

Bezpečnostní projekt objektu Zimní stadion Prostějov

Jan Solanský

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav ochrany obyvatelstva
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jan Solanský
Osobní číslo: L15098
Studijní program: B2825 Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Ochrana obyvatelstva
Forma studia: prezenční

Téma práce: Bezpečnostní projekt objektu zimní stadion Prostějov

Zásady pro vypracování:

1. Charakteristika úniku nebezpečné chemické látky z průmyslového objektu a proces řešení této krizové situace
2. Analýza stavu objektu a jeho technického vybavení
3. Tvorba modelové situace úniku amoniaku z daného objektu v softwarových nástrojích jako připravenost na potenciální krizovou situaci
4. Návrh bezpečnostních opatření k zabezpečení objektu před vnějšími i vnitřními riziky s cílem zvýšit účinnost prevence

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta. Vydání první. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015, 323 s. ISBN 978-80-86466-62-0.

[2] MIKA, Otakar J., Pavel ZAHRADNÍČEK a Miloš ZEMAN. Ochrana obyvatelstva: malé kompendium ochrany obyvatelstva. 1. vyd. Jihlava: Vysoká škola polytechnická, 2012, 102 s. ISBN 978-80-87035-67-2.

[3] KROUPA, Miroslav a Milan ŘÍHA. Průmyslové havárie. 2. vyd. Praha: Armex, 2010, 154 s. Skripta pro střední a vyšší odborné školy. ISBN 978-80-86795-87-4.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.**
Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. září 2017**

V Uherském Hradišti dne 1. září 2017

doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.
děkan



prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

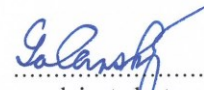
Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se bakalářská práce skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

V Uherském Hradišti 21.9.2017


.....
podpis studenta

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevytýká zveřejňuje bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy. Vysoká škola disertační práce nezveřejňuje, byla-li již zveřejněna jiným způsobem.

(2) Bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výtisky, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

(4) Vysoká škola může odložit zveřejnění bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce nebo jejich částí, a to po dobu trvání překážky pro zveřejnění, nejdéle však na dobu 3 let. Informace o odložení zveřejnění musí být spolu s odůvodněním zveřejněna na stejném místě, kde jsou zveřejňovány bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, již se týká odklad zveřejnění podle věty první, jeden výtisk práce k uchování ministerstvu.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem práce je objekt Zimní stadion města Prostějov a ochrana před potenciálním únikem amoniaku do přilehlého okolí z tohoto objektu. V teoretické části se budu zabývat právním ukotvením v oblasti chemie a krizového řízení, charakteristikou amoniaku a dalšími aspekty nutnými pro zabezpečení tohoto objektu. V praktické části především modelování potenciálních krizových situací typu úniku nebezpečné chemické látky v softwarových nástrojích k vytvoření kvalitních podkladů pro řešení krizových situací s tímto objektem spojena, jakož i charakteristikou objektu spolu s technickým vybavením. Dále se budu zabývat cvičením složek IZS v rámci tohoto objektu a navrhnou další bezpečnostní opatření pro zabezpečení tohoto objektu před vnitřními i vnějšími riziky.

Klíčová slova: amoniak, nebezpečná chemická látka, modelování úniku amoniaku, cvičení IZS, bezpečnostní opatření.

ABSTRACT

The purpose of this work is the object Ice stadium of the city of Prostějov and protection from potential leakage of ammonia to the surrounding areas from this object. The theoretical part will deal with legislation in the field of chemistry and crisis management, characteristics of ammonia and other aspects necessary for the security of this object. In the practical part, mainly the modeling of potential crisis situations type of leak hazardous chemicals in software tools to create high-quality documents for solving crisis situations associated with this object, as well as the characteristics of the object along with technical equipment. Furthermore, I will deal with exercise of IRS associated with this object and propose additional safety measures for the security of this object before the internal and external risks.

Keywords: ammonia, hazardous chemicals, ammonia leakage modeling, IRS exercise, security measures

Mé největší poděkování patří panu prof. Ing. Dušanu Vičarovi, CSc. za trpělivost, poskytnuté materiály a celkové mentorování mé práce. Další poděkování patří panu Ing. Ivanovi Princovi, za rady, připomínky a pomoc se softwarem TerEx do praktické části a panu mjr. Ing. Pavlovi Tučkovi z oddělení prevence, OO a KŘ HZS Prostějov za možnost nahlédnout do materiálů HZS. Závěrem děkuji své rodině za podporu při celé době studia.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I. TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ČESKÁ PRÁVNÍ ÚPRAVA.....	12
1.1 ZÁKON Č. 224/2015 SB., O PREVENCI ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ ZPŮSOBENÝCH VYBRANÝMI NEBEZPEČNÝMI CHEMICKÝMI LÁTKAMI NEBO CHEMICKÝMI SMĚSMI A O ZMĚNĚ ZÁKONA Č. 634/2004 SB., O SPRÁVNÍCH POPLATCÍCH, VE ZNĚNÍ POZDĚJŠÍCH PŘEDPISŮ, (ZÁKON O PREVENCI ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ)	12
1.2 ZÁKON Č. 350/2011 SB., O CHEMICKÝCH LÁTKÁCH A CHEMICKÝCH SMĚSÍCH A O ZMĚNĚ NĚKTERÝCH ZÁKONŮ (CHEMICKÝ ZÁKON).....	12
1.3 KRIZOVÉ ZÁKONY.....	13
1.4 OSTATNÍ LEGISLATIVA	13
2 PRÁVNÍ ÚPRAVA EVROPSKÉ UNIE.....	14
2.1 SMĚRNICE EVROPSKÉ RADY SEVESO	14
2.2 REACH.....	15
3 AMONIAK.....	16
3.1 CHARAKTERISTIKA A VLASTNOSTI	16
3.2 POUŽITÍ V PRŮMYSLU.....	17
3.3 VLIV NA ČLOVĚKA	17
3.3.1 PRVNÍ POMOC.....	17
4 HAVÁRIE S ÚNIKEM NEBEZPEČNÉ LÁTKY	19
4.1 NEBEZPEČNÝ PROSTOR	19
4.2 CHOVÁNÍ OBYVATELSTVA PŘI ÚNIKU NEBEZPEČNÉ LÁTKY	19
4.3 IMPROVIZOVANÁ OCHRANA.....	20
4.4 ÚNIKY AMONIAKU ZE ZIMNÍCH STADIONŮ V MINULOSTI – VYBRANÉ UDÁLOSTI	21
5 ÚKOLY OCHRANY OBYVATELSTVA.....	23
5.1 VAROVÁNÍ A VYROZUMĚNÍ.....	23
5.2 EVAKUACE	24
5.3 DÍLČÍ ZÁVĚR	25
6 CÍLE A POUŽITÉ METODY	26
II. PRAKTICKÁ ČÁST	27
7 CHARAKTERISTIKA STADIONU.....	28
8 TEREX	30
8.1 VÝPOČET MNOŽSTVÍ PRO SIMULACI.....	30

9	VÝSLEDKY MODELOVÁNÍ V SOFTWARE TEREX.....	32
9.1	MODEL PUFF.....	32
9.1.1	SIMULACE Č. 1	32
9.1.2	SIMULACE Č. 2	33
9.1.3	SIMULACE Č. 3	34
9.1.4	SIMULACE Č. 4	35
9.2	MODEL PLUME	36
9.2.1	SIMULACE Č. 5	37
9.2.2	SIMULACE Č. 6	38
9.2.3	SIMULACE Č. 7	39
9.2.4	SIMULACE Č. 8	40
9.3	VYHODNOCENÍ	41
10	CVIČENÍ SLOŽEK IZS V RÁMCI STADIONU	43
10.1	CÍL CVIČENÍ.....	44
10.2	ÚČASTNÍCI CVIČENÍ	44
10.3	ČASOVÝ PRŮBĚH CVIČENÍ	45
10.4	NÁSLEDNÉ ZHODNOCENÍ	49
11	ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO ZABEZPEČENÍ.....	54
12	NÁVRHY A DOPORUČENÍ AUTORA	56
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ	63
	SEZNAM TABULEK.....	64
	SEZNAM PŘÍLOH.....	65

ÚVOD

Město Prostějov bylo již v minulosti i dnes známé jako město sportu. Vedle tenisu to platí i o hokeji, Prostějovském klubu LHK Prostějov, kterého jsem i já sám již několik let velkým fanouškem. Návštěvnost stadionu při hokejových utkáních domácího týmu se šplhá i nad číslo 4000 lidí při kapacitě stadionu 5125 diváků, což jen dokazuje oblíbenost Prostějovského hokeje. Vedle toho je tento stadion i místem konání mnoha festivalů, veletrhů, koncertů a jiných sportovních událostí. Z tohoto důvodu považuji za nutnost, aby prostějovský zimní stadion měl správné jak zabezpečení, tak i havarijní plány před únikem nebezpečné chemické látky Amoniak, která se používá jako chladicí médium v tomto objektu. Amoniak je jednou z nepoužívanějších chemikálií v průmyslu, proto je jeho použití velmi rozšířené, a tudíž i v dnešní době se setkáváme s úniky nebezpečných chemických látek do prostředí, kde ohrožují jak zdraví a životy lidí, tak i životní prostředí. Avšak dokážeme se poučit z vlastních chyb a existují dnes kvalitní právní předpisy, nařízení a směrnice, jak české, tak evropské, které upravují nakládání s těmito látkami, přičemž je dbáno maximální možné úsilí, aby nedošlo k haváriím a neblahým situacím podobného typu. Samozřejmostí je i připravenost na možné úniky nebezpečných chemických látek. Proto existují softwarové programy (např. Terex), které nám mohou pomoci při havarijním plánování a řešení krizových situací modelací šíření nebezpečné látky a určením nebezpečných či kontaminovaných prostorů pro určení evakuačních oblastí, a to především pro potřeby složek Integrovaného záchranného systému. Tato práce se výše uvedeným bude zabývat.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ČESKÁ PRÁVNÍ ÚPRAVA

Následující podkapitoly budou jmenovat právní předpisy spojené s nakládáním s nebezpečnou chemickou látkou na úrovni české legislativy.

1.1 Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií)

Zákon stanovuje systém prevence závažných havárií pro objekty, ve kterých je umístěna nebezpečná látka, s cílem snížit pravděpodobnost vzniku a omezit následky závažných havárií na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek v těchto objektech a v jejich okolí. Tento zákon dále upravuje povinnosti právnických nebo podnikajících fyzických osob, které užívají nebo budou užívat objekt, ve kterém je umístěna nebezpečná látka a působnost orgánů veřejné správy na úseku prevence závažných havárií způsobených nebezpečnými látkami. Pokud jiný právní předpis nestanoví jinak, nevztahuje se zákon například na vojenské objekty či vojenská zařízení. [1]

1.2 Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)

Smyslem tohoto zákona je, že upravuje klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování a uvádění na trh chemických směsí na území České republiky, práva a povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob při výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek nebo látek obsažených ve směsích nebo předmětech, správnou laboratorní praxi a působnost správních orgánů při zajišťování ochrany před škodlivými účinky látek a směsí. [2]

1.3 Krizové zákony

Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).

Tento zákon stanoví působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků a práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na krizové situace, které nesouvisejí se zajišťováním obrany České republiky před vnějším napadením, a při jejich řešení a při ochraně kritické infrastruktury a odpovědnost za porušení těchto povinností. Tento zákon zároveň zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje určování a ochranu evropské kritické infrastruktury. [3]

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

Tento zákon vymezuje integrovaný záchranný systém, stanoví složky integrovaného záchranného systému a jejich působnost, pokud tak nestanoví zvláštní právní předpis, působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků, práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na mimořádné události a při záchranných a likvidačních pracích a při ochraně obyvatelstva před a po dobu vyhlášení stavu nebezpečí, nouzového stavu, stavu ohrožení státu a válečného stavu. [4]

1.4 Ostatní legislativa

- Zákon č. 320/2015 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru) [5],
- Vyhláška Ministerstva vnitra č. 380/2002 Sb. k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva [6],
- Zákon č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky [7],
- Zákon č. 374/2011 Sb., o zdravotnické záchranné službě [8].

2 PRÁVNÍ ÚPRAVA EVROPSKÉ UNIE

2.1 Směrnice Evropské rady Seveso

Dohromady tři Směrnice Evropské rady. **Směrnice rady 82/501/EHS** (Seveso I), **Směrnice rady 96/82/ES** (Seveso II) a **Směrnice Evropského parlamentu a rady 2012/18/EU** (Seveso III). Tyto směrnice se zabývají kontrolou nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek.

Seveso I byla přijata v roce 1982 jako reakce na závažné havárie, především únik dioxinu v Italském Sevesu v roce 1976, kde na následky úniku této látky z chemičky zemřely zhruba dvě stovky lidí. Stanovuje povinnosti a postupy provozovatelů i správních orgánů pro oblast závažných průmyslových havárií.

Oznamovací povinnost a povinnost zpracovat bezpečnostní studii – provozovatelé objektů, v nichž jsou používány nebezpečné látky v množství přesahujících limity stanovené směrnicí, jsou povinni informovat příslušné orgány formou oznámení o činnosti a v případě vysoce nebezpečné činnosti zpracovat bezpečnostní studii. Obsah studie a její náležitosti závisí na míře potenciálního nebezpečí a souvisejících rizik. Vždy ale musí být uvedena opatření minimalizující možná nebezpečí a další potenciální rizika.

