



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**

**Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**

**Analýza reakcí příslušníků IZS při mimořádné události  
způsobené chemickým, biologickým a radiačním  
ohrožením z pohledu řízení a průběhu zásahu**

**Analysis of Reactions of Integrated Rescue System  
Members to Emergencies Caused by Chemical, Biological  
and Radiation Threats from the Management and Course  
Point of View**

**Diplomová práce**

Studijní program: Ochrana obyvatelstva  
Studijní obor: Civilní nouzové plánování  
Autor diplomové práce: Bc. David Beneš  
Vedoucí diplomové práce: Ing. Petra Kadlec Linhartová

---

**Kladno 2020**



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Beneš** Jméno: **David** Osobní číslo: **456685**  
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**  
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**  
Studijní program: **Ochrana obyvatelstva**  
Studijní obor: **Civilní nouzové plánování**

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Analýza postupů příslušníků složek IZS při mimořádné události způsobené chemickým, biologickým a radičním ohrožením**

Název diplomové práce anglicky:

**Analysis of the Procedures used by Emergency Services in the Case of an Emergency Caused by Chemical, Biological and Radiation Threat**

Pokyny pro vypracování:

Diplomová práce se zaměří na rozbor postupů příslušníků složek IZS při mimořádných událostech s výskytem CBRN ohrožení z pohledu řízení a průběhu zásahu. V teoretické části budou popsány základní druhy ohrožení v rámci těchto událostí, specifiky zásahu a psychicky zátěžové aspekty těchto situací. Praktická část bude zpracována s využitím softwarového nástroje XVR, který vizuálně simuluje zásahy složek IZS za různých podmínek, a dále na základě analýzy dokumentace cvičení a zásahů. Hlavním cílem práce je evaluace postupů a rozhodovacích procesů příslušníků složek IZS a jejich přístup k možnému ohrožení během zásahu. Výstupem práce bude návrh taktického cvičení složek IZS v softwarovém nástroji XVR, které bude zaměřeno na rizika spojená s mimořádnými událostmi za přítomnosti CBRN látek.

Seznam doporučené literatury:

- [1] MATOUŠEK, Jiří, Iason URBAN a Petr LINHART, CBRN: detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-048-7.
- [2] O'DAY, Alan, Weapons of mass destruction and terrorism. Burlington, VT: Ashgate, c 2004. ISBN 0754624250.
- [3] KOZÁK, František, Martina SILVEY a Milan VÁVRŮ, . Katalog materiálu k ochraně proti chemickému, biologickému, radiologickému a jadernému ohrožení: Catalogue CBRN defence equipment. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2003. ISBN 80-86640-20-5.

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Petra Kadlec Linhartová**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

**Ing. Peter Kovács, plk. Ing. Jiří Rogowski**

Datum zadání diplomové práce: **26.09.2019**

Platnost zadání diplomové práce: **18.09.2021**

prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr.h.c.  
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Analýza reakcí příslušníků IZS při mimořádné události způsobené chemickým, biologickým a radiačním ohrožením z pohledu řízení a průběhu zásahu“ vypracoval 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 18.05.2020

.....  
David Beneš

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl velmi poděkovat své vedoucí práce paní Ing. Petře Kadlec Linhartové za nadchnutí do problematiky, velice přínosný a povzbudivý přístup během procesu psaní celé práce a za cenné odborné rady. Dále bych chtěl poděkovat konzultantům panu Ing. Peteru Kovácsovi a panu Ing. Jiřímu Rogowskimu za předání odborných rad a zkušeností z praxe. V neposlední řadě děkuji své rodině za vytrvalou podporu během studia a samotného psaní práce.

## **ABSTRAKT**

Tato práce se věnuje problematice chemického, biologického, radiačního a nukleárního (CBRN) ohrožení, a to zejména z hlediska zvládnání a cvičení represivních opatření složkami Integrovaného záchranného systému (IZS). Přítomnost CBRN ohrožení je v rámci zásahu zásadní komplikací a významně mění taktické a organizační rozhodování zasahujících složek.

Teoretická část popisuje základní poznatky o ohrožení, jeho možném výskytu, projevech, specifikách a vlastnostech. Dále se zabývá předpoklady, principy a metodikami zasahujících složek, které jsou nutné k potlačení případného úniku nebo výskytu látky. Praktická část zkoumá pomocí softwarového nástroje XVR a analýzy dokumentace taktických a prověřovacích cvičení IZS možnosti využití modelací a scénářů v nástroji XVR pro cvičení průběhu zásahu. V reakci na probíhající pandemii COVID-19 byla navíc praktická část rozšířena o vytvoření instruktážního videa na zásah u pacienta s potvrzeným onemocněním COVID-19.

Výsledkem práce je návrh na cvičení pro složky IZS, který zohledňuje potřebu cvičení specifických postupů nezbytných pro zdolávání CBRN událostí a zároveň výhody a limity virtuálního prostředí, ve kterém nástroj XVR operuje. Dále byl na základě metodiky pro zdolávání CBRN událostí vytvořen návrh na nový postup řešení dopravní nehody s přítomností pacienta s onemocněním COVID-19. Postup kombinuje potřebu neodkladných záchranných prací způsobenou dopravní nehodou spolu s nutností dodržení opatření k zamezení šíření onemocnění. Výsledný návrh byl namodelován v nástroji XVR a převeden do instruktážního videa. Scénáře a instruktážní video jsou použitelné složkami IZS při přípravě na CBRN události. Poznatky o možnostech využití nástroje XVR jsou použitelné pro budoucí vývoj obdobných scénářů a modelací.

## **Klíčová slova**

CBRN; nebezpečná chemická látka; ionizující záření; B-agens; XVR; cvičení; zásah; IZS

## **ABSTRACT**

The thesis addresses the problem of chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN) hazard with the focus on repressive measures practiced and executed by the Integrated rescue system (IRS). The presence of CBRN hazard constitutes a severe complication of an operation and dramatically changes the involved services' tactical and organizational decision making.

The theoretical part describes the basic findings about the hazard, its probable occurrence, symptoms, specifications and characteristics. Furthermore, the chapter discusses the conditions, processes and methods of the involved services. These are required in case of the need to eradicate a substance's occurrence or stop its leakage. The practical part takes advantage of the XVR software together with an analysis of tactical and practice drill documentation of IRS and uses these to evaluate the possibility of using XVR simulations during an operation practice drill. In the aftermath of COVID-19 pandemic, an instructional video of an operation involving a patient infected with COVID-19 was added to the practical part.

The thesis' outcome is a practice drill proposition for the IRS bodies. It takes into consideration the need of specific procedures required for overcoming the CBRN hazard, while admitting the advantages and limits of virtual reality, in which the XVR software operates. Furthermore, based on CBRN overcoming methods, a proposition for a new solution of a traffic accident involving a patient infected with COVID-19 was suggested. The procedure combines the call for urgent rescue operations with measures preventing the disease's spread. The final proposition was modelled in XVR and transformed into an instructional video. The modelled scenarios together with the instructional video are usable by the IRS bodies in preparations for CBRN involving events. The thesis' findings on the possibilities of using XVR are usable for future development of similar scenarios and simulations.

## **Keywords**

CBRN; hazardous chemicals; ionizing radiation; b-agent; XVR; drill; intervention; IRS

## Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce a hypotézy.....	12
2.1	Cíl práce.....	12
2.2	Hypotézy .....	12
3	Přehled současného stavu.....	13
3.1	Terminologie CBRN.....	13
3.2	Zdroje CBRN.....	15
3.2.1	Chemické ohrožení .....	15
3.2.2	Biologické ohrožení.....	25
3.2.3	Radiační a nukleární ohrožení .....	30
3.3	Mimořádné události s přítomností CBRN.....	34
3.3.1	Historie a současnost .....	34
3.3.2	Integrovaný záchranný systém .....	37
3.3.3	Specifika mimořádných událostí s CBRN .....	39
3.3.4	Zásah u MU s CBRN.....	42
3.3.5	Legislativa .....	43
3.3.6	Výcvik a předurčenost jednotek.....	44
3.3.7	Značení CBRN látek.....	46
3.4	Činnosti na místě MU s CBRN .....	49
3.4.1	Bojový řád .....	50
3.4.2	Detekce.....	52
3.4.3	Fyzická ochrana.....	56
3.4.4	Dekontaminace .....	57
3.4.5	Ochrana obyvatelstva a další činnosti .....	58

3.4.6	Režimová a další opatření.....	60
3.5	Psychologické aspekty MU s CBRN.....	61
3.5.1	Krizová komunikace.....	62
3.6	CBRN Terorismus.....	63
4	Metodika.....	66
4.1	Vizualizační nástroj XVR.....	66
4.1.1	Postup vytváření scénáře .....	68
4.1.2	Prezentace cvičení .....	69
4.2	Analýza dokumentace cvičení.....	70
4.2.1	Postup analýzy .....	70
4.2.2	Strukturovaný rozhovor.....	71
4.3	Instruktažní video .....	71
5	Výsledky .....	72
5.1	Analýza dokumentace cvičení.....	72
5.1.1	Výsledné okruhy/poznatky .....	73
5.2	Cvičení/scénáře XVR.....	75
5.2.1	Výsledky cvičení.....	76
5.2.2	Návrhy cvičení.....	84
5.3	Instruktažní video .....	89
5.4	Výsledky hypotéz.....	91
6	Diskuze .....	92
6.1	Analýza dokumentace taktických a prověřovacích cvičení IZS.....	92
6.2	Vyhodnocení cvičení v XVR.....	95
7	Závěr .....	107
8	Seznam použitých zkratk .....	108
9	Seznam použité literatury .....	110



10	Seznam použitých obrázků.....	117
11	Seznam použitých tabulek.....	118
12	Seznam Příloh.....	119

# 1 ÚVOD

Problematika chemických, biologických, radiačních a nukleárních (dále jen „CBRN“) látek je často skloňovaným tématem v mnoha oblastech a profesích. Je tomu tak díky širokému poli využití CBRN látek jak k mírovým, tak vojenským nebo teroristickým účelům, díky mnoha pozitivním přínosům, ale i díky schopnosti vážně ohrožovat lidské životy. Především při nekontrolovaném výskytu nebo úniku mohou závažně ohrozit chráněné hodnoty a vyžadují komplexní prevenci a neodkladnou represivní odezvu, která je nutná k eliminaci ohrožení. Zejména při zásahu příslušníků složek Integrovaného záchranného systému (dále jen „IZS“) u události s výskytem CBRN látek, jsou kladeny velké nároky na odbornou znalost problematiky, bezchybné postupy podle obsáhlé metodiky a psychickou odolnost. Potřebu komplexního přístupu dokazuje i závěr příručky vydané Severoatlantickou aliancí, která říká, že neexistuje na zásah u mimořádné události s výskytem CBRN látek žádné úplně správné řešení [1]. Kromě vysokých nároků na zodpovědné orgány a represivní složky přispívá negativnímu obrazu problematiky i to, že se v rámci průmyslových nehod jedná o častý doprovodný jev, který komplikuje celý zásah. Podle databáze ARIA, která monitoruje průmyslové nehody na území Evropy (zejména Francie) byl v období 1970 až 2019 výskyt CBRN látek u 53 % nehod (z celkových 53 679 záznamů), a z toho u 36 000 se vyskytla látka vážně ohrožující život [2]. Vše navíc dokresluje pověst látek získaná během nechvalných útoků za první světové války, použití atomových bomb, výbuchu jaderné elektrárny Černobyl nebo epidemií/pandemií smrtelného onemocnění.

Jedná se tedy o problematiku, které se mnoho lidí bojí, je obtížné s ní bojovat a zároveň je nezanedbatelná pravděpodobnost, že zasahujícím složkám vstoupí do cesty.

Motivace této práce je tvořena právě na základě popsaného obrazu problematiky. V rámci práce bychom rádi díky hlubšímu porozumění souvislostí, postupů a principů pomohli zasahujícím složkám, které musí této hrozbě čelit, a to formou aplikování poznatků do připravených cvičení a modelací. Relativně nový softwarový nástroj XVR, který byl využit pro tuto práci, totiž přináší možnost modelace a nácviku řešení

mimořádných událostí s CBRN látkami, které je jinak v reálném prostředí obtížné trénovat. Na příslušníky represivních složek, zejména Hasičského záchranného sboru (dále jen „HZS“), jsou kladeny velké nároky na znalosti a fyzickou výdrž a jsou vystaveni extrémní psychické zátěži. Možnost zefektivnit jejich přípravu a ulehčit tak některým nárokům by pomohlo vzniknout volnému prostoru, využitelnému například k jejich relaxaci nebo psychické očistě.

Aktuálnost potřeby přípravy na CBRN události potvrzují i nedávné útoky pomocí bojové chemické látky Novičok (2018), pandemie onemocnění COVID-19 (2020) nebo stále časté průmyslové nehody a havárie a nehody v dopravě. Nejedná se tedy o situace, kterým jsou složky IZS vystaveny denně, ale když už taková situace nastane, je potřeba jejich perfektní metodická a taktická připravenost. Cílem práce je zjistit, jak by se dalo této připravenosti pomoci.

## 2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

### 2.1 Cíl práce

V teoretické části práce bylo cílem obecně popsat problematiku CBRN (její jednotlivé kategorie, specifika přítomnosti CBRN látek při mimořádných událostech (dále jen „MU“), mechanismy a opatření, která tuto problematiku řeší a obecně činnosti, které je potřeba při zvládnutí těchto MU aplikovat) tak, aby bylo možné komplexní pojetí a pochopení problematiky a následné navržení možných cvičení.

Praktická část má za cíl zanalyzovat rozhodovací procesy a postupy členů IZS při MU s přítomností CBRN pomocí vizualizačního nástroje XVR a tím otestovat stanovené hypotézy. Na základě výsledků pak navrhnout cvičení, které by v nástroji XVR mohlo sloužit k propojování a fixování jednotlivých praktických dovedností a činností složek IZS na místě MU.

V důsledku karanténních opatření a v reakci na aktuální šíření nemoci COVID-19 se část praktické části zaměřila na shrnutí taktických opatření a postupů pro řešení MU s přítomností CBRN látek a následného aplikování těchto poznatků do instruktážního videa, popisující principy řešení MU s přítomností látek biologického původu, které vyžadují specifická režimová opatření.

### 2.2 Hypotézy

- 1) Předpokládáme, že není potřeba trénovat jednotlivé činnosti zásahu u CBRN látek, ale trénovat jejich taktické propojení.
- 2) Předpokládáme, že vědomí o přítomnosti CBRN látek může ovlivnit rozhodovací procesy zasahujících.
- 3) Předpokládáme, že různé volení návaznosti a posloupnosti činností na místě zásahu události s CBRN látkami ovlivňuje riziko ohrožení života.
- 4) Předpokládáme, že nelze zcela nahradit stávající koncept cvičení pomocí vizualizace v XVR.

## 3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

### 3.1 Terminologie CBRN

Spojení CBRN je zkratkou pro chemické, biologické, radiační a nukleární látky (v angličtině chemical, biological, radiological and nuclear) a z nich plynoucí ohrožení. Jejich přítomnost v rámci MU, způsobena mnoha možnými příčinami (například dopravní nehody, průmyslové nehody, živelní pohromy, exploze, požáry a úmyslné použití), závažně navyšuje potenciální ohrožení chráněných hodnot, vyžaduje mnoho specifických opatření a zásadně mění průběh celé situace. Právě díky zmíněným komplikacím se látky CBRN staly vhodným prostředkem realizace teroristických útoků a pro IZS a jeho složky představují riziko, které vyžaduje mnoho prevence, příprav, cvičení a speciální techniky [3].

Především v pramenech se zaměřením na vojenskou či (proti)teroristickou problematiku se můžeme setkat s formátem CBRNE. Zde písmeno „E“ značí zkratku pro „explosive“, tedy z anglického překladu výbušné. Dále se můžeme v zahraniční literatuře setkat s pojmem HazMat (zkratka pro Hazardous Materials, který v překladu znamená „nebezpečné látky“. Pojem HazMat je spojován se samotnými nebezpečnými látkami, a to především u průmyslových nehod, zatímco CBRN je pojem více obecný, zahrnující například i zbraňové systémy. V české legislativě a pro potřeby IZS se používají pojmy **nebezpečné chemické látky** (dále jen „NChL“), **zdroje ionizujícího záření** (dále jen „ZIZ“) a **biologické agens** (dále jen „B-agens“) [4–7].

Je však nutno konstatovat, že neexistuje univerzální dělení nebo jeden všeobecně používaný pojem. Dělení a pojmy vznikají na základě potřeb subjektu, který řeší danou problematiku. Zjednodušeně řečeno, například armádní pojmy a dělení se zaměřují (zahrnují) na látky, které mohou být použity k boji a se kterými se vojáci mohou setkat. Oproti tomu složky IZS svými pojmy popisují látky, které by pro armádu nemusely znamenat tak velké riziko, ale v rámci nevojenské MU mohou sehrát zásadní roli. Jelikož se však všechny pojmy a jejich obsah prolíná, nelze jednotlivá zaměření separovat a definovat samostatně.

Mimořádné události s přítomností CBRN látek mohou být rozděleny do dvou hlavních kategorií. MU s CBRN **úmyslné a neúmyslné**. Do neúmyslných lze zařadit několik typů:

- **dopravní nehody**, během kterých dochází vlivem mechanických poškození k úniku transportovaných CBRN látek nebo vzniklou chemickou reakcí (hoření atd.) dochází k jejich vzniku a uvolňování. Tento typ událostí je nejčastější a nejhůře předvídatelný, ale jeho dopady jsou zpravidla lokálního charakteru;
- **požáry a exploze**, kde mechanismus přítomnosti obdobný jako u dopravních nehod. Intenzita výskytu je výrazně nižší, ale jelikož se nakládá s větším množstvím látek než u dopravních nehod, dopady mohou být výrazně větší;
- **průmyslové nehody**, kde je mechanismus přítomnosti opět stejný, výskyt je ojedinělý, ale dopady mohou být katastrofální;
- **povodně a zemětřesení**, které mohou způsobit technologické narušení objektů s CBRN látkami a zapříčinit tak jejich uvolnění;
- **infekční onemocnění**, která šíří biologické nákazy [5, 8, 9].

Dále lze události dělit podle faktoru způsobení. Zde rozlišujeme **lidské chyby, technologické závady a přírodní vlivy**. U neúmyslných MU s CBRN je v některých případech možná jejich prevence, příprava na ně a určení její předpokládané lokalizace, což usnadňuje případný zásah všem dotčeným orgánům. Mohou vytvářet specializované dokumenty (například havarijní plány), cvičit konkrétní metodiky, vytvářet systémy, které usnadňují represivní opatření (například globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií (dále jen „GHS“)) a obecně předcházet potenciálně závažným dopadům těchto typů MU [10].

Mezi úmyslné se řadí MU vojenského charakteru a trestné činy (jichž bylo docíleno použitím CBRN látky) jako jsou otravy, úmyslné vypouštění odpadů, a především **teroristické činy**.

Úmyslným MU s CBRN se budeme věnovat dále v kapitole 3.6 *CBRN terorismus*. Pro účely této kapitoly je však nutné napsat, že byť jsou represivní procesy principiálně podobné jako u neúmyslných MU s CBRN látkami, jejich následky jsou daleko závažnější. Důvodem je záměrné zneužití komplikací provázející zásahy, předpoklad použití látek s vysokým potenciálem usmrcení osob, velké dopady na životní prostředí, ekonomiku a psychiku osob a to, že na rozdíl od neúmyslných se úmyslným těžce předchází a je obtížné provádět takovou preventivní činnost, která zmírňuje jejich následky [4].

## 3.2 Zdroje CBRN

Přítomnost některé z CBRN látek při MU vyžaduje aktivaci specifických postupů a opatření. Jednotlivé kategorie látek jsou sice odlišného původu a jejich předpokládaný výskyt a průběh MU je odlišný, ale požadované postupy a opatření jsou z velké části shodné, díky podobnosti mechanismu negativních účinků na zdraví člověka. Je tedy nutné odlišit samotné zdroje CBRN ohrožení, ale již není vždy nutné specifikovat přesné postupy zvládnání těchto MU.

Rozšíření zdrojů CBRN ohrožení je dáno globalizací průmyslu, přítomností těchto látek v dopravě, která zvyšuje pravděpodobnost jejich úniku a rozvoj takzvaných technologií dvojího užití (z anglického „Dual Use Technology“). Tyto technologie představují užívání látek vhodných pro vojenské účely v mírovém průmyslu a naopak. Benefitem je rozvoj daného odvětví, ale za cenu zvýšené pravděpodobnosti úniku a potřebě spuštění specializovaných mechanismů represe [11].

### 3.2.1 Chemické ohrožení

Zdroj ohrožení v podobě nebezpečných chemických látek a směsí v rámci CBRN problematiky zaujímá nejrozsáhlejší část. Je tomu tak díky relativně snadné dostupnosti látek pro výrobu chemických zbraní, ale především proto, že s NChL pracuje mnoho odvětví průmyslu a jsou tedy běžnou složkou spotřeby, výrobních a transportních procesů, kde může dojít k úniku látek a vzniku MU. Dle databáze ARIA, která shromažďuje informace o průmyslových nehodách především ve Francii je z aktuálně

zaznamenaných 55 352 událostí, z čehož 53 % bylo s únikem NChL. Tato informace vypovídá nejen o častém využívání NChL v průmyslu, ale především o tom, že pokud dojde k průmyslové havárii, je velká pravděpodobnost, že příčinou nebo důsledkem je přítomnost právě NChL, což je pro zásahy IZS zásadní [2].

Chemické ohrožení lze rozdělit do dvou kategorií. Úmyslného využití pro potřeby boje a neúmyslného úniku/vzniku. Na základě tohoto rozdělení se mění i nejčastěji vyskytující se látky, způsoby prevence a represe.

**Úmyslné využívání** se datuje již v dobách před naším letopočtem, kdy byly používány otrávené šípy, zápalná tělíska ze síry nebo například bylo úmyslně kontaminováno jídlo a pití. První rozsáhlejší a nechvalně úspěšné použití bylo během první světové války, kdy byl využit chlór a následně speciálně navrhované nebo vybrané látky jako yperit. Aktuálně je úmyslné použití chemických zbraní především v hledáčku teroristů (neteroristické organizace se použití vyhýbají, jelikož by s ním přišlo mnoho postihů z úmluv. Dále v kapitole 3.3.1 *Historie a současnost*) a ze všech zdrojů CBRN ohrožení je použití nebezpečných chemických látek nejpravděpodobnější díky své dostupnosti a relativně snadnému manipulaci a šíření [10, 12].

Potenciál ohrozit chráněné hodnoty u **neúmyslných úniků a reakcí se vznikem** NChL je zpravidla menší, než u využívání chemických zbraní, ale jejich četnost je výrazně vyšší. K MU s NChL může dojít při jejich výrobě (především chemický průmysl), zpracování (především chemický, těžební, petrochemický, farmaceutický průmysl, chladírenská zařízení nebo ve vodárnách), skladování, transportu, během samotného užití koncovým zákazníkem nebo vlivem přírodních jevů (povodně, sesuvy půdy). Dále pak mohou NChL vznikat v průběhu mimořádné události například vlivem hoření či jiných chemických reakcí [10, 13].

#### 3.2.1.1 Klasifikace

NChL lze dělit podle mnoha faktorů. Prvním z nich je skupenství. Toto dělení se pro klasifikaci obecně nepoužívá, ale přesto má vysokou informační hodnotu. Poukazuje na



možné mechanismy vstupu do organismu, chování látek v prostředí (například vlivem změn teploty) a dokazuje, že s NChL se můžeme setkat kdekoliv.

- Kapalné (yperit, sarin);
- plynné (chlor, oxid uhelnatý, amoniak, fosgen);
- pevné (adamsit) [10].

Další způsoby dělení se odvíjí od oboru, ve kterém se využívají. Například pro vojenské účely je dělení podle závažnosti účinku (oslabující x vyřazující) nebo pro potřeby analýzy chování látek (medicína, vývoj metodiky, vývoj ochranných prostředků) se dělí podle perzistence, rychlosti účinku, fyzikálních vlastností, chemických vlastností, bran a mechanismů vstupu atd. [10].

Posledním dělením („bezpečnostní klasifikací“ dle Organizace spojených národů (dále jen „OSN“)), které zmíníme je obecné dělení odvozené z GHS. To je pro účely této práce nejpodstatnější, jelikož na základě označení (vyplývající právě z GHS), které zasahující složky mohou dohledat na místě události, se odvíjí jejich rozhodování a zahrnuje i látky, které ostatní klasifikace kvůli svému zaměření často opomíjejí, ale pro průběh MU nevojenského charakteru mohou být zásadní (například hořlavé látky). GHS je v naší legislativě přijato nařízením Evropského parlamentu a rady č. 1272/2008. Více v kapitole 3.3.5 *Legislativa* a 3.3.7 *Značení CBRN látek* [14].

GHS je komplexní systém zohledňující mnoho okolností týkajících se nebezpečných látek se zaměřením na způsoby, jak s nimi nakládat. Nebezpečné látky dělí podle:

**Fyzikální nebezpečnosti na:**

- výbušniny;
- hořlavé plyny;
- hořlavé aerosoly;
- oxidující plyny;
- plyny pod tlakem;

- hořlavé kapaliny;
- hořlavé tuhé látky;
- samovolně reagující látky a směsi;
- samozápalné kapaliny;
- samozápalné tuhé látky;
- samozahřívající se látky a směsi;
- látky a směsi, které při styku s vodou uvolňují hořlavé plyny;
- oxidující kapaliny;
- oxidující tuhé látky;
- organické peroxidy;
- látky a směsi korozivní pro kovy [14].

#### **Zdravotní nebezpečnosti na látky s:**

- akutní toxicitou;
- žíravostí/dráždivostí pro kůži;
- vážnou škodlivostí/dráždivostí očí;
- škodlivostí pro dýchací cesty nebo kůži;
- mutagenitou;
- karcinogenitou;
- toxicitou pro reprodukci;
- toxicitou pro cílové orgány;
- nebezpečím vdechnutí [14].

#### **Nebezpečnosti pro životní prostředí:**

- akutně nebezpečné pro vodní prostředí;
- chronicky nebezpečné pro vodní prostředí;
- nebezpečné pro ozonovou vrstvu [14].

### 3.2.1.2 Vnitřní faktory/vlastnosti

Předpokladem pro správné nakládání s NChL a případně pro zvládání MU je znalost vlastností látek. Na základě toho se vytváří bezpečnostní opatření, vyvíjejí ochranné pomůcky a obecně vytváří postupy, které napomáhají předcházení nebo zvládání nekontrolovatelného a nebezpečného úniku. U látek se sledují **fyzikální a fyzikálně chemické vlastnosti**:

- relativní molekulová hmotnost (vypovídající o hustotě, tlaku a koncentraci nasycených par);
- bod tuhnutí/tání (vhodný například pro určení stálosti v terénu);
- bod varu (vhodný například pro určení těkavosti látky);
- hustota;
- rozpustnost (vhodná pro určení metodiky dekontaminace) [15].

#### **Chemické vlastnosti:**

- struktura látky (vhodná pro dedukci mechanismů účinku);
- hydrolýza (vhodná pro určení stálosti látky);
- oxidace;
- odolnost vůči jiným chemikáliím (vhodná pro určení prostředků skladování, dekontaminace a pro reakci při terapii);
- tepelná stálost [15].

#### **Toxické vlastnosti**, které úzce souvisí se zdravotní nebezpečností:

- toxicita (schopnost nepříznivě působit na živé organismy), vyjádřena pomocí:
  - LD<sub>50</sub> – střední letální dávka, mg.kg<sup>-1</sup>, mg, množství látky potřebné pro usmrcení 50 % zasažených;

- **LC<sub>50</sub>** – střední letální koncentrace mg.m<sup>-3</sup>, počet miliontin v objemu (dále jen „ppm“), koncentrace v prostředí potřebná k usmrcení 50 % zasažených;
  - **HPK-10** – havarijní přípustná koncentrace, množství látky v ppm, které se zasahující jednotky mohou vystavit po dobu 10 minut bez prostředků individuální ochrany, pokud se číslo liší vyjadřuje limitní dobu v minutách;
  - **IDLH** – z anglického „Immediately Dangerous To Life or Health“ je hodnota v ppm, která představuje okamžité ohrožení pro zdraví či život při expozici po dobu 30 minut, používá se především v zahraničních zdrojích.
- interakce s organismem (důležitá pro vývoj ochranných prostředků a terapii);
  - brány vstupu do organismu (důležité pro ochranná opatření);
    - inhalace;
    - průnik kůží;
    - požití.
  - metabolické procesy (důležité pro detoxikaci v organismu)
- [15, 16, 17 č. SIAŘ 6/17].

