

Posouzení rizik úniku nebezpečné chemické látky z vybraného zimního stadionu

Veronika Vychodilová

Bakalářská práce
2020



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: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Veronika Vychodilová
Osobní číslo: L17225
Studijní program: B2825 Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Ochrana obyvatelstva
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Posouzení rizik úniku nebezpečné chemické látky z vybraného zimního stadionu

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte rešerši vztahující se k předmětné problematice.
2. Modelujte a graficky znázorněte vybranou havárii.
3. Proveďte posouzení rozsahu úniku nebezpečné chemické látky a jeho dopadů na obyvatelstvo.
4. Vytvořte scénář možného úniku nebezpečné chemické látky z vybraného zimního stadionu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

1. ŘEHÁK, David, Bohumír MARTÍNEK a Petra RŮŽIČKOVÁ. Ochrana obyvatelstva v kontextu aktuálních bezpečnostních hrozeb. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-169-9.
2. POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL. Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017. ISBN 978-80-7251-467-0.
3. MAŠEK, Ivan, Otakar J. MIKA a Miloš ZEMAN. Prevence závažných průmyslových havárií. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2006. ISBN 8021433361.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Svoboda

Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce: 1. listopadu 2019
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. května 2020

Univerzita Tomáše Bati
Fakulta inženýrská a technologická
Ústav ústavní - bytová
Akademický rok: 2019/2020
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(právní úprava, historie, ústřední vývoj)

Pracovní úkol
1. Úvodní kapitola
2. Historie ústavní bytové
3. Ústřední vývoj
4. Závěr

ÚSTŘEDNÍ VÝVOJ

1. Úvodní kapitola
2. Historie ústavní bytové
3. Ústřední vývoj
4. Závěr

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- 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. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 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 projekt 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 obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 15. 5. 2020

Jméno a příjmení studenta: Veronika Vychodilová

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřená na posouzení rizik úniku nebezpečné chemické látky z vybraného zimního stadionu. Pro splnění zadání byl zvolen zimní stadion Luďka Čajky ve Zlíně, kde se za účelem chlazení využívá nebezpečná chemická látka amoniak. Cílem práce je modelovat a graficky znázornit vybrané havárie a pomocí výsledků provést posouzení rozsahu úniku amoniaku a jeho dopadů na obyvatelstvo. Dalším cílem jsou scénáře možných úniků amoniaku z chladicího zařízení. K naplnění stanovených cílů mi posloužil program TerEx, který mi pomohl modelovat, zmapovat a vyhodnotit rizika spojená s únikem amoniaku. Pomocí programu Riskan byla vyhodnocena analýza rizik na základě aktiv a hrozeb vztahujících se k zimnímu stadionu. Samostatnou kapitolou je pak analýza možných scénářů vzniku závažné havárie, jejímž projevem je únik nebezpečné chemické látky, která má negativní dopady na život, zdraví, majetek nebo životní prostředí.

Klíčová slova: amoniak, havárie, nebezpečná chemická látka, Riskan, TerEx, únik, zimní stadion.

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on risks assessment of dangerous chemical substance leakage from a potential winter stadium. To fulfill my task, I have chosen the winter stadium of Luďek Čajka in Zlín where is used for cooling the dangerous chemical substance - ammonia. The aim of my thesis is to represent and graphically demonstrate selected accidents and with the help of the results to evaluate and qualify the extent of ammonia leakage along with its impact on the population. Another goal is to propose scenarios of possible ammonia leaks from a cooling equipment. The TerEx program served me to fulfill the set goals and helped me to model, map and evaluate risks associated with ammonia leakage. Using the Riskan program, a risk analysis was evaluated based on activities and threats related to the winter stadium. A separate chapter is the analysis of possible scenarios a serious accident, which might be initiated by leakage of a dangerous chemical substance that has negative effects on life, health, property or living environment.

Keywords: ammonia, accident, dangerous chemical substance, Riskan, TerEx, leakage, winter stadium.