Povinnost vypracovat havarijní plány – nezbytnost vypracovat vnitřní havarijní plán pro případ havárie. V případě zasažení následků havárie i mimo území podniku vypracovat i havarijní plán vnější. Pro tyto účely vydalo ministerstvo vnitřní vyhlášku č. 383/2000 Sb., která byla zrušena a nahrazena zákonem č. 59/2006 Sb., později i tento zákon zrušen a v současnosti nahrazen zákonem č. 224/2015 Sb.

Povinnost poskytnout informace – Provozovatel zabezpečí informovatelnost svých pracovníků o možném riziku a činnostech v případě havárie. Tato povinnost se mimo zaměstnance dále vztahuje i na ohrožené obyvatelstvo a kompetentní orgány státní zprávy.

Povinnost provádět kontroly – Povinnost státu provádět kontroly nebezpečných (rizikových) provozů a činností.

Seveso II modernizuje a zjednodušuje směrnici Seveso I. Je zde zdůrazněna úloha kontrolních orgánů. Zcela nový je prvek – **bezpečnostní management**. Zaveden systém kontrol zabraňující a řešící případné havárie. Seveso III stanovuje pravidla pro prevenci závažných havárií, při kterých jsou přítomny nebezpečné látky, omezení jejich následků pro lidské

zdraví a životní prostředí, aby byla soudržným a účinným způsobem zajištěna vysoká úroveň ochrany v celé Evropské Unii. [9][10]

2.2 REACH

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 z 18. prosince 2006 s dobou platnosti od 1. června 2007. REACH (registrace, hodnocení, povolování a omezování chemických látek) je nařízení Evropské unie, jehož cílem je zlepšit ochranu lidského zdraví a životního prostředí před riziky, která mohou představovat chemické látky v době, kdy se stále zvyšuje konkurenční soupeření mezi podniky chemického průmyslu v EU. Rovněž podporuje alternativní metody pro hodnocení rizik látek s ohledem na snížení počtu zkoušek na zvířatech.

Obecně platí nařízení REACH pro všechny chemické látky, nikoliv pouze pro ty, které jsou používány v průmyslu, ale rovněž například v čistících přípravcích, barvách a předmětech, jako jsou oděvy, nábytek a elektrická zařízení. Nařízení se proto týká většiny společností v rámci EU. Pro společnosti vyplývá z nařízení REACH důkazní břemeno. Pro splnění požadavků nařízení musí společnosti zjistit a řídit rizika v souvislosti s látkami, které vyrábějí a uvádějí na trh. Společnosti musí agentuře ECHA prokázat, jak lze bezpečně látky používat, a musí informovat uživatele o opatření k řízení rizik. Pokud nelze rizika řídit, mohou orgány různými způsoby omezit použití látek. [11]

3 AMONIAK

V následujících podkapitolách bude rozebrána chemická látka amoniak, který se používá jako chladicí médium v prostějovském zimním stadionu.

3.1 Charakteristika a vlastnosti

Amoniak, jiným názvem čpavek a chemickým názvem hydroxid amonný, je bezbarvý plyn s typickým čpavým štiplavým zápachem. Je zásaditý, dráždivý a žíravý, zhruba o polovinu lehčí než vzduch. Může být skladován za zvýšeného tlaku v kapalném stavu. Má výbornou rozpustnost ve vodě, přičemž rozpustnost klesá se stoupající teplotou vody. Reaguje s kyselinami za vzniku amonných solí. Má silné korozivní účinky vůči kovům, zejména vůči slitinám mědi. Přestože plynná fáze je lehčí než vzduch, v místě odpařování z kapalně fáze se vytváří amoniaková mlha, která se chová jako plyn těžší než vzduch a může zatékat do níže položených prostor. Z jednoho litru zkapalněného amoniaku se může za normálních podmínek vytvořit až 1 000 litrů plynného amoniaku. Největší riziko ohrožení velkého počtu osob představuje, jestliže je použit právě jako chladicí médium na zimních stadionech. [12]

Tabulka 1 – Vlastnosti amoniaku

Vlastnosti amoniaku	
Chemický vzorec	NH ₃
Číslo nebezpečnosti (Kemler kód)	268
UN kód	1005, popř. 1043, 2073, 2672
Číslo CAS	1336-21-6 – kapalný 7664-41-7 - plynný
Meze výbušnosti	15 – 28 % objemu ve vzduchu
Relativní hmotnost plynné fáze vztažená ke vzduchu	0,6

Zdroj: [12]

3.2 Použití v průmyslu

Hlavní použití amoniaku spočívá ve výrobě kyseliny dusičné, průmyslových hnojiv, výbušnin, polymerů, farmaceutických výrobků, kaučuku, tenzidů a některých pesticidů. Uplatňuje se i v petrochemickém průmyslu a v galvanickém pokovování, kde se přidává do některých lázní. Může se rovněž používat přímo jako hnojivo ve formě vodného roztoku, kterým se provádí zavlažování. Vykazuje fungicidní vlastnosti a využívá se proto v ovocnářství pro omezení růstu hub na ovoci. Ve velkých průmyslových provozech je využíván jako náplň chladících technologií (výroba ledu, zpracování potravin) díky nízkým nákladům a vysoké účinnosti. [14] V menší míře se ve formě chloraminu používá i k desinfekci vody. [13]

3.3 Vliv na člověka

V běžném prostředí je koncentrace amoniaku natolik nízká, že prakticky nepředstavuje žádné riziko. Jeho výhodou je z tohoto hlediska i velice intenzivní štiplavý zápach, který na jeho případnou přítomnost v ovzduší upozorní dříve, než by koncentrace mohla stoupnout na nebezpečnou úroveň. [13]

Avšak pobyt ve vysokých koncentracích plynu vede k zástavě dechu, která může být přechodná, ale může dojít k náhlé smrti. Při styku se zkapalněným produktem dochází nejen k poleptání, ale vznikají i omrzliny, které jsou obzvláště nebezpečné pro oči. Produkt vytváří výbušné směsi se vzduchem. [15]

3.3.1 První pomoc

Nadýchání plynu vyvolává pálení a bolest poleptaných sliznic, úporný dráždivý kašel a dušnost. I se značným zpožděním může dojít k otoku plic. Otok hrtanu nebo plic může vést k udušení. Poleptání očí může vést k poškození rohovky i k oslepnutí. V případě vzniku omrzlin jsou omrzlá místa bledá, chladná a necitlivá, později mohou zrudnout, otéci, objeví se pocit mravenčení, pálení a bolest. Omrzliny jsou často spojené s poleptáním, protože produkt je silná žíravina. Při kontaktu s amoniakem je proto zásadní aplikovat okamžitou laickou první pomoc.

Při vdechnutí – S ohledem na vlastní bezpečnost dopravit postiženého na čerstvý vzduch, vodou vypláchnout ústa a nos, nenechat postiženého prochladnout a zajistit odbornou lékařskou pomoc.

Při požití – Vypláchnout ústa a vypít velké množství vody, neprovádět neutralizaci. Nesnažit se vyvolat zvracení, hrozí perforace zažívacího traktu.

Při zasažení očí – Okamžitě vyplachovat oči s široce otevřenými víčky pod tekoucí vlažnou vodou a ve vymývání pokračovat při násilně otevřených víčkách od vnitřního k vnějšímu koutku oka až do příchodu lékaře. Má-li postižený kontaktní čočky, před výplachem je vyjmout. Zajistit odbornou lékařskou pomoc, v případě kontaktu očí se zkapalněným plynem neprodleně, při omrznutí hrozí vážné poškození očí.

Při poleptání – Zasažená místa okamžitě opláchnout dostatečným množstvím vody a odstranit kontaminovaný oděv a obuv. Kůži důkladně, ale bez velkého mechanického dráždění omývat velkým množstvím vlažné vody, nejlépe až do příchodu lékaře, ale minimálně 20 minut. Při vzniku omrzlin neodstraňovat přimrzlé šatstvo a zasažené místo netřít, pouze opláchnout. Poleptaná, případně omrzlá místa překrýt sterilním obvazem nebo čistou tkaninou. [15]

Při poskytování první pomoci se samozřejmě musíme sami chránit před kontaminací, proto platí **obecné zásady první pomoci**:

- Za použití ochranných pomůcek vynést postiženého z ohroženého prostoru, uložit do stabilizované polohy, uvolnit těsné součásti oděvu, při zástavě dechu okamžitě zavést umělé dýchání, sejmout potřísněný oděv,
- Zasaženou osobu ponechat v klidu, poskytovat protišoková opatření, přivolat lékařskou pomoc nebo neprodleně postiženého dopravit k lékaři. Lékařské ošetření provést vždy, i když je postižený v relativním pořádku a subjektivně se cítí dobře,
- Při zasažení očí provést rychlý a důkladný výplach spojivkového vaku. Vždy zajistit odborné vyšetření u očního lékaře,
- Nebezpečnou látku, která ulpěla na pokožce, opatrně odsát a postižené místo důkladně omýt mýdlovou vodou. Dbát, aby nedošlo ke kontaminaci nezasažené pokožky [16],
- Postiženého není možno nechat prochladnout. [33]

4 HAVÁRIE S ÚNIKEM NEBEZPEČNÉ LÁTKY

V důsledku havárie technologického zařízení, ve kterém se skladují či provozují nebezpečné látky, nebo při dopravních haváriích na silnici a železnici při přepravě těchto látek, může vzniknout situace, kterou hodnotíme jako havárie s únikem nebezpečných látek. Při havárii nebezpečných látek dochází k nekontrolovanému úniku škodliviny do životního prostředí, který ohrožuje zdraví a životy lidí a poškozují životní prostředí. Zdrojem nebezpečí mohou být i teroristické útoky na průmyslové objekty a dopravní prostředky přepravující nebezpečné látky. Tyto zdroje tedy dělíme na stacionární a mobilní. [16]

4.1 Nebezpečný prostor

Při úniku nebezpečných látek vzniká nebezpečný prostor. Je to prostor, kam unikla nebezpečná látka v ohrožující koncentraci vlivem šíření nebezpečného oblaku. Velikost nebezpečného prostoru je úměrně závislá od množství uniklé látky, její toxicitě a fyzikálním vlastnostem (zvláště hustotě a tenzi par). Velikost a tvar nebezpečného prostoru je závislý na vnější teplotě, směru a rychlosti přízemního větru. Na šíření nebezpečného prostoru má vliv členitost terénu, zástavba či porost terénu. Hlavní směr šíření nebezpečného oblaku odpovídá směru proudění větru. Ten lze orientačně určit podle pohybů porostu, směru šíření kouře z komínů. Většina nebezpečných látek ve fázi plynu a par je těžší než vzduch, a proto nebezpečné látky vnikají do podzemních prostorů, sklepů a nebezpečný oblak vniká do kanalizace. [16]

4.2 Chování obyvatelstva při úniku nebezpečné látky

Činnost obyvatelstva lze obecně specifikovat zejména podle místa, kde se nachází v době havárie. Obecně lze uvést, že při úniku látky těžší než vzduch je základní ochrannou činností zejména improvizovaná individuální ochrana a ukrytí ve vyšších patrech budov. U amoniaku, který je ovšem lehčí než vzduch, je zapotřebí se chránit před zasažením ukrytím v nejnižším prostoru budovy. Za zmínku ovšem stojí, že zkapalněný amoniak se při úniku chová jako plyn těžší než vzduch, tudíž v bezprostřední blízkosti zdroje úniku se šíří při zemi a může vytvářet bílý mrak. [17][18]

O vzniku havárie se občan může dozvědět:

- prostřednictvím varovného signálu všeobecná výstraha z akustické sirény,
- tím, že je svědkem havárie,

- od sousedů, náhodných chodců přímo nebo zprostředkovaně (z druhé ruky),
- z hlášení místních rozhlasů, nebo z informací rádií nebo televize,
- z internetových stránek, které se aktuálními informacemi zabývají.

Jakékoliv informace o možnosti vzniku havárie se nesmí podceňovat. I pokud jsou informace neověřené, v prvopočátku je považovat za věrohodné. [16]

4.3 Improvizovaná ochrana

V případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek je nezbytné použít tzv. **prostředky improvizované ochrany** dýchacích cest a povrchu těla. Základním principem improvizované ochrany je využití vhodných oděvních součástí, které jsou k dispozici v každé domácnosti a pomocí kterých je možné chránit jak dýchací cesty, tak celý povrch těla. Při použití těchto prostředků je nutné dbát následujících zásad:

- celý povrch těla musí být zakryt, žádné místo nesmí zůstat nepokryté,
- všechny ochranné prostředky je nutné co nejlépe utěsnit,
- k dosažení vyšších ochranných účinků kombinovat více ochranných prostředků nebo použít oděv v několika vrstvách, [18]
- při zasažení kapalným amoniakem se lze chránit pomocí masky a oděvu pouze dočasně, neboť amoniak se chová značně agresivně vůči gumě. [33]

K **ochraně hlavy** se doporučuje použít čepici, šátek nebo šálu, přes které je vhodné převléci kapuci případně nasadit ochrannou přilbu (motocyklová, cyklistická, lyžařská nebo pracovní ochranná přilba), která takto chrání i před padajícími předměty.

Ochraně obličeje a očí je nutno věnovat největší pozornost. Jedná se zde o kombinaci ochrany povrchu těla s ochranou dýchacích cest. Zvláštní pozornost je proto nutné věnovat ochraně úst a nosu, které jsou vstupní branou dýchacích cest. Nejvhodnějším způsobem je překrytí úst a nosu složeným kusem flanelové látky či froté ručníkem, mírně navlhčeným ve vodě či ve vodném roztoku sody nebo kyseliny citrónové. K improvizované ochraně očí jsou nejvhodnějším prostředkem brýle uzavřeného typu (lyžařské či plavecké), které těsně přiléhají ke kůži.