### 3.2.1.3 Vnější faktory

Na nežádoucí účinky NChL má kromě vlastností samotné látky vliv mnoho dalších vnějších faktorů:

- **zdroj**, jeho velikost, množství látky, rychlost úniku (velikost ruptury) nebo to, jestli se jedná o primární únik nebo o sekundární (odpařování, emitace v důsledku chemické reakce);
- **způsob rozptýlu** výbuchem, požárem, únikem rázovým nebo plynulým;
- **teplota prostředí** (určující míru odpařování a pronikání do organismu);
- **rychlost a směr větru**;

- **vlhkost vzduchu** (vlhkost způsobuje hydrolyzu a tím ovlivňuje stálost látky v prostředí, odplavováním může dojít ke kontaminaci vod);
- **terén** (především ovlivňuje chování vzniklého oblaku);
- **vertikální stálost atmosféry** (ovlivňuje „ředění“ látky ve vzduchu) [15].

#### 3.2.1.4 Typy úniku

Sepsat taxativní výčet možných scénářů úniku NChL je nemožné, jelikož v různých odvětvích různých průmyslů se používají různé technologie, různé kombinace látek a jsou různě dodržována bezpečnostní opatření. Pro potřeby zasahujících složek je však vhodné uvést demonstrativní situace, které budou základem pro reálné zásahy:

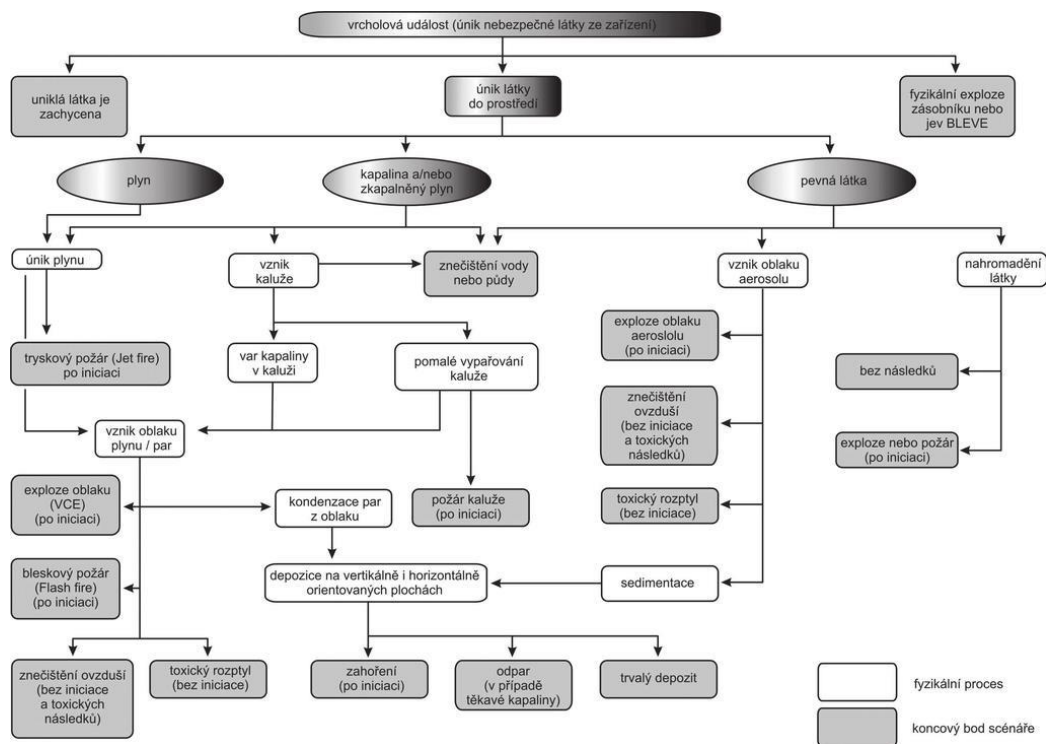
První možnou příčinou iniciace scénáře je **nezvládnutí probíhající reakce** (cca 25 %). To může mít za následek zvýšení teploty soustavy, tlaku nebo množství a koncentrací látek mimo limity. V takových případech hrozí exploze, výskyt neočekávaných látek a únik ze slabých segmentů soustavy (ventily atd.) Následný únik může být nárazového i pozvolného charakteru.

Další příčinou může být nedodržení bezpečnostních opatření nebo technická závada při **fyzickém nakládání** (skladování, přečerpávání) s NChL (cca 30 %). V důsledku stavů a vlastností látek může dojít ke korozi, špatnému utěsnění, přehlcení potrubí nebo k nepředpokládané chemické reakci. Tyto úniky jsou zpravidla pozvolného charakteru.

Poslední zmíněnou příčinou je fyzické porušení skladovacího prostředku při **transportu** (cca 40 %). K tomu může dojít špatným zacházením nebo nedodržením bezpečnostních předpisů, ale především tomu tak bývá v důsledku dopravní nehody. Byť se během transportu převáží jen omezené množství látek, představují tyto nehody i díky své četnosti potenciálně velké ohrožení. Jelikož je obtížné zamezit průjezdu v obydlených oblastech, dokonale monitorovat všechny transporty a pro místo nehody předem připravit opatření, tak zasahující složky dopředu nevědí, jak bude zásah probíhat a jaké se objeví přitěžující okolnosti (hustě obydlená zástavba atd.). Může se jednat o úniky nárazového i pozvolného charakteru [18].

Dále je nutno konstatovat, že u většiny (97 %) úniků plynné látky dochází ke vzniku těžkého oblaku plynu. Ten je pro zasahující jednotky a postižené osoby události komplikací, jelikož se drží v nízké výšce a zvyšuje se tak riziko kontaktu. Během probíhajícího zásahu je nutné průběžně analyzovat přítomnost a případný stav NChL, jelikož až vlivem času může dojít k iniciaci dalších úniků, například vlivem koroze, zapálení, dosažení určité koncentrace či probíhající reakce [18, 19].

Možný proces vývoje z hlediska úniku a šíření látek popisuje graf v obrázku 1. Zobrazuje možný vývoj od vrcholové události úniku přes chování uniklé látky až přes vzniklé následky. Zasahující složky díky znalostem zobrazeného vývoje mohou určovat svá preventivní i represivní opatření.



Obrázek 1 - Vývojový diagram úniku nebezpečných látek [18]

### 3.2.1.5 Nejrozšířenější NChL v rámci CBRN nehod

S těmito látkami se zasahující jednotky IZS mohou nejčastěji setkat během MU nevojenského charakteru:

**Amoniak** (chemický vzorec  $\text{NH}_3$ ) se využívá k výrobě hnojiv a v mnoha dalších průmyslových odvětvích. Dále se používá k chlazení, a tak je možnost se s ním setkat i v hustě zastavěných neprůmyslových zónách na zimních stadionech. Jedná se o bezbarvý plyn čpavého zápachu, který je lehčí než vzduch, ale při odpařování z kapalného stavu vytváří mlhy těžší než vzduch. Působením vysoké teploty je hořlavý a se vzduchem vytváří výbušnou směs. Hasební látka je voda a je třeba použít clonové proudnice ve směru úniku. Dráždí horní cesty dýchací, které leptá a při vysokých koncentracích může dojít k edému (otoku) plic. Množství látky v chladících soustavách může být v masokombinátech až 50 tun, v pivovarech a mlékárnách až 10 tun a na zimních stadionech 6 až 12 tun. Sensoricky rozpoznatelný při 1 ppm. HPK-10 je 1500 ppm [15, 20].

**Chlór** (chemický vzorec  $\text{Cl}_2$ ) se využívá při výrobě polyvinylchloridu, jako součást desinfekčních prostředků nebo jako bělidlo. Pro své baktericidní vlastnosti se využívá jako desinfekce vody v bazénech a čističkách odpadních vod a může se tak vyskytovat i mimo průmyslové zóny v nebezpečných objemech. Jedná se o žlutozelený plyn se štiplavým zápachem, těžší než vzduch. Je žíravý a se vzdušnou vlhkostí tvoří mlhy. Nehoří, ale je silným oxidizovadlem a je silně reaktivní s vodíkem a některými kovy, zejména s kovem při vyšších teplotách. Reakcí s vodou v těle vytváří chlorovodík a způsobuje poleptání dýchacích cest až edém plic. Ve velkých úpravárnách vody může být až v množství 12 tun (20x600 kg sudy) a v menších nejčastěji do 1 tuny (10x45 kg lahve). Na koupalištích jsou objemy okolo 500 kg. Již při 6 ppm dráždí sliznice. HPK-10 je 6 ppm [15, 20].

**Chlorovodík** (chemický vzorec  $\text{HCl}$ ) se v průmyslu hojně využívá například při výrobě plastů, v textilním průmyslu nebo vzniká jako vedlejší produkt. Jedná se o bezbarvý až nažloutlý plyn, těžší než vzduch. Je nehořlavý a se vzdušnou vlhkostí snadno tvoří bílou mlhu z kyseliny chlorovodíkové. Reaguje s kovy za vzniku výbušného vodíku. Dráždí oči a horní cesty dýchací s následkem edému plic. Při 5 ppm je cítit a lehce dráždí. HPK-10 je 100 ppm [15, 20].

**Zemní plyn** (chemický vzorec  $\text{CH}_4$ ) je bezbarvý plyn charakteristického zápachu (díky příměsi). Je lehčí než vzduch, extrémně hořlavý, za vysokých koncentrací způsobuje bezvědomí [15, 20].

### 3.2.1.6 Nejrozšířenější bojové chemické látky

Bojové chemické látky jsou klasifikovány jako vhodné pro účely boje (pro svou zpravidla vysokou toxicitu), ale IZS se s nimi může setkat i při MU nevojenského charakteru. A to v důsledku primárního úniku z průmyslových technologií nebo sekundárního vzniku vlivem chemické reakce (například hoření). Následující látky se tedy z hlediska svých vlastností řadí jako ideální pro boj, ale mohou být součástí MU vojenského i nevojenského charakteru. Bojových chemických látek je veliké množství a mohou mezi ně být řazeny i látky z běžného průmyslu. Následující seznam obsahuje ty, které jsou charakteristické svými projevy a ty, které mají velkou pravděpodobnost výskytu právě v nevojenských MU.

**Sarin** (chemický vzorec  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{FO}_2\text{P}$ ) je zástupcem nervově paralytických látek. Je využíván k boji pro svou relativně jednoduchou výrobu a vysokou účinnost. Při nevojenských MU se s ním složky IZS mohou setkat při teroristickém útoku. Jedná se o bezbarvou kapalinu bez výrazného zápachu. V těle blokuje nervové vzruchy a způsobuje smrt. IDLH je 0,1 ppm [10, 17 č. SIAŘ 6/17].

**Fosgen** (chemický vzorec  $\text{CCl}_2\text{O}$ ) se využívá k organické syntéze v chemickém průmyslu a byl použit za první světové války jako bojový plyn. Je to bezbarvý plyn s vůní po seně. Je vysoce těkavý a způsobuje toxický plicní edém. Vzniká jako vedlejší produkt hoření polyvinylchloridu. HPK-10 je 1,5 ppm [10, 17 č. SIAŘ 6/17].

**Kyanovodík** (chemický vzorec  $\text{HCN}$ ) se využívá při výrobě pesticidů, pro organickou syntézu a chemickou analýzu. Pro svou vysokou toxicitu byl využíván jako hlavní složka plynu Cyklon B. Je to bezbarvá kapalina s typickým zápachem hořkých mandlí. Se vzduchem tvoří výbušnou směs. Vzniká jako vedlejší produkt hoření plastů s obsahem dusíku (silon, nylon, molitan, lepidla a laky, palubní desky automobilu).



V těle blokuje tkáňové dýchání a způsobuje hypoxii. HPK-10 je 50 ppm [10, 17 č. SIAŘ 6/17].

**Fentanyl** (chemický vzorec  $C_{22}H_{28}N_2O$ ) patří do skupiny opioidů a je využíván především v lékařství jako analgetikum nebo anestetikum. Je tedy možné se s ním a jeho deriváty setkat v lékařství nebo u narkomanů, kteří zneužívají jeho účinky. Účinkuje i po pouhé aplikaci na kůži, po intravenózním podání nebo pozřením. V minulosti byl použit jako neletální zbraň v boji proti teroristům a měl být využíván na uklidňování davu, ale hranice mezi smrtelnou a účinnou dávkou je příliš malá a tedy nevhodná. Nebezpečí pro IZS představuje především při MU s účastí narkomana [21].

### 3.2.2 Biologické ohrožení

Biologická ohrožení jsou díky své relativně malé četnosti (obzvláště z hlediska úmyslných útoků) málo diskutovanou hrozbou (především z pohledu jednotek IZS), avšak díky svému potenciálu se šířit, jsou jednou z nejzásadnějších hrozeb pro civilizaci. Neodhadnutelné následky vývoje šíření jsou atraktivní vlastností pro teroristické zneužití, ale i důvodem výskytu epidemií a pandemií [15].

Základním pojmem je biologická zbraň, která se skládá z B-agens/toxinů a vhodného prostředku šíření. Jedná se o zbraň hromadného ničení/zabíjení a její hlavní charakteristika je schopnost šířit infekční onemocnění nebo toxin, s cílem zneschopňovat nebo usmrcovat lidi, zvířata nebo rostliny [22].

B-agens podle jednoduché a účelné definice HZS: „B-agens jsou bakterie, viry, plísňe, spory nebo toxiny, získané ze živých organismů a vedoucí k onemocnění osob, zvířat nebo rostlin.“ [17 č. 8L]

Jelikož prostředkem šíření nemusí být zbraňový systém, ale i infekční hostitel/přenašeč, můžeme o samotném B-agens, nebo nemoci s podobnými vlastnostmi, hovořit jako o primární hrozbě. Opatření ze strany IZS tak lze považovat za podobná v případě epidemií/pandemií i teroristického/vojenského úmyslného použití pomocí technických prostředků šíření. Rozdíl bude při použití toxinů, které nemají samy od sebe

schopnost se šířit, ale zároveň mohou být produktem jiných infekčních organismů. Samotné toxiny lze přirovnat k NChL a stejně k nim i přistupovat a toxiny produkované infekčním organismem naopak odpovídají přístupu k ostatním typům B-agens. Pro potřeby práce tedy budeme primárně pracovat s pojmem B-agens [22].

Vznik MU s přítomností B-agens může být úmyslný nebo neúmyslný. V případě neúmyslných se jedná o **epidemie nebo pandemie**, tedy postih infekčním onemocněním velkého počtu lidí. V případě pandemie dochází k rozšíření mimo státy a kontinenty. Zvládání těchto událostí je v gesci hygienických stanic a nemocnic. Využívají k tomu preventivní šetření, karanténní opatření, režimová opatření, ohniskové desinfekce/dezinsekce/deratizace a případně speciální infekční oddělení v nemocnicích. Největším rizikem epidemií/pandemií je přehlčení systému z hlediska poskytování zdravotnické péče a dodávky surovin a prostředků nezbytných pro zvládání situace (v důsledku nedostatečné výroby a produkce) [23].

Pro IZS epidemie/pandemie představují riziko přehlčení požadavků a nemožnost výkonu své činnosti, která je nezbytná pro bezpečný chod systému. V důsledku strachu a paniky obyvatel hrozí přehlčení tísňových linek. Jednotky Zdravotnické záchranné služby (dále jen „ZZS“) kromě toho, že budou muset vyjíždět k velkému množství banálních výjezdů, musí dodržovat protiinfekční opatření, a tedy dekontaminovat po každém výjezdu použitá vozidla. Policie České republiky (dále jen „PČR“) bude přetížena v důsledku velkého množství uzavírek, kontrol a potenciální trestné činnosti spojené s potřebnými opatřeními (rabování, nedodržování opatření atd.). Pro IZS tedy zvládání epidemie/pandemie (kromě činností jako dekontaminace a používání ochranných prostředků) představuje především nutnost rozsáhlého strategického a organizačního řízení. V taktických činnostech se kromě zmíněných opatření k zamezení fyzického šíření nemoci nejedná o velké změny.

Úmyslné použití/vypuštění B-agens aktuálně hrozí u teroristických útoků. Vojenské užití je dlouhodobě zakázáno a nevyužíváno díky **Úmluvě o zákazu, vývoje, výrobě a hromadění zásob bakteriologických a toxinových zbraní a o jejich zničení**. V případě teroristického zneužití by pravděpodobnou cestou dosažení svých cílů bylo

vyvolání strachu a paniky a dlouhodobé přetížení systému. V případě úmyslného šíření by vzniklé ohrožení mělo pro činnost IZS zásadnější dopad, především z pohledu režimových opatření nutných pro jinak běžné činnosti [24].

### 3.2.2.1 Klasifikace

Způsoby klasifikace se odvíjí od využitých kritérií a potřeby využití klasifikace. Na základě pravděpodobnosti zneužití ve spojení s potenciální nebezpečností sestavila organizace „Center for Disease Control and Prevention“ tři kategorie A, B a C. Toto rozdělení je aplikovatelné především na úmyslné zneužití, jelikož validuje především dostupnost zneužití a případnou infekčnost spolu s mortalitou [16].

Patogeny kategorie A, s nejhorším potenciálem z hlediska škod, zahrnují antrax, mor, tularémii, pravé neštovice, botulismus nebo virové hemoragické horečky. Patogeny kategorie B, se středním potenciálem z hlediska škod, zahrnují například salmonelu, cholera, žlutou zimnici nebo vozohřivku. Nejméně nebezpečná kategorie C zahrnuje patogeny jako je například SARS, HIV nebo virus ptačí chřipky, avšak je potřeba důsledná prevence zneužití a příprava na takové situace. Tyto patogeny, a spousta jim podobných, mají totiž zpravidla jednu ze dvou vlastností infekčnosti a letality velmi slabou a druhou naopak velmi silnou. Případnou genetickou úpravou nebo mutací by mohlo dojít k posílení slabé vlastnosti a vyvolání rozsáhlých onemocnění, na které by systém nemusel být připraven [16, 22].

Druhý způsob klasifikace je na základě systematiky:

- **Bakterie**, které se snadno reprodukuje a dokáže se tak zvaně zapouzdřit a tím přežít i nepříznivé podmínky nebo mimo hostitele. Patří mezi ně například Anthrax, Cholera nebo mor.
- **Viry**, které vynikají schopností reprodukce a velmi malé velikosti, ale těžko přežívají bez hostitele. Patří mezi ně například Ebola, Neštovice,
- **Rickettsie**, šířící se výhradně pomocí vektorů. Patří mezi ně například Q-horečka nebo tyfus.

- **Toxiny** jsou neživé produkty organismů. Na základě jejich vlastností by v rámci problematiky CBRN měly být zařazeny spíše do chemických látek, ale jelikož jsou produkovány právě biologickými organismy, spadají do kategorie biologického ohrožení. Patří mezi ně například botulotoxin nebo ricin.
- **Ostatní** [25].

Pro komplexnost pojetí uvedeme poslední klasifikaci, která nevychází ani z vojenského/úmyslného zneužití ani ze systematiky, ale z hlediska historického výskytu neúmyslných epidemií nebo pandemií. U rozvoje výskytu hrálo velkou roli mnoho podmínek (jako je například úroveň hygieny, shromažďování lidí například v důsledku války nebo nedostatek některých surovin), které v dnešní době mimo rozvojové státy budou pravděpodobně potlačeny, ale naopak díky snadnému transportu a rychlému a konzumnímu způsobu života mohou svůj potenciál uplatnit nové patogeny. Tato klasifikace zahrnuje patogeny, které způsobily největší počet úmrtí při neúmyslném rozšíření:

- **tyfus** (430 př. n. l. zabil čtvrtinu populace v Athénách);
- **neštovice** (165 - 168 až 5 milionů úmrtí na Apeninském poloostrově);
- **mor** (541 - 750 až 50 miliónů úmrtí v Evropě a Asii, 1347 - 1353 až 75 miliónů úmrtí v Evropě a Asii, 1855 - 1904 až 10 miliónů úmrtí v Číně a Asii);
- **různé mutace chřipky** (1918 - 1920 až 50 miliónů úmrtí, 1957 - 1958 až 1 milion úmrtí) [26].

### 3.2.2.2 Vnitřní faktory/vlastnosti

Pro obecné popsání vlastností B-agens použijeme základní vojenská kritéria vhodnosti pro úmyslná použití. B-agens způsobující neúmyslné epidemie/pandemie nemusí splňovat všechny tyto body:

- konzistentnost symptomů a jejich nástupu (především úmyslné použití);
- co nejnižší infekční dávka;
- vysoká nakažlivost;

- krátká prodleva mezi expozicí a symptomy (především úmyslné použití);
- nízká nebo žádná odolnost zasaženého organismu;
- absence profylaxe;
- obtížná detekce;
- nedostatek prostředků pro preventivní/represivní řízení onemocnění;
- možnost objemné produkce (úmyslné použití);
- stálé, bezpečně skladovatelné;
- efektivní rozptyl (především úmyslné použití) [22].

Mezi konkrétní vlastnosti B-agens pak řadíme **infekční dávku**, tedy množství potřebné k vyvolání onemocnění, **patogenitu**, tedy schopnost vyvolávat onemocnění a **inkubační interval**, tedy prodleva mezi expozicí a onemocněním [22].

### 3.2.2.3 Vnější faktory

Vnější faktory ovlivňují dopady působení patogenu, aniž by měnily samotný patogen.

**Preventivní a profylaktická opatření** zahrnují zejména imunitu, a to jak uměle vytvořenou vakcínami, tak vrozenou či dlouhodobě budovanou. Dále pak úroveň hygieny jak na obecné úrovni mezi lidmi, tak například ve zdravotnických zařízeních nebo potravinářském průmyslu a jako poslední technická a organizační opatření. Tato opatření ovlivňují nejen pravděpodobnost rozšíření onemocnění, ale i jeho případnou mutaci a vývoj celé epidemie/pandemie.

**Detekce a identifikace** spočívá především ve včasném rozpoznání přítomnosti patogenu u populace a jeho přesné určení. Na základě toho se pak upřesňují, jaká represivní opatření je potřeba přijmout.

**Fyzická ochrana** snižuje pravděpodobnost kontaktu organismu s patogenem, a to jak v preventivní fázi, tak represivní fázi.

**Zdravotnický systém** a jeho funkčnost hraje důležitou roli ve zvládnutí jak úmyslného, tak neúmyslného výskytu patogenu. Správný chod může ovlivnit nejen samotné šíření patogenu, a tedy potenciální vznik nebo rozvoj epidemie/pandemie, ale i dopad na systém v situaci, kdy je onemocnění již rozšířeno. V případě neúmyslného výskytu může vlivem nedostatku lůžek, prostředků ochrany, zdravotnického vybavení nebo léčiv dojít k dramatickému nárůstu úmrtí i na běžná onemocnění. V případě úmyslného zneužití je právě přetížení zdravotnického systému jeden z hlavních cílů [22].

### 3.2.3 **Radiační a nukleární ohrožení**

Štěpení a emise částí atomu představují exemplární příklad přístupu k dual-use technologiím. Přineslo ohromný pokrok ve výrobě elektrické energie, v medicíně a v mnoha odvětvích průmyslu, ale zároveň představuje zdroj rázově nejničivějšího ohrožení, které lidstvo zná a mělo natolik velký vliv, že měnilo po mnoho let politiku velmocí a obecně globální myšlení lidí. Především negativní pohled na tyto technologie však zapříčinil vznik komplexního bezpečnostního systému působícího jak lokálně, tak nadnárodně a řešícího jak preventivní, tak represivní opatření [27].

V rámci problematiky CBRN se odlišuje radiační ohrožení a nukleární ohrožení. Radiační ohrožení představuje nekontrolovaný únik ionizujícího záření (dále jen „IZ“), které má přímé negativní dopady na organismus, zatímco nukleární ohrožení spočívá v možnosti využití právě IZ k rychlé štěpné reakci, která zapříčiní výbuch a až tím ohrožuje organismus. V praxi se tato ohrožení navzájem mohou protínat a doprovázet, ale popisu v práci je potřeba je odlišovat [28].

**Úmyslné zneužití** je především u nukleárního ohrožení málo pravděpodobné, a to díky komplexním mechanismům ochrany. Ty zahrnují nadnárodní smlouvy, monitorování nakládání s materiály, nutnou odbornost pracovníků a několika úrovně bezpečnostní systémy zařízení, které s materiály nakládají. Kromě toho vytvoření vhodných podmínek a zaktivování štěpné reakce je natolik komplikovaný proces, že je jen málo institucí, které to umí a byly by schopné vytvoření samotného zařízení, které by

se dopravilo na cíl a způsobilo výbuch. Zneužití radiačního ohrožení je pravděpodobnější, jelikož stačí rozptýlit materiál emitující ionizující záření, který je relativně snadno dostupný. V praxi by se jednalo o použití atomové bomby nebo v případě radiačního ohrožení o tak zvanou „špinavou bombu“ [28].

**Neúmyslný výskyt** těchto ohrožení je ze stejných důvodů jako úmyslný málo pravděpodobný. Přesto však především vlivem lidského faktoru a technického selhání dochází k výskytu MU s přítomností ionizujícího záření. Jedná se především o úniky způsobené technickým poškozením zařízení nebo v důsledku neodborného zacházení s radioaktivním materiálem [28].

### 3.2.3.1 Mezinárodní stupnice jaderných a radiačních událostí INES

Jaderné a radiační mimořádné události sice patří mezi méně časté události v rámci problematiky CBRN, avšak kvůli potenciálu dosáhnout extrémních rozměrů byla vytvořena speciální Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných a radiačních událostí (dále jen „INES“). Byť pro ostatní druhy ohrožení jsou taktéž stanoveny různé stupnice závažnosti, jejich předpokládaný rozsah a vývoj nevyžadují tak akutní mezinárodní spolupráci a jejich případné špatné zmonitorování by nemělo tak vážné dopady.

Stupnice dělí události do 7 kategorií a ke každé kategorii přiřazuje potřebná opatření:

1. anomálie;
2. nehoda;
3. vážná nehoda;
4. havárie bez vnějšího vlivu na okolí;
5. havárie s rizikem vlivu na okolí;
6. těžká havárie;
7. velmi těžká havárie [29].

### 3.2.3.2 Vnitřní faktory

Projevy MU a potřebná opatření jsou určena mnoha faktory úniku IZ. Mezi první patří druh samotného IZ. To rozdělujeme na emisi přímo ionizujících částic alfa a beta a nepřímo ionizující gama, rentgenové záření (dále jen „RTG“) a neutrony. Typ emitované částice určuje, jaká musí být přijatá opatření a vypovídá o příčině MU, respektive úniku.

- Částice **alfa** neboli heliová jádra s kladným elektrickým nábojem jsou největší částice s nejmenším doletem. Při interakci s atomy ionizují/excitují jejich elektrony. Lze odstínit papírem. Největší hrozba v případě vnitřního ozáření.
- Částice **beta** neboli záporně nabitě elektrony vznikají štěpením jader. Mají střední dolet a střední schopnost průletu skrz materiály v porovnání s ostatními druhy IZ.
- Záření **gama** a **RTG** neboli neutrálně nabitě fotony s malou hmotností, ale velkým doletem. Lze odstínit materiály s vysokým atomovým číslem, díky čemuž představují velkou hrozbu v případě vnějšího ozáření.
- **Neutronové** záření neboli neutrálně nabitě částice schopné štěpit jádra a spustit řetězovou reakci. Stínění musí probíhat třífázově. Zpomalením, pohlcením a odstíněním sekundárně vzniklého záření [28, 30].