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Petru Svobodovi, Ph.D., za jeho čas, cenné rady a zejména odborné vedení, panu Ing. Václavu Kostelníkovi, CSc., který mi věnoval čas a poskytl důležité informace pro zpracování mé práce. Dále děkuji panu Davidu Navrátilovi za poskytnutí materiálu, odbornou konzultaci a čas, který mi věnoval při zpracovávání mé bakalářské práce.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat také své rodině a přátelům, kteří mi byli oporou po celou dobu studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Motto

„Kdo chce, hledá způsob. Kdo nechce, hledá důvod.“

Jan Werich

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ A LEGISLATIVA	11
1.1 PŘEHLED PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ V OBLASTI OCHRANY OBYVATELSTVA	13
1.2 PŘEHLED PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ V OBLASTI CHEMICKÝCH LÁTEK	15
2 NEBEZPEČNÉ CHEMICKÉ LÁTKY	17
2.1 VÝSKYT NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK	17
2.2 VLASTNOSTI NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK.....	17
2.3 ŠÍŘENÍ OBLAKŮ PLYNŮ NEBO PAR	18
2.4 BEZPEČNOSTNÍ LISTY NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK.....	19
2.5 PŘEPRAVA A ZNAKOVÉ SYMBOLY PRO OZNAČENÍ NEBEZPEČNÝCH LÁTEK.....	19
2.6 OBECNÉ ZÁSADY PRVNÍ POMOCI PŘI ZASAŽENÍ NEBEZPEČNÝMI LÁTKAMI	21
2.7 OBECNÉ ZÁSADY CHOVÁNÍ OBYVATELSTVA PŘI ÚNIKU NEBEZPEČNÉ LÁTKY.....	22
2.8 INFORMAČNÍ A ORGANIZAČNÍ ZABEZPEČENÍ MÍSTA ZÁSAHU	23
3 CHLADICÍ MÉDIUM PRO CHLAZENÍ LEDOVÝCH PLOCH.....	25
3.1 AMONIAK	25
3.1.1 Použití.....	25
3.1.2 Nepříznivé účinky	26
3.1.3 Příznaky zasažení a první pomoc při úrazu čpavkem.....	26
3.1.4 Opatření v místě havárie	27
3.1.5 Požární projevy a vhodné hasební prostředky	27
3.2 ETHYLENGLYKOL.....	27
3.2.1 Nejzávažnější nepříznivé účinky na zdraví člověka.....	27
3.2.2 První pomoc	27
4 OCHRANA OBYVATELSTVA	29
4.1 ZÁCHRANNÉ A LIKVIDAČNÍ PRÁCE	30
4.2 VAROVÁNÍ A INFORMOVÁNÍ OBYVATELSTVA	30
4.3 EVAKUACE.....	31
4.3.1 Evakuační středisko	31
4.3.2 Příjímací středisko	31
4.4 PROVIZORNÍ UKRYTÍ A IMPROVIZOVANÁ OCHRANA	32
4.5 DEKONTAMINACE	33
4.6 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM.....	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
5 ZIMNÍ STADION LUŽKA ČAJKY VE ZLÍNĚ	36