Při **ochraně trupu** platí obecná zásada, že každý druh oděvu poskytuje určitou míru ochrany, přičemž větší počet vrstev zvyšuje koeficient ochrany. Nejvhodnější jsou dlouhé zimní kabáty, bundy, kalhoty, kombinézy, šustákové sportovní soupravy. Velmi dobrým

ochranným prostředkem rukou jsou pryžové rukavice. Ochranný účinek je tím větší, čím je materiál silnější. Vhodnější jsou rukavice delší, neboť chrání zápěstí a částečně i předloktí. Nejsou-li k dispozici žádné rukavice, je třeba chránit ruce např. igelitovým sáčkem nebo textilem tak, aby nepřišly do přímého kontaktu se škodlivými látkami.

Pro **ochranu nohou** jsou nejvhodnější pryžové holínky, kozačky nebo jiné vysoké kožené boty. Nepřesahuje-li nohavice přes boty, je třeba ovinout nechráněné místo kusem látky, šátkem apod. Při použití nízkých bot je vhodné zhotovit návleky z igelitových sáčků či tašek.

Je nutností chránit celý povrch těla i za cenu nepohodlí. Proto každé volné místo či netěsnosti oděvu k povrchu těla přelepit lepicí páskou či nějakým jiným způsobem utěsnit. [18]

4.4 Úniky amoniaku ze zimních stadionů v minulosti – vybrané události

21. 8. 2012 jednotka HZS ze stanice Litvínov vyjela na žádost Městské policie Litvínov na **zimní stadion v ulici S.K. Neumana v Litvínově**. Ve strojovně stadionu došlo k protržení ucpávky a k úniku 1 litru oleje se čpavkem. Obsluha stadionu čpavek odvětrala. Hasiči nenaměřili žádnou nebezpečnou hodnotu. Jednotka zlikvidovala pomocí sorbentu vyteklý olej. [19]

26. 9. 2013 úniku amoniaku ze strojovny **zimního stadionu v Hořovicích** (Středočeský kraj). Únik amoniaku z technologie strojovny zimního stadionu byl hasičům ohlášen nájemcem zimního stadionu, který únik zaznamenal při vstupu do strojovny. Hasiči po příjezdu na místo události provedli průzkum v dýchací technice s detekční technikou. Naměřené hodnoty se v průběhu měření velice lišily a místo úniku bylo obtížně detekovatelné. Přestože koncentrace mimo prostor strojovny byla minimální, byla preventivně vytyčena nebezpečná zóna a připravena technika na případné zkrápění. Vzhledem k povětrnostním podmínkám a minimálnímu osídlení v oblasti nebylo třeba přistoupit k evakuaci okolí. [20]

25. 1. 2013 došlo při odolejování technologie, která se provádí pravidelně každý měsíc v rámci údržby, k úniku amoniaku na **zimním stadionu v Domažlicích**. Dvěma pracovníkům se nepodařilo únik látky zastavit. Jeden z nich se nadýchal výparů, ošetření ZZS však odmítl. Elektronická čidla zachytila únik amoniaku a automaticky spustila odsávání z místnosti. Odhaduje se, že celkově uniklo 160 kg látky. Část do ovzduší směrem od města a část do záchytné jímky. Přestože nedošlo k žádnému ohrožení, policie informovala okolní společnosti a nedaleké sídliště o události a doporučila nevětrat. Hasiči v protichemic-

kých oblecích vstoupili do technologické místnosti a pokusili se uzavřít místo úniku. Pootvírali veškerá okna objektu a pomocí přetlakové ventilace všechny prostory stadionu odvětrali. Po zásahu v protichemických oblecích proběhla dekontaminace. [21]

K úniku amoniaku došlo **30. 11. 2014** v podvečer na **zimním stadionu v Novém Bydžově na Hradecku**. Během hokejového utkání došlo k poruše ve strojovně a úniku amoniaku. Na místo události vyjeli krátce před 17. hodinou profesionální hasiči z Nového Bydžova a profesionální hasiči z centrální stanice Hradec Králové s chemickým kontejnerem. Celý stadion, zhruba 100 lidí, bylo evakuováno. Nikdo z návštěvníků ani účastníků zápasu nebyl zraněn. Hasiči ve speciálních oblecích zkontrolovali strojovnu, kde byl již uzavřen poškozený ventil. V celém prostoru změřili koncentraci, která vykazovala zvýšené hodnoty látky v ovzduší. Celý prostor stadionu hasiči nechali odvětrávat. 1. 12. 2014 ráno bylo provedeno kontrolní měření, které již nevykázalo zvýšenou koncentraci látky. [22]

Úniky amoniaku ze zimních stadionů jsou časté i v zahraničí. Například **15. července 2017** v americkém státě **New Hampshire** došlo na **Tri-Town Ice Arena** k úniku amoniaku ze strojovny, kdy zasahujícím hasičům trvalo 4 až 5 hodin dostat situaci pod kontrolu. Na tomto stadionu to byl dle náčelníka hasičů již třetí incident během posledních pár let. [23]

5 ÚKOLY OCHRANY OBYVATELSTVA

Ochrana životů, zdraví a majetkových hodnot je spolu se zajištěním svrchovanosti, územní celistvosti a ochranou demokratických základů České republiky základní povinností a tedy i funkcí státu. Zahrnuje soubor činností a postupů věcně příslušných orgánů a dalších zainteresovaných orgánů, organizací, složek a obyvatelstva, prováděných za účelem minimalizace negativních dopadů možných mimořádných a krizových situací na zdraví a životy lidí a jejich životní podmínky. Tímto pojetím ochrany obyvatelstva je Česká republika srovnatelná s převážnou většinou vyspělých evropských států. Ochrana obyvatelstva je v systému zvládnání všech typů MU samostatně řízenou a koordinovanou činností. Hlavní úkoly ochrany obyvatelstva jsou následující. [24]

5.1 Varování a vyrozumění

Včasné a správné varování a informování obyvatelstva spolu s vyrozuměním orgánů krizového řízení a složek IZS je základní podmínkou úspěšné realizace opatření ochrany obyvatelstva v ohroženém území. **Varování** obyvatelstva je souhrn technických a organizačních opatření zabezpečujících včasné upozornění obyvatelstva prostřednictvím orgánů veřejné správy na hrozící nebo nastalou mimořádnou událost, vyžadující realizaci opatření na ochranu obyvatelstva a majetku. Zahrnuje zejména varovný signál, po jehož provedení je neprodleně realizováno informování obyvatelstva o povaze nebezpečí a o opatřeních k ochraně života, zdraví a majetku. Od 1. listopadu 2001 je zaveden jeden varovný signál "Všeobecná výstraha" (kolísavý tón sirény po dobu 140 vteřin, signál může být vysílán třikrát po sobě v asi tříminutových intervalech). Vyhláší se při hrozbě nebo vzniku mimořádné události. V trvalé provozuschopnosti jsou udržovány systémy, které umožňují včasné varování a informování obyvatelstva o potenciálním nebezpečí. V působnosti Ministerstva vnitra, respektive Hasičského záchranného sboru České republiky, je správa cca 4 564 sirén, které umožňují přenos varovných signálů na 80% území naší republiky.

Vyrozumění je souhrn organizačních, technických a provozních opatření zabezpečující včasné předání informací o hrozící nebo již vzniklé MU složkám IZS, orgánů, územní sa-

mosprávy a státní správy, PaPFO podle havarijního nebo krizového plánu. Vyrozumění je součástí činností OPIS IZS. Probíhá:

- v linii horizontální a vertikální mezi složkami systému vyrozumění
- v rámci jednotlivých složek (vyrozumění a svolání konkrétních osob)

Varování a vyrozumění představují klíčová ochranná opatření. Jejich včasné a spolehlivé zabezpečení podmiňuje účinnou realizaci všech ostatních opatření, zejména ukrytí, individuální a kolektivní ochrany, evakuace, jakož i efektivní, tzn. především rychlé zasazení složek IZS. [24][18]

5.2 Evakuace

Evakuace je souhrnem opatření zabezpečujících přemístění osob, zvířat, předmětů kulturní hodnoty, technického zařízení, případně strojů a materiálu k zachování nutné výroby a nebezpečných látek z míst ohrožených MU do míst, která zajišťují pro evakované obyvatelstvo náhradní ubytování a stravování, pro zvířata ustájení a pro věci uskladnění. Evakuace se vztahuje na všechny osoby v místech ohrožených MU s výjimkou osob, které se budou podílet na záchranných pracích, na řízení evakuace nebo budou vykonávat jinou neodkladnou činnost. Evakuace se přednostně se plánuje pro vybrané skupiny obyvatelstva. Dle různých hledisek dělíme evakuaci na objektovou a plošnou, podle časového úseku také na krátkodobou a dlouhodobou a posledně podle způsobu realizace na řízenou a neřízenou. Základním plánovacím dokumentem v oblasti evakuace je **plán evakuace obyvatelstva** (součást Havarijního plánu kraje), který obsahuje zásady pro provádění evakuace, rozsah evakuačních opatření (závisí na vyhodnocení rizika na území kraje), zabezpečení evakuace, orgány pro řízení evakuace a způsob jejich vyrozumění a rozdělení odpovědnosti za provedení evakuace. [18][24][25]

Dlouhodobá plošná evakuace je typická pro zasažení obyvatel povodněmi. Pro takovou evakuaci je vždy nutné mít nachystané takzvané evakuační zavazadlo. V případě úniku amoniaku ze stadionu a následného řešení této situace je však nutno vzít v potaz, že nebezpečí chemickou látkou trvá pouze v rozmezí 1 až 12 hodin. V těchto případech se provádí pouze evakuace objektová. Pravidla a způsob evakuace v objektech stanoví požární evakuační plán. Jde o přesun osob na volné prostranství nebo do chráněného prostoru mimo dosah nebezpečných účinků ohrožujících zdraví a životy. Jedná se o součást preventivní ochrany před nebezpečím. [12]

5.3 Dílčí závěr

Cílem teoretické části je navázat na část praktickou takovým způsobem, aby se čtenář seznámil s problematikou. Problematika používání amoniaku jako chladícího média musí být dostatečně právně ošetřena jak zákony a vyhláškami České republiky, tak nařízeními a směrnici Evropské unie, neboť jakékoliv používání nebezpečných chemických látek sebou nese jisté riziko a povinnost dodržovat zásady bezpečného nakládání. Nesprávným zacházením s produktem můžeme ohrozit nejen sebe, ale i široké okolí.

Při potenciální situaci, kdy dojde k ohrožení obyvatel havárií je nezbytností pro záchranu života znát zásady ukrytí před nebezpečnou látkou a improvizovanou ochranu těla a dýchacích cest, jak je uvedeno v druhé půlce teoretické části této práce.

6 CÍLE A POUŽITÉ METODY

Cílem této práce je seznámit čtenáře s problematikou používání nebezpečné chemické látky amoniak v objektu zimní stadion Prostějov, který je charakteristický vysokou návštěvností obyvatelstva. Zaměřím se na vytvoření různých modelů úniku amoniaku v softwarovém nástroji TerEx s různými vstupními daty, práci složek IZS v rámci stadionu, současná používaná bezpečnostní opatření tohoto objektu a budu prezentovat vlastní návrhy dalšího zabezpečení s cílem minimalizovat nebezpečí před vnitřními a vnějšími riziky.

V práci jsou použity literární a internetové zdroje, informace získané z konzultace s příslušníkem HZS Prostějov, individuální posouzení objektu a práce se softwarovým programem TerEx s reálnými údaji konkrétně na tento objekt, přičemž je záměrem vytvoření simulovaného úniku amoniaku pro určení nebezpečné zóny.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CHARAKTERISTIKA STADIONU

Zimní stadion je lokalizován v severozápadní části Prostějova. Stadionu předcházelo umělé ledové kluziště vybudované v roce 1957. Teprve až v roce 1976 bylo vybudováno zastřešení unikátní ocelovou konstrukcí, kterou navrhl slavný projektant Ferdinand Lederer. V bezprostřední blízkosti haly se nachází komplex se společenským zázemím: motelem, restaurací a barem. Stadion má kapacitu celkem 5125 diváku, z toho 1496 míst k sezení při rozloze hrací ledové plochy 58,68 x 29,34 m. V průběhu existence byl stadion několikrát rekonstruován. Rekonstrukce kotelny v roce 1998, v roce 2005 došlo k modernizaci ledové plochy, kdy stavaři položili a zabetonovali dvacet šest kilometrů chladicího potrubí. Položili osm tisíc metrů čtverečních hydroizolace a poloviční množství tepelné izolace, které byly zality 200 kubíky betonu. [26][27]



Obrázek 1 Zimní stadion Prostějov

Zdroj: Vlastní

Nejdůležitější byla rekonstrukce strojovny chlazení v roce 2006, kdy byla strojovna modernizována. V současnosti se ve strojovně nachází dva kompresory značky GEA Grasso s výkonem 531 m³/h a 796 m³/h s odpařovacími kondenzátory umístěnými venku, vysokotlaký sběrač amoniaku s objemem 2580 litrů typu HIR-1030 od společnosti POTRUBNÍ MARKETING spol. s r.o. a další komponenty jako expanzní nádrž a systém potrubí. Pro chlazení umělé ledové plochy je použito přímé chladicí zařízení v trubkovém systému ledové plochy. Zimní stadion má typ chlazení B (tzn. s přímým chlazením o množství amoniaku v rozmezí 1–5t). Použité chladivo je čpavek, amoniak NH₃.