Další faktory jsou:

- **poločas rozpadu** neboli čas, za který se rozpadne polovina jader daného radionuklidu;
- **aktivita** neboli počet přeměn emitujících částice/záření za sekundu v jednotkách becquerel [Bq];
- **absorbovaná dávka** neboli energie absorbovaná hmotou v jednotkách Gray [Gy] = J.kg<sup>-1</sup>;
- **dávkový příkon** neboli absorbovaná dávka za jednotku času;
- **efektivní dávka** neboli míra poškození organismu stochastickými účinky, která zohledňuje typ záření, v jednotkách Sievert, Sv = J.kg<sup>-1</sup> [28, 30].



### 3.2.3.3 Účinky

Účinky a projevy IZ nebo reakcí s ním spojených rozdělujeme do dvou kategorií. U systémů, u kterých může dojít k jadernému štěpení a tedy výbuchu (reaktory, bomby) odlišujeme primární účinky exploze. Kategorie přímého účinku samotného IZ na organismus je společná pro jaderné exploze i pro radiační únik.

Primární účinky výbuchu jsou:

- vzdušná tlaková vlna, která mechanicky působí na objekty u výbuchu;
- rázová vlna a seismické účinky, tedy mechanický otřes šířící se podloží;
- světelné/tepelné záření, které může dočasně oslepit a zahřátím vzduchu způsobit popáleniny nebo iniciovat požáry;
- elektromagnetický impuls (neboli EMP), který vlivem ionizování vzduchu může skrz elektricky vodivé soustavy vyslat impuls elektrické energie. V případě silných výbuchů je impuls až několika násobně silnější než blesk a působí až na vzdálenost stovek kilometrů [28].

Účinky IZ se dělí podle dvou faktorů. Podle působení záření na buňku z hlediska času a podle působení samotného. Působení z hlediska času dělíme na fyzikální fázi (do  $10^{-13}$  sekundy), která představuje absorpci samotné energie záření, dále chemickou fázi (do  $10^{-5}$  sekundy), která představuje vznik radikálů v prostředí buňky a fázi biologickou (do měsíců až let), která představuje reakci organismu na změny.

Působení IZ na buňku probíhá formou zlomů struktur DNA nebo narušením mechanismů buňky. Dělíme je na:

- Stochastické účinky (neboli pravděpodobnostní), které zahrnují nádorová onemocnění a genetické mutace. Platí že čím větší dávka IZ tím větší pravděpodobnost vzniku těchto účinků.
- Deterministické účinky jsou úměrné absorbované dávce. Záření způsobuje nefunkčnost velkého množství buněk a tím selhání procesů na úrovni organismu [31].

Hlavním představitelem deterministických účinků je **akutní nemoc z ozáření**. Tu dělíme na tři syndromy, které jsou úměrné absorbované dávce. Dřeňový syndrom, který se projevuje útlumem krvetvorby a následnými poruchami způsobenými zvýšenou náchylností na infekce, poruchou srážlivosti krve a chudokrevností. Gastrointestinální (střevní) syndrom, který se projevuje selháním funkcí střevní výstelky a způsobuje 100% úmrtnost. Neurovaskulární syndrom, který se vyskytuje až při extrémně vysokých dávkách se projevuje poškozením centrální nervové soustavy. Jednotlivé syndromy se dále dělí na tři fáze: Prodromální neboli počáteční příznaky nemoci, latentní neboli bezpříznaková a klinická neboli manifestace samotných příznaků nemoci. Pro identifikaci akutní nemoci z ozáření je zásadní především prodromální fáze, která se projevuje nevolností, zvracením, závratěmi, bolestí hlavy a průjmy [31].

V důsledku výbuchu dochází k rozprášení kontaminovaných částic a následnému **radioaktivnímu spadu**. Ten probíhá nejen v místě výbuchu (lokální spad), ale jelikož se částice mohou dostat až do horních vrstev atmosféry může spad zasáhnout i ostatní státy nebo kontinenty. Hlavní nebezpečí radioaktivního spadu nese záření gama, z hlediska negativních účinků se tedy jedná o účinky samotného IZ.

**Vnější faktory** šíření jsou za jistých okolností podobné jako u chemikálií, jelikož oblak částic napojených na prach a vlhkost je ovlivňován stejnými vlivy jako některé chemikálie. V případě zamezení vnitřního ozáření se používají stejná opatření a vybavení jako u chemických látek. V případě vnějšího ozáření se aplikuje ochrana zkrácením doby expozice, prodloužením vzdálenosti od zdroje a stíněním [28].

### **3.3 Mimořádné události s přítomností CBRN**

#### **3.3.1 Historie a současnost**

Nejstaršími případy CBRN ohrožení byly biologické nákazy. A to jak ve formě úmyslného zneužití, v podobě cílených otrav nepřátel, tak neúmyslného výskytu v podobě epidemií a pandemií. Tyto události měly za následek nejen vývoj nových možností zneužití, ale i možnosti bránit se následkům. Jedním z prvních známých

prostředků cílených na zabránění působení CBRN látek byly pomůcky tak zvaných morových doktorů. Pomocí tkaniny filtrovali vdechovaný vzduch a pacientů se dotýkali pouze hůlkou.

V důsledku globalizace a rozšíření vědomí a strachu z biologických nákaz se podařilo podepsat deklarace a úmluvy v roce 1874 v Bruselu a v letech 1899 a 1907 v Haagu, které zakazovaly používání biologických prostředků jako prostředek vedení boje. Kromě toho v 19. století probíhal velký rozvoj medicíny a poznatků k zamezení šíření nemocí. Finální úmluvou je **Úmluva o zákazu vývoje, výroby a hromadění biologických a toxinových zbraní** z roku 1975, která zajišťuje nejen nepoužívání, ale i odzbrojení [22, 28].

S příchodem první světové války a úpadku zneužívání B-agens jako prostředku války (v důsledku rozvoje medicíny a zákazů plynoucích z úmluv) se ve větším měřítku poprvé objevilo nové CBRN ohrožení v podobě chemických zbraní (pomineme-li možnost zařazení toxinů mezi chemické zbraně a sporadické výskyty dýmových granátů a podobných prostředků).

I přes svou nehumánnost bylo na chemické zbraně nahlíženo v rámci války relativně pozitivně, jelikož průměrné množství látky na zabití jednoho vojáka bylo výrazně menší než u výbušnin a střeliva. Díky tomuto ekonomickému pohledu stále probíhal vývoj jak nových směsí, tak prostředků pro distribuci. Celkově bylo během první světové války využito 113 000 tun otravných látek a vyžádaly si 91 tisíc mrtvých a dalších 1 200 000 raněných. V důsledku potřeby ochránit svoje vojska došlo k masivnímu vývoji ochranných prostředků a možností bránit se CBRN ohrožení. V tomto období padly první základy dnešní metodiky a prostředků fyzické ochrany využívaných jak ve vojenských tak nevojenských MU s CBRN [10].

Po ukončení války si organizace Společnost národů uvědomila dopady použití otravných látek a v roce 1925 byl sepsán Ženevský **Protokol o zákazu válečného použití dusivých a jiných toxických plynů a bakteriologických metod vedení války**. Ten ovšem nezakazoval vývoj a výrobu těchto látek, a proto byla s počátkem druhé světové války obava z opětovného použití. Všechny válčící strany se však použití obávaly, a tak

kromě látky Cyklon B, použité při genocidě v koncentračních táborech, nedošlo k rozsáhlejšímu užití.

Organizace spojených národů (dále jen „OSN“), vzniklá po ukončení druhé světové války, zařadila chemické zbraně do kategorie zbraní hromadného ničení (dále jen „ZHN“) a začala se věnovat otázce úplného zakázání jejich produkce. Roku 1993 pak vyšla v platnost **Úmluva o zákazu vývoje, výroby, hromadění a použití chemických zbraní a o jejich zničení** a vznikla Organizace pro zákaz chemických zbraní (OPCW), která zajišťuje implementaci úmluvy. Do doby vzniku úmluvy však došlo k mnoha dalším použitím. Aktuálně je úmyslné použití chemických zbraní především v zájmu teroristů [10, 12].

Díky objevení dopadů probíhajících při štěpení atomu dostal pojem „Zbraně hromadného ničení“ nový rozměr a možné dopady chemického a biologického ohrožení byly částečně zastíněny. Podepsalo se na tom nejen použití atomových bomb na konci druhé světové války, ale i nehoda v atomové elektrárně Černobyl, a to i přesto, že ve stejném období probíhalo mnoho událostí se srovnatelnými nebo horšími následky s přítomností jiných CBRN ohrožení. Strach z neznáma a možného rozsahu účinků, který v té době přinášely jaderné zbraně a radiace, dokazuje mimo jiné i to, že psychologické aspekty mají veliký dopad na průběh událostí s CBRN.

Prvotní reakcí po ukončení druhé světové války však nebyla snaha o zamezení zneužívání bomb využívající přeměny atomových jader, ale naopak jejich rozsáhlý vývoj. Až v průběhu studené války došel strach z opětovného použití atomové energie tak daleko, že došlo k postupnému odzbrojování formou mnoha částečných úmluv a dohod, které postupně limitovaly různé druhy zařízení, zkoušky a účely vývoje. Od roku 2017 OSN pracuje na úmluvě, definitivně zakazující jakoukoliv činnost směřující k výrobě nebo použití jaderných zbraní. Zatím je centrálním dokumentem **Smlouva o nešíření jaderných zbraní** z roku 1970 [28].

S rozvojem průmyslu (jaderného i zpracovávajícího NChL) se rozšířila potřeba prevence a prostředků represe i v nevojenském sektoru a dnešní relativně bezpečná

společnost (v tomto ohledu) zakládá právě na dopadech těchto potřeb. Důkazem, a v některých případech i iniciátorem, jsou například následující události:

- Havárie Seveso, kde došlo k úniku dioxinu, ale k ohlášení došlo až 17 dní poté. V důsledku této události došlo ke vzniku série legislativy, která přikazuje **například oznamovací povinnost** nebo vytváření havarijních plánů [32].
- Havárie v Bhópálu, kde v důsledku nedodržování (respektive absence) mnoha bezpečnostních opatření došlo k úniku několika desítek tun methylisokyanátu a následnému zasažení téměř 900 000 osob. Represivní opatření navíc proběhla pomalu a neřízeně, jelikož chyběla jakákoliv forma havarijního plánování. V reakci na průběh havárie začal být kladen větší důraz právě na **zdokonalování havarijní připravenosti** uvnitř i vně podniku [33].
- Havárie v Černobyli, kde v důsledku nedodržení bezpečnostních protokolů při zkoušce chlazení došlo k výbuchu reaktoru a uvolnění radiace. Havárie byla dlouho zamlčována a tím byla zhoršena možnost odezvy nejen přímo zasahujících na místě, ale i expertů, kteří by mohli zmírnit následky [34].
- Havárie ve Fukušimě, kde v důsledku vlny Tsunami byly odstaveny reaktory včetně chlazení. Aby se předešlo výbuchu, musely být upouštěny radioaktivní páry a chladicí kapaliny. Průběh opatření dokazuje, že došlo z hlediska zvládnutí havárií ke značnému pokroku (například byla zajištěna transparentnost informací, probíhalo rozsáhlé monitorování, probíhala evakuace atd.), avšak přesto došlo především kvůli obtížím s komunikací k přehlčení systému a následným ztrátám na životech [35].

### 3.3.2 Integrovaný záchranný systém

Při mimořádných událostech s CBRN ohrožením jsou IZS, jeho součinnost a koordinace mimořádně důležité, jelikož v důsledku mnoha faktorů (neodkladnost mnoha opatření, zavedení nestandardních režimových opatření, regulace pohybu, specifika zranění atd.) je zásadně ohrožena jeho správná funkčnost a tím jsou ohroženy i chráněné hodnoty.

Z těchto důvodů **kromě toho, že mají jednotlivé složky CBRN události ve své metodice**, byly vytvořeny ústřední dokumenty tak zvané typové činnosti (dále jen „STČ“). Problematice CBRN se věnují přímo:

- STČ-01/IZS – Špinavá bomba;
- STČ-03/IZS – Hrozba použití nástražného výbušného systému (dále jen „NVS“) nebo nález NVS, podezřelého předmětu, munice, výbušnin a výbušných předmětů;
- STČ-05/IZS – Nález předmětu s podezřením na přítomnost B-agens nebo toxinů;
- STČ-13/IZS – Reakce na chemický útok v metru;
- STČ-16A/B/IZS – Mimořádná událost s podezřením na výskyt vysoce nakažlivé nemoci ve zdravotnickém zařízení nebo v ostatních prostorech/na palubě letadla s přistáním na letišti Praha Ruzyně [36, 37].

STČ, havarijní plány a interní předpisy jednotlivých složek vymezují jednotlivé činnosti složek na místě MU. Pro potřeby práce jsou zásadní zejména činnosti HZS, dále popsané v kapitole 3.4 *Činnosti na místě MU s CBRN*. PČR zpravidla nevstupuje do blízkosti zdroje ohrožení a zajišťuje činnosti ve vnější zóně, především řízení dopravy, bezpečnostní uzávěry a evidenci osob. ZZS zajišťuje ve vnější zóně přednemocniční neodkladnou péči a transport pacientů. Podle charakteru události se mohou na záchranných pracích podílet i ostatní složky IZS, zejména Státní úřad jaderné bezpečnosti, který zajišťuje odborné konzultace a činnosti na místě MU.

Při MU s CBRN je charakteristický velký počet požadavků na velitele zásahu (dále jen „VZ“), velitele jednotlivých složek a krajské operační a informační středisko. Z hlediska funkčnosti spolupráce IZS je tedy zásadní zajistit jednotnou a efektivní krizovou komunikaci, která zajistí nepřehlcení jednotlivých subjektů, a tedy prostor pro plnění a vyhodnocování svých činností. Pro tyto potřeby se zřizuje štáb velitele zásahu nebo se postupuje podle STČ, havarijních plánů nebo interních dokumentů jednotlivých složek, řešících společné zásahy. Pro neodkladné činnosti nutné zejména k záchraně životů je však potřeba spolupráce od samotného nahlášení MU [38].

### 3.3.3 Specifika mimořádných událostí s CBRN

Specifika MU s přítomností CBRN ohrožení jsou pro tuto práci stěžejní, jelikož právě od nich se odvíjejí všechny možné komplikace, které mohou zapříčinit selhání zaběhlých a běžně funkčních systémů a postupů a jejich ovládnutí je předmětem navrhovaných cvičení. Vyžadovaná opatření pro zvládnutí MU jsou velice komplexní a jsou potřeba rozsáhlé teoretické znalosti a praktické zkušenosti.

Obecná specifika:

- Nedostatek informací na začátku zásahu a současně velké množství požadavků, což může vést k přehlcení sil a prostředků;
- potřeba použití prostředků individuální ochrany, která snižuje viditelnost; manipulovatelnost a zvyšuje prodlevu jednotlivých kroků řešení MU;
- neodkladná potřeba vyproštění a předlékařské první pomoci;
- nebezpečí z prodlení prakticky u všech činnostech;
- velká pravděpodobnost ohrožení životů;
- potřeba jednotné koordinace, jelikož bude na místě určitě více složek a jednotek;
- nástup z bezpečné vzdálenosti;
- potenciál zasáhnutí velké oblasti a rozšiřování místa MU;
- v případě teroristického útoku lze očekávat více zdrojů ohrožení [9].

Příručka pro zvládání CBRN nehod vydaná Severoatlantickou aliancí (dále jen „NATO“) dělí specifika těchto událostí (z pohledu jednotek zasahujících na místě, z anglického „First Responders“) do 4 kategorií:

- **práce s informacemi;**
- **management dějiště;**
- **záchrana života a ochrana zdraví;**
- **specializace [1].**

#### Práce s informacemi:

- potřeba okamžité detekce a identifikace látky;
- náročnost sběru informací (špatná viditelnost, panika);
- potřeba časté aktualizace informací (o počasí, množství uniklé látky, zdrojích atd.);
- náročné analyzování informací a průběhu MU;
- potřeba předávání jednotných informací, které se dostanou všem zúčastněným;
- vliv meteorologické situace na průběh MU;
- potřeba okamžité komunikace s médii a veřejností.

#### Management dějiště (organizace místa zásahu):

- příjezd na místo musí být ze správné strany a zastavení v dostatečné vzdálenosti;
- potřeba uzavření oblasti a vytyčení specifických zón;
- potřeba postavit dekontaminační stanoviště;
- potřeba evidence všech raněných a zasahujících osob;
- potřeba reagovat na meteorologické podmínky.

#### Záchrana života a ochrana zdraví:

- neodkladná potřeba specializovaných léčiv/profylaxe;
- potřeba lékařského ošetření a transportu;
- potřeba aktivního vyhledávání raněných;
- nutná dekontaminace raněných;
- předpoklad aktivování trauma plánu zdravotnických zařízení a potřeba přijetí specifických režimových opatření v objektu zařízení;
- předpoklad přehlcení zdravotnických zařízení.



Specializace:

- specializovaná detekce a ostatní prostředky potřebné pro zvládnání MU;
- různé látky vyžadují různá opatření;
- potřeba odborného dopočtu a predikce rozvoje události;
- potřeba přítomnosti odborníků nebo specializovaných jednotek s delším dojezdovým časem [1].

HZS přímo definuje očekávané zvláštnosti z hlediska průběhu zásahu u CBRN látek takto:

- „Nedostatek sil a prostředků nebo jejich chybný odhad;
- jedna nebezpečná látka může mít i několik nebezpečných vlastností;
- rozdíl mezi označením nebezpečné látky a skutečně přítomnou nebezpečnou látkou;
- nelze spolehlivě určit množství uniklé nebezpečné látky;
- náhlá změna situace v důsledku reakce nebezpečné látky;
- vzájemná reakce látek;
- náhlá změna meteorologické situace;
- nepříznivý vliv klimatických podmínek na šíření látek;
- rychlé šíření plyných látek v ovzduší;
- nebezpečnou látku není možné identifikovat;
- nedisciplinovanost obyvatelstva při stanovení režimových opatření, podcenění nebezpečí;
- podcenění nebezpečí od spolupracujících složek IZS a nerespektování organizace místa zásahu včetně nebezpečné zóny;
- chování nebezpečné látky nemusí být totožné s deklarovanými vlastnostmi (vliv místních podmínek, koncentrace apod.);
- nelze zamezit úniku nebezpečných látek nebo odstavit technologie;
- skryté a těžko pozorovatelné šíření nebezpečné látky;
- nebezpečné vlastnosti nebezpečné látky se mohou projevit s určitým zpožděním nebo i na nepředpokládaném místě;

- nebezpečná látka s nejvyšší koncentrací nebo výraznými varovnými znaky (např. zápach) nemusí být nejnebezpečnější látkou“ [17 č. 1/L].

#### 3.3.4 Zásah u MU s CBRN

Zásah od ohlášení vzniku MU po likvidaci následků a uvedení všeho do původního stavu probíhá na několika úrovních. Pro práci zásadní úrovní je **taktická úroveň řízení** zásahu. Ta zahrnuje všechny činnosti řízené velitelem zásahu na místě MU. Popis jednotlivých činností typických pro MU s CBRN, které spadají pod taktickou úroveň, jsou popsány v kapitole 3.4 *Činnosti na místě MU s CBRN* [38].

Přijetím zprávy na operační a informační středisko (dále jen „OPIS“) a následným rozšířením informace jednotlivým výjezdovým stanicím probíhá **operační úroveň řízení**. Už samotné přijetí ohlašující zprávy je pro MU s CBRN specifické, jelikož operátor musí na základě neodborného pozorování ohlašovatele nehody zjistit co nejvíce informací o uniklé látce a případně předat informace o opatřeních, která mají zúčastnění nehody zrealizovat před příjezdem složek IZS. Bez možnosti pozorovat místo MU a za ztížených podmínek způsobených pravděpodobným zvýšeným stresem ohlašovatele, jsou zpravidla získané informace dost nepřesné a vyslané jednotky nemají vždy jistotu, do jaké situace jedou. Následně operační úroveň zajišťuje průběžné získávání a předávání informací a případně vysílá na místo další jednotky či informuje dotčené orgány [1, 38].

V případě MU velkého rozsahu se řízení rozšíří na **strategickou úroveň řízení**. Ta zajišťuje sladění činností nutných ke zvládnutí MU z většího časového a prostorového hlediska. Koordinuje ji starosta obce s rozšířenou působností, hejtman kraje nebo Ministerstvo vnitra. Všechny zmíněné úrovně jsou na sobě závislé, prolínají se a doplňují se [38].

### 3.3.5 Legislativa

Problematika CBRN je díky své komplexnosti, širokému poli možného výskytu a mnoha opatřením potřebným k zvládnutí MU dotčena mnoha legislativními dokumenty.

Základním dokumentem jsou mezinárodní úmluvy, které zakazují nebo limitují vývoj, výrobu, hromadění, a především používání CBRN látek pro účely boje. Tyto úmluvy jsou zmíněny v kapitole 3.3.1 *Historie a současnost*.

Jednotlivé hrozby jako takové jsou v české legislativě uchopeny v rozdílných dokumentech a z rozdílného pohledu. Z hlediska definic jsou zásadní:

- 263/2016 Sb., Atomový zákon, definující ZIZ;
- 350/2011 Sb., Zákon o chemických látkách a chemických směsích, definující NChL;
- 281/2002 Sb., Zákon o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní, definující B-agens [5–7].

Z hlediska preventivních opatření a takových opatření a mechanismů, která lze plánovat a připravit pro případ vzniku MU:

- 258/2000 Sb., Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, který definuje základní možnosti, principy a zásady ochrany osob před všemi zdroji CBRN ohrožení;
- 224/2015 Sb., Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi, který definuje práva a povinnosti objektů zpracovávající NChL z hlediska havarijního plánování;
- 328/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva vnitra o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému, která mimo jiné definuje obsah havarijního plánování pro objekty s možností vzniku radiační MU;

- 240/2000 Sb., Zákon o krizovém řízení, který popisuje práva a povinnosti osob a orgánů při strategickém řízení CBRN událostí;
- Nařízení evropského parlamentu č. 1272/2008 o klasifikaci a označování látek a směsí neboli nařízení CLP, které přenáší do naší legislativy principy GHS;
- Předpisy ADR (podle směrnice Komise evropské unie 2016/2309) a RID (podle rozhodnutí Komise evropské unie 2018/936), které definují předpisy pro transport nebezpečných věcí na silnici a železnici [23, 36, 39–42].

Z hlediska represivních opatření jsou důležité především dokumenty nelegislativního charakteru vypracované na základě zákonů o zřizování jednotlivých složek IZS a určování jejich povinností. Zejména se jedná o STČ, metodické předpisy HZS nebo vnitřní a vnější havarijní plány.

### 3.3.6 Výcvik a předurčenost jednotek

Základem pro jakoukoliv činnost jednotky HZS u CBRN látek je konspekt odborné přípravy „Činnost jednotek požární ochrany při zásahu s nebezpečnou látkou“. Ten obsahuje nezbytné znalosti potřebné pro zdolávání MU s CBRN. Je zaměřen zejména na opatření, pomocí kterých je možné bezpečně provést činnosti potřebné k záchraně osob. Tato opatření zahrnují:

- specifická organizace místa zásahu;
- vymezení týlového a nástupního prostoru;
- příprava před vstupem do nebezpečné zóny;
- pravidla činnosti v nebezpečné zóně;
- principy a postupy dekontaminace [17 č. 2\_02].

Jedná se o základ, podle něhož je každý zasahující hasič schopný postupovat a zajistit tak bezpečné provedení neodkladných činností nutných k záchraně životů. Jednotlivé činnosti jsou podrobněji popsány v kapitole 3.4 *činnosti na místě MU s CBRN*.

Jedná-li se o zásah u MU s CBRN, je k zásahu povolána jednotka s předurčeností na zásahy s nebezpečnou látkou. Předpokládané dojezdové časy jsou však delší než

u klasické jednotky bez specifické předurčenosti a výbavou nejsou schopny zvládat všechny doprovodné jevy MU. Je tedy nutné zajistit, aby neodkladná opatření, pokud to umožňuje situace, byly schopné provést všechny jednotky.

Jednotky předurčené na zásahy s nebezpečnými látkami se dělí na základní, střední a opěrné (dislokovány tak, že každá stanice má minimálně základní jednotku, střední jednotky jsou v počtu jedné jednotky na přibližně tři základní a opěrné jednotky jsou přibližně v počtu jedné jednotky na deset základních). Znalostní normy jsou dány řádem chemické služby [17 č. SIAŘ 6/17].

**Základní jednotky** mají předpokládanou maximální dobu nasazení 40 minut, dojezd 30 minut a ve zmenšeném početním stavu jsou v počtu 1+1. Jejich předpokládané nasazení je na malé havárie nebo na prvotní stabilizaci velkých havárií. Disponují prostředky a znalostmi pro základní identifikaci NChL, ionizujícího záření a radioaktivních látek, zamezení úniku, provedení neodkladných opatření, zajištění ochrany zasahujících a zjednodušenou dekontaminaci osob. Při úniku radioaktivní látky zajistí uzavření oblasti, neodkladná opatření, stabilizaci a povolání střední nebo opěrné jednotky a specialistů Státního úřadu jaderné bezpečnosti (dále jen „SÚJB“).

**Střední jednotky** mají předpokládanou maximální dobu nasazení 80 minut, dojezd 40 minut a ve zmenšeném početním stavu jsou v počtu 2 hasičů. Jejich předpokládané nasazení je na malé havárie nebo na prvotní stabilizaci velkých havárií, na pomoc základní jednotce a na střídání a jištění hasičů v nebezpečné zóně. Prostředky jsou shodné jako u základní jednotky, ale dále rozšířené o prostředky detekce, schopné konkrétnějších výsledků, prostředky pro komplexnější měření dávek a příkonů ionizujícího záření a o základní dekontaminaci osob, prostředků, povrchů a stanovišť. Činnosti jsou rozšířené o konkrétnější činnosti v nebezpečné zóně, provedení opatření na ochranu obyvatelstva a úkoly plynoucí z výše popsaného rozšíření vybavení. Při úniku radioaktivní látky zajišťují (navíc oproti základní jednotce) monitorování, zamezení šíření, evidenci osob a vytyčení bezpečnostní a nebezpečné zóny. Disponují protiplynovým automobilem nebo kontejnerem a technickým chemickým automobilem.

**Opěrné jednotky** mají předpokládanou maximální dobu nasazení 60 minut a více, dojezd je v rozmezí 80 až 120 minut a ve zmenšeném početním stavu jsou v počtu 1+1. Jejich předpokládané nasazení je na havárie, kdy nestačí střední jednotka, na rozsáhlé havárie a na monitorování šíření účinků. Prostředky jsou shodné jako u základní a střední jednotky, ale dále rozšířené o prostředky detekce, schopné konkrétnějších výsledků (spektrometrické přístroje), prostředky pro měření plošné kontaminace a o prostředky pro dekontaminaci obyvatelstva a techniky. Činnosti jsou rozšířené o modelování vývoje události, odbornou spolupráci s výjezdovou skupinou chemické laboratoře a spolupráci s orgány státní správy a samosprávy. Při úniku radioaktivní látky zajišťují (navíc oproti základní a střední jednotce) organizaci dozimetrie, odběry vzorků a provádění opatření na ochranu obyvatelstva. Disponují chemickým detekčním technickým automobilem a stanovišti dekontaminace osob a techniky [17 č. SIAŘ 6/17].








Pro specializované činnosti jsou povolávány chemické laboratoře Institutu ochrany obyvatelstva nebo zástupci SÚJB.



### **3.3.7 Značení CBRN látek**

Značení CBRN látek má důležitou roli především při přepravě, jelikož to je nejpravděpodobnější možnost úniku látek do prostředí za podmínek, které nejsou předem odhadnutelné. V rámci MU vznikajících na stacionárním zařízení lze typ uniklé látky predikovat na základě havarijního plánu nebo dokumentace obsahující seznam používaných/skladovaných CBRN látek v daném objektu. Vytváření takovéto dokumentace je uloženo zákonem, takže se za jistých okolností lze spoléhat na dokumentaci jako prostředek identifikace látky. V případě přepravy CBRN látek je obtížné nebo nemožné získat konkrétní informace o uniklé látce ještě před příjezdem na místo MU. V takovémto případě se k vyhodnocování situace využívá právě značení. Identifikaci látky může usnadnit přepravní doklad a písemné pokyny pro případ nehody, ale tento doklad není vždy dostupný (přepravce ho nevezl, došlo k tak velkému úniku, že se nelze přiblížit nebo byl například zničen požárem).