5.1	CHLADICÍ ZAŘÍZENÍ PŘED REKONSTRUKCÍ.....	37
5.2	CHLADICÍ ZAŘÍZENÍ PO REKONSTRUKCI.....	37
5.2.1	Popis čpavkového okruhu	38
5.2.2	Popis okruhů chlazení ledových ploch ethylenglykolem	38
5.3	OCHRANA A SIGNALIZACE CHLADICÍHO ZAŘÍZENÍ.....	39
6	POVINNOSTI OBSLUHY PŘI ÚNIKU ČPAVKU.....	40
6.1	OCHRANNÉ PRACOVNÍ POMŮCKY A PROSTŘEDKY PRO LIKVIDACI HAVÁRIE.....	40
6.2	SANACE ZNEČIŠTĚNÍ VOD	41
6.3	ODBĚR VZORKŮ A VYPRACOVÁNÍ PROTOKOLU O HAVÁRII.....	41
7	SCÉNÁŘE MOŽNÝCH ÚNIKŮ	43
7.1	ROZBOR PORUCH.....	45
8	SOFTWAREOVÁ PODPORA.....	47
9	VYHODNOCENÍ DOPADU HAVÁRIE POMOCÍ PROGRAMU TEREX.....	50
9.1	MODEL S JEDNORÁZOVÝM ÚNIKEM PLYNU DO OBLAKU (PUFF).....	50
9.2	MODEL S DÉLETRVAJÍCÍM ÚNIKEM PLYNU DO OBLAKU (PLUME).....	52
9.2.1	Vysokotlaká část čpavkového okruhu	53
9.2.2	Nízkotlaká část čpavkového kruhu.....	54
9.3	VYHODNOCENÍ.....	56
10	ANALÝZA RIZIK POMOCÍ PROGRAMU RISKAN.....	57
10.1	ANALÝZA RIZIK ÚNIKU AMONIAKU	57
10.2	ANALÝZA RIZIK POŠKOZENÍ CHLADICÍHO SYSTÉMU	60
	ZÁVĚR.....	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	69
	SEZNAM TABULEK	70

ÚVOD

S rozvojem civilizace a neustále zvyšujícím se nárokům na uspokojování potřeb obyvatel dochází k vývoji nových technologických procesů a zařízení, zejména v oblasti chemického průmyslu, kde ve většině případů dochází k nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky. Průmyslová činnost sice přináší spoustu kladných aspektů technického pokroku, ale nesmíme opomenout, že dochází k celé řadě negativních faktorů, kterými mohou být například dlouhodobé znečišťování životního prostředí, možnost úniku nebezpečných chemických látek z technologických zařízení a v neposlední řadě rizika závažných havárií. Následky závažných havárií mohou mít rozsáhlé nežádoucí účinky nejen na zdraví a životy obyvatel, ale i na životní prostředí a majetek. [1]

Při výrobě, skladování a manipulaci s nebezpečnými chemickými látkami nemůžeme vyloučit vznik závažné havárie, jejímž projevem je únik toxických látek, výbuch nebo požár. Takové havárie mají zpravidla negativní dopady na životy a zdraví osob, hospodářská zvířata a na kvalitu životního prostředí. [2]

Moje bakalářská práce je zaměřena na posouzení rizik úniku nebezpečné chemické látky z vybraného zimního stadionu. Téma jsem si vybrala z toho důvodu, že je známá celá řada havárií, které jsou spojeny s únikem nebezpečných chemických látek. Úniky těchto látek mají negativní dopady na životy a zdraví lidí, na životní prostředí a také na majetek.

Svoji bakalářskou práci jsem zaměřila na zimní stadion Lud'ka Čajky ve Zlíně, kde se pro účely chlazení používá amoniak neboli čpavek. Amoniak je velmi nebezpečná toxická látka s charakteristickým štiplavým zápachem.

Cílem mé bakalářské práce je zpracovat řešerši vztahující se k předmětné problematice, vytvořit model úniku nebezpečné chemické látky ze zimního stadionu ve Zlíně a posoudit rozsah i závažnost tohoto úniku. Dalším cílem je, v návaznosti na cíl předchozí, analyzovat možné způsoby vzniku havárie a následně navrhnout realistické scénáře úniku nebezpečné chemické látky. Pro podporu naplnění cílů bude využito dostupných softwarových nástrojů, zejména programů TerEx a Riskan.

Pro splnění cíle využiji metodu analýzy a modelování. Analýza je proces reálného nebo myšlenkového rozkladu zkoumaného jevu nebo situace na dílčí části, které se stávají předmětem dalšího zkoumání. Analýza patří mezi základní a nejpoužívanější vědecké metody. Modelování je aplikace různých druhů modelů na řešení dané problematiky. [3]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ A LEGISLATIVA

Tato kapitola je zaměřená na vysvětlení vybraných pojmů vztahujících se k předmetné problematice.

Jednotlivé pojmy mají určitý vztah k nebezpečným chemickým látkám, mimořádným událostem a průmyslovým haváriím.