Obrázek 2 Kompresory chlazení

Zdroj: Vlastní



Obrázek 3 Vysokotlaký sběrač (Zásobník)

Zdroj: Vlastní

8 TEREX

Softwarový program TerEx, od společnosti T-SOFT a.s., je nástroj pro rychlou prognózu dopadů a následků působení nebezpečných chemických látek, výbušných systémů či otravných látek, a to zejména při jejich kategorickém zneužití. Model je vytvořen jako počítačový program s návazností na grafický informační systém pro přímé zobrazení výsledků v mapách. Obsahuje rozsáhlou databázi chemických látek, u kterých jednotlivě můžeme spolu s vloženými daty vytvořit model úniku a nasimulovat krizovou situaci. Tyto výstupy umožňují rychlé rozhodnutí v případě krize a napomáhají pro odbornou výuku, plánování a cvičení. [28]

Je určen zejména pro operativní použití jednotkami IZS při zásahu, pro rychlé určení rozsahu ohrožení a realizaci následných opatření ochrany obyvatel. Dále je vhodný pro podniky, samosprávu a státní orgány, či pro vzdělávací instituce. TerEx je využitelný velitelem zásahu přímo na místě nebo operačním důstojníkem v řídicím středisku. Stejně tak je vhodný pro analýzy rizik při havarijním plánování. Program poskytuje výsledky i při nedostatku přesných vstupních informací. Za účelem vytvoření modelace úniku nebezpečné chemické látky amoniak z prostějovského zimního stadionu jsem vytvořil sérii simulací v tomto programu, a to konkrétně ve dvou modelech:

- PLUME – déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku,
- PUFF – jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku. [9]

U obou modelů jsem pracoval s reálným množstvím látky, které se v objektu nachází. Mojí prioritou bylo zjistit, v jakých podmínkách by při takovém množství došlo k nejhoršímu možnému scénáři, tzn. při úniku ke kontaminaci největšího prostoru.

8.1 Výpočet množství pro simulaci

Dle štítku na zásobníku amoniaku (viz obr. 5) je uvedeno, že zásobník má objem 2580 litrů. Na základě této hodnoty jsem provedl výpočet hmotnosti amoniaku v kilogramech, neboť množství látky, které se zadává do softwaru TerEx k modelu PUFF je možné pouze v kilogramech. Dle objemu a hustoty kapaliny jsem provedl následující výpočet (viz tabulka č. 2).

Tabulka 2 Výpočet množství kapalného amoniaku v kilogramech

Objem - $V_{\text{NH}_3} = 2580 \text{ litrů} = 2,58 \text{ m}^3$	Hustota - $\rho_{\text{NH}_3} = 681,9 \text{ kg/m}^3 (-33,3^\circ\text{C})$
$m_{\text{NH}_3} = \rho_{\text{NH}_3} * V_{\text{NH}_3}$	
$m_{\text{NH}_3} = 681,9 * 2,58$	
$m_{\text{NH}_3} = 1759,3 \doteq \mathbf{1760 \text{ kg}}$	

Zdroj: Vlastní

Výpočtem bylo zjištěno, že kapalného amoniaku se v zásobníku nachází 1760 kg. Provedl jsem tedy simulace na tuto hodnotu, a dále hodnotu zhruba třetinovou, tedy 600 kg.

9 VÝSLEDKY MODELOVÁNÍ V SOFTWARE TEREX

V následujících podkapitolách jsou zobrazeny výstupy z práce s programem TerEx, mapové podklady a návaznost na Geografický informační systém (GIS) HZS pro určení počtu obyvatel v ohrožené zóně.

9.1 Model PUFF

Model PUFF simuluje jednorázový krátkodobý únik látky s následným odparem do oblaku. Pro výpočet jsem použil dvě množství – 1760 kg (viz tab. 2) a 600 kg. Při osobní návštěvě strojovny stadionu v březnu 2017 jsem zjistil, že zásobník je naplněný zhruba v 1/3. Zbytek množství se nacházel v oběhu pod ledovou plochou, tudíž plný zásobník je pouze po skončení hokejové sezóny a bruslení pro veřejnost. Z tohoto důvodu byly provedeny v modelu PUFF simulace na množství 1760 kg a 600kg.

9.1.1 Simulace č. 1

Do programu jsem vložil tyto vstupní hodnoty:

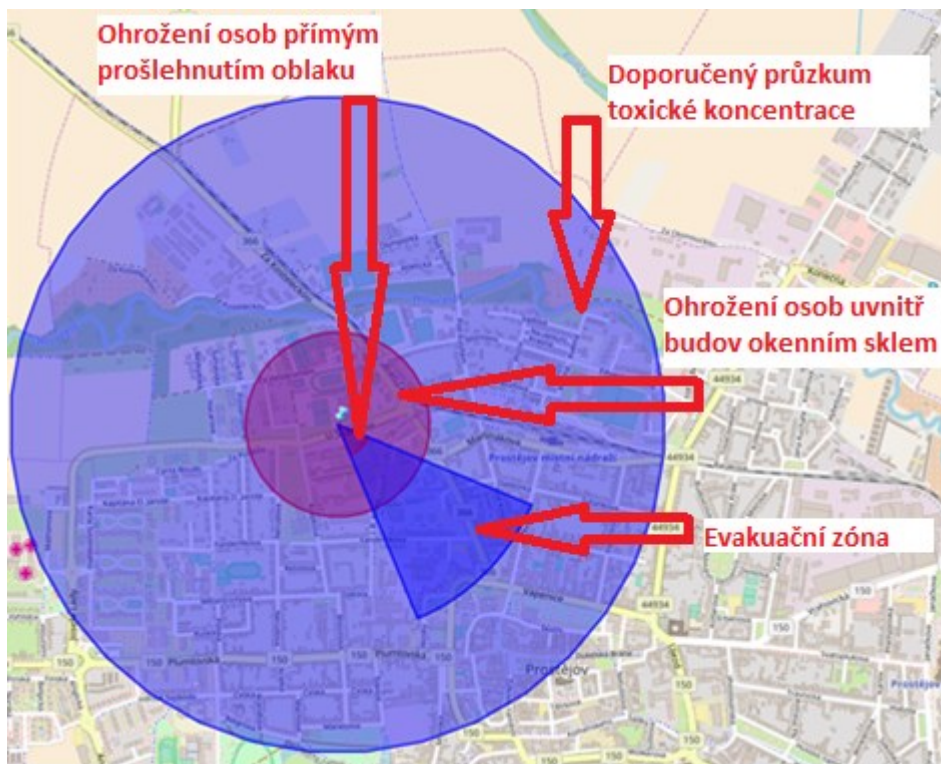
Tabulka 3 Vstupní data první simulace

Teplota kapaliny v zařízení	23 °C
Celkové uniklé množství kapaliny	1760 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s
Pokrytí oblohy oblaky	100 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	D – izotermie
Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina

Zdroj: Vlastní

Na základě dat uvedených v tabulce č. 3 určil program následující:

- Ohrožení osob toxickou látkou (evakuační zóna) – 673 m,
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku – 106 m,
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem – 295,5 m,
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – 1053 m.



Obrázek 4 Vyobrazení výstupu první simulace

Zdroj: Vlastní

Tento model představuje nejhorší možný scénář. Zde došlo k úniku celého množství kapalného amoniaku ve spojení s vysokou oblačností a nízkým větrem od severozápadu, což způsobí výparový mrak, který si udrží svoji denzitu na největší vzdálenost.

9.1.2 Simulace č. 2

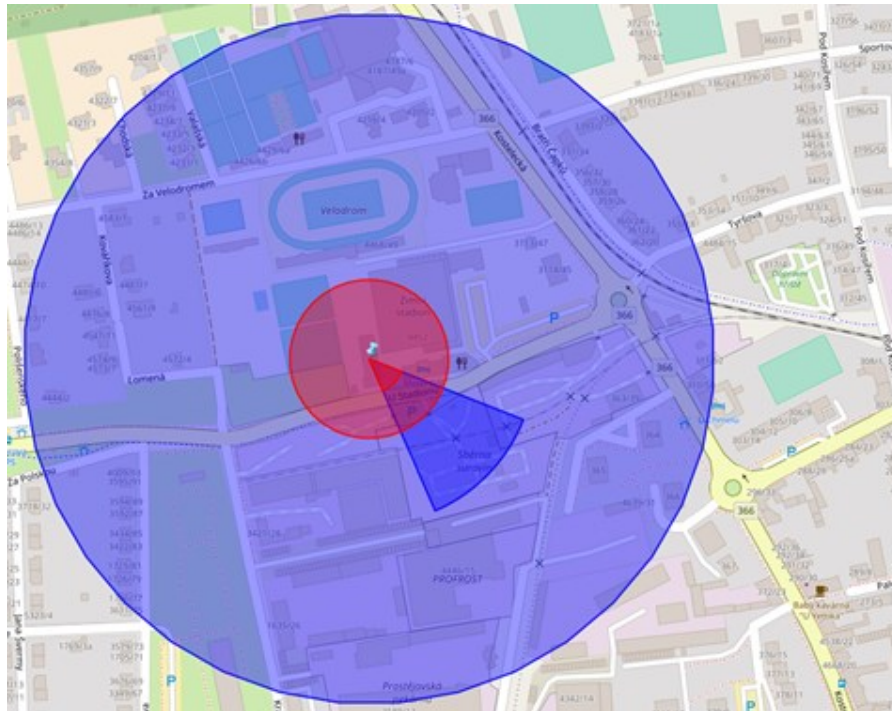
Tabulka 4 Vstupní data druhé simulace

Teplota kapaliny v zařízení	-33 °C
Celkové uniklé množství kapaliny	1760 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s
Pokrytí oblohy oblaky	0 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F – inverze
Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina

Zdroj: Vlastní

Výstup simulace č. 2:

- Ohrožení osob toxickou látkou (evakuační zóna) – 144 m,
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku – 30 m,
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem – 69 m,
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – 300 m.



Obrázek 5 Vyobrazení výstupu druhé simulace

Zdroj: Vlastní

9.1.3 Simulace č. 3

Tabulka 5 Vstupní data třetí simulace

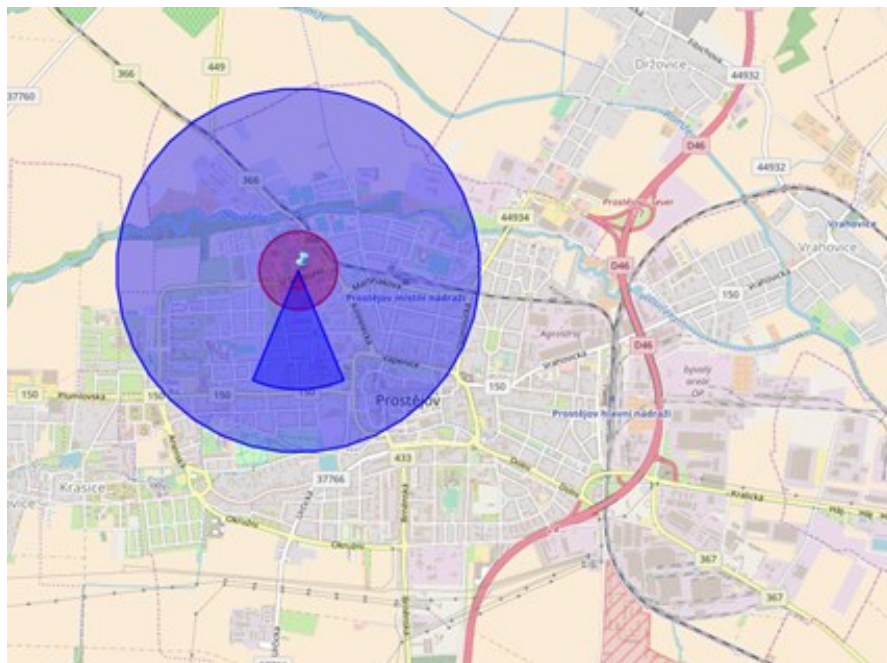
Teplota kapaliny v zařízení	23 °C
Celkové uniklé množství kapaliny	600 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s
Pokrytí oblohy oblaky	50 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti	F – inverze
Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina

Zdroj: Vlastní

Výstup simulace č. 3:

- Ohrožení osob toxickou látkou (evakuační zóna) – 745 m,
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku – 115 m,
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem – 244,5 m,
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – 1141 m.