Pro jednotnou klasifikaci a označování byl OSN vytvořen Globální harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií (GHS), který prostřednictvím symbolů a bezpečnostních listů poskytuje rychlou a jasnou informaci o nebezpečí látky. GHS je v české legislativě přijato přes nařízení Evropské unie č. 1272/2008 o klasifikaci a označování látek a směsí neboli CLP [41].

Tabulka 1 - Symboly dle CLP a jejich vysvětlení

Symbol	Význam	Podrobnosti
	Plyn pod tlakem	Zahříváním může dojít k úniku.
<i>Obrázek 2 – Symbol „Plyn pod tlakem“ [42]</i>		
	Výbušnina	Nestabilní výbušnina. Ohrožení zasáhnutí částicemi nebo tlakovou vlnou. Chraňte před iniciačním zdrojem.
<i>Obrázek 3 – Symbol „Výbušnina“ [42]</i>		
	Oxidující	Způsobuje nebo podporuje hoření. Chraňte před iniciačním zdrojem.
<i>Obrázek 4 – Symbol „Oxidující“ [42]</i>		
	Hořlavé	Extrémně hořlavé. Chraňte před iniciačním zdrojem.
<i>Obrázek 5 – Symbol „Hořlavé“ [42]</i>		
	Korozivní/žíravé	Korozivní pro kovy. Leptá kůži a oči. Maximální ochrana obličeje a rukou.
<i>Obrázek 6 – Symbol „Korozivní“ [42]</i>		
	Nebezpečnost pro zdraví	Dráždí oči, dýchací cesty a pokožku. Zamezte vdechování.
<i>Obrázek 7 – Symbol „Nebezpečnost pro zdraví“ [42]</i>		
	Akutní toxicita	Při kontaktu, vdechnutí nebo požití může způsobit smrt. Maximální ochrana.
<i>Obrázek 8 – Symbol „Akutní toxicita“ [42]</i>		

	Vysoká nebezpečnost pro zdraví	Vážně škodí zdraví mnoha možnými mechanismy. Maximální ochrana.
<i>Obrázek 9 – Symbol „Vysoká nebezpečnost pro zdraví“ [42]</i>		
	Nebezpečné pro životní prostředí	Toxický pro vodní organismy.
<i>Obrázek 10 – Symbol „Nebezpečné pro životní prostředí“ [42]</i>		

Z GHS/CLP dále vychází systém H-vět a P-vět. H-věty neboli standardní věty o nebezpečnosti pomocí kombinace písmena „H“ a tří číslic označují konkrétní negativní projevy látky. P-věty neboli pokyny pro bezpečné zacházení pomocí kombinace písmena „P“ a tří číslic označují, jaká opatření jsou potřebná pro eliminování nebezpečí [41].

Dále z GHS/CLP vychází požadavky na informace o dodavateli, o označení výrobku a signální slova. Ta pomocí slov „nebezpečí“ a „varování“ rozlišují úroveň nebezpečí [41].

Na základě legislativy upravující přepravu nebezpečných látek (viz kapitola 3.3.5 *Legislativa*) je na prostředcích využívaných pro přepravu CBRN látek použita oranžová tabulka (specificky daných rozměrů se specifickým umístěním na vozidle, rozdělena na dvě části), která identifikuje látku a její povahu nebezpečí. Horní část tabulky obsahuje tak zvaný Kemler kód a spodní část tabulky tak zvaný UN kód. **UN kód** je charakteristické čtyřčíslí přiřazené konkrétní látce nebo směsi. Například ve spojení s aplikací Medis-alarm tak může zasahujícím jednotkám poskytnout okamžitou a kompletní informaci o látce nebo směsi. **Kemler kód** je dvou až čtyřmístné označení nebezpečnosti. Základem jsou dvě čísla vyjadřující nebezpečnost. Zdvojením čísel se zvýší intenzita nebezpečí. Přidáním písmena X se vyjadřuje to, že látka nesmí přijít do styku s vodou. Čísla Kemler kódu a k nim přiřazené nebezpečí:

- 2 – Plynná látka;
- 3 – Hořlavá kapalina;



- 4 – Hořlavost pevných látek;
- 5 – Látka podporující hoření;
- 6 – Jedovatá látka;
- 7 – Radioaktivní látka;
- 8 – Žíravá látka;
- 9 – Samovolná reakce;
- 0 – Dodatková číslice bez významu [39].

### 3.4 Činnosti na místě MU s CBRN

Jak již bylo v práci zmíněno, přítomnost CBRN látek v MU vyžaduje mnoho specifických opatření, techniky a postupů. Díky existenci IZS jsou naplněny požadavky na komplexnost zásahu. V rámci celého zásahu je do systému zvládnání MU zapojeno mnoho subjektů a každý z pomyslných článků řetězu a jeho správná funkčnost je nezbytný pro zajištění ochrany chráněných hodnot. Obecně lze charakteristické (pro MU s přítomností CBRN látek) činnosti, zpravidla nadstandardní oproti MU bez přítomnosti CBRN látek, rozdělit takto:

- průzkum a monitorování;
- identifikace látky;
- zajištění fyzické ochrany;
- dekontaminace;
- ochrana obyvatelstva;
- režimová a jiná opatření;
- specifická přednemocniční péče a transport ZZS;
- uzávěra vnější zóny PČR [17, 43–47].

Vzhledem k zaměření práce na taktickou činnost a rozhodování na místě zásahu se bude následující kapitola věnovat především činnostem z pohledu HZS. Další složky se zpravidla nepřibližují do blízkosti události a vykonávají svou činnost ve vnější zóně, kde již nepůsobí zdroj ohrožení. Pokud je potřeba činnost provádět v zóně s účinky ohrožení, je nutné se podrobit režimovým opatřením, která zpravidla stanovuje

a zajišťuje právě HZS. Zjednodušeně řečeno lze tedy říct, že činnost dalších složek IZS není rozšířena o nic nadstandardního, ale naopak spíše limitována o některé možnosti.

Následující kapitoly detekce, dekontaminace a fyzická ochrana popisují činnosti především pro MU s NChL a IZ. Pro výskyt B-agens se použije příslušná STČ, interní metodika a zapojí se klinická laboratoř prvotního sledu, která zajistí všechny odborné pokyny a činnosti [22].

Jak již bylo řečeno na začátku práce u některých MU s CBRN se dá predikovat jejich lokalita, vzhledem k tomu, že většina CBRN látek se zpracovává ve stacionárních objektech. Ty, pokud skladují/využívají nadlimitní množství CBRN látek vypracovávají **vnější a vnitřní havarijní plán**. Smyslem těchto plánů je zjednodušit průběh předpokládaných opatření nutných k záchraně chráněných hodnot před probíhající havárií. Vnější havarijní plán řeší opatření pro rozšíření události mimo objekt v tak zvané zóně havarijního plánování. Vnitřní havarijní plán obsahuje popis jednotlivých scénářů havárie a jejich řešení uvnitř objektu. Jedná se tedy o zpracování bezpečnostních opatření, obdobných, jako popisuje bojový řád a následující kapitoly, ale vztažených přímo na daný objekt, jeho okolí a jeho specifické možnosti. Výstupem z vnějšího havarijního plánu pro zasahující složky jsou **havarijní karty**. Ty zpracovávají všechna potřebná opatření stručně a přehledně pro všechny složky [7, 40].

V případě rozšíření radiační havárie mimo zónu havarijního plánování se postupuje podle národního radiačního havarijního plánu [48].

Pokud je třeba likvidační práce, které probíhají po eliminování nebezpečí z prodlení a nutnosti zvýšených nároků na zasahující složky, zajišťují je domluvené specializované havarijní a úklidové služby.

### 3.4.1 Bojový řád

Bojový řád jednotek požární ochrany je souhrn všech potřebných znalostí a metodik, které jsou potřeba po zvládnutí MU s přítomností CBRN látek z pohledu činností hasičů. První část se věnuje **obecným zásadám**, na základě kterých se odvíjí celý zásah. Od

přijetí zprávy o události přes transport a záchranu po návrat a uvedení do akceschopnosti. Dále je seznam **nebezpečí**, která zasahujícím jednotkám hrozí. Opět díky komplexnosti zásahu s CBRN látkami hrozí, že zdrojů ohrožení, a tedy nebezpečí, bude na místě MU více najednou. Přímo spojené s CBRN problematikou je především **nebezpečí infekce, intoxikace, ionizujícího záření, výbuchu výbušných látek a polychlorovaných bifenylyů**. Doprovodná nebezpečí jsou opaření, omrznutí, poleptání, popálení, přehřátí a výbuch.

Následuje sekce **Řízení**, která se věnuje taktice na místě zásahu a činnosti velitele zásahu. Tato sekce je opět velice důležitá, jelikož problematika CBRN přináší mnoho specifik (viz kapitola 3.3.3 *Specifika mimořádných událostí s CBRN*), která musí být velitelem zásahu zohledněna a implementována do rozhodovacích a řídicích procesů.

Další sekci je sekce **Ochrana obyvatelstva**, která je důležitá především díky varování a evakuaci. Pro CBRN události vzniklé ve stacionárním zařízení jsou zpravidla zpracovány Havarijní plány, které činnosti evakuace, varování atd. řeší v souborech konkrétních činností (viz kapitola metodika) přímo pro dané okolí, avšak dojde-li k dopravní nehodě s CBRN, jejíž lokalita je nepředvídatelná, bude tato sekce pro zamezení šíření dopadů události zásadní.

Dalšími sekcemi jsou **Požární zásahy, Součinnost, Dopravní nehody a Technické zásahy**. Ty se problematice CBRN přímo nevěnují, ale mohou být důležité pro zvládnutí doprovodných jevů [17].

Poslední sekce **Nebezpečné látky** se přímo věnuje problematice CBRN. Obsahuje podrobný popis činností a přístupů, rozdělený na tyto metodické listy:

- „Zásah s přítomností nebezpečných látek;
- činnost hasičů v nástupním prostoru;
- činnost hasičů v nebezpečné zóně;
- jištění hasičů při činnosti v nebezpečné zóně;
- pravidla komunikace a signály při činnosti hasičů v nebezpečné zóně;

- dekontaminační prostor;
- dekontaminace zasahujících hasičů;
- dekontaminace biologických látek;
- dekontaminace radioaktivních látek;
- havárie ohrožující vody, ropné havárie;
- ropné havárie – norné stěny;
- zásah při výskytu výbušných látek a výbušných předmětů před jejich iniciací;
- zápalné láhve;
- přečerpávání hořlavých kapalin;
- zásahy s únikem čpavku (amoniaku);
- zásahy s únikem chlóru;
- dekontaminace nebezpečných chemických látek.“ [17 sek. Nebezpečné látky].

Dále se v celém souhrnu metodických předpisů problematice přímo věnuje několik zásadních dokumentů. Jedná se především o **Řád chemické služby HZS ČR** a dále v kategorii „Konspekty odborné přípravy“ **Produkty hoření, Požáry otevřených technologických zařízení v chemickém průmyslu** nebo **Činnost jednotek požární ochrany při zásahu s nebezpečnou látkou** [17].

Na základě těchto metodik a ze STČ jsou vypracovány tak zvané **karty pro velitele zásahu**. Ty obsahují zestručněný obsah a posloupnost činností, které je nutné provést pro zvládnutí zásahu. Spolu s aplikací Medis-alarm, havarijními kartami dle havarijních plánů, dalšími příručkami a prospekty samotného velitele zásahu usnadňují náročnou odbornou a taktickou stránku zásahu.

### 3.4.2 Detekce

Prvotním a nejzásadnějším opatřením, respektive úkonem, potřebným pro překonání mimořádné události vojenského i nevojenského charakteru s přítomností CBRN, je včasný průzkum a jeho sekundární kroky, které s ním úzce souvisí. Jen na základě

zjištění, která plynou z průzkumu, jejich zasazení do kontextu události, správné interpretace dat a jejich průběžného přezkoumávání mohou jednotky přijmout taková opatření, která umožní výkon jejich předurčené činnosti a zároveň mohou svou činnost upravit tak, aby přímo reagovala na přítomnost CBRN látek (specifika první pomoci, ochranné pomůcky, režimová opatření atd.).

Základním předpokladem celého procesu ochrany před vlivy CBRN látek je včasné **zjištění** jejich **přítomnosti** pomocí detekce. Následně (pomocí vývoje technologií tato činnost často probíhá souběžně se zjištěním přítomnosti) je nutné **identifikovat druh a množství látky**, aby mohla být přijatá/navrhovaná opatření upravena tak, aby korespondovala se závažností události (ta je ovlivněna konkrétním složením/strukturou a koncentrací látky, způsobem úniku, počtem zasažených a dalšími faktory). Posledním krokem, který probíhá po celou dobu události, je **monitorování a průběžné vyhodnocování/predikce situace**. Tyto kroky mohou být rozšířeny o podrobné terénní analýzy nebo laboratorní kontroly, ale pro potřeby prvotního taktického rozhodování jednotek a pro realizaci neodkladných opatření nejsou tyto činnosti klíčové [47].

Zjištění přítomnosti zpravidla spustí systém ochrany na obecné úrovni. Tedy použití ochranných prostředků, na úrovni havarijního plánování použití plánů konkrétních činností a obecně taková opatření, jejichž charakter je spojen s negativními projevy CBRN látek (stanovení nebezpečné zóny, vnější zóny a zóny ohrožení, regulace pohybu atd.). Navazujícím krokem, tedy identifikací druhu látky, dochází ke zkonkretizování a úpravě obecných opatření. Jedná se například o upřesnění, které ochranné prostředky musí být použity (filtrační x izolační protichemický oblek, typ filtru dýchací masky), jak velké mají být stanovené zóny, která opatření z plánů konkrétních činností mají probíhat a jakým způsobem a jak se při mimořádné události chovat (například při mimořádné události s únikem ionizujícího záření jsou stanoveny přesné časové limity pro přesné dávky, během kterých mohou zasahující složky vykonávat svou činnost stejně tak HPK a další limity jsou definovány na určitý čas). Následným průběžným monitorováním a vyhodnocováním se re-validují opatření a vytváří se podklady pro další činnost jednotek a zasažených [49].

Zásadami pro bezpečnou a validní činnost průzkumu, především pro jednotky HZS, je:

- **racionální příjezd na místo MU;**
- **zohlednění směru větru;**
- **použití ochranných pomůcek;**
- **minimalizování nezbytné expozice;**
- **vzájemné jištění zasahujících;**
- **ostrážitost a odbornost při sběru a analýze dat [49].**

Dostupností, mírou potřeby dříve zmíněných kroků a technologickým vývojem jsou definovány i samotné detekční a analytické přístroje. Hasiči nebo vojáci, kteří potřebují vysokou mobilitu pro výkon své činnosti a kterým stačí pouze vědět, že se CBRN látka vyskytuje v jejich okolí, využívají odlišné přístroje a prostředky než laboratoře, které nejsou limitovány mobilitou, avšak musí látku identifikovat s velikou přesností.

Mezi základní způsob detekce patří **senzorické rozpoznání**. Subjektivní senzorickou analýzou zápachu, barvy, konzistence a chování látky v prostředí (vytváření mlhy, reakce s životním prostředím atd.) lze nejen dedukovat chování látky a přijmout nezbytná opatření, ale často i identifikovat konkrétní druh látky. To však připadá v úvahu pouze u nízkých (neletálních) koncentrací, a především u chemických látek. Mezi výhody tohoto způsobu patří, že může sloužit jako prvotní varování jednotek a je nezávislé na technice. Bohužel ale přináší spíše nevýhody, mezi které patří nepřesnost, aplikovatelnost zpravidla jen u chemického ohrožení, a především nebezpečnost, jelikož senzoricky zjistitelné koncentrace látky jsou často větší, nebo podobně vysoké jako prahové dávky účinku na organismus. Jelikož je mezi nevýhodami možnost ohrožení zdraví zasahujících jednotek, na tento způsob se nespolehá a vytvářejí se takové metody, které toto ohrožení eliminují [47].

Mezi první prostředky detekce chemických nebezpečných látek, které na přijatelné minimum limitovaly potenciální riziko spojené s přítomností látky, patří průkazníkové (detekční) prášky, papírky nebo trubičky. Ty pomocí barevné reakce signalizují

přítomnost nebezpečných látek. K vhnání vzduchu s obsahem nebezpečné látky do připravené reaktivní látky se začaly používat pomocná zařízení, a tak vznikly například známé chemické průkazníky CHP, které jsou dodnes používané a oblíbené pro svou jednoduchost. Opodstatněný trend zvýšených nároků na rychlost a přesnost chemického průzkumu však do výbavy jednotek zavedl poloautomatické nebo automatické přístroje, které navíc zajišťují mechanickou odolnost, jednoduché ovládání a možnost být dekontaminovány bez narušení jejich funkčnosti.

Hlavní disciplínou oblasti detekce a identifikace jsou **nebezpečné chemické látky**. Především proto, že jsou nejčastější příčinou MU s přítomností CBRN látek, mohou vznikat v mnoha fázích zpracování NChL a z mnoha příčin. Ohrožení chráněných hodnot zpravidla nastává hned po začátku MU a je tedy potřeba neprodleně započít potřebná opatření. Systém chemického průzkumu u HZS je rozdělen do tří stupňů. Základní, což jsou zasahující jednotky, střední, což jsou chemické laboratoře a nejvyšší, což je Institut ochrany obyvatelstva. Pro účely práce jsou nejdůležitější prostředky detekce a identifikace u zasahujících jednotek. Ty využívají podle úrovně předurčenosti jodoškrobové papírky, detekční trubičky až spektrometrické přístroje [10, 47, 50].

Detekce a identifikace **B-agens** patří v rámci prvotního průzkumu k nejsložitějším, avšak zároveň k relativně méně důležitým činnostem. Účinná opatření pro zvládnutí MU s přítomností B-agens jsou sice velice náročná, obzvláště při využití B-agens s velkým potenciálem šíření, ale jejich odhalení a identifikování zpravidla neprobíhá v terénu, jelikož není kladen takový důraz na rychlost jako na odbornost. Mimořádná událost s přítomností B-agens zpravidla trvá dny a více, zatímco ostatní mimořádné události s přítomností CBRN látek vyžadují včasnou reakci v rámci minut. Detekce a identifikace tedy probíhá především v laboratořích. Přesto jsou vyvíjeny technologie, které umožňují terénní detekci a alespoň orientační identifikaci. Základní složky IZS však i tak hrají v rámci průzkumu nepostradatelnou roli, jelikož mohou zajišťovat sběr vzorků. Kromě toho dále zajišťují ostatní činnosti popsané v kapitolách 3.4.3 až 3.4.6. Detekci jako takovou však neprovádí.

Ke sledování **ZIZ** jsou jednotky vybaveny indikátory, radiometry a dozimetry, které se dále dělí na osobní dozimetry a zásahové dozimetry. Základní jednotky jsou vybaveny osobními dozimetry a zásahovými dozimetry, které zároveň plní funkci indikátorů. Střední a opěrné jednotky jsou vybaveny osobními dozimetry, zásahovými radiometry (které plní stejnou funkci jako zásahové dozimetry, ale jsou rozšířeny o měření plošné kontaminace a fungují jako plnohodnotný radiometr) a pro specifické činnosti měříče povrchové kontaminace a další zařízení. Pro účely této práce však předpokládáme pouze přítomnost vybavení základní jednotky.

**Osobní dozimetry** slouží především k indikaci překročení zásahových úrovní jednotlivých hasičů, ale umožňují i další funkce, jako výčet historie obdržené dávky nebo zobrazení aktuálního příkonu dávkového ekvivalentu. HZS aktuálně plošně používá typ SOR/DMC.

**Zásahové dozimetry** slouží jako indikátory přítomnosti IZ, umožňují vytyčení bezpečnostních zón a signalizují dolní mez (výstražná) a horní mez (limitní) příkonu dávkového ekvivalentu, které určují průběh zásahu. HZS aktuálně plošně používá typ UltraRadiac URAD 115/SUPER [47].

S detekcí úzce souvisí proces **monitorování**, který z dlouhodobějšího hlediska sleduje výskyt a chování detekovaných látek. Monitorování je zásadní především z hlediska dlouhodobějších opatření, sledování vývoje události a případné prevence vzniku dalších nežádoucích dopadů.

### 3.4.3 Fyzická ochrana

Fyzická ochrana je souhrnný pojem pro technická opatření, která snižují nebo eliminují negativní působení nežádoucích jevů. V rámci problematiky CBRN se jedná především o ochranu života a zdraví osob. K tomu jsou využívány prostředky individuální a kolektivní ochrany.

Pro různé látky různých koncentrací a za různých podmínek je potřeba zvolit správnou úroveň ochrany. Existuje tedy mnoho kategorií prostředků, které se podle



dané situace kombinují. Prostředky individuální ochrany se dělí na ty, které chrání horní cesty dýchací a na ochranné oděvy, které chrání povrch těla. Prostředky zabezpečující bezpečné dýchání se dělí na filtrační dýchací přístroje a izolační dýchací přístroje (dále jen „IDP“). Mezi filtrační dýchací přístroje spadají respirátory různých propustností, používané zpravidla pro zamezení vdechnutí prachu. Dále pak filtrační masky s filtrem, které díky utěsnění zajistí, že veškerý vdechovaný vzduch projde skrz filtr, který oddělí podle svého určení nežádoucí složky ze vzduchu. IDP využívají vlastní zdroj kyslíku, a to z uzavřeného či otevřeného okruhu. Ochranné oděvy, doplněné rukavicemi a dalšími doplňky, se zpravidla dělí podle vlastností látky, kterou mají udržet oddělenou od těla. Základním oděvem pro tyto potřeby je gumová pláštěnka, následují neplynotěsné ochranné obleky a plynotěsné ochranné obleky rovnotlaké nebo přetlakové.

Prostředky kolektivní ochrany jsou ochranné stavby, zajišťující izolování od nebezpečí. Jejich rozdělení je definováno především schopností izolovat kapalné látky, plyny, radiaci a odolat tlakové vlně (tak zvané „stálé tlakové úkryty“). Mezi další faktory patří mobilita, kapacita, možná délka pobytu a úroveň vnitřní ochrany, jako je filtrace vzduchu [17 č. SIAŘ 6/17; 47].

#### **3.4.4 Dekontaminace**

„Pojmem dekontaminace označujeme obecně zneškodnění nebo účinné odstranění látek z významných živých a neživých objektů“ [47 s. 187].

Proces dekontaminace se dělí podle několika kritérií. Hlavní rozdělení je na základě toho, jakou látku dekontaminujeme. Pro odstranění chemických látek se používá proces odmořování neboli detoxikace. Pro odstranění B-agens se používá proces dezinfekce a pro dezaktivování radioaktivních materiálů proces dezaktivace. Rozdílné procesy využívají různé látky a různé mechanismy a postupy aplikace a působení.

Podle použité technologie dělíme dekontaminaci na metody mechanické, fyzikální, fyzikálně-chemické a chemické. Mechanické zahrnují odstranění nebo překrytí kontaminovaného materiálu, fyzikální a fyzikálně-chemické zahrnují odpaření,

rozpuštění, omytí a absorpci a chemické zahrnují procesy, kdy dekontaminační činidlo mění strukturu nebezpečné látky a tím deaktivuje její potenciál škodit.

Posledním kritériem je průběh dekontaminace. Zde rozlišujeme, jaké objekty dekontaminujeme (osoby, zvířata, povrchy, techniku, materiál, terén a potraviny s vodou) a s jakou naléhavostí to probíhá. Podle naléhavosti rozlišujeme primární dekontaminaci, která zpravidla mechanickým odstraňováním a omýváním zajišťuje hrubé, ale rychlé a technický nenáročné odstranění nebezpečné látky. Sekundární, neboli úplná dekontaminace zajišťuje úplné odstranění nebo deaktivování látky [47].

#### 3.4.5 Ochrana obyvatelstva a další činnosti

Při MU menšího rozsahu zpravidla stačí obyvatelstvo či účastníky samotné MU dostat mimo působení CBRN ohrožení. Pokud byli kontaminováni, podrobit je dekontaminaci, případně jim zajistit zdravotnickou péči, zajistit individuální ochranu a evidenci. Jedná-li se o událost většího rozsahu (vzniklou ať už ve stacionárním objektu nebo při přepravě CBRN látek), je k zajištění ochrany obyvatelstva nutné realizovat činnosti shodné s tak zvanými **plány konkrétních činností**, které vycházejí z havarijních plánů. Ty obsahují popis záchranných a likvidačních prací pro komplexní řešení MU.

- Plán **vyrozumění** obsahuje postupy prvotního předání informace o MU dotčeným subjektům za pomoci spolehlivých informačních toků.
- Plán **varování a informování obyvatelstva** obsahuje způsoby a principy předání informace o MU veřejnosti, a to jak z technického hlediska sdělování zprávy samotné, tak z hlediska vytváření obsahu a srozumitelnosti zprávy.
- Plán **ukrytí obyvatelstva** obsahuje zásady ukrytí a přehled krytů a vhodných staveb.
- Plán **evakuace obyvatelstva** obsahuje zásady, rozsah a postupy zabezpečení evakuace.
- Plán **individuální ochrany** obyvatelstva obsahuje možnosti a postupy rozdělení ochranných prostředků a možné způsoby zajištění improvizované ochrany.

- Plán **dekontaminace** obsahuje určená stanoviště dekontaminace a způsoby jejich činností.
- Plán **monitorování** obsahuje způsoby sledování a vyhodnocování situace a jejích následků.
- Plán **záchranných a likvidačních prací** obsahuje předpokládanou potřebu sil a prostředků (dále jen „SaP“), potřebné úkoly/činnosti a instrukce k provedení těchto úkolů.
- Plán preventivních opatření k zabránění nebo **omezení domino efektu** havárie obsahuje seznam objektů, které mohou způsobit domino efekt a činnosti, které tomu mohou zabránit.
- Plán **regulace pohybu** osob a vozidel obsahuje ohraničení zóny, vstupní a výstupní zóny a principy regulace.
- Plán **jodové profylaxe**, pro případ úniku radioaktivního záření.
- **Traumatologický plán** obsahuje postupy k zajištění zdravotnické péče a pomoci postiženým MU, včetně režimů ochrany zdraví a zajištění kapacit.
- Plán **veterinárních opatření** obsahuje postupy nutné k ochraně hospodářských zvířat a postupy v případě velkého úhynu zvířat.
- Plán **zamezení/regulace distribuce** a požívání potravin, krmiv a vody kontaminovaných nebezpečnou látkou.
- Plán **opatření při hromadném úmrtí osob** obsahuje způsoby vyhledávání, identifikace a pohřbení.
- Plán **opatření k minimalizaci dopadů na kvalitu životního prostředí** obsahuje přehled možných dopadů a činnosti vedoucí k jejich zabránění.
- Plán **zajištění veřejného pořádku** a bezpečnosti.
- Plán **komunikace s veřejností** a hromadnými informačními prostředky obsahuje přehledy spojení, předpřipravené texty a nahrávky a náhradní způsoby sdělování informací.
- Plán **nakládání s odpady** vzniklými při závažné havárii [36, 51].