Riziko – vzniká ohrožením chráněného zájmu vlivem působení hrozby a je vyjadřován kombinací pravděpodobnosti výskytu mimořádné události a následného dopadu na daný chráněný zájem. [1]

Mimořádná událost – vzniká škodlivým působením sil a jevů. Tyto jevy jsou způsobeny činností člověka, přírodními vlivy a haváriemi. [4]

Havárie – nežádoucí mimořádná událost, která vede k ohrožení a poškození zdraví lidí, živých organismů, životního prostředí a velké újmě na majetku. Vzniká v souvislosti s provozem technických zařízení, výrobou, užitím, skladováním a manipulací s nebezpečnými látkami. [5]

Havarijní připravenost – je soubor, kde najdeme opatření k zabezpečení činností při podezření a vzniku průmyslové havárie. Cílem je omezit rozvoj a důsledky havárie. [5]

Zóna havarijního plánování – území v okolí objektu nebo zařízení, v němž je skladována nebezpečná látka. Jsou zde uplatňovány požadavky havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu. Zónu havarijního plánování stanovuje krajský úřad, v jehož územním obvodu se objekt nebo zařízení nachází. [5]

Objekt – prostor, kde je umístěna nebezpečná látka v jednom nebo více zařízeních. [5]

Zařízení – technická nebo technologická jednotka, ve které dochází k výrobě, zpracování, používání, přepravování nebo skladování nebezpečné látky. [5]

Prevence – organizační a technická opatření, jejichž cílem je předejít průmyslové havárii a vytvořit vhodné podmínky pro zajištění havarijní připravenosti. [5]

Toxicita – vlastnost určitých látek způsobovat po proniknutí do živého organismu chorobné změny nebo smrt. [5]

Toxická dávka – množství toxické chemické látky, která po proniknutí do organismu vyvolá příznaky otravy. [5]

Letální dávka – množství toxické látky, které není organismus schopný odolat a nastává smrt. LD₅₀ je toxikologická charakteristika, určuje koncentraci, při které uhynie polovina pokusných zvířat, kterým se toxická látka aplikovala. [6]

Varování – rozšiřování zpráv pomocí varovných signálů, které upozorňují na bezprostřední nebezpečí. [5]

Chráněné zájmy – jedná se o prioritně ochraňované cíle státu, kde se jedná obvykle o životy, zdraví, a bezpečí lidí, majetek, životní prostředí, veřejné blaho, technologie, infrastrukturu a celkovou existenci státu. [4]

Ochrana – soubor opatření, která vedou k bezpečnosti zdraví lidí, majetku, životního prostředí. [4]

Bezpečí – stav lidského systému, při kterém je téměř jisté, že nevznikne újma na chráněných zájmech. [4]

Nebezpečí – stav lidského systému, při kterém je vysoká pravděpodobnost, že vznikne újma na chráněných zájmech. [4]

Nebezpečná situace – je to situace, ve které je osoba vystavena jednomu nebo více ohrožením. [7]

Ohrožení – ohrožení danou pohromou je soubor maximálních dopadů pohromy. Tyto dopady lze očekávat v daném místě a v určitém časovém intervalu. [4]

Škoda – vyjadřuje újmu na životech, zdraví, bezpečí a majetku osob. Škoda může být také v životním prostředí, infrastruktuře a technologiích, které můžeme vyjádřit v penězích. [4]

Dopad – působení nepříznivého jevu v daném místě a čase na chráněné zájmy. [4]

Pohroma – jev, který vede nebo může vést ke značné škodě a újmě na chráněných zájmech. [4]

Hrozba – míra výskytu vzniku nežádoucích událostí, kdy se jedná například o teroristický nebo vojenský útok, který může vést k nežádoucímu stavu či vývoji chráněných zájmů z hlediska jejich celistvosti a funkce. [4]

Krizové řízení – řízení, jehož cílem je příprava na zvládnutí krizových situací a předcházení jejich vzniku. [4]

Nouzová situace – závažný stav, který vyvolá vznik pohromy. [4]