Obrázek 6 Vyobrazení výstupu třetí simulace

Zdroj: Vlastní

9.1.4 Simulace č. 4

Tabulka 6 Vstupní data čtvrté simulace

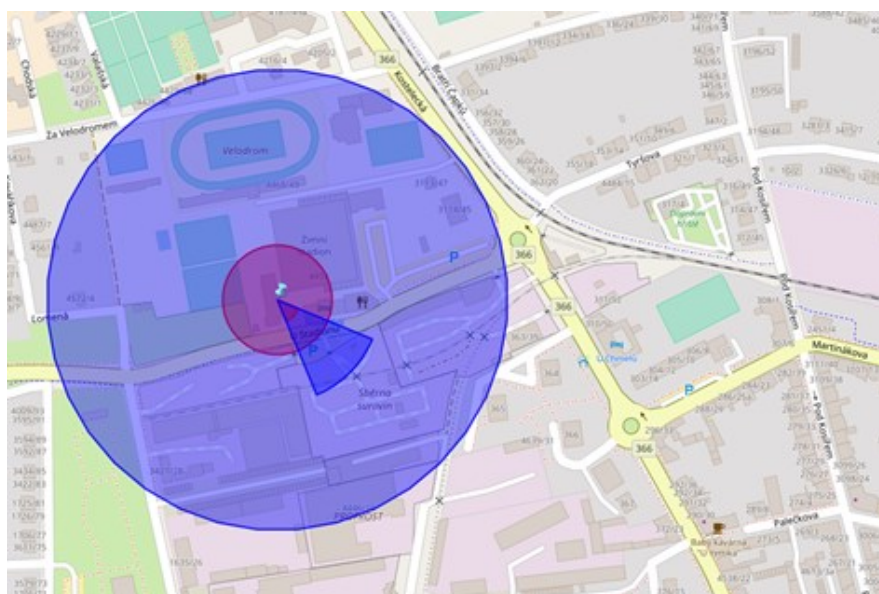
Teplota kapaliny v zařízení	-33 °C
Celkové uniklé množství kapaliny	600 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s

Pokrytí oblohy oblaky	50 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F – inverze
Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina

Zdroj: Vlastní

Výstup simulace č. 4:

- Ohrožení osob toxickou látkou (evakuační zóna) – 90 m,
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku – 20 m,
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem – 48 m,
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – 202 m.



Obrázek 7 Vyobrazení výstupu čtvrté simulace

Zdroj: Vlastní

9.2 Model PLUME

Model PLUME simuluje dlouhotrvající únik látky ze zdroje s rychlým odparem do oblaku. Vytvořil jsem tedy smyšlenou situaci, kdy by na zařízení byla například netěsnost ventilu. Do programu jsem vložil tyto následující data, která budou pro model PLUME neměnná:

Tabulka 7 Neměnné hodnoty pro modely PLUME

Přetlak v havarovaném zařízení	2300 kPa
Průměr únikového otvoru	0,01 m
Výška hladiny kapaliny v zařízení	0,9 m
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina

Zdroj: Vlastní

Na jednotlivé simulace v tomto modelu se bude měnit pouze teplota kapaliny v zařízení a pokrytí oblohy oblaky.

9.2.1 Simulace č. 5

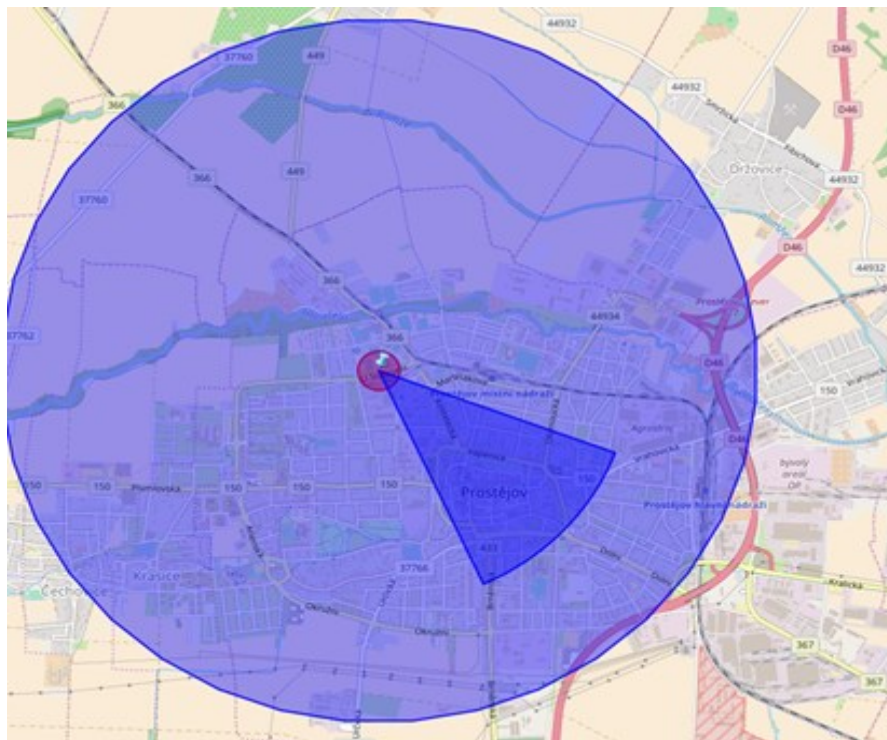
Tabulka 8 Vstupní data páté simulace

Teplota kapaliny v zařízení	23 °C
Pokrytí oblohy oblaky	0 %

Zdroj: Vlastní

Výstup simulace č. 5:

- Ohrožení osob toxickou látkou (evakuační zóna) – 1530 m,
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku – 40 m,
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem – 127 m,
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – 2290,5 m.



Obrázek 8 Vyobrazení hodnot páté simulace

Zdroj: Vlastní

9.2.2 Simulace č. 6

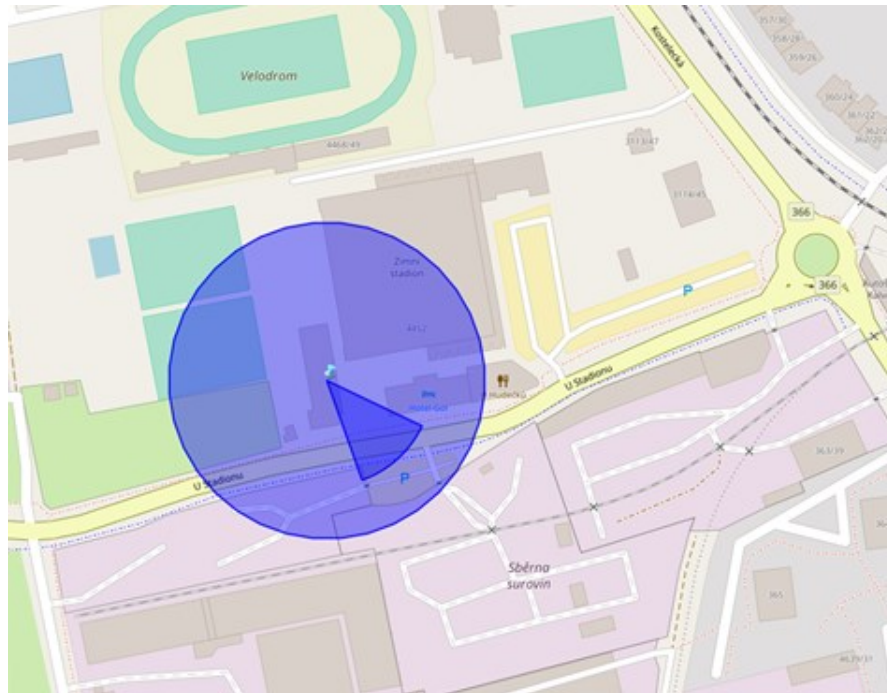
Tabulka 9 Vstupní data šesté simulace

Teplota kapaliny v zařízení	23 °C
Pokrytí oblohy oblaky	100 %

Zdroj: Vlastní

Výstup simulace č. 6:

- Ohrožení osob toxickou látkou (evakuační zóna) – 726 m,
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku – 19 m,
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem – 88 m,
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – 1089 m.



Obrázek 10 Vyobrazení hodnot sedmé simulace

Zdroj: Vlastní

9.2.4 Simulace č. 8

Tabulka 11 Vstupní hodnoty osmé simulace

Teplota kapaliny v zařízení	-33 °C
Pokrytí oblohy oblaky	0 %

Zdroj: Vlastní

Výstup simulace č. 8:

- Ohrožení osob toxickou látkou (evakuační zóna) – 99 m,
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku – 3 m,
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem – 10,5 m,
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – 148,5 m.

9.3 Vyhodnocení

Dle provedených simulací bylo zjištěno, že míra kontaminace okolí stadionu závisí na několika faktorech. Jsou to hlavně množství uniklé látky, teplota kapaliny v zařízení (odpařování či kondenzace látky [29]) či procento pokrytí oblohy oblaky. Mým cílem bylo vytvořit několik možných scénářů, při kterých bylo použito různých hodnot těchto faktorů.

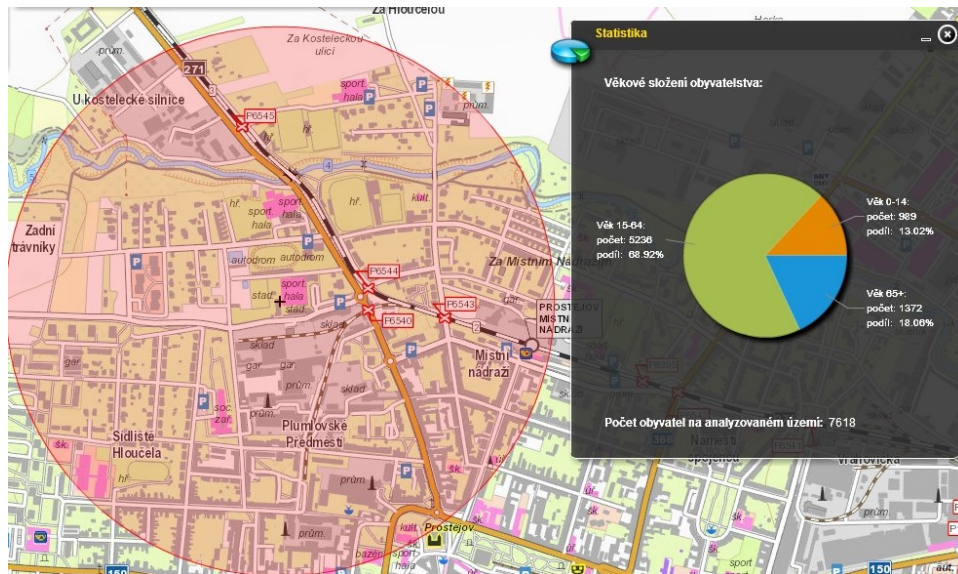
Z výsledků je také zřejmé, že v některých případech by došlo ke kontaminaci velice rozsáhlého území. Pro takové hodnoty jsem použil aplikace GIS HZS, abych zjistil, jaký počet obyvatel by byl potenciálně zasažen při takové události a nutná jejich evakuace, či aplikace improvizované ochrany dýchacích cest a povrchu těla:

Tabulka 12 Výsledky měření v GIS

Simulace č. 1	6172 obyvatel
Simulace č. 2	132 obyvatel
Simulace č. 3	7618 obyvatel
Simulace č. 5	24346 obyvatel
Simulace č. 6	7333 obyvatel

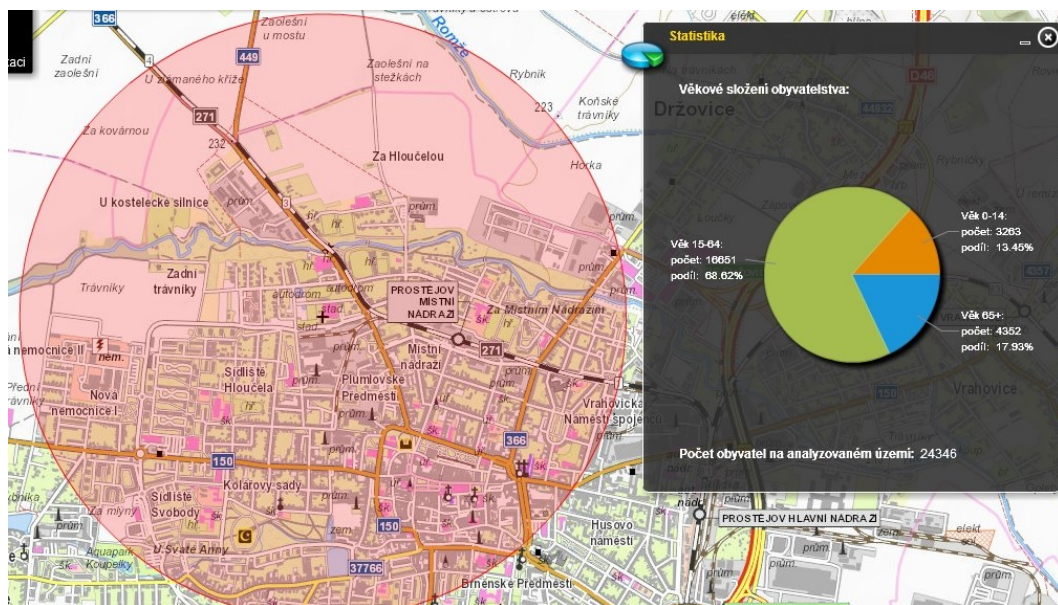
Zdroj: Vlastní

U simulací č. 1, 3 a 6 je v evakuační zóně velký počet ohrožených aktiv. Od rodinných a bytových domů, domovů pro seniory, mateřských, základních a středních škol až po obchodní domy, výrobní podniky či Prostějovskou nemocnici. Nejzávažnější je situace u simulace č. 5, kdy by došlo ke kontaminaci téměř celého města. Naopak oproti tomu u simulace č. 2 zahrnuje zóna pouze pár domů, skladů a hotel, který je součástí stadionu.



Obrázek 11 Vyobrazení hodnot v GIS u třetí simulace

Zdroj: Vlastní



Obrázek 12 Vyobrazení hodnot v GIS u páté simulace

Zdroj: Vlastní

Použití Geografického informačního systému nám umožní zjistit, kolik lidí má v určené zóně své trvalé bydliště. V reálné situaci by tento počet obyvatel nebyl přesný, neboť část obyvatel může žít na místě jiném. Také záleží na čase vzniku havárie. Například v ranních a odpoledních hodinách je značná část obyvatel v zaměstnání, tudíž se nemusí v této zóně nacházet.