### 3.4.6 Režimová a další opatření

Režimová opatření vychází ze samotného zdroje ohrožení a z nutnosti provádění jednotlivých činností. Aplikují se dle prostorového rozdělení místa MU a obecně se dají rozdělit na:

**Vymezení specifických zón**, charakteristické nebezpečím a prováděnými činnostmi:

- Nebezpečná zóna (bezprostřední působení ohrožení), pro kterou platí používání prostředků fyzické ochrany, stanovená doba pobytu, řízený vstup i výstup. Určení poloměru:
  - hořlavé kapaliny, louhy, kyseliny 5 metrů;
  - jedovaté žíravé plyny, páry, prachy 15 metrů;
  - látky schopné výbuchu (páry, plyny, prachy) 30 metrů;
  - radioaktivní látky 50 metrů (případně upraveno dle metodiky);
  - třaskaviny, rozsáhlé oblaky par 100 až 1000 metrů [17 č. 2–02].
- Vnější zóna (uzavření místa MU), kde se soustřeďují SaP, dekontaminace atd. Je řízen vstup osob a opatření k ochraně obyvatelstva.
- Zóna ohrožení, kde se předpokládá možný vývoj MU;
- Bezpečnostní zóna, která se vymezí v případě úniku radiace. Jsou na ni aplikována stejná režimová opatření jako na nebezpečnou zónu, ale z hlediska dávek radiace je zde možné pro jednotky IZS vykonávat činnost bez potřeby časových limitů[17].

Zavedení **limitů pohybu** ve vymezených zónách. Limity zahrnují různé úrovně fyzické ochrany nebo časové omezení. To je definováno například možností fyzického vyčerpání, odolností materiálů výstroje, kapacitou dýchací techniky nebo obdrženými dávkami ozáření:

- 1mSv/zásah – při událostech, které nevedou k ohrožení života;
- 20mSv/zásah – při událostech vyžadující neodkladná opatření k záchraně života;

- 100mSv, 500mSv/zásah – při událostech vedoucích k ohrožení velkého počtu osob a ve výjimečně zdůvodněných případech [17 č. 4/N].

**Evidence osob**, a to jak těch, které opouští místo MU (raněné osoby, přihlízející atd.), tak těch, které přijíždí na místo MU vykonávat svou činnost. Důvodem je přehled dodržování konkrétních opatření, zajištění dekontaminace, monitorování stavu atd. [17, 43].

**Vymezení nástupního prostoru**, kde je zajištěna kontrola výzbroje a výstroje, evidence a bezpečnostní pohovor. Ten má za úkol rekapitulaci:

1. „Úkolů a předpokládaných postupů činností;
2. dané nebo předpokládané nebezpečí, zvláštnosti a možné komplikace;
3. pravidla komunikace a signály;
4. vstupní a výstupní trasa, místo dekontaminace“ [17 č. 2–02].

Zajištění **jisticí skupiny** hasičů, která je případně připravena vstoupit do nebezpečné zóny a zajistit asistenci první skupině [17].

### 3.5 Psychologické aspekty MU s CBRN

Nadměrná zátěž, kterou účast u MU bezesporu je, vyvolává stresové reakce. Do jisté míry je člověk schopný se těmto vlivům bránit, ale pro každého jedince existuje hranice, kdy stres začne mít negativní vlivy na jeho rozhodování, chování, fyzický stav a psychický stav. Sledování těchto zátěžových faktorů, které překročení pomyslné hranice negativních vlivů způsobují, pomáhá nejen při přípravě zasahujících příslušníků složek IZS v prevenci vzniku nežádoucích stresových reakcí, ale i při zvládnutí události samotné, jelikož způsob komunikace s postiženými událostí a vyhovění jejich psychologickým potřebám usnadňuje přijímání specifických opatření (postižení spolupracují) a předchází vzniku traumatizujících zážitků [15].

Na základě psychologické analýzy [9 s. 64–118] provedené při cvičení MU s CBRN se dají zátěžové faktory rozdělit do následujících kategorií:

- „Strach o vlastní život;
- strach a nedůvěra ve vybavení;
- strach z profesionální chyby;
- operační nejistota situace;
- časová tíseň;
- problémy velení;
- diskomfort práce;
- povaha a rozsah události;
- velké množství zasažených lidí;
- smrt druhých lidí“ [9 s. 75–76].

Po skončení události se podle analýzy u zasahujících jednotek projevil strach z možných zdravotních následků. U postižených událostí se jako nejzásadnější zátěžový faktor projevila nejistota z probíhající situace. Tu lze snižovat pomocí projevení empatie, profesionality a předání vhodných informací [9].

### 3.5.1 Krizová komunikace

Krizová komunikace je jakákoliv komunikace, která proběhne během řešení krizové situace, respektive MU. Rozdělujeme ji na externí a interní. **Interní komunikace** je předávání informací mezi zasahujícími složkami a odpovědnými orgány. K tomu jsou vytvořeny dedikované informační kanály. Je nutno zajistit jednotnost, srozumitelnost a rychlost sdělení [52].

**Externí komunikace** je předávání informací veřejnosti, a to jak té přímo na místě, tak pomocí médií. Při MU s CBRN je externí komunikace důležitým aspektem ochranných opatření, jelikož je zásadní předat jasné a stručné informace, které povedou k eliminaci ohrožení chráněných hodnot (zejména lidských životů díky evakuaci atd.). Pro komunikaci s veřejností z dlouhodobějšího horizontu (tedy zpravidla pomocí médií

a v situaci, kdy je potřeba oslovit více lidí i mimo samotné místo MU) jsou doporučeny následující principy:

- používat krátká sdělení;
- plánovat a průběžně vyhodnocovat komunikaci;
- poskytovat srozumitelné informace a ověřovat si jejich pochopení;
- nebagatelizovat následky MU;
- vyvažovat negativní a pozitivní zprávy;
- kontrolovat neverbální projevy [52, 53].

### 3.6 CBRN Terrorismus

Spojením terorismu a negativních následků CBRN látek dochází ke značné synergii, a tedy navýšení potenciálních následků (i proto se toto spojení nazývá „ultra-terorismus“ nebo super-terorismus“). Pro účely práce v rámci terorismu popíšeme především aspekty, které z této synergie plynou nebo ji způsobují [10].

Cíl a provedení teroristického útoku se odvíjí od motivace a možnostech organizátora. A právě tento cíl se projeví na podobě taktického zásahu. Kromě forem probíhajících ve virtuálním prostředí existují i formy terorismu, které nemají za cíl zneškodnit nepřítele pomocí zabíjení, ale například pomocí přetížení systému, vyřazení objektu kritické infrastruktury nebo vyvoláním strachu. Byť jsou tyto formy projevu relativně nenáročné na zvládnání z hlediska neodkladných opatření probíraných v této práci, jejich zvládnání je pro IZS velice náročné. Mohou se projevovat například narušením vnitřního pořádku, nedostatkem důležitých surovin a nutností nouzového zásobování nebo neschopností státu poskytovat určité služby. Všechny tyto projevy jsou zatížením pro složky IZS, ale jejich zvládnání je zásadní spíše z hlediska strategické úrovně [18].

Pro práci zásadní formou jsou útoky, které mají za cíl přímo či nepřímo ohrožit životy (tak zvané letální formy) a vyžadují neodkladná opatření ze strany IZS. Ty se dále dělí na konvenční a nekonvenční. Nekonvenční představují použití právě CBRN látek a lze

je dále dělit podle použití samotné CBRN látky, ZHN nebo způsobení havárie, která způsobí únik CBRN látky. Samotný princip projevu útoku je obdobný jako u neúmyslných MU s CBRN, ale s několika pozměněnými faktory, které mají velký vliv na finální dopady [10].

Faktory:

- předpoklad použití v místě s velkým pohybem osob;
- ohlášení až po úniku CBRN látky, která hned od začátku MU působí;
- nutnost očekávat další zdroj ohrožení;
- předpoklad rázového rozšíření do velké plochy;
- předpoklad použití v místě, které komplikuje zásah (špatná dostupnost);
- rozsáhlá panika;
- minimum vstupních informací;
- přehlčení požadavků;
- značný mediální zájem [18, 43].

Tyto faktory mají vliv především na taktické řízení zásahu, a to formou jeho přetížení požadavky. Velitel zásahu, aby předešel ztrátě kontroly nad situací a byl schopný dodržet všechna potřebná opatření, musí vhodně delegovat povinnosti a využít k řízení všech pomocných prostředků.

Dále jsou vypsány některé aspekty vycházející z kombinace MU s CBRN a cílů a metodik terorismu:

- Možnost specifické profylaxe využitá k ochraně útočníka;
- CBRN látky jsou základem pro zbraně hromadného ničení;
- CBRN poskytují nižší náklady než použití konvenčních zbraní (podle kalkulací pro vojenské účely je použití jaderných zbraní více jak 2x levnější, použití chemických zbraní je 3x levnější a použití B-agens až 2000x levnější) [28];
- útočník nemusí být v době útoku přítomen;



- CBRN působí mnoha mechanismy účinku a je proti nim obtížná ochrana (pro kompletní ochranu by musela být chráněná osoba v přetlakovém obleku, odstíněna, v krytu a konzumovala by pouze dekontaminované potraviny);
- strach z „neviditelné“ hrozby podporuje vznik paniky obyvatel a komplikuje zásah složkám IZS;
- relativně snadná dostupnost některých CBRN látek;
- útok pomocí CBRN látek je vhodný k vydírání, jelikož je schopný ohrozit velké množství chráněných hodnot (životy, majetek, životní prostředí) a je obtížné mu předcházet;
- „špinavá bomba“ je na rozdíl od atomové bomby relativně dostupná a dokáže způsobit srovnatelné ztráty na životech;
- mechanismy účinku CBRN látek lze zaměřit pouze na působení na živé organismy a tím zintenzivnit dopady na psychiku;
- nevýhodou pro teroristy/výhodou pro bezpečnostní složky:
  - potřeba odborného zacházení;
  - u B-agens je obtížné zajistit účinek jen na cílovou skupinu;
- podle katastrofických odhadů může útok vhodně zvoleným B-agens způsobit až miliardy obětí;
- útok na měkké cíle (letištní hala) a těžko dostupné prostory (metro) je snazší, jelikož je potřeba propašovat menší „zbraň“ [10, 11, 22, 28, 47].

## 4 METODIKA

Pro komplexní zhodnocení problematiky a možného návrhu cvičení byla použita kvalitativní analýza dat (dokumentace cvičení IZS a strukturované rozhovory), založená na interpretaci tematických okruhů, vycházející z interpretativní analýzy. Na jejím základě byla stanovena osnova a koncept cvičení, které se následně vymodelovalo v programu XVR.

Po zhotovení modelace si cvičením prošli zástupci IZS, zejména velitelé čet a družstev HZS. Pro komplexnost však cvičení absolvovali i řadoví hasiči a strojníci, a vzhledem k potřebě součinnosti HZS s ostatními složkami IZS byla vytvořena i verze pro PČR, kterou si prošli její zástupci. Součástí cvičení byl i strukturovaný rozhovor zaměřený na validaci dat z prvotní analýzy.

Následně byl vytvořen finální návrh cvičení s instrukcemi.

Vzhledem k opatřením v důsledku pandemie nemoci COVID-19, která probíhala během psaní této práce a zapříčinila zásadní změnu ve formě cvičení, byla část praktické části rozšířena o vytvoření instruktážního videa na zásah u dopravní nehody s pacientem s potvrzenou nemocí COVID-19. Instruktážní video bylo vytvořeno na základě poznatků z předešlých analýz pomocí nástroje XVR. V případě zájmu a svolení fakulty bude video poskytnuto pro výukové a instruktážní účely.

### 4.1 Vizualizační nástroj XVR

Softwarový nástroj XVR slouží k vytváření vizualizací prakticky všech druhů mimořádných událostí pro potřeby výuky v oblasti krizového řízení. Jeho základní funkcí je modelace reálně vypadajícího prostředí pomocí reálně vypadajících objektů. K těmto účelům jsou v databázi programu objekty z prostředí záchranných složek a možných mimořádných událostí (příslušníci jednotek IZS, vybavení, transportní prostředky atd). Statické objekty jsou dále rozšířeny o animované objekty a interaktivní objekty. Animované objekty, zejména požáry, proudy vody, úniky chemikálií a kouř,

slouží ke zvýšení realistického projevu události. Interaktivní objekty umožňují vizualizovat vývoj události a přímé zapojení cvičícího.

V nástroji XVR se vytváří tak zvané scénáře, které pomocí modelace prostředí umožňují samotný výcvik. Scénáře mohou být čistě vizualizační nebo interaktivní. Čistě vizualizační obsahují modelaci prostředí a výcvik probíhá formou pozorování a následného vyhodnocování. Tyto scénáře mohou být využity například pro nácvik organizačního členění zásahu. Interaktivní scénáře (složené z modelace prostředí a logických funkcí) umožňují přímé zapojení cvičícího, a to na několika úrovních. Interaktivita může spočívat v rozšířených možnostech pozorování (procházení místa MU, transport vozidly, letadly atd.), v ovládání objektů (směrování hasičské proudnice, přemísťování objektů, třídění raněných atd.) a v ovlivňování celého průběhu události (rozdělování úkolu personálu, vytváření činností, povolování jednotek). Interaktivita je řízena logickými funkcemi programu nebo operátorem scénáře. Práce v samotném nástroji vyžaduje náročnou interakci v jeho ovládacím prostředí a je tedy nutné vyvážit možnosti operátora právě logickými funkcemi.

Logické funkce udávají samotné možnosti scénáře. Jejich východiskem jsou primární funkce interaktivity. Tedy například pohyb objektu, spojení objektu, zneviditelnění objektu, změna stavu objektu, změna nastavení objektu, animování objektu, spuštění zvuku, propojení objektů, teleport objektů atd. Základní logické funkce jsou tak zvané spouště, které po zvolené interakci předem definovaného objektu za předem definovaných podmínek spustí nějakou primární funkci. Spouště tak mohou být využity například pro iniciaci požáru po příchodu cvičícího do předem definované lokality.

Další logickou funkcí jsou události. Ty umožňují vytváření sekvencí primárních funkcí, spouští a jsou doplněny o prodlevy. Událost může být využita například tak, že po vstoupení cvičícího do budovy se spustí časovač, který po určitém časovém úseku spustí požár, požární alarm a po uplynutí další prodlevy například výbuch skladovaného plynu.

Logické funkce mohou být dále spojovány pomocí avatara, který plní úkoly předem definovaného personálu. Vytvoří se sekvence funkcí a činností, které následně operátor nebo samotný cvičící přiřadí k personálu, který má na místě k dispozici. Tato funkce je vhodná především pro nácvik taktického řízení zásahu.

Řízení scénáře je dále rozšířeno o možnosti regulace počasí (viditelnost, teplota, síla a směr větru, denní doba atd.). Na směr a sílu větru reagují interaktivní objekty úniku CBRN látek a mění tak směr a dosah emitujících částic či záření. Ostatní meteorologické podmínky jsou zpravidla k doplnění realističnosti a případně k ovlivnění průběhu zásahu (lze očekávat jiný postup za světla než za tmy). Součástí nástroje XVR je i XVR RM, neboli nástroj pro management zdrojů (pro IZS je spíše vhodný „management sil a prostředků“). Ten umožňuje na základě reálných mapových podkladů simulovat a cvičit činnosti operačního důstojníka. Tedy umožňuje vysílat a řídit jednotky složek IZS na místa mimořádných událostí. Výjezd jednotek probíhá v reálném čase, je nutné sledovat kapacity nádrží atd. Jelikož je práce zaměřena na taktický zásah, tato část nástroje nebyla ve scénářích implementována.

#### **4.1.1 Postup vytváření scénáře**

1. Základem je založení prostředí odpovídající výskytu a povaze události. Do prázdného prostředí se následně vloží všechny objekty, které jsou nutné k vizualizaci mimořádné události. V případě dopravních nehod (které jsou využity v praktické části této práce) se tedy jedná o objekty samotné nehody (auta, raněné osoby, uniklé provozní kapaliny, kouř, případný požár atd.), objekty povolaných jednotek složek IZS (zásahová auta, jednotliví příslušníci, vybavení atd.) a následně objekty okolního prostředí (stromy, domy, auta atd.).
2. Dále se objekty přesunou na finální místa, nastaví se jejich viditelnost a důležité vlastnosti stavu (jedná-li se čistě o vizualizační scénář, zde postup modelace končí).
3. V dalším kroku se vytváří animované objekty (například okolní doprava, činnosti účastníků nehody atd.).

4. Po vložení všech objektů se definuje jejich logická závislost. Tedy jak na sebe vzájemně objekty reagují a k jakým změnám dochází při definovaných činnostech/momentech.
5. Na závěr se logické operace a primární funkce objektů dávají do sekvencí pomocí událostí a případně se vytváří prostředky interakce cvičícího s prostředím.

#### 4.1.2 Presentace cvičení

Vyhotovený scénář cvičení je zpětně spustitelný pouze v nástroji XVR. Cvičení tedy probíhá u licencovaného počítače. Podle míry interaktivity cvičení si cvičící prohlíží místo události, nebo se v něm pomocí ovládacích prvků (myš, klávesnice, joystick) pohybuje. Je-li potřeba, operátor scénáře spouští připravené funkce scénáře (spouště, události atd.). Pro cvičícího jsou připraveny podklady (havarijní karty, výstupy z medis-alarm, pomůcky velitele atd.), které by měl k dispozici v době zásahu.

Vyhodnocení v tomto případě probíhá pomocí vizuálního vyhodnocování operátorem/hodnotitelem. Lze sledovat časové prodlevy činností, posloupnost činností, vyhodnocování identifikátorů nebezpečí a vše lze doprovázet rozhovorem se cvičícím zaměřeným na sledované aspekty.

Během provádění výzkumu práce byl v důsledku karanténních opatření zakázán vstup do prostor stanic jednotek IZS. Cvičení tedy bylo prezentováno formou předem nachystaných videí a vyhodnocováno pomocí záznamových archů. Cvičení tak bylo limitováno o interaktivitu a vlastní možnosti průzkumu a pohybu po místě MU, ale zároveň bylo prezentováno přístupnější formou (jak z hlediska pochopitelnosti pro cvičící, tak z hlediska možnosti šíření cvičení) a cvičící se mohli více zamyslet na taktikou zásahu.

Namodelované scénáře je dále možné využít i formou výuky a debaty nad řešením dané situace. V této formě lektor sám ovládá pohyb v prostředí, přednáší postupy, pomocí logických funkcí ukazuje postup řešení a může diskutovat realizovaná opatření. Tato forma byla využita pro realizaci instruktážního videa na COVID-19.

## 4.2 Analýza dokumentace cvičení

Jako data byla použita vyhodnocení taktických a prověřovacích cvičení IZS zaměřených na CBRN látky. Ta jsou v rámci interních aktů řízení HZS dokumentována ve dvou fázích. První fází je příprava a stanovení cílů cvičení. Druhou fází je zhodnocení splnění cílů, vypsání pozitiv a negativ a návrhy na opatření. To provádí hodnotitel cvičení spolu s řídicím cvičení. Na základě dokumentace druhé fáze byly vytvářeny tematické okruhy, které následně sloužily jako podklady pro cvičení zhotovené v XVR [17 č. SIAŘ 7/09].

Pro následnou validaci výsledků analýzy byly do dat zahrnuty strukturované rozhovory se cvičícími. Ty byly zaměřeny na obecná témata problematiky CBRN a na možnosti cvičení právě v XVR. Virtuální prostředí přináší výhody i nevýhody. A právě v této druhé fázi analýzy byly tyto odlišnosti zohledněny, aby výsledný návrh cvičení trénoval ty části zásahu, které jsou touto formou nejlépe realizovatelné.

### 4.2.1 Postup analýzy

První fáze analýzy spočívá v reflexi výzkumníkovy zkušenosti s tématem. V této fázi byl jako hlavní definován postoj výzkumníka jakožto studenta s obecnými znalostmi o problematice, které nejsou zatíženy zautomatizováním některých činností na místě zásahu a umožňují tak komplexnější přístup, ale zároveň jsou limitovány o znalost z praxe, a tedy o souvislosti mezi některými činnostmi.

Druhou fází je čtení samotných dat (cvičení a strukturovaných rozhovorů) a pochopení jejich obsahu a kontextu.

Třetí fází je vytváření obecných témat. V této části byly postupně ze všech cvičení vypisovány jejich zásadní cíle, pozitiva, negativa a navrhovaná opatření.

Ve čtvrté fázi se z vypsání poznatků vytvářely tematické okruhy. V této fázi se pracovalo pouze s daty ze třetí fáze analýzy.

V páté fázi se pomocí zpětného propojování vzniklých okruhů ladilo přesné znění výsledných poznatků [54].

#### **4.2.2 Strukturovaný rozhovor**

Strukturovaný rozhovor byl využit pro validaci výsledků analýzy dokumentace cvičení IZS. Dále sloužil jako zdroj rozšíření vstupních dat do analýzy s odlišností v tom, že tato data vycházela ze cvičení uskutečněném již ve virtuálním prostředí. Vzhledem k předpokladu, že virtuální prostředí a jeho možnosti nemají zatím definovány specifická využití, a především nejsou stanoveny samotné podmínky využití, bylo nutné před vytvořením závěrů analýzy, práce a scénářů cvičení samotných ověřit, jaký vliv mají na výsledky cvičení právě aspekty virtuálního prostředí.

Okruhy rozhovoru byly vytvářeny na základě předešlé analýzy dokumentace cvičení IZS. Byly stanoveny okruhy:

- Vliv přítomnosti CBRN látek u MU na psychiku;
- rozhodovací procesy při MU;
- informační zdroje pro rozhodovací procesy při MU;
- limitující aspekty při MU s CBRN;
- přínosnost cvičení na MU s CBRN.

### **4.3 Instruktažní video**

Metodika vytváření instruktažního videa se odvíjela od namodelovaného scénáře v XVR. Na základě přehlednosti jednotlivých pohledů a vzniklých animací byl stanoven koncept a rozložení výsledného videa. Pro přehlednost byla zvolena kombinace několika sdělovacích forem. Základní pohled z ptačí perspektivy byl doplněn o detailní záběry některých klíčových činností a grafickým zvýrazněním a popsáním některých zón v rámci zásahu. Celý průběh byl hlasově okomentován a v bodech sepsány jeho zásady v textovém poli vloženém ve videu.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Analýza dokumentace cvičení

Jako vstupní data analýzy byly použity dokumenty cvičení IZS, a to konkrétně vyhodnocení od hodnotitelů cvičení. To obsahuje vyhodnocení splnění cílů, vyhodnocení připravenosti a akceschopnosti, nedostatky a návrhy na opatření [17 č. SIAŘ 7/09].

Bylo použito vyhodnocení 36 různých cvičení uskutečněných v letech 2013 až 2019. Závěry v hodnocení, které vycházely ze staré metodiky a v aktuální metodice jsou již upraveny, nebyly do analýzy zahrnuty. Všechna cvičení byla zaměřena na problematiku CBRN, 31 cvičení na únik NChL a 5 cvičení na únik/nález B-agens. Z cvičení na B-agens byla 4 zaměřena na reakci na ohlášení pravděpodobného výskytu vysoce nakažlivého pacienta a 1 na dopravní nehodu s přítomností vysoce nakažlivého pacienta. Z cvičení na NChL bylo 15 cvičení na únik ze stacionárního zdroje a postup zásahu byl řízen havarijní kartou pro daný únik, což mělo vliv na zvládání činností. Jednotky se zpravidla mohly soustředit na propojování činností samotných, namísto organizačního členění a zvládání zásahu. 16 cvičení na NChL bylo zaměřeno na únik v důsledku dopravní nehody, hoření nebo za situace, pro kterou nebyly připraveny havarijní karty. Zde případné nedostatky pramenily právě z neznámého prostředí a z organizačních a taktických chyb. 33 cvičení bylo taktických a 3 byly prověřovací.

Ve třetí fázi analýzy byla separována témata, která nesouvisí s místními podmínkami zásahu nebo specifikem cvičení a byly vytvořeny dvě obecné kategorie, Cíl cvičení a Návrhy na zlepšení. Toto rozdělení slouží k závěrečnému definování výsledků a validování důležitosti jednotlivých výsledků na základě četností.

**Cíle cvičení** popisují, na co bylo cvičení zaměřeno, a především na základě čeho bylo sestavováno:

- Procvičení taktických aspektů zásahu (v případě 24 cvičení);



- procvičení činností vyplývajících z přítomnosti CBRN látek (v případě 10 cvičení);
- procvičení organizace zásahu (v případě 15 cvičení);
- procvičení připravenosti objektu (personálu i dokumentace, zejména havarijních karet) (v případě 16 cvičení);
- procvičení součinnosti IZS (v případě 20 cvičení).

Princip sestavení cvičení se projevil především v náročnosti jednotlivých nachystaných činností a sledovaných aspektů zásahu.

**Návrhy na zlepšení** popisují, jaké činnosti je důležité změnit nebo procvičovat. Některé návrhy reagují na konkrétní kontext a podmínky cvičení, a proto se nedaly zobecnit, ale byly zohledněny ve výsledku analýzy. Z ostatních byly vytvořeny následující kategorie:

- Procvičovat činnosti v ochranných oděvech (na základě 8 cvičení);
- procvičovat jednotlivé činnosti přímo spojené s CBRN látkami (dekontaminace atd.) (na základě 3 cvičení);
- procvičovat taktické a organizační propojení činností (na základě 26 cvičení);
- obecně pokračovat ve cvičení zásahu u CBRN látek (na základě 12 cvičení);
- procvičovat více formou prověřovacích cvičení (na základě 9 taktických cvičení).

### 5.1.1 Výsledné okruhy/poznatky

Výsledkem analýzy jsou konkrétní poznatky a témata, které byly zahrnuty a zohledněny při návrhu cvičení v XVR. Je nutné konstatovat, že naplnění cílů cvičení bylo až na výjimky dosaženo, a že hodnocení vypovídá zejména o dobrém vybavení jednotek, zvládnutí jednotlivých činností a funkčnosti metodiky, dokumentace a pomocných listů. Z hlediska navrhování cvičení a jeho přínosu však bylo na problematiku nahlíženo kritičtěji a důraz byl kladen zejména na problematické aspekty zásahu vycházející ze specifik přítomnosti CBRN látek.

Zásah a jednotlivé činnosti zasahujících a obecně složek IZS mají značnou **závislost na rozhodování VZ** (na rozdíl od zásahu bez přítomnosti CBRN látek, kde není kladen takový důraz na členění místa zásahu a režimová opatření) a tím je limitovaná potřebná posloupnost a pohotovost opatření. V této oblasti vplynuly tyto konkrétní poznatky:

- často dochází k přehlčení VZ dotazy;
- fyzická přítomnost zástupců ostatních složek u VZ urychluje a zkvalitňuje součinnost;
- havarijní karty a STČ zvyšují nezávislost a výrazně pomáhají k úspěšnému řešení zásahu, ale nesmí způsobit nedostatek komunikace mezi složkami;
- použití velitelského spojovacího vozu výrazně usnadňuje komunikaci VZ;
- použití dronu přispívá organizačnímu přehledu.

**Posloupnost** a přidělování priorit jednotlivých činností zásadně ovlivňuje průběh zásahu a podílí se na jeho finální úspěšnosti. V této oblasti vplynuly tyto konkrétní poznatky:

- některé činnosti odvádí pozornost a zvyšují tak působení nebezpečí. Příklady:
  - Nález raněné osoby definitivně ukončil průzkum;
  - po vyproštění osob se zapomnělo na jejich dekontaminaci;
  - nasazeným jednotkám dochází vzduch v IDP v centru ohrožení a nestíhají se vrátit;
- často nebývá zajištěna prioritní záchrana osob.

**Zdroje, sběr, validování a předávání informací** hraje zásadní roli v rozhodovacích procesech nejen VZ. VZ na základě informací může zvyšovat/snižovat úroveň ochrany, rozdělovat nové úkoly atd. V této oblasti vplynuly tyto konkrétní poznatky:

- CBRN látky nemusí vždy odpovídat označení nebo předpokladu na základě havarijní karty nebo podobné dokumentace;
- často nedochází k včasnému předání důležité informace ostatním (nález, realizované opatření nebo činnost, nové okolnosti);

- stacionární zdroje látek nemají vždy dobře umístěné větrné rukávy;
- k VZ se nedostávají včas potřebné informace pro rozhodování;
- ochranné obleky komplikují i činnosti spojené se sběrem informací (kromě pohybu a ostatních činností);
- v obleku (gumových rukavicích) nefungují dotykové telefony.