Nouzové plánování – soubor opatření pro předcházení a zabránění výskytu pohrom, zmírnění jejich dopadů a zajištění stabilizace situace, obnovy a dalšího rozvoje. [4]

Nouzový plán – stanovuje postupy pro předcházení pohromám, postupy na zvládnutí nouzových situací a také postupy na zajištění obnovy a dalšího rozvoje státu. [4]

Krizové plánování – soubor opatření a postupů, která mají za úkol snížit výskyt a zmírnit dopady krizových situací, zajistit obnovu a další rozvoj chráněných zájmů. Krizové plánování je základní součástí krizového řízení a navazuje na nouzové plánování. [4]

Krizová situace – jedná se o mimořádnou událost, při které je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav nebo stav ohrožení státu. [4]

Obnova – soubor opatření pro zajištění stability území a objektu, následnou likvidaci škod a zahájení dalšího rozvoje. [4]

Prevence – soubor opatření pro snížení pravděpodobnosti výskytu pohromy. [4]

Rychlost výronu – veličina, udávající množství nebezpečné látky unikající z nádrže za jednotku času [8]

Oblast zamoření – území zamořené NL a šířením jejích par. [8]

H-věty – standardní věty o nebezpečnosti, které popisují nebezpečnost dané látky nebo směsi. [9]

P-věty – pokyny pro bezpečné zacházení, které obsahují doporučené opatření pro prevenci nebo zmírnění nepříznivých účinků působením nebezpečné látky nebo směsi. [9]

1.1 Přehled právních předpisů v oblasti ochrany obyvatelstva

V této kapitole jsou uvedeny právní předpisy, které se vztahují k oblasti ochrany obyvatelstva.

Následující právní předpisy vymezují základní informace potřebné pro přípravu na mimořádné události, při záchranných a likvidačních pracích a po vyhlášení krizových stavů. Zákony definují pravomoc státních orgánů a působnost orgánů územních samosprávných celků, včetně povinností právnických osob při přípravě na vznik mimořádných událostí. [10]

„Ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky, ve znění pozdějších předpisů.“

- Zákon vymezuje účast státu při zajišťování bezpečnosti České republiky a stručně informuje o bezpečnostní radě státu.
- Zákon dále definuje vyhlášení nouzového stavu, stavu ohrožení státu. [10]

„Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.“

- Zákon vymezuje integrovaný záchranný systém a jeho složky.
- Určuje působnost a pravomoc státních orgánů, orgánů územních samosprávních celků, právnických a fyzických osob při přípravě na mimořádné události, při záchranných a likvidačních pracích a při ochraně obyvatelstva před a po dobu vyhlášení krizového stavu.
- Zákon definuje pojem ochrana obyvatelstva jako plnění úkolů civilní ochrany. [10]

„Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.“

- Stanoví působnost a pravomoc státních a jiných orgánů, právnických a fyzických osob při přípravě na krizové situace, které nesouvisejí se zajišťováním obrany České republiky před vnějším napadením. [10]

„Zákon č. 241/2000 Sb., o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů.“

- Zákon stanovuje přípravu hospodářských opatření pro stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu a válečný stav.
- Zákon definuje také pravomoc vlády, ústředních a jiných správních úřadů a orgánů územních samosprávních celků při přípravě a přijetí hospodářských opatření pro krizové stavy. [11]

„Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.“

- Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod.

- Tento zákon mimo jiné upravuje bezpečnost vodních děl a ochranu před účinky povodní a sucha. [10] [12]

„Zákon č. 12/2002 Sb., o státní pomoci při obnově území postiženého živelní nebo jinou pohromou.“

- Zákon definuje zásady pro poskytnutí státní finanční pomoci při obnově území postiženého živelnou nebo jinou pohromou. [13]

„Zákon č. 374/2011 Sb., o zdravotnické záchranné službě, ve znění pozdějšího předpisu.“

„Zákon č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky, ve znění pozdějších předpisů.“

„Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů.“ [14]

„Zákon č. 320/2015 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů.“ [15]

1.2 Přehled právních předpisů v oblasti chemických látek

V této kapitole jsou uvedeny nejvýznamnější právní předpisy, které se vztahují k nakládání s chemickými látkami v České republice.