10 CVIČENÍ SLOŽEK IZS V RÁMCI STADIONU

Dne 9. 4. 2010 při hokejovém utkání HC Orlová – HK Jestřábi Prostějov došlo k úniku chladicího média (amoniaku) do prostor plně obsazených tribun a následně i do okolí zimního stadionu. Příčinou úniku amoniaku byla technická závada - poškození systému chlazení. Ze sirén a místního rozhlasu bylo slyšet varování obyvatelstva před únikem nebezpečné látky.

Naštěstí se nejednalo o reálnou událost, ale o cvičení krizového štábu ORP Prostějov a následné taktické cvičení složek IZS s názvem „**Zimní stadion 2010**“, jehož tématem bylo provádění záchranných a likvidačních prací na území obce postižené únikem nebezpečné látky. [30]

Pro koordinaci záchranných a likvidačních prací při úniku nebezpečné látky byl svolán Krizový štáb ORP Prostějov. Jeho úkolem bylo zejména zajištění evakuace ohroženého obyvatelstva., likvidace následků provozní havárie, zajištění přečerpání zbývajícího amoniaku, předání informací občanům a zajištění varování obyvatelstva, monitoring situace, příprava evakuace a zajištění nouzového ubytování pro návštěvníky hotelu, zřízení informační linky pro občany, řešení právních následků havárie atd. [31]

První, s čím se musel krizový štáb potýkat, bylo seznámení se s novými prostory, které byly poskytnuty pro potřeby krizového řízení po přeložení OPIS na krajské ředitelství. Následovala rozhra formou telefonátů z řad vyděšených občanů a starosty obce Mostkovic, kteří reagovali na štiplavý zápach. Zajištění prostředků k řešení události neprobíhalo pouze na teoretické úrovni. Svou roli hrála spojovatelka a „skutečné“ firmy. Celou rozhru měli na starosti příslušníci HZS Olomouckého kraje a ÚO Prostějov. V rámci cvičení bylo využito všech dostupných prostředků – PC, notebooky členů krizového štábu zapojené do krizové sítě, krizová telefonní síť pro spojení mezi krizovým štábem, městským úřadem, MěP a PČR, multifunkční tabule, karty obcí, havarijní plán, GIS, papírové mapové podklady, systém VISO pro varování obyvatelstva atd. V návaznosti na cvičení krizového štábu města Prostějov připravil Územní odbor Prostějov taktické cvičení IZS. V rámci přípravy cvičení bylo rozhodnuto ověřit dobu evakuace objektu a možnost zásahu složek IZS při soustředění velkého počtu osob na místě zásahu. [30]

10.1 Cíl cvičení

Cvičení krizového štábu určené obce Prostějov a složek IZS:

- Nácvik mechanismu zapojení jednotlivých řídicích článků v rámci HZS v úrovni operačního střediska a řídicího důstojníka územního odboru,
- Koordinace záchranných a likvidačních prací složek IZS z úrovně starosty obce při činnosti složek IZS,
- Nácvik činnosti krizového štábu při organizaci a odborném zabezpečení evakuace ohrožených osob (návštěvníci zimního stadionu a motelu), likvidaci následků havárie, zajištění přečerpání zbývajících amoniaku, předávání informací občanům,
- Návrhy na řešení právních následků havárie,
- Provést praktický nácvik činnosti složek IZS při provádění záchranných a likvidačních prací, provádění evakuace, zabránění úniku nebezpečné látky do kanalizace a ovzduší,
- Procvičit spolupráci základních a ostatních složek IZS při řízení dopravy, organizaci zdravotnické pomoci a odborném zabezpečení evakuace,
- Procvičit výstavbu terénního pracoviště štábu pro logistickou podporu. [31]

10.2 Účastníci cvičení

V následující tabulce je uveden seznam zúčastněných složek IZS a dalších organizací, které se na cvičení podílely spolu s počtem osob, popř. použitou technikou:

Tabulka 13 Seznam účastníků cvičení Zimní stadion 2010

Orgány veřejné správy		
Městský úřad Prostějov a pozvaní specialisté krizového štábu		20 osob
Hasičský záchranný sbor a jednotky požární ochrany		
CPS Prostějov	CAS 24 - Scania	1+5 osob
CPS Prostějov	CAS 15 – Man	1+3 osob
CPS Prostějov	CHK JNK - Man	1+1 osob

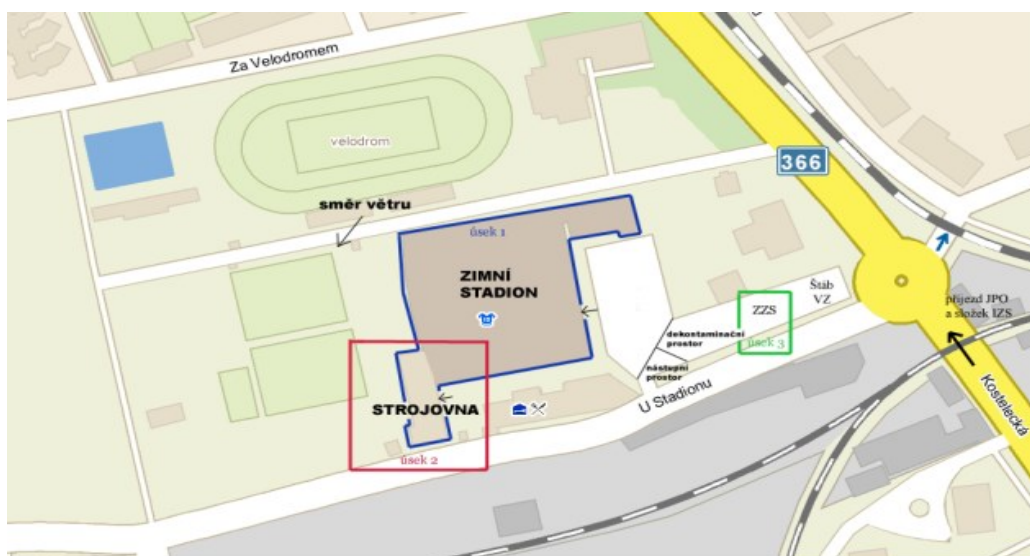
CPS Prostějov	AZ 30 - Scania	1+1 osob
CPS Prostějov	VEA M - L200	1+1 osob
CPS Olomouc	CAS 24 - Scania	1+3 osob
CPS Olomouc	CHK JNK - Scania	1+1 osob
SDH Vrahovice	CAS 15 – Man, DA 8 - F Transit	1+3, 1+1 osob
JSDH Žešov	CAS 25 – Š706 RTHP	1+3 osob
JSDH Krasice	CAS 25 – Š706 RTH	1+3 osob
JSDH Domamyslice	DA – VW Transporter	1+3 osob
JSDH Kostelec na Hané	CAS 15 – Praga	1+5 osob
JSDH Mostkovice	CAS 25 – Š706 RTHP	1+3 osob
JSDH Určice	CAS 32 – T 148	1+5 osob
JSDH Plumlov	DA 12 – Avia 31, CAS 32 – T 815	1+1, 1+2 osob
JSDH Olšany u Prostějova	CAS 32 – T 148	1+2 osob
Další složky IZS		
Zdravotnická záchranná služba		3 osoby
Policie ČR		4 příslušníci
Celní úřad Prostějov		4 příslušníci
Městská policie Prostějov		4 příslušníci
Ostatní účastníci		
Žáci ZŠ a SŠ na území města Prostějov		cca 2000 osob

Zdroj: [31]

10.3 Časový průběh cvičení

V čase 8:00 vznikla technická závada na chladicím systému, o které se obsluha stadionu dozvěděla díky detekčnímu přístroji na měření koncentrace amoniaku ve vzduchu v prostoru strojovny. Obsluha se snažila závadu odstranit, přičemž ostatní zaměstnanci stadionu začali evakuovat objekt a ohlásily havárii na KOPIS. Ten vyhlásil poplach 3.

stupně a vyslal na místo jednotky dle poplachového plánu. Podle meteorologické situace a směru větru byly jednotky navedeny k místu havárie z návětrné strany. O situaci byla uvědoměna Zdravotnická záchranná služba, Policie ČR, Městská policie, Celní a Městský úřad v Prostějově. Během výjezdu jednotky se příslušníci vybavily dýchacími přístroji a měřícím přístrojem Dräger CMS. Při příjezdu vozidla zastavily ve vzdálenosti cca 50 metrů a vytyčily hranice nebezpečné zóny. Velitel zásahu (VZ) určil místo pro dekontaminační a nástupní prostor, štáb a stanoviště ZZS. [31]



Obrázek 13 Mapové zobrazení prostorů při cvičení

Zdroj: [31]

V čase 8:15 příslušníci HZS vstoupily do haly stadionu s dekontaminační technikou a měřícím přístrojem GasAlert Micro 5. ZZS po příjezdu ošetřila zraněné diváky při evakuaci, městská a státní policie uzavřela na příkaz VZ příjezdové cesty a evidovaly evakuované osoby. Zaměstnanci stadionu informovaly VZ, že hala není zcela evakuovaná a obsluha strojovny se nevrátila. VZ zřídil štáb a zažádal KOPIS o automobilový žebřík AZ 30. Pro potřeby činnosti ZZS byl postaven stan. [31]



Obrázek 14 Skrápění vodou prostory okolí strojovny pomocí AZ 30

Zdroj: HZS Prostějov

V čase 8:25 se na rozkaz VZ ustavily nově příchozí jednotky SDH s vozem AZ 30 a zajistily skrápění strojovny a přilehlého prostoru, ostatní jednotky napomáhaly s evakuací okolních objektů, či byly k dispozici pro potřeby ZZS a Policie. V polovině haly evakuační skupina nahlásila zvýšenou koncentraci amoniaku a vrátila se zpět.

V 8:50 se dostavily příslušníci Centrální požární stanice (CPS) z Olomouce, vystrojily se do protichemických obleků OPCH 90 spolu s dvěma příslušníky CPS Prostějov a provedli průzkum druhé poloviny stadionu. Další 4 příslušníci CPS Prostějov a JSDH Kostelec na Hané se také vystrojily do protichemických obleků a vydaly se do strojovny, kde našli obsluhu ležící na zemi. Proběhlo vynesení postižených v bezvědomí na nosítkách k ošetření, posléze v 9:30 se nachází zdroj úniku amoniaku – prasklá trubka. Technickými prostředky byl únik amoniaku zastaven v 9:40 a kanalizační vpustě ucpány. Při průzkumu haly byly nalezeny 2 skupinky návštěvníků v šatnách, které byly vyvedeny do evakuačního místa.

[31]



Obrázek 15 Použití protichemických obleků OPCH 90 příslušníky HZS

Zdroj: HZS Prostějov

Do 10:30 hodin pokračovalo skrápění strojovny a přilehlého prostoru vodou pomocí vozidla AZ 30, následně byl odvětrán prostor strojovny pomocí zabudovaných ventilátorů. Byl proveden následný průzkum haly a místa úniku amoniaku. Měřením bylo zjištěno, že klesla koncentrace amoniaku ve vzduchu a dále již neuniká. V 11:20 hodin je zrušeno vyznačení nebezpečné zóny, následně VZ dává pokyn k ukončení cvičení. Příslušníci PČR a MP se vracejí na své základny a složky IZS provedli závěrečné hodnocení cvičení. [31]



Obrázek 16 Finální měření koncentrace amoniaku ve vzduchu po odstranění závady

Zdroj: HZS Prostějov



Obrázek 17 Přesun pracovníka strojovny k dekontaminaci a následné péči ZZS

Zdroj: HZS Prostějov

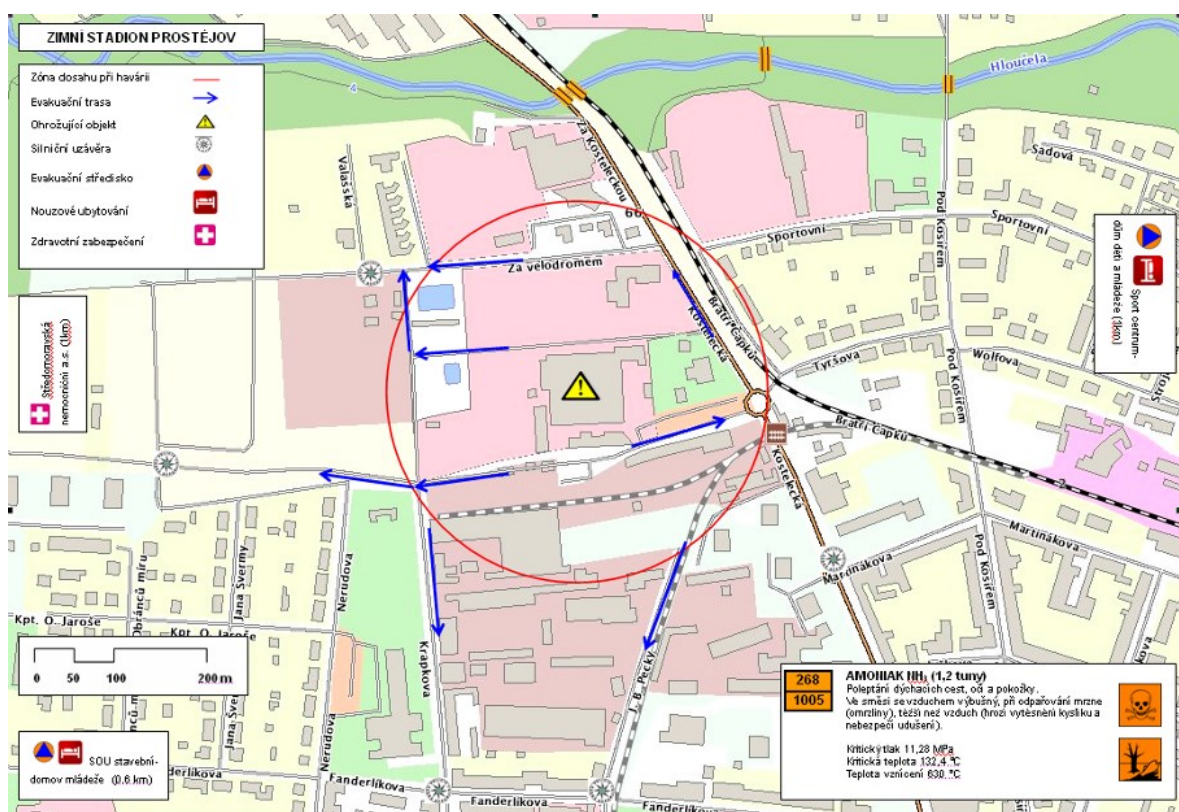
10.4 Následné zhodnocení

Oddělení prevence, OOB a KaHP HZS Prostějov provedli během cvičení měření časů evakuace. S provozovatelem objektu byla dohodnuta další spolupráce při zlepšování podmínek požární bezpečnosti. [30] Je ale důležité mít stále na vědomí, že se jednalo o cvičení,

ne o skutečnost. V tomto případě výsledky časů evakuace je nutné brát s ohledem na poklidnost účastníků. V reálné situaci by pro takovou událost byla typická davová panika, která by způsobila zcela jiné výsledky. Osobně hodnotím průběh cvičení za velice zdařilý, objevil jsem však několik nejasností.