**Znalost**, respektive nedostatečná znalost **mechanismů** působení látek způsobuje nevhodné volení činností. V této oblasti vyplynuly tyto konkrétní poznatky:

- Zapomíná se na možnosti eliminování působení (větrání, zkrápění atd.);
- zapomíná se na potřebu rychlé dekontaminaci osob;
- prověřovací cvičení jsou v tomto ohledu přínosnější, jelikož odhalí daleko víc možných nedostatků a umožní je zlepšit.

Z konkrétních činností specifických pro zvládnání MU s CBRN látkami bývá nejhůře realizovaný průzkum s detekcí. Jejich špatné provedení má zásadní dopad na zbytek zásahu.

## 5.2 Cvičení/scénáře XVR

Na základě poznatků analýzy byla jako základ scénáře vybrána **dopravní nehoda**:

- zahrnuje součinnost všech složek IZS;
- havarijní karty nebo jasná informace o uniklé látce není vždy k dispozici a případně až po příjezdu na místo MU;
- je pravděpodobný výskyt více ohrožení, a tedy je nutné určení posloupnosti opatření;
- dopravní nehoda bez CBRN je běžný zásah, cvičící se tedy může soustředit na aspekty přinášející právě CBRN;
- bez pomoci havarijních karet je vyžadováno náročné taktické a organizační rozhodování.

Následně byly vypracovány 4 scénáře dopravních nehod. Pro cvičící od HZS instruktážní nehoda, nehoda s únikem chlóru a dopravní nehoda s únikem radiace. Pro cvičící od PČR byla dopravní nehoda v hustě zastavěné oblasti s únikem neznámé NChL.

V důsledku karanténních opatření probíhajících během výzkumu bylo cvičení prezentováno formou video záznamu popisující MU a v případě scénáře pro PČR bylo prezentováno fotkami místa MU. Vyhodnocení/vyplnění probíhalo pomocí záznamových archů. Použité soubory:

- HZS cvičný/instruktážní scénář:
  - popis scénáře: příloha č. 1;
  - záznamový arch: příloha č. 2;
- HZS cvičení 1:
  - popis scénáře: příloha č. 3;
  - záznamový arch: příloha č. 4;
- HZS cvičení 2:
  - popis scénáře: příloha č. 5;
  - záznamový arch: příloha č. 6;
- PČR cvičení: příloha č. 7.

Výsledné scénáře, upravené po zohlednění výsledků návrhu cvičení jsou pospány v kapitole 5.2.2 *Návrhy cvičení*.

### 5.2.1 Výsledky cvičení

Vyhodnocení cvičného scénáře č.1 bez přítomnosti CBRN látek sloužilo kromě nácviku a pochopení principu cvičení také pro validování závěrů ze scénáře č. 1 a 2. Díky porovnání bylo možné rozlišit, které vyplněné informace vychází z přístupu k principu cvičení a které z přístupu k problematice CBRN jako takové. Nedostatky způsobené principem cvičení byly ve vyhodnocování zohledněny.

Každý ze cvičících vyplňoval v různých úrovních podrobnosti. Pro možné vyhodnocení a vytváření závěrů jsme proto vytvořili zobecněné odpovědi a ty porovnávali. V rámci lokalizace jsou vyznačeny nejčastěji navrhované polohy lokalizovaných opatření.

Cvičení se zúčastnilo 19 zástupců HZS. Z toho 7 velitelů čety, 6 velitelů družstva, 1 strojník a 5 řadových hasičů. Průměrná doba zkušeností hasičů s činností u HZS je 16 let. Z řad PČR se zúčastnilo 9 zástupců.

Cvičící dostali podklady pro vyhodnocení scénáře (pro HZS video prezentační záznam s instrukcemi, v případě PČR fotografické zachycení místa MU s popisem a instrukcemi) a záznamové archy pro vyplnění.

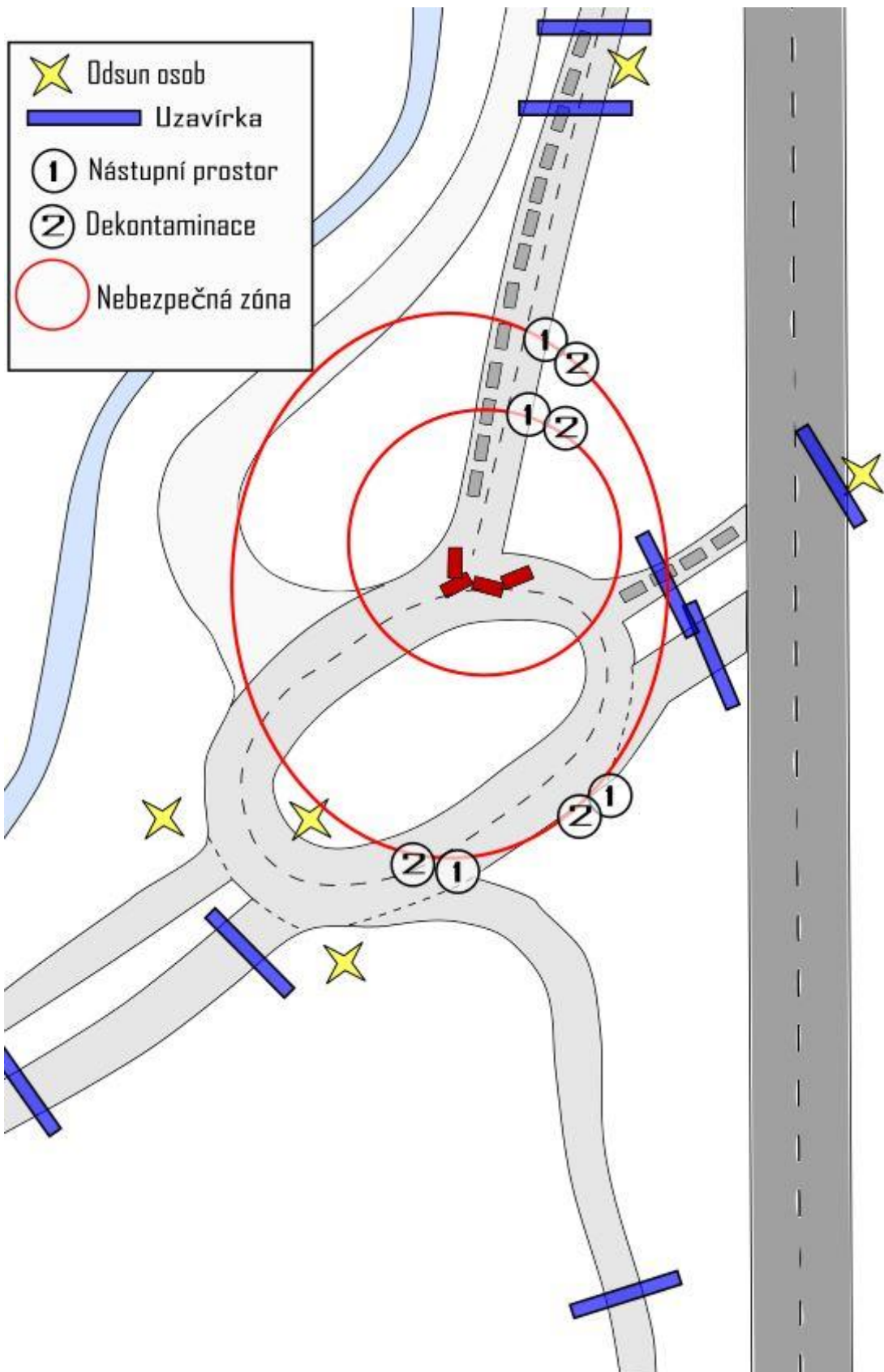
Čísla v tabulce vyjadřují navržené pořadí činností. Pokud jsou ve více kolonkách shodná čísla, znamená to, že je cvičící navrhnul souběžně. Je-li v kolonce symbol „x“, znamená to, že cvičící dané opatření nenavrhnul.

## HZS Cvičení 1

Tabulka 2 - Výsledky cvičení 1

Číslo cvičícího	Opatření	Zastavení ve vzdálenosti: a=100m b=50m c=na čumák d=100 m proti větru	Uzavření komunikací	Ohlášení OPIS a=oznámení b=další SaP	Průzkum a detekce	Použití ochranných prostředků	Záchrana osob	Dekontaminační stanoviště	Ohraničení/uzavření neb. zóny	Ohraničení/uzavření vnější zóny	Zajištění vozidel a dalších zdrojů ohrožení	Zabezpečení úniku NChL	Další činnosti: úklid, informování úřadů
1		b	1	3ab	2	2	4	6	6	6	5	7	8
2		d	x	7ab	1	1	2	x	4	5	3	6	8
3		d	x	x	1	x	3	x	4	x	5	6	x
4		b	x	5ab	1	1	2	3	4	4	6	7	8
5		d	5	x	2	1	1	6	4	4	3	7	x
6		b	4	3ab	1	1	2	4	4	4	5	6	7
7		a	2	1a	3	3	4	5	6	6	x	7	8
8		d	x	1ab	2	2	5	3	4	4	5	6	7
9		d	5	4ab	1	1	2	6	3	3	7	7	7
10		d	5	x	4	2	3	1	1	1	6	7	8
11		b	5	x	1	x	2	4	4	4	3	6	7
12		a	3	x	1	1	2	x	x	x	4	5	x
13		d	1	x	2	2	3	x	x	x	4	5	6
14		b	3	3a	1	1	2	x	4	4	6	5	x
15		d	2	7a	1	1	3	x	4	6	5	8	9
16		d	3	2ab	1	1	6	7	4	4	5	x	x
17		c	1	x	2	2	3	x	x	x	4	5	6
18		b	2	4ab	3	1	5	7	x	x	6	8	x
19		b	3	2a	1	1	4	7	x	x	5	6	x

Lokalizace opatření:



Obrázek 11 – Lokalizace opatření cvičení 1 [Zdroj autor]

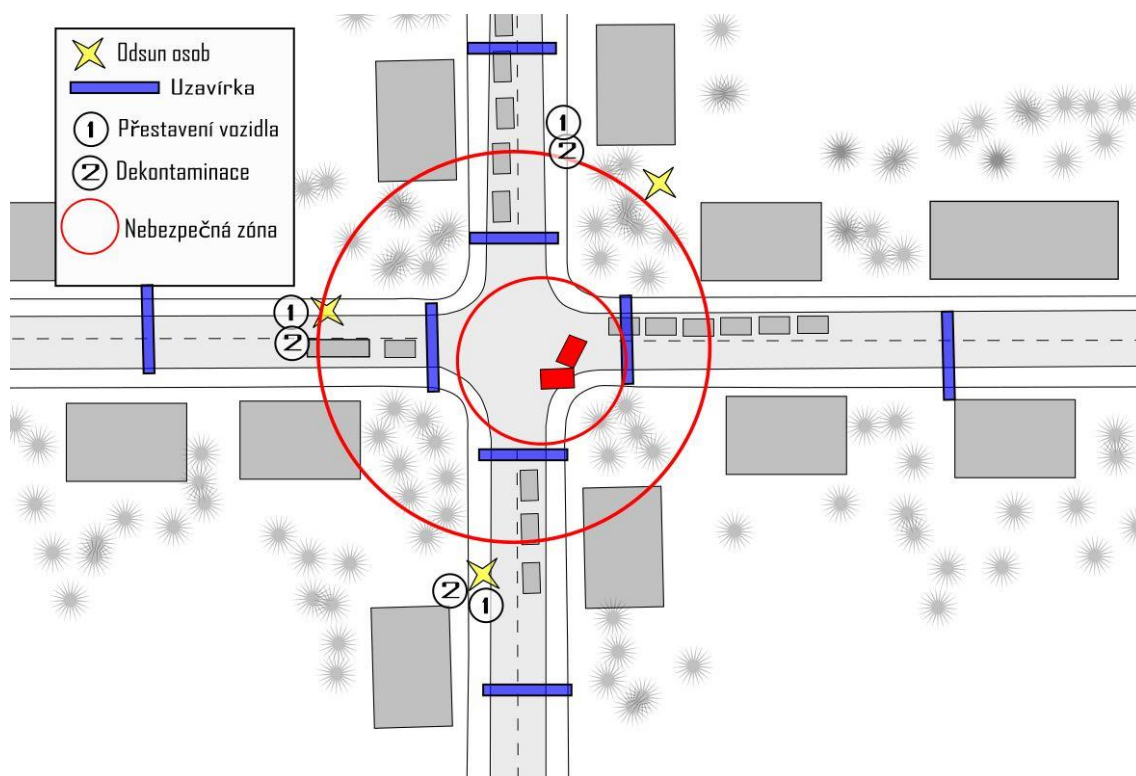
## HZS Cvičení 2

Tabulka 3 - Výsledky cvičení 2

Opatření	Číslo cvičícího												
	Přestavení vašeho vozidla	Ohlášení OPIS a=oznámění b=další SaP	Odsun osob	Záchrana raněných včetně vyproštění	Použití ochranných prostředků	Uzavření místa MU	Dekontaminace	Měření dávek	Ohraničení/uzavření neb. zóny	Ohraničení/uzavření vnější zóny	Zajištění vozidel a dalších zdrojů ohrožení	Likvidace	Další činnosti: informování SUJB, úřadů
1	x	3ab	4	2	2	1	7	5	6	x	x	8	9
2	3	2a	1	4	4	1	x	x	5	5	6	7	x
3	x	3ab	2	2	x	x	5	4	4	4	1	6	x
4	4	2a 6b	1	3	x	5	7	7	5	5	8	8	9
5	x	x	2	2	4	x	5	5	1	x	3	6	7
6	1	4ab	3	3	2	5	6	6	5	5	7	8	9
7	x	4a	3	3	1	2	5	x	6	6	7	7	x
8	1	3ab	1	4	4	5	6	4	2	2	7	7	8
9	2	3ab	1	5	4	6	7	x	6	x	x	x	8
10	x	3ab	1	1	x	x	4	4	2	2	5	6	7
11	3	4ab	2	4	3	5	6	x	5	x	1	x	7
12	x	x	2	2	1	x	x	3	x	x	4	x	5
13	x	x	2	2	1	x	5	4	3	3	6	6	x
14	1	x	x	3	1	x	5	4	2	x	6	6	x
15	x	6ab	2	2	1	x	3	5	4	x	x	7	6
16	1	4a	3	3	5	2	5	6	x	2	7	8	x
17	2	7ab	1	1	3	4	6	5	4	4	8	x	9
18	x	4ab	2	2	1	x	3	x	5	5	6	x	7
19	x	6ab	2	2	1	4	7	5	4	4	7	7	8



## Lokalizace opatření:



Obrázek 12 – Lokalizace opatření cvičení 2 [Zdroj autor]

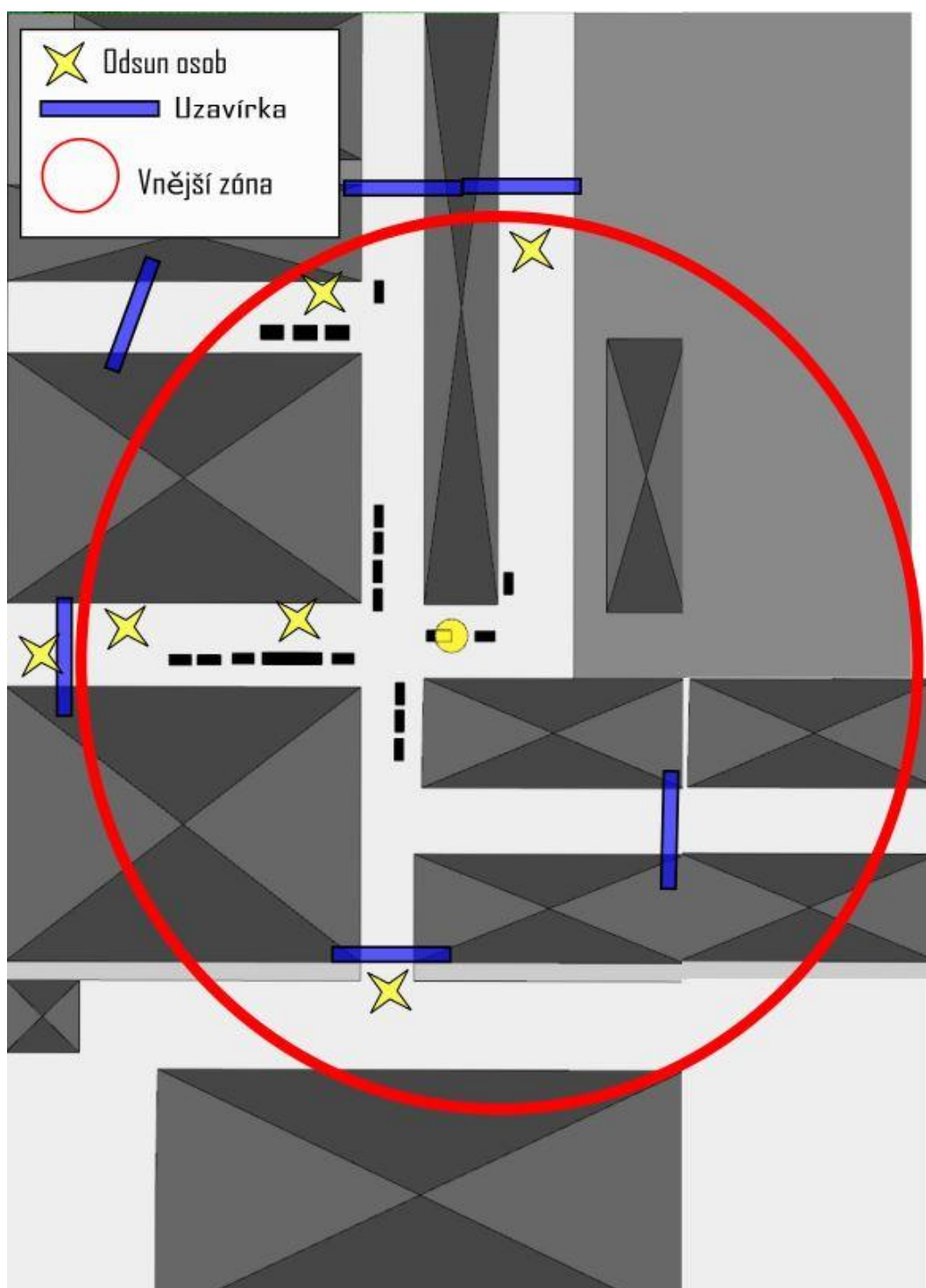
## Cvičení PČR

Tabulka 4 - Výsledky cvičení PČR

Opatření	Uzavření místa MU	Ohlášení OPIS a=oznámení b=další SaP	Odsun osob	První pomoc včetně vyproštění	Regulace dopravy	Součinnost:	Vyznačení vnější zóny	Režimová opatření u vstupu do vnější zóny	Evidence osob
1	2	1	3	x	4		5	x	5
2	2	3	1	x	4		5	5	5
3	x	1	2	x	3		4	x	x
4	4	3	2	1	5		6	x	x
5	2	3	1	x	4		5	5	5
6	2	x	3	1	4		x	x	x

7	x	1	3	2	4		x	5	5
8	2	1	3	x	4		5	6	6
9	3	1	2	x	4		5	6	6

Lokalizace opatření:



Obrázek 13 – Lokalizace opatření cvičení PČR [Zdroj autor]

## Závěry ze strukturovaných rozhovorů v určených oblastech:

- Vliv přítomnosti CBRN látek u MU na psychiku:
  - 9 cvičících nepocituje ve spojení s CBRN žádnou změnu;
  - pro 4 cvičící je zásah u CBRN nejnáročnější druh zásahu (zejména u dopravních nehod, kde je zvýšena nejistota průběhu);
  - pro 6 cvičících znamená přítomnost CBRN látek zvýšenou pozornost, mírnou nervozitu a napětí.
- Rozhodovací procesy při MU:
  - všichni dotázaní uvedli jako hlavní zásadu u CBRN ohrožení zajistit prioritní bezpečnost svého týmu a následně záchranu osob. Tím je řízena jejich činnost.
- Informační zdroje pro rozhodovací procesy při MU:
  - základním zdrojem jsou měřicí přístroje;
  - dále na místě pozorování (barva kouře, změna rostlin, svědci atd.);
  - důležitou informací je směr větru, ale je prý obtížně pozorovatelný a zjistitelný.
- Limitující aspekty při MU s CBRN;
  - 5 cvičících nepocituje žádné omezení činnosti;
  - 6 cvičících pocituje vliv psychiky jako omezení činnosti;
  - 8 cvičících pocituje obtížnou práci v obleku, mlžení zorníků a ztíženou manipulaci v rukavicích.
- Přínosnost cvičení na MU s CBRN:
  - 15 cvičících vnímá přínos cvičení, kterých se v minulosti účastnili jako pozitivní;
  - 2 cvičící nepřikládají cvičení na CBRN žádnou důležitost;
  - 2 cvičící se nezúčastnili žádného cvičení;
  - cvičící uvádí, že některé činnosti nelze trénovat v XVR, ale taktikou a organizační stránku by to částečně nahradit mohlo;
  - cvičící uvádí, že by bylo vhodné vytvořit cvičení v XVR i na jednotlivé činnosti, a nejen na taktické a organizační rozhodování.

Zohlednění výsledků cvičení a strukturovaných rozhovorů bude dále popsáno v diskuzi. Na základě některých poznatků plynoucích z cvičení probíhajícím ve virtuální realitě byly scénáře upraveny do následující podoby:

### 5.2.2 Návrhy cvičení

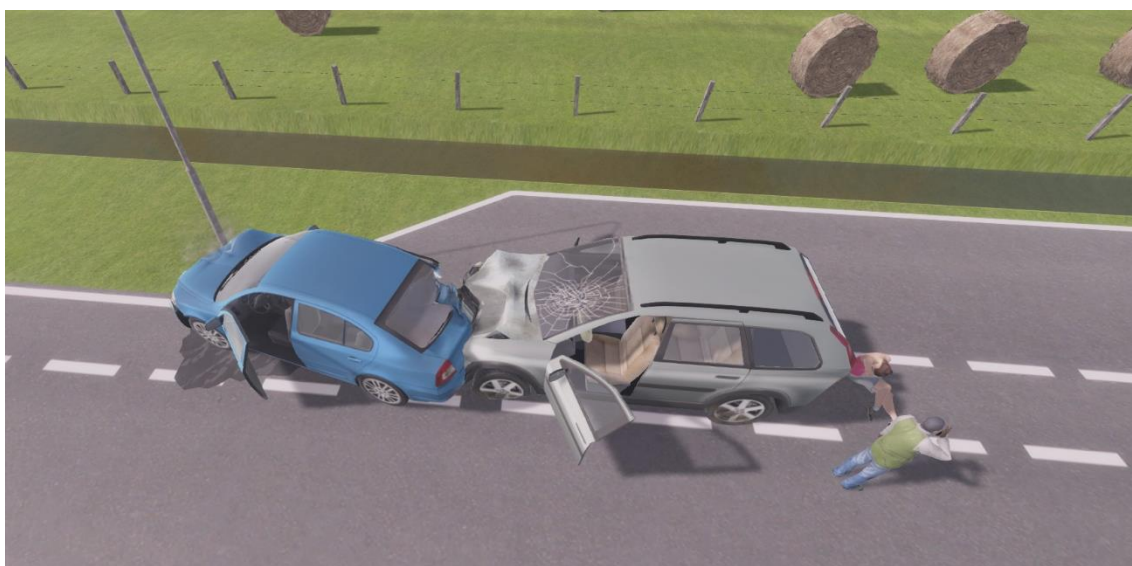
Jelikož vizualizace a softwarová modelace ve virtuálním prostředí přináší pro cvičící nejasnosti v ovládnání a chápání principu cvičení, byl vytvořen **cvičný/testovací scénář č. 1**.

Tento scénář v případě interaktivního cvičení v programu obsahuje cvičnou halu, ve které si cvičící může otestovat pohyb a interakci s objekty. Zejména možnost používání dalekohledu, měřících prostředků, IDP, interakci s raněným a se zdrojem úniku CBRN látek (rozšíření vzniklo na základě výsledku cvičení v XVR).



Obrázek 14 – Cvičná hala pro interakci při cvičení [Zdroj autor]

Následuje řešení dopravní nehody bez jakýchkoliv vedlejších komplikací (kromě úniku provozních kapalin). Cvičící dostane potřebné instrukce (informace od OPIS, o lokalitě, o možnostech SaP atd.). Cvičící je od začátku obeznámen s tím, že se jedná o cvičný scénář. S instrukcemi od operátora scénáře a instrukcemi, které jsou součástí cvičení se tedy zaměří především na seznámení se s prostředím vizualizace, možnosti řešení a princip cvičení.



Obrázek 15 – Srážka vozidel ve cvičném scénáři [Zdroj autor]

**Scénář č. 2 na zásah u úniku NChL** byl zaměřen na komplexní organizačně taktické řízení zásahu. Základním východiskem pro tvorbu scénáře byla potřeba správného přiřazování priorit a posloupností činností (toto východisko bylo ověřeno výsledky cvičení v XVR). Scénář se skládá z dopravní nehody dvou osobních automobilů a dvou dodávek a následného úniku chemikálií. Jedna z havarovaných dodávek převážela chlór v 65 kg lahvích a v důsledku mechanického poškození při nárazu došlo k uvolnění jednoho ventilu lahve a následnému pozvolnému úniku chlóru. Pro procvičení potřeby validace informací nebylo auto dostatečně označeno dle předpisů ADR, řidič dodávky je v bezvědomí, únik je částečně vizuálně maskován únikem čistícího prostředku z druhého auta a v blízkosti nehody stojí účastníci nehody (zde byla využita problematika odvádění pozornosti a problematika zdrojů informací vycházející z analýzy).

Ve scénáři jsou nachystány silniční uzávěry, další SaP (sanitky ZZS atd.), ohraničení nebezpečné a vnější zóny, nástupní prostor, kontrolní bod, dekontaminační prostor, shromaždiště raněných a prostředky pro likvidaci nehody. Vše je pro cvičícího neviditelné a bude zobrazeno na základě jeho rozhodování.



Obrázek 16 – Pohled na zdroj úniku NChL ve scénáři č. 2 [Zdroj autor]

Od cvičícího je vyžadováno vyhodnocení situace, vyhodnocení informací z průzkumu, který sám provede a navrhnutí postupu taktického řešení. Výstup probíhá formou záznamu do záznamového archu nebo ústním popisem operátorovi scénáře.



Obrázek 17 – Pohled na nehodu ve scénáři č. 2 [Zdroj autor]

**Scénář č. 3 na zásah u radiální MU** byl zaměřen na prvotní reakci na přítomnost radiace a organizační členění zásahu. Na základě nízkého počtu reálných úniků radiace a nízkého počtu cvičení na tuto problematiku předpokládáme, že nejevili-li MU zjevné náznaky úniku CBRN látky (například kouř, dým, oblak, uhynulá zvířata, změny vegetace, ohlášení úniku), jednotky budou přijíždět a zastavovat v malé vzdálenosti od samotné MU. Je tedy pravděpodobnost, že o přítomnosti úniku se dozví až v momentě, kdy budou s autem v nebezpečné zóně. Mimo to byl scénář vytvářen na základě vlivu psychologických aspektů přítomnosti CBRN látek, potřebě specifické posloupnosti organizačních a taktických činností a potřebě specifických znalostí, které nejsou často procvičovány (tyto faktory byly zohledněny na základě vyhodnocení cvičení v XVR).



Obrázek 18 – Pohled na nehodu ve scénáři č. 3 [Zdroj autor]

Scénář se skládá z dvou havarovaných osobních automobilů, jedné osoby v bezvědomí, která v důsledku opatrnosti (podezření na poranění páteře) jednotky Městské policie (která byla jako první a jediná jednotka na místě MU před příjezdem jednotky, kterou zastupuje cvičící) zůstala v autě a ze zdroje záření, který po příjezdu jednotky a zastavení ve vzdálenosti cca 5 metrů od nehody zobrazí na přístroji URAD 115 hodnotu 3mSv/h.

Ve scénáři jsou nachystány silniční uzávěry, další SaP (sanitky ZZS atd.), ohraničení nebezpečné a vnější zóny, nástupní prostor, kontrolní bod, dekontaminační prostor,

shromaždiště raněných a prostředky pro likvidaci nehody. Vše je pro cvičícího neviditelné a bude zobrazeno na základě jeho rozhodování.

