dibenzoxazepin. Int. Cl. G01N31/22. CZ 36860. Přihlášeno 9. 1. 2023, zapsáno 21. 2. 2023.

15.1.3 Průmyslové vzory

PITSCHMANN, V., ČERNÝ, M., HÁJEK, J., HALÁMEK, E., OREL, J., POSEJPAL, J., SCHIMER, T., HEJHAL, T., TUŠAROVÁ, I.: Chemický průkazník. Průmyslový vzor, číslo dokumentu 33315. Zapsáno 8. 3. 2006.

Poznámka: není-li uvedeno jinak, majitelem patentů, užitných vzorů a průmyslového vzoru je společnost ORITEST.