V první řadě jsem zjistil na konzultaci u pana mjr. Ing. Pavla Tučka, vedoucího pracoviště prevence, OO a KŘ HZS Prostějov, že v plánu mimořádných událostí aktualizovaném v roce 2015 na objekt tohoto stadionu je uvedeno množství amoniaku jako 1,2 tuny.

Dále při nahlédnutí do pracovní verze harmonogramu tohoto cvičení, která byla hlavním zdrojem této kapitoly, je vyznačená zóna dosahu havárie k tomuto množství amoniaku na 200 m (viz obr.). Avšak při cvičení byly určeny pro evakuační shromaždiště, štáb, dekontaminační a nástupní prostor i se stanovištěm ZZS uvnitř této zóny na parkovišti před stadionem. Lze ovšem nahlédnout k okolnostem, že jiné vhodné prostory pro tyto stanoviště by se nacházeli v nevhodící se vzdálenosti.



Obrázek 18 Zobrazení zóny dosahu havárie v plánu mimořádných opatření HZS

Zdroj: HZS Prostějov

Jako zkoušku jsem provedl dodatečnou sérii simulací v programu TerEx na toto množství amoniaku (1200kg) v modelu PUFF, kde byly výsledky následující:

Tabulka 14 Vstupní hodnoty deváté simulace

Teplota kapaliny v zařízení	-33 °C
Celkové uniklé množství kapaliny	1200 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s
Pokrytí oblohy oblaky	0 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F – inverze
Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina

Zdroj: Vlastní

Výstup simulace č. 9:

- Ohrožení osob toxickou látkou (evakuační zóna) – 121 m,
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku – 26 m,
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem – 60,5 m,
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – 261 m.

Tabulka 15 Vstupní hodnoty desáté simulace

Teplota kapaliny v zařízení	-33 °C
Celkové uniklé množství kapaliny	1200 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s
Pokrytí oblohy oblaky	100 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F – inverze
Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina

Zdroj: Vlastní

Výstup simulace č. 10:

- Ohrožení osob toxickou látkou (evakuační zóna) – 68 m,
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku – 16 m,
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem – 51 m,
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – 162 m.

Tabulka 16 Vstupní hodnoty jedenácté simulace

Teplota kapaliny v zařízení	23 °C
Celkové uniklé množství kapaliny	1200 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s
Pokrytí oblohy oblaky	0 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F – inverze
Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina

Zdroj: Vlastní

Výstup simulace č. 11:

- Ohrožení osob toxickou látkou (evakuační zóna) – 1010 m,
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku – 149 m,
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem – 312,5 m,
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – 1468 m.

Tabulka 17 Vstupní hodnoty dvanácté simulace

Teplota kapaliny v zařízení	23 °C
Celkové uniklé množství kapaliny	1200 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	1 m/s
Pokrytí oblohy oblaky	100 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F – inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina
-----------------------------------	----------------

Zdroj: Vlastní

Výstup simulace č. 12:

- Ohrožení osob toxickou látkou (evakuační zóna) – 570 m,
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku – 92 m,
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem – 259 m,
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – 916 m.

U posledních dvou simulací je zřejmé, že zónu 200 m určenou podle HZS výsledné hodnoty TerExu i několikanásobně převyšují. Tyto simulace ovšem není nutné brát jako hlavní zdroj, pouze pro představu a vizualizaci potencionálního úniku. Na místě by rozhodně v tomto případě byla vhodná aktualizace plánu mimořádných událostí.

11 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO ZABEZPEČENÍ

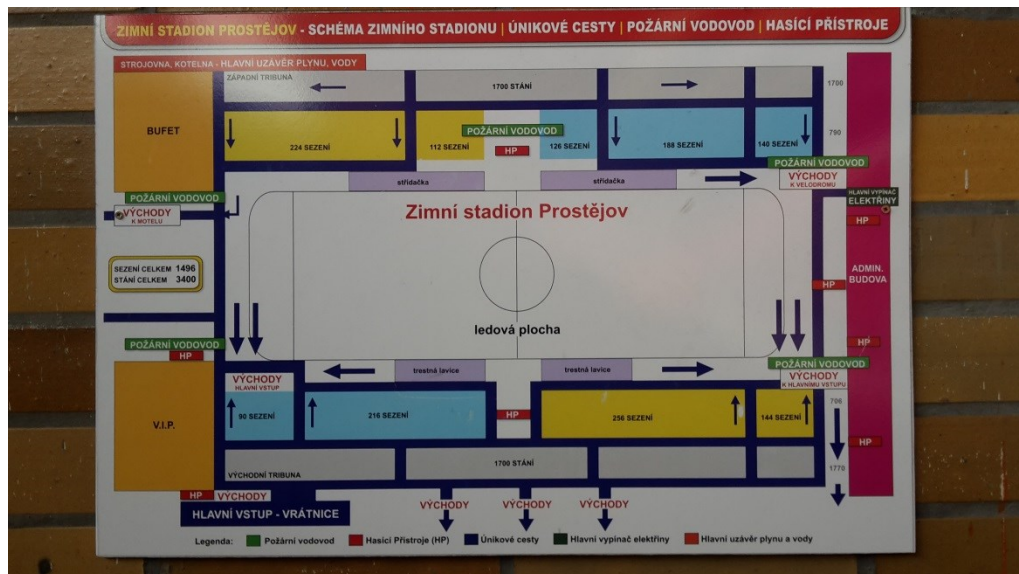
Objekt zimního stadionu je řešen jako jednopodlažní s vestavbou zařízení sloužících pro provoz haly, sportovcům a obecnstvu. Obvodové stěny jsou z cihelného zdiva, střešní konstrukce je ocelová s krytinou z hliníkového tvarovaného plechu. V areálu zimního stadionu se nachází kompresorovna, která slouží pro chlazení umělé ledové plochy. Provozním kanálem prochází technologické potrubí ze strojovny pod prostor ledové plochy. Hlavní vchod zimního stadionu je situován na východní straně budovy a přístup k němu je z ulice U Stadionu. Vchod je spojen s vrátnicí, která zároveň slouží a je označena jako ohlašovna požáru a třemi pokladnami. V těsném sousedství pak najdeme i parkoviště pro zhruba stovku osobních automobilů. Samozřejmostí jsou i stojany na jízdní kola. Z vedlejší strany stadionu se nachází restaurace s hotelem. Na západní straně objektu je umístěna strojovna, jejíž hlavní vchod je označen výstražnými cedulemi (viz obr. 19).



Obrázek 19 Vstupní dveře do strojovny chlazení

Zdroj: Vlastní

Celý objekt, mimo navazující hotel a restauraci, je obehnán betonovou zdí a dvěma kovovými vraty na jižní straně u hlavní silnice pro přístup do strojovny. Uvnitř stadionu se nachází celkem 8 hasících přístrojů na nejpřístupnějších místech, několik únikových cest, které jsou všechny řádně označeny zelenými cedulemi.



Obrázek 20 Schéma stadionu na vyvěšené na chodbách v objektu

Zdroj: Vlastní

Před hlavním vchodem stadionu je nástěnka pro návštěvníky, na níž jsou uvedeny informace Poskytnutí první pomoci při popáleninách, první pomoc při zasažení látkami klasifikovanými jako zdraví škodlivé, látkami klasifikovanými jako dráždivé, při úrazu elektrickým proudem a instrukce k provedení nepřímé srdeční masáže a umělého dýchání. Dále je vystaven Traumatologický plán a ukazatel energetické náročnosti budovy. Na vrátnici při otevřeném stadionu pro veřejnost je stále přítomna jedna osoba, vrátný. V prostoru vstupních dveří do haly zimního stadionu byl v roce 2014 nainstalován přístupový systém s motorovými turnikety BAR-BA, který v součinnosti s pokladním systémem zajišťuje kontrolu přístupu do vnitřního prostoru zimního stadionu, a to v případě konání sportovní události. Domácí hokejový tým LHK Prostějov, který využívá tento stadion jako domácí, při zápasích zajišťuje bezpečnost stadionu prostřednictvím soukromé bezpečnostní firmy. V posledních letech je touto firmou B.D.SAFE, s.r.o. sídlící v Kunovicích.

Všechny tyto informace byly zjištěny osobním zkoumáním objektu a rozhovory se zaměstnanci stadionu.

12 NÁVRHY A DOPORUČENÍ AUTORA

Prostějovský stadion má zabezpečení odpovídající objektu. Nicméně by bylo možné v mnoha směrech současný stav vylepšit.

V první řadě stadion postrádá zabezpečení vnitřních prostor a přilehlých venkovních prostor formou kamerového systému. Kamerový systém je efektivním nástrojem v případě nepovoleného vniku do objektu či jeho poškozování, neboť by při této události byl schopen zachytit důkazní materiál pro případné trestní řízení s pachatelem. Při hokejových utkáních s hostujícími týmy se nezdá stane, že stadion utrpí poškození od fanoušků. S kamerovým systémem by bylo posléze jednodušší určení pachatele a vymáhání odškodnění.



Obrázek 21 Značka upozorňující na kamerový systém v objektu

Zdroj: *eshop-tabulky.cz*

Dalším navrhovaným bezpečnostním opatřením by byla instalace detektorů pohybu a zlepšení ohraničení objektu. Betonová zeď působí neefektivně a i netréovaný jedinec by dle mého názoru neměl problém ji překonat. K doporučení by stálo za zmínku alespoň přidání např. ostnatých drátů na zeď. Se spojením detektorů pohybů by bylo možné daleko snáze dopadnout případné pachatele, kteří do objektu vstoupí nepovoleně.

Co se týká bezpečnosti s používáním amoniaku, tak např. Ostravské zimní stadiony mají od roku 2014 instalované speciální čidla určená na detekci amoniaku, která monitorují hladiny této látky ve vzduchu a zároveň jsou napojena na pult integrovaného záchranného systému. Tento systém je dle mého názoru velice efektivní pro upozornění na případný

nežádoucí únik této látky a okamžitě by mohl informovat určené složky na tuto událost. Čidla by byla instalována jak ve strojovně chlazení, tak v prostorách stadionu u hrací plochy a v přístupových místech a chodbách. Náklady na takto propracovaný systém by však byly velmi vysoké. Tudiž by stačil jednoduchý ruční či nástěnný detektor, u kterých se cena pohybuje mezi 10 000 – 20 000 Kč.



Obrázek 22 DEGA 05 – kompaktní detektor amoniaku

Zdroj: obchod.klimafil.cz

Co se týká řešení potencionálního úniku amoniaku do okolí, cvičení Zimní stadion 2010 (viz kapitola 9) ukázalo, že HZS Prostějov a celkově HZS Olomouckého kraje disponuje silami a prostředky pro efektivní řešení této mimořádné události. Na místě je ovšem i prevence a připravenost. Doporučil bych přednášky pro zaměstnance škol, domovů pro seniory a dalších zařízení v okolí stadionu s vysokou koncentrací lidí prostřednictvím Hasičského záchranného sboru a Odboru krizového řízení města Prostějov. Tématem přednášek by bylo seznámení se s amoniakem, ochrana před ním a co dělat v případě úniku, tzn. zásady evakuace, první pomoci, ukrytí apod. Učebnicovým příkladem takové činnosti je veřejná beseda „Bezpečnější zimní stadiony“, která se uskutečnila 13. května 2014 v prostorách jídelny ZŠ na ulici Dětská 915 v Ostravě – Porubě v rámci projektu chemického monitorování (zkratka CHEMON). Odborným garantem projektu byl Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje. [32]

ZÁVĚR

Jako rodilý Prostějovan a častý návštěvník uvedeného stadionu považuji za důležité, aby tento objekt, který je jedním z nejdůležitějších prostředků pro sport a kulturu ve městě, měl to nejlepší možné zabezpečení a bezpečné prostředí pro své návštěvníky a obyvatele Prostějova. V případě nehody by mohl způsobit zdravotní komplikace tisícům lidí a možná i usmrcení. Nesmírně důležitá je prevence a připravenost. Proto jsem rád za vynikající práci Prostějovských hasičů a Odboru krizového řízení, že dbají o bezpečnost tohoto stadionu, a díky provedenému cvičení v roce 2010 nás mohou přesvědčit, že návštěvníci stadionu a milovníci Prostějovského hokeje mohou být klidní.