Od cvičícího je vyžadována prvotní reakce po zjištění úniku radiace, návrh na organizační členění místa zásahu a navrhnutí taktického řešení. Výstup probíhá formou záznamu do záznamového archu nebo ústním popisem operátorovi scénáře.

Pro potřeby PČR byl vytvořen čistě vizualizační **scénář č. 4**, jelikož specifika MU s CBRN látkami pro ně spočívá především v rozmístění techniky. Východiskem je procvičování součinnosti složek IZS a předpoklad, že jednotky PČR budou na místě jako první a bude od nich vyžadováno uzavření oblasti. Průběh tohoto scénáře se díky své formě (soubor formátu .pdf) neváže na licencovaný počítač s nástrojem XVR. Scénář obsahuje instrukce, záznamový arch a obrazové zachycení události.

Jedná se o dopravní nehodu v hustě zastavěné oblasti se zjevným únikem chemikálie. Jednotka PČR dorazí na místo jako první složka IZS.

Od cvičícího je vyžadováno zhodnocení situace, návrh prvotní reakce a činností a rozvržení umístění SaP.



Obrázek 19 – Pohled na nehodu ve scénáři č. 4 [Zdroj autor]



Scénáře jsou v příloze práce:

- scénář č. 1: příloha č. 8;
- scénář č. 2: příloha č. 9;
- scénář č. 3: příloha č. 10;
- scénář č. 4: příloha č. 7.

### 5.3 Instruktažní video

V důsledku kombinace zaměření práce na metodiku u zásahu s CBRN látkami, a to především u dopravních nehod a probíhající pandemie onemocnění COVID-19, byl výstup práce rozšířen o instruktážní video, které má za cíl pomoci zabezpečit činnost složek IZS v době podobného šíření nemoci, kdy jsou vyžadována nadstandardní opatření. Instruktaž popisuje možný scénář MU (dopravní nehody), kdy je potvrzena **přítomnost onemocnění COVID-19 a situace vyžaduje neodkladnou činnost** jednotek složek IZS, zejména HZS. Za běžných okolností je pro pacienta vypraven specializovaný tým ZZS a ostatní složky nepřijdou do kontaktu s nemocí. Za předpokladu vzniku dopravní nehody sanitního vozidla je však zejména ze strany HZS vyžadována neodkladná činnost nutná k záchraně životů.

Obsah instruktážního videa byl vytvářen na základě metodiky HZS a STČ. Jelikož se však jedná o zatím metodicky nspecifikovanou MU, bylo nutné kombinovat možné přístupy.

Z analýzy dokumentace cvičení IZS a strukturovaných rozhovorů vyplývá, že úroveň požadované ochrany způsobuje časové prodlevy a znemožňuje nebo limituje některé činnosti. Z tohoto hlediska bylo žádoucí zmírnit požadovaná opatření oproti zásahu u B-agens nebo vysoce nakažlivého pacienta. Zároveň však bylo nutné zachovat dostatečnou úroveň ochrany a neohrozit zasahující jednotky potenciálním šířením onemocnění.

Přístup k infekčnímu onemocnění se do zásahu promítá nejen v úrovni ochrany zasahujících jednotek, ale i v organizačním rozložení zásahu a stanovení režimových opatření. Instruktaž tedy byla zaměřena nejen na prostředky osobní ochrany, ale i na pohyb v místě MU.

Ve spolupráci s konzultanty ze Střední odborné školy požární ochrany a Vyšší odborné školy požární ochrany ve Frýdku-Místku tak byl stanoven postup a principy řešení MU a vše bylo znázorněno ve videu.

Především principy jsou dále přenosné na jiné MU podobného charakteru. Po konzultaci s hygienikem, který je součástí řešení MU, nebo na základě známých specifických vlastností onemocnění, mohou být navrhovaná opatření zmírněna nebo zpřísněna. Díky přenosnosti použitých principů je tedy využití instruktáže flexibilní pro různé úrovně požadované ochrany.

Video se skládá z několika částí:

1. úvod do instruktážního videa;
2. úvod do scénáře MU;
3. příjezd na místo MU:
  - a. prvotní reakce;
  - b. použití ochranných prostředků;
  - c. uzavření místa (vnější zóna);
  - d. vytyčení nebezpečné zóny a zavedení režimových opatření;
4. záchranné práce a jejich organizace;
5. dekontaminace a likvidace místa MU;
6. rekapitulace.

Scénář a výsledné video jsou v příloze:

- příloha č. 11 scénář dopravní nehoda COVID-19;
- příloha č. 12 instruktážní video dopravní nehoda s COVID-19.

## 5.4 Výsledky hypotéz

Rozhodnutí o zamítnutí nebo přijetí hypotézy na základě analýzy dat. Jeho zdůvodnění bude popsáno v diskuzi.

**Hypotéza 1:** Předpokládáme, že není potřeba trénovat jednotlivé činnosti zásahu u CBRN látek, ale trénovat jejich taktické propojení.

Hypotézu číslo 1 zamítáme.

**Hypotéza 2:** Předpokládáme, že vědomí o přítomnosti CBRN látek může ovlivnit rozhodovací procesy zasahujících.

Hypotézu číslo 2 přijímáme.

**Hypotéza 3:** Předpokládáme, že různé volení návaznosti a posloupnosti činností na místě zásahu události s CBRN látkami ovlivňuje riziko ohrožení života.

Hypotézu číslo 3 přijímáme.

**Hypotéza 4:** Předpokládáme, že nelze zcela nahradit stávající koncept cvičení pomocí vizualizace v XVR.

Hypotézu číslo 4 přijímáme.

## 6 DISKUZE

Praktická část práce v několika fázích zkoumá možné uplatnění softwarové modelace ve virtuálním prostředí v oblasti cvičení složek IZS. Základním předpokladem pro navrhnutí jakéhokoliv cvičení, ať už v reálném nebo virtuálním prostředí, bylo porozumění a zanalyzování průběhu zásahu s vyhodnocením případných slabých míst, negativ, ale i rozpoznáním, které činnosti jsou zvládnuty dobře, a není nutné na ně klást takový důraz, nebo které nesouvisí se specifikem přítomnosti CBRN látek. K této fázi sloužila teoretická část práce jako základní pochopení mechanismů MU s CBRN látkami, možnostmi prevence, a především procesy represe. Dále pak **analýza taktických a prověřovacích cvičení IZS**, která se zaměřila na vyhodnocení potřeb a cílů cvičení a na určení oblastí, které je vhodné zdokonalovat.

Na základě těchto poznatků pak byly hotové předpoklady pro sestavení cvičení aplikovány do **cvičení v nástroji XVR**, tedy do virtuální modelace. Cílem realizace tohoto cvičení byly dva základní okruhy, a to potvrzení některých hypotéz a analýza možností cvičení v nástroji XVR. V důsledku karanténních opatření spojených s pandemií COVID-19 musela být pozměněna úroveň těchto cílů a procesy sběru dat, ale zároveň byla některá data rozšířena, obohacena a bylo možné dojít k novým poznatkům.

Na závěr byly poznatky z předešlých analýz aplikovány do návrhu a **vymodelování scénářů v XVR**, které mohou sloužit jako cvičení pro složky IZS. V průběhu práce bylo zjištěno, že modelace mohou mimo cvičení sloužit i jako podklad pro instruktážní materiály. V reakci na probíhající pandemii tak byly poznatky z práce ve spolupráci s konzultanty ze Střední odborné školy požární ochrany a Vyšší odborné školy požární ochrany ve Frýdku-Místku aplikovány do vytvoření **instruktážního videa** popisující zásah u dopravní nehody s pacientem s potvrzeným onemocněním COVID-19.

### 6.1 Analýza dokumentace taktických a prověřovacích cvičení IZS

Východiskem pro navrhování nových možností cvičení složek IZS bylo porozumění cvičení již proběhlých a realizovaných za doposud používaných metod a postupů.

Z analýzy (a následně i ze strukturovaných rozhovorů) vyplynulo, že cvičení mají velký přínos v několika ohledech. Zejména se jednalo o rozšíření možností prevence a příprav, nácvik konkrétních činností a získávání a fixování zkušeností v oblasti taktického a organizačního rozhodování.

Byť byla práce od počátku zaměřena na analýzu a cvičení taktických procesů při zásahu, výsledky analýzy dokumentace ukázaly, že taktické rozhodování bez zvládnutí ostatních aspektů zásahu není možné realizovat. Již od počátku tedy bylo zřejmé, že nelze celé cvičení přesunout do virtuálního prostředí. Přínos cvičení v reálném prostředí spočívá především v prověření místně navázaných aspektů zásahu a v realizování konkrétních činností. Místně vázané aspekty představují především připravenost objektů nakládajících s CBRN látkami, funkčnost vnitřního i vnějšího havarijního plánování a zejména prověření konkrétních činností podle havarijní dokumentace. Dále pak přínos cvičení spočívá v budování zkušeností u konkrétních činností, jako je práce v ochranných oděvech nebo průzkum, detekce a dekontaminace. Chybovost provedení některých těchto činností téměř ve třetině cvičení způsobila špatnou návaznost opatření a zejména v případě průzkumu nedostatečnou informovanost velitele zásahu, který následně nemohl vytvářet taktická rozhodnutí.

Přes dvě třetiny návrhů na zlepšení však poukazovaly právě na potřebu procvičovat organizační a taktické propojení zásahu. V této oblasti se jednalo zejména o přehlcení VZ dotazy a zároveň jeho nedostatečná podpora jak informacemi o události samotné, tak informacemi o činnosti od ostatních složek a jednotek. Dále pak docházelo ke špatně volené posloupnosti a přidělování priorit jednotlivých činností. To může být způsobeno neznalostí mechanismů účinku látky nebo (ve výsledcích zmiňované) odvádění pozornosti od jednotlivých činností. Poslední kategorií je špatný sběr a vyhodnocování informací. To bývá často způsobeno komplikovanou činností v ochranných oblecích nebo podvědomou nevěrohodností cvičení, kdy cvičící vědí, že se nejedná o reálné riziko a přikládají tak nevhodnou úroveň důležitosti různým informacím.

Na základě těchto zjištění bylo uskutečněno několik poznatků a závěrů:

Příprava (havarijní plánování, metodiky atd.), zvládnání konkrétních činností a taktické a organizační rozhodování jsou na sobě absolutně závislé a selhání jednoho pomyslného pilíře způsobí selhání celého zásahu. V rámci cvičení jsou však obecně nejméně prověřovány a cvičeny taktické a organizační procesy. Zejména proto, že závisí na jednom člověku (případně na jeho podpůrném štábu), který si sice odnese velké množství zkušeností a poznatků, ale ostatní účastníci nemají prostor k jejich pochopení a zasazení do kontextu své činnosti.

Příprava zásadně pomáhá taktickému a organizačnímu rozhodování a zejména havarijní karty u stacionárních zdrojů napomáhají průběhu zásahu. U nestacionárních zdrojů (dopravní nehody, teroristické útoky) jsou však možnosti přípravy výrazně limitovány a nelze se tedy v rámci profesní přípravy jednotek a složek spoléhat pouze na připravovanou dokumentaci ke konkrétním scénářům.

Zvládnání konkrétních činností probíhá podle metodiky, ale ne vždy dojde k vhodnému propojení souvislostí. Je tedy důležité trénovat například samotnou dekontaminaci, práci v obleku či sběr informací v rámci průzkumu a detekce, ale zároveň by bylo vhodné procvičit zasazení těchto činností do taktického rozhodování a kontextu celého zásahu. Ve cvičení například docházelo k uskutečnění průzkumu a správného zjištění poznatků o události, ale již nedošlo k předání těchto poznatků VZ a další skupině, která šla do nebezpečné zóny.

Zejména v rámci taktických cvičení se cvičící zaměřují na činnosti, které jsou hlavním předmětem cvičení (a tedy i sledování hodnotitelů), ale již se nesoustředí na okolní souvislosti a propojení. V důsledku toho dochází ke zmiňovaným chybám v posloupnosti. To potvrzuje i návrh plynoucí z devíti cvičení, kdy hodnotitel navrhuje další cvičení realizovat formou prověřovacího cvičení.

Na základě analýzy cvičení jsme zamítli **hypotézu č. 1:** „Předpokládáme, že není potřeba trénovat jednotlivé činnosti zásahu u CBRN látek, ale trénovat jejich taktické propojení.“

Dle poměru cílů cvičení a návrhu na zlepšení sice vyplývá, že hlavním nárokem na zvládnutí MU s CBRN je právě taktické a organizační rozhodování a propojování činností. Úspěšnost rozhodování však závisí na provádění jednotlivých činností, které doprovází mnoho komplikací (například obtížný pohyb v ochranném obleku) a je tedy důležité je taktéž trénovat a získávat zkušenosti. Zamítnutí dále potvrzují i strukturované rozhovory absolvované cvičícími po dojmech a zkušenostech z testovacího cvičení v XVR. Z těch vyplývá, že pro polovinu cvičících je limitujícím aspektem obtížná práce v ochranném obleku (mlžení zorníku, necitlivost v rukavicích, vyčerpání). Vhodné taktické rozhodování může zkrátit dobu strávenou v obleku, ale nemůže ji nahradit.

Po analýze dokumentace začal proces vytváření cvičení v nástroji XVR. Jako základ byla zvolena dopravní nehoda, jelikož zahrnuje aktivní součinnost všech složek IZS (únik ze stacionárního zdroje v odlehlé lokalitě bez zraněných vyžaduje spolupráci například s PČR a ZZS jen okrajově), dokumentace k havárii nemusí být vždy dostupná a případně se vztahuje k uniklé látce, ale již ne k lokalitě nehody. Řešení dopravních nehod tedy na základě předchozí analýzy přináší nejlepší možnost, jak cvičit potřebné aspekty. Čtyři ze cvičících před cvičením dokonce uvedli, že dopravní nehoda je pro ně nejnáročnější zásah, jelikož je veliké množství možných průběhů a cítí se na to nejméně připraveni.

## 6.2 Vyhodnocení cvičení v XVR

Před nařízením karanténních opatření v důsledku pandemie COVID-19 bylo cílem cvičení osobní setkání se cvičícími, podrobné vysvětlení průběhu a následné komplexní vyhodnocení. Cvičení mělo probíhat interaktivně přímo v nástroji XVR. Vzhledem k opatřením jsme však přistoupili na předělání formy prezentace a vyhodnocení cvičení. Bylo tedy prezentováno formou video záznamu prohlídky nehody a vyhodnocováno

pomocí záznamového archu. Tento přístup byl limitován zejména v tom, že se jedná o relativně nový a neznámý způsob a koncept cvičení. Bez možnosti podrobného vysvětlení cvičícím jsme museli ustoupit v některých sledovaných aspektech. Výhodou však byla možnost rozšířit cvičení mezi více cvičících, otestovat další možnosti využití modelací a získané výsledky nakonec měly vhodnou vypovídající hodnotu a bylo možné udělat objektivní závěry a poznatky.

Cílem cvičení totiž nebylo děláni závěrů o připravenosti jednotlivců, ale zjistit, jaké jsou přístupy k taktice zásahu s CBRN látkami a zdali je možné je touto formou trénovat. Ze strukturovaných rozhovorů a některých případů nepochopení zadání bylo zřejmé, že se pro cvičící jedná o novou formu cvičení. To tedy spolu se strukturou otázek a s požadavky na vyplnění (ta byla volena jako cvičení, nikoliv jako testovací otázky nebo dotazník) ani neumožňovalo děláni konkrétních závěrů. Lze také předpokládat, že při řešení reálného zásahu zasahující více uplatňuje zažitá a podvědomá zkušenosti a postupy než v rámci cvičení u počítače.

Jelikož byl jako první scénář testovací, bylo možné rozpoznat chyby pramenící z neznámé a nové formy cvičení a výsledná data tak ukázala, že přístupy k taktickému a organizačnímu rozhodování se u jednotlivců liší a že je tedy možné je touto formou trénovat. Opatření se v průběhu zásahu prolínají a je zřejmé, že některá opatření nejsou ukončena rozkazem k učinění následujícího opatření. Přepis vyhodnocení do tabulek tento fakt bral v potaz a výsledné závěry slouží především ke zmíněnému validování formy cvičení, nikoli k hodnocení samotného cvičícího.

U **cvičení č. 1** byla vidět značná různorodost pořadí aplikování jednotlivých opatření. Ze všech cvičících navíc pouze 3 vyplnili všechny činnosti vedoucí k eliminování přímého ohrožení životů. Tím je potvrzen i závěr z analýzy dokumentace cvičení, že je potřeba procvičovat taktické a organizační propojení činností (závěr na základě 26 analyzovaných cvičení) a že dochází ke špatnému řazení činností. Orientační zprůměrované pořadí činností však vypovídá o tom, že vzhledem k relativně malému rozsahu úniku by navrhnutý postup řešení události byl i přes nedostatky zpravidla úspěšný (ne však vždy metodicky správný vzhledem k možnému výskytu komplikací



v průběhu zásahu). Úspěšnost zásahů spolu s vysokou mírou vyplněnosti (82 %) dokazuje, že jsou cvičící schopni absolvovat podobný koncept cvičení a že výsledné údaje jsou relevantní.

Dva cvičící by zastavili ve vzdálenosti 100 m, sedm cvičících by zastavilo ve vzdálenosti 50 m, jeden cvičící by přijel do blízkosti nehody a devět cvičících by se snažilo přijet k nehodě v protisměru větru ve vzdálenosti 100 m. Poslední možnost však často komentovali tím, že mají před příjezdem minimum informací o povětrnostních podmínkách, takže by spíše jeli do vzdálenosti 50–100 m po směru větru a reorganizovali rozložení po zjištění podmínek či nepříznivém vývoji události. Zprůměrované pořadí (číslo v závorce zastává průměrné přidělené pořadí):

- použití ochranných prostředků (1,4);
- průzkum a detekce (1,6);
- záchrana osob (2,9);
- uzavření komunikací (3);
- ohraničení/uzavření nebezpečné zóny (4);
- ohraničení/uzavření vnější zóny (4,2);
- zajištění vozidel a dalších zdrojů ohrožení (4,8);
- dekontaminační stanoviště (4,9);
- zabezpečení úniku NChL (6,3);
- další činnosti: úklid, informování úřadů (7,4).

Zprůměrované pořadí dále ukazuje, že prioritou zasahujících je zajištění ochrany sebe a své jednotky a následně účastníků nehody (to potvrzují i výsledky ze strukturovaných rozhovorů). Vzhledem k vysokým hodnotám u výstavby dekontaminačního stanoviště je však zřejmé, že nedochází k dostatečnému zohlednění přítomnosti, možností účinku a působení CBRN látek. To koresponduje i s nedostatky zmiňovanými v dokumentaci cvičení IZS, kdy bylo v několika případech sice vystavené dekontaminační stanoviště před vstupem do zóny, ale kontaminované osoby po vyproštění nebyly ihned dekontaminovány.

Prověření odvádění pozornosti pomocí vylitých čisticích prostředků bylo limitováno prezentováním formou videa, kde není možné napodobit interaktivitu. Ve výsledném návrhu interaktivního scénáře je však možné odvádění pozornosti testovat.

Navrhovaná lokalizace opatření odpovídá rozsahu události. Vzhledem k nízké koncentraci uniklé látky v ovzduší by (bez komplikací v průběhu události) byla pravděpodobně i menší z navrhovaných zón dostatečná. Meteorologické podmínky a metodicky správné postupy však zohlednilo jen devět cvičících.

Ze **cvičení č. 2** plynou obdobné poznatky jako ze cvičení č. 1. Deset ze cvičících nepřestavilo vozidlo a jen čtyři to vyhodnotili jako hlavní prioritu. Orientační zprůměrování činností:

- odsun osob (1,9);
- přestavění vašeho vozidla (2);
- použití ochranných prostředků (2,3);
- záchrana raněných včetně vyproštění (2,7);
- uzavření místa MU (3,5);
- ohraničení/uzavření vnější zóny (3,9);
- ohraničení/uzavření neb. zóny (4,1);
- měření dávek (4,8);
- dekontaminace (5,4);
- zajištění vozidel a dalších zdrojů ohrožení (5,6);
- likvidace (6,9);
- další činnosti: informování SUJB, úřadů (7,6).

Navrhovaná lokalizace (kromě menší nebezpečné zóny) odpovídá naměřené dávce a metodickému rozmístění stanovišť. Pouze dva cvičící zmínili vytvoření bezpečnostní zóny, ale její využití je primárně při přípravě na vstup/výstup do/z nebezpečné zóny, což není prioritním zaměřením neodkladných opatření a námětu cvičení. Pořadí opatření potvrzuje poznatek prvního cvičení o prioritě záchrany životů, ale nedostatečné zohlednění přítomnosti, možností účinku a působení CBRN látek.

Z vyplnění vyplývá, že by zejména po vyproštění osob činnosti probíhaly simultánně, ale přesto je především zmínění dekontaminace s průměrem v pořadí 5,4 dlouho po vyklizení nebezpečné zóny (2,7).

Ze cvičení **PČR** plynou poznatky, že součinnost a plnění jejich úkolů probíhá na dobré úrovni. Lokalizace některých opatření (uzavření a odsun) je vzhledem k události nedostatečně vzdálená a někteří z příslušníků PČR by vstupovali přímo ke zdroji úniku za účelem záchrany a vyproštění. Pozitivem je ale zejména to, že všichni cvičící zmínili odsun osob a regulaci dopravy (spojenou s uzavřením místa MU). První dvě navržená opatření po vypočítání průměru jsou odsun osob (2,2) a uzavření místa MU (2,4) (nepočítáme-li vyprošťování v zóně úniku). Třetina cvičících nevyplnila režimová opatření a evidenci osob. Závěrem tedy je, že prvotní reakce je správná, ale bylo by vhodné rozšířit povědomí o možném průběhu zásahu s CBRN látkami a s riziky s tím spojenými.

Na základě poznatků z analýzy dokumentace cvičení a poznatků plynoucích z pořadí činností vyplněných v XVR cvičení přijímáme **hypotézu č. 3**: „Předpokládáme, že různé volení návaznosti a posloupnosti činností na místě zásahu události s CBRN látkami ovlivňuje riziko ohrožení života.“ Zejména načasování dekontaminace raněných osob bylo v případě obou okruhů sběru dat nevhodné.

**Hypotézu č. 2**: „Předpokládáme, že vědomí o přítomnosti CBRN látek může ovlivnit rozhodovací procesy zasahujících.“ přijímáme, a to zejména na základě strukturovaných rozhovorů. Z těch vyplývá, že více než polovina cvičících vnímá vliv na psychiku a šest cvičících popisuje vliv psychiky jako limitující faktor. Devět z devatenácti cvičících hasičů však nepocituje ve spojení s přítomností CBRN látek žádnou změnu. Jedná se tedy o projev závislý na individuálních vlastnostech zasahujícího, možné neznalosti problematiky nebo nepřiznání se. Předpokládaný vliv na psychiku zohledňuje i vyhláška č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, která říká, že před složením slibu příslušníků HZS, ZZS, PČR a Armády České republiky musí být příslušníci informováni o tom, že v rámci svého služebního zařazení mohou být vysláni k zásahu, u kterého může být překročena referenční úroveň 100mSv.

To dokazuje, že činnost složek IZS v rámci zásahu u CBRN látek zatěžuje fyzické i psychické zdraví, a že zasahující o tomto zatížení vědí. Za předpokladu, že příslušníci nechtějí záměrně ohrožovat své zdraví, je tedy zřejmé, že přítomnost CBRN látek může negativně ovlivnit psychický stav zasahujícího [55].

**Hypotézu č. 4:** „Předpokládáme, že nelze zcela nahradit stávající koncept cvičení pomocí vizualizace v XVR.“ přijímáme. Zejména praktické zkušenosti a znalosti v provádění konkrétních činností (dekontaminace atd.) na místě MU jsou vázané na trénování v reálném prostředí. Stávající koncept cvičení má navíc prověřovací roli havarijního plánování, připravenosti objektů a připravenosti samotných jednotek a složek. Ve strukturovaných rozhovorech cvičící navrhovali, že by bylo vhodné vytvořit instruktážní materiály i pro konkrétní činnosti. Nahrazení jejich trénování však na základě výsledků a poznatků výzkumu navrhnout nelze.

Cílem práce bylo zanalyzovat rozhodovací procesy a postupy členů IZS při MU s přítomností CBRN látek pomocí vizualizačního nástroje XVR a tím otestovat stanovené hypotézy. Na základě výsledků pak navrhnout cvičení v nástroji XVR, které by mohlo sloužit k propojování a fixování praktických dovedností.

Bylo zjištěno, že procesy a postupy zvládají složky na dobré úrovni, ale v případě problematiky CBRN se jedná o potřebu komplexního přístupu a je tedy nutné průběžně dále trénovat a zdokonalovat některé aspekty zásahu. Otestováním hypotéz a možností nástroje XVR bylo zjištěno, že cvičení a modelace ve virtuálním prostředí mohou značně rozšířit a zefektivnit možnou profesní přípravu, ale nemohou ji zcela nahradit. V průběhu práce bylo dále zjištěno, že nástroj XVR a jeho modelace mohou sloužit i k vizualizaci (nikoliv jen cvičení) a tedy k instruktážním úkolům. Výstupem práce jsou tedy navrhnuté interaktivní cvičení realizovatelná v samotném nástroji XVR (přílohy č. 7 až 10), dále koncept cvičení, který byl využit pro validování závěrů práce (video prezentace nehody a záznamový arch, přílohy č. 1 až 7) a zároveň instruktážní video pro zvládání činností během pandemie (příloha č. 12). Koncept cvičení bez potřeby využití licencovaného počítače a s možností snadného šíření se prokázal jako vhodný, ale pro jeho rozšířenější uplatnění by bylo nutné doladit některé jeho aspekty. Zejména

srozumitelnost, stručnost a jasnost instrukcí. Ty totiž nebyly během výzkumu vždy pochopeny. Přínosnost instruktážního videa zatím nelze hodnotit, ale už samotné využití podobného konceptu může být zcela zjevně přínosné v jiných výukových oblastech.

Jeden ze cvičících ve strukturovaném rozhovoru popsal, že vnímá přehlčení hasičů požadavky: *„Systém cvičení může být zajímavý. Bohužel tyto typy MU jsou opravdu minimálně reálné. Jsou důležitější činnosti, které je potřeba cvičit a procvičovat. Příliš se dbá na profesionalitu hasičů. Nedbá se na zvládnání stresu, relaxaci, psychickou očistu. Chceme mít supermany a ztrácíme lidi.“* Tento postoj potvrzuje úvodní domněnku práce, že by bylo vhodné se zaměřit na efektivnější způsob cvičení. Závěrem vyplývajícím z popsaných výsledků je, že právě cvičení, modelace a instruktážní materiály z XVR to mohou umožnit.

Možné využití obdobných nástrojů XVR zkoumají Engelbrech et al. (2019) v článku „SWOT analýza využití virtuální reality v tréninku hasičů“ (v originále *„A SWOT Analysis of the Field of Virtual Reality for Firefighter Training“*). Hlavní přínos shledávají v bezpečném, levném a variabilním trénování, a to nejen na CBRN zásahy, ale i na častější požáry a další problematiku. Za silné stránky považují ušetření, snadné šíření, možnou komplexnost a variabilitu scénářů, větší bezpečnost pro cvičící a životní prostředí a možnost zpětné analýzy dat (záznamů atd.). Jako příležitosti popisují možnost hlubšího porozumění problematice a zdokonalování možností modelace. Jako zásadní příležitost považují možnost zvýšení psychické odolnosti hasičů. Díky častějšímu setkávání s psychicky náročnými aspekty zásahu by se mohli lépe vypořádat s vlivem reálného působení. Zvýšená psychická odolnost by mohla snížit pravděpodobnost vzniku posttraumatické stresové poruchy, tendenci hasičů k sebevraždám a obecně vznik nepříznivých následků [56].