Narůstající problematika havárií a jejich prevence vedla k vypracování právních předpisů pro havárie s únikem nebezpečných chemických látek. [16]

„Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi.“

- Zákon stanoví systém prevence závažných havárií pro objekty a zařízení, v nichž je umístěna vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemická směs.
- Hlavním cílem zákona je snížit pravděpodobnost vzniku a omezit následky případných závažných havárií na zdraví a životy lidí, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek osob. [17]

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

- Zákon stanoví práva a povinnosti právnických a podnikajících fyzických osob při výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek. [18]

„Vyhláška č. 61/2013 Sb., o rozsahu informací poskytovaných o chemických směsích, které mají některé nebezpečné vlastnosti, a o detergitech.“

- Tato vyhláška stanoví rozsah informací poskytovaných Ministerstvu zdravotnictví o chemických směsích, které mají nebezpečné fyzikálně-chemické vlastnosti ovlivňující zdraví a o detergitech. [18]

„Vyhláška č. 61/2018 Sb., o seznamu nebezpečných chemických látek, směsí a prachů a podmínkách nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a směsmi a podmínkách výkonu činností spojených s nebezpečnou expozicí prachů.“

- Vyhláška se zabývá seznamem prachů a nebezpečných chemických látek, kterým mohou být žáci v rámci praktického vyučování vystaveni.
- Vyhláška také uvádí podmínky nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a směsmi. [19]

2 NEBEZPEČNÉ CHEMICKÉ LÁTKY

Tato kapitola se zabývá nebezpečnými chemickými látkami, jelikož průmyslová činnost přináší s pokrokem v uspokojování narůstajících potřeb lidstva i celou řadu negativních projevů. Jedním z nich je možnost vzniku závažné havárie, která může být spojená s únikem nebezpečných chemických látek toxického, hořlavého, výbušného nebo jiného charakteru. V dnešní době se vyrábí, zpracovává, dopravuje, skladuje a účelově využívá obrovské množství nebezpečných chemických látek a přípravků. [2]

Úniky nebezpečných chemických látek mohou nastat při používání, skladování, přepravě a při manipulaci. Úniky těchto látek mohou mít ničivé následky, mezi klíčové příklady katastrof v historii chemické továrny můžeme zařadit Flixborough, Seveso, ostrov Three Mile Island a Bhopal. Všechny uvedené havárie způsobily nebezpečné chemické látky, uvolňované z technologického zařízení, které se rozptýlily ve vzduchu a vytvořily riziko ohrožující zaměstnance a obyvatele v okolních i vzdálených oblastech. [20]

2.1 Výskyt nebezpečných chemických látek

S nebezpečnými chemickými látkami se nejčastěji setkáváme v chemických, petrochemických a potravinářských provozech (chladicí zařízení), dále ve vodárenských zařízeních, papírnách, v textilních závodech a ve spoustě dalších průmyslových odvětví. Nebezpečné látky se také vyskytují u zimních stadionů (chladicí zařízení) a na železnici.

Z hlediska toxicity a množství výskytu NL představují potenciálně největší nebezpečí chlór, amoniak, kyanovodík, oxid siřičitý a formaldehyd. [8]

2.2 Vlastnosti nebezpečných chemických látek

Mezi nejvýznamnější vlastnosti nebezpečných chemických látek, vyskytující se při haváriích, patří toxicita, hořlavost a výbušnost. Některé nebezpečné látky mají všechny tyto tři zmíněné havarijní projevy, jedná se například o amoniak a kyanovodík.

Unikající nebezpečná chemická látka může ohrozit nejen osoby nacházející se v bezprostřední blízkosti místa úniku, ale také obyvatelstvo v okolí nehody. K ohrožení dochází v důsledku některých fyzikálních, fyzikálně-chemických, chemických a toxikologických vlastností unikající látky.