Tuto práci jsem zaměřil na ochranu před únikem nebezpečné chemické látky amoniak ze Zimního stadionu Prostějov. V teoretické části jsem uvedl nejdůležitější a nejvlivnější právní předpisy v oblasti nakládání s chemickými látkami jak na úrovni české, tak na úrovni Evropské unie. Rozebral jsem chemickou látku amoniak, která se na stadionu používá v kapalném stavu jako chladicí médium. Neméně důležitou součástí jsou také kapitoly o charakteristikách havárií s únikem nebezpečné látky a následné úkoly ochrany obyvatelstva, které by byly v takovéto situaci aplikované.

Praktickou část jsem cíleně zaměřil na prostějovský zimní stadion, jeho technické vybavení a historii. Nejdůležitější částí celé práce je prezentace simulací v softwaru TerEx s reálnými hodnotami tohoto objektu, které mají za cíl ukázat čtenáři, k čemu všemu by mohlo dojít v případě skutečné nehody či havárie. Následná prezentace cvičení složek IZS v rámci objektu ukazuje zodpovědný přístup k problematice ze strany státních orgánů. Vlastní zhodnocení současného stavu a návrhy s doporučeními ke zlepšení jsou finální částí práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČESKO. Zákon č. 224/2015 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224>
- [2] ČESKO. Zákon č. 350/2011 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-350>
- [3] ČESKO. Zákon č. 240/2000 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240>
- [4] ČESKO. Zákon č. 239/2000 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239>
- [5] ČESKO. Zákon č. 320/2015 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 21. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-320>
- [6] ČESKO. Vyhláška č. 380/2002 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 21. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-380>
- [7] ČESKO. Zákon č. 273/2008 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 21. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273>
- [8] ČESKO. Zákon č. 374/2011 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 21. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-374>
- [9] BARTLOVÁ, Ivana. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003. ISBN 80-86634-30-2.
- [10] *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY SEVESO III*. In: sgpstandard.cz, 2012, Brusel, 2012/18/EU. Dostupné také z: http://www.sgpstandard.cz/editor/files/on_line/ziv_prostr/demo/prevence_zh/eu/2012_18_eu.pdf
- [11] Understanding REACH. In: *echa.europa.eu* [online]. Helsinky (Finland): European chemicals agency [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach>
- [12] *Bojový řád jednotek požární ochrany*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. ISBN 978-80-7385-026-5.
- [13] Amoniak. In: *Integrovaný registr znečišťování* [online]. Praha [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/repository/latky/amoniak.pdf>

- [14] *THE AMMONIA QUESTION FOR ICE RINKS RISKS & REWARDS* [online]. arenawatch.org: John Burley, 2009 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.arenawatch.org/Dloads/The%20Ammonia%20Ice%20Rink%20Question.pdf>
- [15] Amoniak. In: *Portál krizového řízení Jihomoravského kraje* [online]. ©2016 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/ohrozeni/amoniak>
- [16] Nebezpečné látky. In: *Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR* [online]. ©2017 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/menu-ochrana-obyvateľstva-nebezpečne-látky-nebezpečne-látky.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [17] Havárie s únikem nebezpečných látek - základní informace. In: *Zachranný kruh.cz* [online]. Asociace Záchranný kruh, 2012 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.zachranny-kruh.cz/window.php?art=147357>
- [18] *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta*. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.
- [19] Únik malého množství čpavku na stadionu v Litvínově. In: *Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR* [online]. hzscr.cz Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR 2012 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/unik-maleho-mnozství-cpavku-na-stadionu-v-litvinove.aspx>
- [20] Únik čpavku na zimním stadionu v Hořovicích zaměstnal hasiče na dva dny. *Hasičský záchranný sbor ČR* [online]. hzscr.cz Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR 2013 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/unik-cpavku-na-zimnim-stadionu-v-horovicich-zamestnal-hasice-na-dva-dny.aspx>
- [21] Na zimním stadionu v Domažlicích unikl čpavek. *Hasičský záchranný sbor ČR* [online]. hzscr.cz: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2013 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/na-zimnim-stadionu-v-domazlicich-unikl-cpavek.aspx>
- [22] Kvůli úniku čpavku musel být evakuován zimní stadion. *Hasičský záchranný sbor ČR* [online]. hzscr.cz: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2014 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/kvuli-uniku-cpavku-musel-byt-evakuovan-zimni-stadion.aspx>
- [23] Tri-Town Ice Arena evacuated for ammonia leak. *Union Leader Corporation. All rights reserved* [online]. unionleader.com: Union Leader Corporation, 2017 [cit. 2017-09-20]. Dostupné z: <http://www.unionleader.com/safety/Tri-Town-Ice-Arena-evacuated-for-ammonia-leak-07062017>

- [24] MIKA, Otakar J., Pavel ZAHRADNÍČEK a Miloš ZEMAN. *Ochrana obyvatelstva: malé kompendium ochrany obyvatelstva*. Jihlava: Vysoká škola polytechnická, 2012. ISBN 978-80-87035-67-2.
- [25] TERMINOLOGICKÝ SLOVNÍK POJMŮ Z OBLASTI KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ, OCHRANY OBYVATELSTVA, ENVIRONMENTÁLNÍ BEZPEČNOSTI A PLÁNOVÁNÍ OBRANY STÁTU. *Mvcr.cz* [online]. Praha: Ministerstvo vnitra České republiky, 2016 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx>
- [26] Informace o zimním stadionu. In: *LHK Jestřábi Prostějov* [online]. ©2005-2017 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.lhkjestrabi.cz/zobraz.asp?t=stadion>
- [27] Informace o ZS. In: *Domovní správa Prostějov, s.r.o.* [online]. ©2017 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.dsp-pv.cz/cz/m/informace-o-zimnim-stadionu/>
- [28] TEREX – TERoristický Expert. *Tsoft.cz* [online]. Praha: T-SOFT, ©2017 [cit. 2017-09-20]. Dostupné z: <http://www.tsoft.cz/teroristicky-expert/>
- [29] Technologie chlazení ledové plochy. *Konstrukce.cz* [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, 2014 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/technologie-chlazení-ledove-plochy/>
- [30] HRUBÁ, Alice a Marek SOBEK. VIDEO Z CVIČENÍ: Amoniak na „zimáku“ ohrozil 5000 lidí. In: *POŽÁRY.cz - ohnisko žhavých zpráv – HASIČI AKTUÁLNĚ* [online]. 2010 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/23217-video-z-cviceni-amoniak-na-zimaku-ohrozil-5000-lidi/>
- [31] NOVÁK, plk. Ing.Jozef a Ing. Vincent JAKUBSKÝ. *SPOLEČNÉ CVIČENÍ ORGÁNŮ KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ OBCE S ROZŠÍŘENOU PŮSOBNOSTÍ PROSTĚJOV A SLOŽEK INTEGROVANÉHO ZÁCHRANNÉHO SYSTÉMU „ZIMNÍ STADION 2010“: Únik nebezpečné škodliviny do ovzduší, kanalizace a do vodního toku ve správním obvodu obce s rozšířenou působností Prostějov, Základní námět cvičení*. Prostějov, 2010. Dokument získaný na konzultaci u HZS Prostějov
- [32] Bezpečnější zimní stadiony. *Hasičský záchranný sbor ČR* [online]. hzscr.cz: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2014 [cit. 19. 9. 2017]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/bezpecnejsi-zimni-stadiony.aspx>
- [33] KROUPA, Miroslav a Milan ŘÍHA. *Průmyslové havárie*. 2. vyd. Praha: Armex, 2010. Skripta pro střední a vyšší odborné školy. ISBN 978-80-86795-87-4.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

IZS	Integrovaný záchranný systém
HZS	Hasičský záchranný sbor
ZZS	Zdravotnická záchranná služba
MU	Mimořádná událost
PaPFO	Právnícká a Podnikající fyzická osoba
OPIS	Operační a informační středisko
KOPIS	Krajské operační a informační středisko
GIS	Geografický informační systém
ORP	Obec s rozšířenou působností
ÚO	Územní obvod
MěP, MP	Městská policie
PČR	Policie České republiky
CPS	Centrální požární stanice
SDH	Sbor dobrovolných hasičů
JSDH	Jednotka Sboru dobrovolných hasičů
ČR	Česká republika
ZŠ	Základní škola
SŠ	Střední škola
VZ	Velitel zásahu
OOB a KaHP	Ochrana obyvatelstva a Krizové a Havarijní plánování
OO a KŘ	Ochrana obyvatelstva a Krizové řízení

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Zimní stadion Prostějov</i>	28
<i>Obrázek 2 Kompresory chlazení</i>	29
<i>Obrázek 3 Vysokotlaký sběrač (Zásobník)</i>	29
<i>Obrázek 4 Vyobrazení výstupu první simulace</i>	33
<i>Obrázek 5 Vyobrazení výstupu druhé simulace</i>	34
<i>Obrázek 6 Vyobrazení výstupu třetí simulace</i>	35
<i>Obrázek 7 Vyobrazení výstupu čtvrté simulace</i>	36
<i>Obrázek 8 Vyobrazení hodnot páté simulace</i>	38
<i>Obrázek 9 Vyobrazení hodnot šesté simulace</i>	39
<i>Obrázek 10 Vyobrazení hodnot sedmé simulace</i>	40
<i>Obrázek 11 Vyobrazení hodnot v GIS u třetí simulace</i>	42
<i>Obrázek 12 Vyobrazení hodnot v GIS u páté simulace</i>	42
<i>Obrázek 13 Mapové zobrazení prostorů při cvičení</i>	46
<i>Obrázek 14 Skrápění vodou prostory okolí strojovny pomocí AZ 30</i>	47
<i>Obrázek 15 Použití protichemických obleků OPCH 90 příslušníky HZS</i>	48
<i>Obrázek 16 Finální měření koncentrace amoniaku ve vzduchu po odstranění závady</i>	49
<i>Obrázek 17 Přesun pracovníka strojovny k dekontaminaci a následné péči ZZS</i>	49
<i>Obrázek 18 Zobrazení zóny dosahu havárie v plánu mimořádných opatření HZS</i>	50
<i>Obrázek 19 Vstupní dveře do strojovny chlazení</i>	54
<i>Obrázek 20 Schéma stadionu na vyvěšené na chodbách v objektu</i>	55
<i>Obrázek 21 Značka upozorňující na kamerový systém v objektu</i>	56
<i>Obrázek 22 DEGA 05 – kompaktní detektor amoniaku</i>	57
<i>Obrázek 23 Ledová plocha, interiér stadionu</i>	66
<i>Obrázek 24 Studenti prostějovských škol pro potřeby evakuace</i>	66
<i>Obrázek 25 Štáb VZ při cvičení</i>	67
<i>Obrázek 26 Dekontaminace hasičů po zásahu</i>	67
<i>Obrázek 27 Zdravotnická péče o pracovníka strojovny</i>	68

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 – Vlastnosti amoniaku</i>	16
<i>Tabulka 2 Výpočet množství kapalného amoniaku v kilogramech</i>	31
<i>Tabulka 3 Vstupní data první simulace</i>	32
<i>Tabulka 4 Vstupní data druhé simulace</i>	33
<i>Tabulka 5 Vstupní data třetí simulace</i>	34
<i>Tabulka 6 Vstupní data čtvrté simulace</i>	35
<i>Tabulka 7 Neměnné hodnoty pro modely PLUME</i>	37
<i>Tabulka 8 Vstupní data páté simulace</i>	37
<i>Tabulka 9 Vstupní data šesté simulace</i>	38
<i>Tabulka 10 Vstupní data sedmé simulace</i>	39
<i>Tabulka 11 Vstupní hodnoty osmé simulace</i>	40
<i>Tabulka 12 Výsledky měření v GIS</i>	41
<i>Tabulka 13 Seznam účastníků cvičení Zimní stadion 2010</i>	44
<i>Tabulka 14 Vstupní hodnoty deváté simulace</i>	51
<i>Tabulka 15 Vstupní hodnoty desáté simulace</i>	51
<i>Tabulka 16 Vstupní hodnoty jedenácté simulace</i>	52
<i>Tabulka 17 Vstupní hodnoty dvanácté simulace</i>	52

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI: Doplňující fotografie ze cvičení

PŘÍLOHA P I: DOPLŇUJÍCÍ FOTOGRAFIE ZE CVIČENÍ



Obrázek 23 Ledová plocha, interiér stadionu

Zdroj: Vlastní



Obrázek 24 Studenti prostějovských škol pro potřeby evakuace

Zdroj: HZS Prostějov



Obrázek 25 Štáb VZ při cvičení

Zdroj: HZS Prostějov



Obrázek 26 Dekontaminace hasičů po zásahu

Zdroj: HZS Prostějov



Obrázek 27 Zdravotnická péče o pracovníka strojovny

Zdroj: HZS Prostějov