Ze SWOT analýzy vyplývají i slabé stránky a hrozby. Slabé stránky použití spočívají v případném neuvědomění si, že virtuální realitou nelze nahradit vše. Je důležité kombinovat cvičení. Dále pak mezi slabé stránky patří časté odmítnutí a strach z využívání modelací. Zejména proto, že se cvičící raději spoléhají na staré metody, které

znají a také proto, že pro některé cvičící jsou moderní technologie stále spíše přítěží než pomocí. To potvrzují i závěry ze strukturovaných rozhovorů a z chybovosti ve vyplnění některých cvičících (pramenící z nepochopení zadání). Jednalo se zpravidla o drobná nedorozumění a lze tak předpokládat, že po implementování poznatků z práce do dalších cvičení by se dalo této chybovosti a nedorozumění předcházet. Eliminování této slabé stránky lze taktéž předpokládat u prezentování původní zamýšlenou formou, a to při osobním setkání, během kterého by bylo možné vše vysvětlit dopodrobna. Autoři Tokel and Ísler (2015) popisují: „*Virtuální prostředí pro trénink musí být snadné k užívání a musí cvičícím poskytovat příjemnou zkušenost, aby pro ně bylo užitečné*“. Je tedy důležité se při případném rozšířeném využití podobných technologií věnovat možnostem a představám koncového prvku, tedy cvičícího [56, 57].

Mezi hrozby ze SWOT analýzy patří závěry plynoucí právě ze samotného virtuálního prostředí. Je tedy nutné samotné modelace a cvičení vytvářet na základě reálných zkušeností a nové poznatky a závěry z virtuálního prostředí ověřovat s poznatky z reálného prostředí. Dále pak dle autorů k hrozbám patří snižování vnímané úrovně nebezpečí při reálném zásahu. Vzhledem k doporučovánému využití (trénovat taktické a organizační rozhodování) je však tato hrozba limitována na minimum [56].

Autoři Williams-Bell et al. (2015) ve své publikaci zaměřené na využití podobných softwarů jako je XVR dochází k závěru, že šíření podobných technologií a jejich využití je značným přínosem v oblasti cvičení. Poukazuje ale na to, že moderní technologie stále není dostatečně vyspělá, aby zvládala reálné modelace šíření (zejména požáru) a mohla tak zcela nahradit sběr zkušeností z reálného prostředí. Směřování využití podobných technologií tedy prozatím shledává zejména ve vizualizaci, a nikoliv modelování realistického chování látek [58].

Limity z využití vychází i z práce autorů Barra et al. (2010), kteří se zaměřují na vliv přehřívání a fyzické zátěže na výkon hasičů. Ta poukazuje na to, že nejen že fyzická a psychická zátěž ovlivňuje rozhodování a funkčnost zasahujících, ale i na to, že lze a je nutné trénovat odolnost proti těmto vlivům. To však potvrzuje závěry této práce,

že hlavní využití je v oblasti trénování taktické činnosti nebo vizualizace a že reálný trénink konkrétních činností je nenahraditelný [59].

Převážení pozitiv nad negativy dokazuje i implementace simulačních technologií Armádou České republiky. Autoři Hubáček, Hausner a Vráb (2013) ve své práci poukazují na možnosti komplexního využití simulačních technologií ve vojenském i civilním sektoru a to zejména ve cvičení taktického rozhodování [60].

Výše zmiňované zdroje se zaměřují především na výsledky možnosti použití nástroje XVR a z něj vyplývajících cvičení a instruktáží. Vzhledem k zaměření práce je však nutné validovat i závěry zaměřené na samotné CBRN ohrožení. Tyto závěry (zejména že je potřeba danou problematiku trénovat) potvrzuje výzkum Vymětala a Říhy (2015), kteří testovali psychologické dopady na zasahující při cvičném zásahu u teroristického útoku za použití CBRN látek. Z toho vyplývá, že 57 % považuje za největší přínos cvičení zkušenost s podobným typem zásahu a 80 % zasahujících pocituje potřebu zlepšení své připravenosti na podobné zásahy [9].

Událost z konce roku 2019 v Libereckém kraji, kdy došlo k ohrožení zdraví zasahujících jednotek kyselinou sírovou, o které nikdo na začátku zásahu nevěděl, dokazuje, že přítomnost látek nemusí být vždy hned zřejmá a že je nutné hned po prvních identifikátorech ověřit informace o události. V tomto případě k tomu nedošlo, což následně zapříčinilo ohrožení zdraví několika zasahujících záchranářů. Z jedné události sice nelze dělat závěry o stavu celého systému, ale nelze ani vyloučit, že by se některé nedostatky neprojevíly i u jiných zásahů, zvláště když podobných událostí není velké množství [61].

V teoretické části práce byly zmíněny látky kyanovodík a fosgen, které mohou vznikat hořením některých plastů. Stávají se tak běžnou součástí požárů domácností či dopravních nehod. Byť jsou při takovýchto zásazích používány IDP, uvědomění si přítomnosti a značné četnosti podobných CBRN látek je dle výzkumů nedostatečné. Výzkum Kirka a Logana (2015) totiž ukazuje, že hasiči jsou vystavováni karcinogenním látkám častěji, než si uvědomují, a že jejich obleky tyto látky i přes vyprání kumulují

a následně uvolňují. Na to navazují výzkumy prokazující zvýšený počet onemocnění hasičů rakovinou. Například státy jako Finsko, Švédsko nebo Austrálie na tato zjištění reagovaly vytyčením striktně „čistých“ a „špinavých“ zón v rámci stanice a zahájily v řadách hasičů informační kampaň zaměřenou na informování o CBRN látkách a jejich možném výskytu [62, 63].

Ohrožení CBRN látkami při MU může být způsobeno nejen špatnou informovaností nebo nevhodným postupem podle metodiky, ale i nevědomostí o možné přítomnosti. Analýza v práci autora Hanzlíka (2018) dokazuje, že možné využití CBRN látek hrozí i při útoku na tak zvané „měkké cíle“, jako jsou například letiště a obchodní domy. Případný teroristický útok by tak například při použití tak zvané špinavé bomby maskoval přítomnost CBRN látek primárním výbuchem a nemuselo by k odhalení přítomnosti dojít včas [64].

Závěrem v okruhu těchto poznatků tedy je, že výskyt CBRN látek nemusí být pouze v dopravě nebo stacionárních zdrojích, ale i na místech, kde by se jejich výskyt neočekával. Je tedy nutné být v rámci zásahu vždy obezřetný a dobře připravený.

Směřování problematiky cvičení zásahu u CBRN pomocí softwarových nástrojů má veliký potenciál. Převedení trénování některých aspektů zásahu do virtuálního prostředí by zefektivnilo přípravu a vytvořilo nový prostor pro jiné činnosti (odpočinek, očista atd). Kromě vytvoření nového prostoru autoři Stevens et al. (2010) dokonce dochází k závěru, že příprava na zásah u CBRN látek je přínosnější formou cvičení než formou získávání zkušeností z reálných zásahů. Zasahující si při cvičení dokáží spojit více souvislostí a je méně psychicky náročné zpětně analyzovat zásah [65].

Pomocí modelací lze předvádět a cvičit různé činnosti a jejich propojení a docílit tak lepší součinnosti v rámci jednotky nebo složek. Pochopením nebo přehledným znázorněním činností ostatních lze lépe předpokládat, co se od konkrétních zasahujících očekává.



Modelace prezentované formou video záznamu lze využít nejen k rozšiřování vědomostí hasičů, ale i k osvětě veřejnosti. Touto formou je možné jim názorně a poutavě představit důsledky jejich chování (například špatné parkování a nedodržení dostatečně širokého průjezdu pro hasičské automobily) nebo jim poradit, jak se chovat za určitých okolností (evakuace atd).

Řízené modelace lze využít i jako podklady k odborné diskuzi při řešení například metodických postupů nebo havarijní dokumentace objektů či dopravy.

Jelikož spuštění scénáře a jeho základní kroky a mechanismy nejsou uživatelsky náročné, bylo by s přispěním vhodně vytvořených instruktážních materiálů (k ovládní programu) možné překonat bariéru nedůvěry v nové technologie a jejich neznalosti. Tím by se dalo využití rozšířit do více sfér.

Pro závěrečné shrnutí celé práce a jejích poznatků: převedeme-li získané poznatky na velice zjednodušený rozbor postupu zásahu u MU s CBRN látkami, mohlo by schématické využití XVR a podobných modelací v přípravě vypadat následovně:

- Pro stacionární objekty zpracovávající CBRN látky a pro „měkké cíle“ by bylo vytvořeno například instruktážní video evakuace a pro zónu havarijního plánování modelace realizace případných konkrétních činností.
- Pro dopravní nehody by bylo vytvořeno instruktážní video pro veřejnost, kde by bylo zřejmé, jakých identifikátorů si všimnout a co sdělovat při oznamování události na OPIS.
- Pro výcvik součinnosti PČR by bylo vytvořeno instruktážní video popisující zásady uzavírání vnější zóny a principy režimových opáření. Na základě toho by PČR mohla lépe reagovat za dodržení zásad přístupu k CBRN látkám.
- Pro taktické rozhodování VZ by byly vytvořeny cvičné i instruktážní scénáře.
- Pro pochopení taktického propojení činností by byly vytvořeny instruktážní scénáře pro všechny zasahující.
- Pro nácvik konkrétních situací a činností by byly vytvořeny instruktážní videa popisující zásady provádění těchto situací/činností.

- Nadále by se procvičovaly konkrétní činnosti, ale jejich propojení by se testovalo zejména formou prověřovacích cvičení (taktické předpoklady a znalosti by zasahující již měli z modelací).

Jedná se o velice zjednodušený popis možného využití, jehož přenesení do praxe by samozřejmě probíhalo komplexněji. Je navíc velice pravděpodobné, že tato práce neodhalila všechna možná pozitiva i negativa, která by uvedené schématické využití ovlivnila. Je však zřejmé, že oblastí využití je hodně, a i přes některé nedostatky modelací a nenahraditelnost praxe z reálného prostředí může softwarová modelace výrazně přispět činnosti složek IZS.

## 7 ZÁVĚR

Tato práce se snaží přinést ucelený pohled na taktické rozhodování složek při zásahu u MU s CBRN ohrožením, a to z hlediska zvládnání těchto zásahů a možností jejich cvičení. Teoretická část se zabývá komplexním popisem problematiky a slouží jako podklad pro zpracování praktické části. Základní charakteristikou problematiky je to, že CBRN ohrožení v rámci mimořádných událostí významně ohrožuje chráněné hodnoty, a to specifickými mechanismy účinku, které vyžadují specifická opatření.

Praktická část analýzou dokumentace cvičení složek IZS a pomocí modelace cvičení v nástroji XVR přináší zdůvodnění potřeby cvičení zásahů a popisuje možnosti zefektivnění těchto cvičení. Výsledkem výzkumu je zjištění, že přístup k CBRN látkám musí být komplexní, a to zejména z hlediska propojení konkrétních činností na místě zásahu s jejich taktickým a organizačním řízením. Materiály vytvořené v rámci práce, které zakládají na výsledcích předchozího výzkumu, umožňují cvičení taktického řízení zásahu. Hlubší implementace softwarových nástrojů do procesu cvičení může významně zefektivnit přípravu složek IZS, ale bude vyžadovat sledování možností a požadavků jednotlivých cvičících a na základě toho bude muset flexibilně reagovat.

V reakci na výsledky analýzy dokumentace a cvičení v XVR (ty potvrzují možnost využití modelací k výcvikovým a instruktážním účelům) a na pandemii onemocnění COVID-19, probíhající během psaní práce, jsme v rámci práce navíc vytvořili instruktážní video popisující metodiku přístupu k dopravní nehodě s pacientem s potvrzeným onemocněním COVID-19. To může sloužit jako metodická pomůcka pro přípravu jednotek HZS.

Využití práce sledujeme zejména v ověření nových možností vývoje cvičení a vizualizace, které by mohlo vést k usnadnění preventivního i represivního řízení rizik vycházejících nejen z CBRN ohrožení, ale i ostatních ohrožení, se kterými se složky IZS setkávají při výkonu své činnosti.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

B-agens – Biologické agens

CBRN – Chemické, biologické, radiační a nukleární

GHS – Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií

HPK – Havarijní přípustná koncentrace

HZS – Hasičský záchranný sbor

IDLH – Immediately Dangerous To Life or Health

IDP – Izolační dýchací přístroj

INES – Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných a radiačních událostí

IZ – Ionizující záření

IZS – Integrovaný záchranný systém

MU – Mimořádná událost

NATO – Severoatlantická aliance

NChL – Nebezpečná chemická látka

NVS – Nástražný výbušný systém

OPIS – Operační a informační středisko

OSN – Organizace spojených národů

PČR – Policie České republiky

ppm – Parts per milion

RTG – rentgenové záření

SaP – Síly a prostředky

STČ – Součinnostní typová činnost

SÚJB – Státní úřad radiální o

VZ – Velitel zásahu

ZHN – Zbraň hromadného ničení

ZIZ – Zdroj ionizujícího záření

ZZS – Zdravotnická záchranná služba

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NATO CIVIL EMERGENCY PLANNING a CIVIL PROTECTION GROUP. *Guidelines for first responders to a CBRN incident*. B.m.: NATO. 1. srpen 2014
- [2] ARIA. Analysis, Research and Information on Accidents database. *La référence du retour d'expérience sur accidents technologiques* [online]. [vid. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/?lang=en&s=>
- [3] LINNEY, Andrew C.S., W. GEORGE KERNOHAN a Ray HIGGINSON. The identification of competencies for an NHS response to chemical, biological, radiological, nuclear and explosive (CBRNe) emergencies. *International Emergency Nursing*. 2011, **19**(2), 96–105. ISSN 1755599X.
- [4] KASZETA, Dan. *CBRN and Hazmat incidents at major public events: planning and response*. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons, 2013. ISBN 978-1-118-28819-1.
- [5] ČESKO. *Zákon č. 281/2002 Sb. Zákon o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2002, částka 102.
- [6] ČESKO. *Zákon č. 350/2011 Sb. Chemický zákon*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2011, částka 122.
- [7] ČESKO. *Zákon č. 263/2016 Sb. Zákon atomový zákon*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2016, částka 102.
- [8] ČASTULÍK, Pavel. *Úvod do detekce CBRN látek a principy detekce chemických látek*. B.m.: Ústav chemie a technologie životního prostředí CHF VUT. 12. říjen 2007
- [9] VYMĚTAL, Štěpán a Roman ŘÍHA. *Psychosociální aspekty mimořádných událostí typu CBRN*. B.m.: Filozofická fakulta, Univerzita Karlova v Praze, Ministerstvo Vnitřní ČR. 2015
- [10] MATOUŠEK, Jiří a Petr LINHART. *CBRN – chemické zbraně*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. ISBN 978-80-86634-71-5.

- [11] RICHARDT, André, Birgit HÜLSEWEH, Bernd NIEMEYER a Frank SABATH, ed. *CBRN protection: managing the threat of chemical, biological, radioactive and nuclear weapons*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2013. ISBN 978-3-527-32413-2.
- [12] KŘÍŽKOVÁ, Jaroslava. 20 LET ÚMLUVY O ZÁKAZU CHEMICKÝCH ZBRANÍ. *Chemické listy*. 2017, (111), 283–301.
- [13] *Nebezpečné látky, Portál krizového řízení HZS* [online]. [vid. 2020-03-22]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/navody/nebezpecne-latky#adr>
- [14] EVROPSKÝ PARLAMENT a EVROPSKÁ RADA. *O klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006*. 16. prosinec 2008
- [15] OCHRANA OBYVATELSTVA A KRIZOVÉ ŘÍZENÍ, ed. *Ochrana obyvatelstva v případě krizových situací a mimořádných událostí nevojenského charakteru II*. Brno: Tribun EU, 2014. ISBN 978-80-263-0723-5.
- [16] CDC. Centers for Disease Control and Prevention. *Centers for Disease Control and Prevention* [online]. 19. březen 2020 [vid. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/index.htm>
- [17] MV ČR – GŘ HZS. *Souhrn metodických předpisů pro JPO* [online]. [vid. 2020-03-27]. Dostupné z: <http://metodika.cahd.cz/>
- [18] SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA. *Prevence nehod a havárií. 2. díl*, Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-73-9.
- [19] MULLAI, Arben a Everth LARSSON. Hazardous material incidents: Some key results of a risk analysis. *WMU Journal of Maritime Affairs*. 2008, 7(1), 65–108. ISSN 1651-436X, 1654-1642.
- [20] *Havarijní karty*. vydavatel: SPOLANA. [online]. Dostupné z: [https://www.spolana.cz/CZ/SluzbyAAreal/Documents/SG%C5%98-26-05\\_P%C5%99%C3%ADloha\\_3.pdf](https://www.spolana.cz/CZ/SluzbyAAreal/Documents/SG%C5%98-26-05_P%C5%99%C3%ADloha_3.pdf)

- [21] ARVANITIS, Mary Lynn a Robert C. SATONIK. Transdermal fentanyl abuse and misuse. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2002, **20**(1), 58–59. ISSN 07356757.
- [22] MATOUŠEK, Jiří, Jaroslav BENEDÍK a Petr LINHART. *CBRN: biologické zbraně*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. ISBN 978-80-7385-003-6.
- [23] ČESKO. *Zákon č. 258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 74.
- [24] OSN. *Úmluva o zákazu vývoje, výroby a hromadění zásob bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní a o jejich zničení* B.m.: SÚJB [online]. 1972 [vid. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/zakaz-biologickych-zbrani/umluva-o-zakazu-vyvoje-vyroby-a-hromadeni-zasob-bakteriologickych-biologickych-a-toxinovych-zbrani-a-o-jejich-zniceni/>
- [25] SLABOTINSKÝ, Jiří a Stanislav BRÁDKA. *Ochrana osob při chemickém a biologickém nebezpečí*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 978-80-86634-93-7.
- [26] PORTA, Miquel S. a INTERNATIONAL EPIDEMIOLOGICAL ASSOCIATION, ed. *A dictionary of epidemiology*. 5th ed. Oxford ; New York: Oxford University Press, 2008. ISBN 978-0-19-531449-6.
- [27] 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.
- [28] MATOUŠEK, Jiří, Jan ÖSTERREICHER a Petr LINHART. *CBRN: jaderné zbraně a radiologické materiály*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. ISBN 978-80-7385-029-6.
- [29] IAEA. *Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných a radiačních událostí INES*. B.m.: SÚJB. 2009



- [30] EVRENSEL, Ayhan. Ionizující záření - účinky a zdroje. In: . B.m.: SÚJB, 2016. ISBN 978-92-807-3600-7.
- [31] SÚJB. *Přehled biologických účinků záření* [online]. 1997 [vid. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/strucny-prehled-biologickych-ucinku-zareni/>
- [32] *The story of the poisoning of Seveso, Italy* [online]. [vid. 2020-04-28]. Dostupné z: <http://www.getipm.com/articles/seveso-italy.htm>
- [33] *International Campaign for Justice in Bhopal | An international coalition working to address the grave injustices suffered by half a million Bhopalis.* [online]. [vid. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.bhopal.net/>
- [34] DRÁBOVÁ, Dana a Vladimír KLENER. Patnáct let od havárie Černobylu - důsledky a poučení. Praha: Moraviatisk, 2001.
- [35] *Fukushima Nuclear Accident Update Log* [online]. 12. duben 2011 [vid. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.iaea.org/newscenter/news/fukushima-nuclear-accident-update-log-15>
- [36] ČESKO. *Vyhláška č. 328/2001 Sb. Vyhláška o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému.* In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001, částka 127.
- [37] *Dokumentace IZS – Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. [vid. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/dokumentace-izs-587832.aspx>
- [38] SKALSKÁ, Květoslava, Zdeněk HANUŠKA, Milan DUBSKÝ, ČESKO a GŘ HZS. *Integrovaný záchranný systém a požární ochrana: modul I.* Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010. ISBN 978-80-86640-59-4.
- [39] MD ČR. *Dohoda ADR 2019* [online]. [vid. 2020-05-01]. Dostupné z: [https://www.mdcr.cz/Zivotni-situace/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-\(1\)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2019](https://www.mdcr.cz/Zivotni-situace/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2019)

- [40] ČESKO. *Zákon č. 224/2015 Sb. Zákon o prevenci závažných havárií*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2015, částka 93.
- [41] OSHA. *CLP – klasifikace, označování a balení látek a směsí – Bezpečnost a ochrana zdraví při práci* [online]. [vid. 2020-05-01]. Dostupné z:  
<https://osha.europa.eu/cs/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>
- [42] ČESKO. *Zákon č. 240/2000 Sb. Krizový zákon*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 73.
- [43] *Dokumentace IZS – STČ 01/IZS Špinavá bomba* [online]. [vid. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/dokumentace-izs-587832.aspx?q=Y2hudW09MQ%3d%3d>
- [44] *Dokumentace IZS – STČ 05/IZS Nález předmětu s podezřením na přítomnost B-agens nebo toxinů* [online]. [vid. 2020-04-29]. Dostupné z:  
<https://www.hzscr.cz/clanek/dokumentace-izs-587832.aspx?q=Y2hudW09MQ%3d%3d>
- [45] *Dokumentace IZS – STČ 13/IZS Reakce na chemický útok v metru* [online]. [vid. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/dokumentace-izs-587832.aspx?q=Y2hudW09MQ%3d%3d>
- [46] PROUZA, Zdeněk a Jiří ŠVEC. *Zásahy při radiační mimořádné události*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. ISBN 978-80-7385-046-3.
- [47] MATOUŠEK, Jiří, Iason URBAN a Petr LINHART. *CBRN: detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. ISBN 978-80-7385-048-7.
- [48] ČESKO. *Vyhláška č. 359/2016 Sb. Vyhláška o podrobnostech k zajištění zvládnutí radiační mimořádné události*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2016, částka 143.

- [49] PITSCHMANN, Vladimír. *Chemické zbraně a ochrana proti nim*. Praha: Manus, 2011. ISBN 978-80-86571-11-9.
- [50] RICHARDSON, Harry W., Peter GORDON a James Elliott MOORE, ed. *The economic costs and consequences of terrorism*. Cheltenham, UK ; Northampton, MA: E. Elgar, 2007. ISBN 978-1-84542-734-4.
- [51] ČESKO. Vyhláška č. 226/2015 Sb. *Vyhláška o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2015, částka 93.
- [52] VYMĚTAL, Štěpán. *Krizová komunikace a komunikace rizika*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2510-9.
- [53] OECD. *Emerging Risks in the 21st Century: An Agenda for Action* [online]. [vid. 2020-04-28]. Dostupné z:  
<https://www.oecd.org/futures/globalprospects/emergingrisksinthe21stcenturyanagendaforaction.htm>
- [54] ŘIHÁČEK, Tomáš, Ivo ČERMÁK a Roman HYTYCH. *Kvalitativní analýza textů: čtyři přístupy*. Brno: Masarykova univerzita, 2013. ISBN 978-80-210-6382-2.
- [55] ČESKO. Vyhláška č. 422/2016 Sb. *Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2016, částka 172.
- [56] ENGELBRECHT, Hendrik, Robert W. LINDEMAN a Simon HOERMANN. A SWOT Analysis of the Field of Virtual Reality for Firefighter Training. *Frontiers in Robotics and AI*. 2019, **6**, 101. ISSN 2296-9144.
- [57] TOKEL, Saniye Tugba a Veysi İSLER. Acceptance of virtual worlds as learning space. *Innovations in Education and Teaching International*. 2015, **52**(3), 254–264. ISSN 1470-3297, 1470-3300.

- [58] WILLIAMS-BELL, F. M., B. KAPRALOS, A. HOGUE, B. M. MURPHY a E. J. WECKMAN. Using Serious Games and Virtual Simulation for Training in the Fire Service: A Review. *Fire Technology*. 2015, **51**(3), 553–584. ISSN 0015-2684, 1572-8099.
- [59] BARR, David, Warren GREGSON a Thomas REILLY. The thermal ergonomics of firefighting reviewed. *Applied Ergonomics*. 2010, **41**(1), 161–172. ISSN 00036870.
- [60] HUBÁČEK, Martin, Drahomír HAUSNER a Vladimír VRÁB. The Use of Simulation Technologies in the Preparation for New Types of Operations. *Vojenské rozhledy*. 2013, **22**(1), 149–159. ISSN 12103292.
- [61] HZS. *Vyjádření HZS Libereckého kraje k události v hamru na Jezeře* [online]. [vid. 2020-05-16]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/vyjadreni-hzs-libereckeho-kraje-k-udalosti-v-hamru-na-jezere.aspx>
- [62] KIRK, Katherine M. a Michael B. LOGAN. Structural Fire Fighting Ensembles: Accumulation and Off-gassing of Combustion Products. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2015, **12**(6), 376–383. ISSN 1545-9624, 1545-9632.
- [63] CTIF – INTERNATIONAL ASSOCIATION OF FIRE SERVICES FOR SAFER CITIZENS THROUGH SKILLED FIREFIGHTERS. *The evidence on firefighters' cancer* [online]. [vid. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.ctif.org/news/evidence-firefighterscancer-clear-what-are-senior-management-whs-waiting>
- [64] HANZLÍK, Antonín. *Analýza bezpečnostních opatření společnosti Letiště Praha, a.s. na vybrané bezpečnostní hrozby současnosti*. B.m., 2018. Bakalářská práce. ČVUT.
- [65] STEVENS, Garry, Alison JONES, George SMITH, Jenny NELSON, Kingsley AGHO, Melanie TAYLOR a Beverley RAPHAEL. Determinants of Paramedic Response Readiness for CBRNE Threats. *Biosecurity and Bioterrorism: Biodefense Strategy, Practice, and Science*. 2010, **8**(2), 193–202. ISSN 1538-7135, 1557-850X.

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Vývojový diagram úniku nebezpečných látek [18] .....	22
Obrázek 2 – Symbol „Plyn pod tlakem“ [42] .....	47
Obrázek 3 – Symbol „Výbušnina“ [42].....	47
Obrázek 4 – Symbol „Oxidující“ [42] .....	47
Obrázek 5 – Symbol „Hořlavé“ [42] .....	47
Obrázek 6 – Symbol „Korozivní“ [42].....	47
Obrázek 7 – Symbol „Nebezpečnost pro zdraví“ [42] .....	47
Obrázek 8 – Symbol „Akutní toxicita“ [42] .....	47
Obrázek 9 – Symbol „Vysoká nebezpečnost pro zdraví“ [42].....	48
Obrázek 10 – Symbol „Nebezpečné pro životní prostředí“ [42].....	48
Obrázek 11 – Lokalizace opatření cvičení 1 [Zdroj autor] .....	79
Obrázek 12 – Lokalizace opatření cvičení 2 [Zdroj autor] .....	81
Obrázek 13 – Lokalizace opatření cvičení PČR [Zdroj autor] .....	82
Obrázek 14 – Cvičná hala pro interakci při cvičení [Zdroj autor] .....	84
Obrázek 15 – Srážka vozidel ve cvičném scénáři [Zdroj autor].....	85
Obrázek 16 – Pohled na zdroj úniku NChL ve scénáři č. 2 [Zdroj autor] .....	86
Obrázek 17 – Pohled na nehodu ve scénáři č. 2 [Zdroj autor].....	86
Obrázek 18 – Pohled na nehodu ve scénáři č. 3 [Zdroj autor] .....	87
Obrázek 19 – Pohled na nehodu ve scénáři č. 4 [Zdroj autor] .....	88

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 - Symboly dle CLP a jejich vysvětlení.....	47
Tabulka 2 - Výsledky cvičení 1.....	78
Tabulka 3 - Výsledky cvičení 2.....	80
Tabulka 4 - Výsledky cvičení PČR.....	81

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 cvičný scénář.

Příloha č. 2 cvičný scénář – záznamový arch.

Příloha č. 3 cvičení 1.

Příloha č. 4 cvičení 1 - záznamový arch.

Příloha č. 5 cvičení 2.

Příloha č. 6 cvičení 2 - záznamový arch.

Příloha č. 7 cvičení a scénář PČR.

Příloha č. 8 scénář č. 1.

Příloha č. 9 scénář č. 2.

Příloha č. 10 scénář č. 3.

Příloha č. 11 scénář dopravní nehoda COVID-19.

Příloha č. 12 instruktážní video dopravní nehoda s COVID-19.