Řada látek ve směsi se vzduchem a v blízkosti vhodného iniciačního zdroje, jako je například otevřený plamen, jiskra a horká část zařízení, vybuchuje. [5]

Toxické látky (jedovaté)

Tyto látky se používají k nejrůznějším účelům. Mnoho těchto látek je na území České republiky skladováno a přepravováno v zásobnících a cisternách. Jedná se především o amoniak, chlór, sirouhlík, formaldehyd, kyanovodík, chlorovodík a mnoho dalších. Tyto látky jsou v České republice skladovány v množstvích desítek až stovek tun, proto havárie zásobníku, skladu či dopravního prostředku znamená pro obyvatelstvo i obsluhu vážné nebezpečí. [5]

Hořlavé látky

Hoření látek patří mezi nejvýznamnější ničivé faktory při haváriích. Mezi nejběžnější hořlavé látky patří různé druhy motorové nafty, lehké topné oleje, kyanovodík, sirouhlík, aceton, toluen a další běžně používané látky. [5]

Výbušné látky

Celá řada nebezpečných látek ve směsi se vzduchem a v přítomnosti otevřeného plamene vybuchuje. Může se však jednat i o jiné iniciační zdroje jako jsou horké povrchy, jiskry, apod. Mezi nejnebezpečnější řadíme známé a široce využívané plyny jako jsou například methan, propan-butan, acetylen, vodík a další. [5]

2.3 Šíření oblaků plynů nebo par

Průměrná relativní molekulová hmotnost vzduchu je 29, proto plynné látky s nižší relativní molekulovou hmotností jak 29 jsou lehčí než vzduch a budou unikat vzhůru do ovzduší, naopak plyny těžší než vzduch zůstávají u země.

Plynné látky těžší než vzduch mohou ohrozit obyvatelstvo v podzemních prostorech i v případě, že se jedná o netoxickou látku jako je například dusík nebo oxid uhličitý. Tyto látky dokáží vytěsnit kyslík ze vzduchu, který se pak stává nedýchatelným. [5]

Rozsah zamořené oblasti ovlivňuje také charakter terénu, jedná se například o hustou zástavbu nebo lesní porosty, které zmírňují šíření par nebezpečných látek. [8]

Faktory ovlivňující rychlost a hloubku šíření oblaku látky po havárii:

- Umístění a zdroj úniku.

- Druh a fyzikálně-chemické vlastnosti uniklé látky.
- Množství a způsob úniku nebezpečné látky.
- Meteorologické podmínky ovlivňující šíření látek.

Rozhodující meteorologické podmínky ovlivňující šíření látek:

- Vertikální stálost atmosféry, jako je například izotermie, inverze, konvekce.
- Rychlost a směr přízemního větru.
- Relativní vlhkost a teplota atmosféry. [5]

2.4 Bezpečnostní listy nebezpečných chemických látek

Jedná se o komplexní a obsáhlý dokument o nebezpečné chemické látce, kterou musí zpracovat výrobce podle zákona č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů.

Bezpečnostní list obsahuje údaje potřebné k zajištění bezpečnosti, ochraně zdraví při práci a k ochraně životního prostředí. Obsahem je identifikace látky, informace o složení, údaje o nebezpečnosti, první pomoc, pokyny pro hasební zásah, opatření, zacházení a skladování, fyzikální a chemické vlastnosti, toxikologické a ekologické informace, pokyny pro odstranění, informace pro přepravu, právní předpisy a další informace. [5]

2.5 Přeprava a znakové symboly pro označení nebezpečných látek

Za nejvíce problémovou činnost při nakládání s nebezpečnými chemickými látkami je považována jejich přeprava. Při přepravě a nakládání může dojít k proražení nádrže, úniku při přečerpávání, přehřátí a dalším problémům. [9] [21]

K havárii může dojít například při špatné manipulaci s přepravovanou látkou, nebo pokud dochází k různě se měnícím časovým a povětrnostním podmínkám (vedra, déšť, zima,...).

TRINS – jedná se o transportní, informační a nehodový systém, který poskytuje nepřetržitou pomoc při řešení mimořádné události spojenou s přepravou nebo skladováním nebezpečných látek na území ČR. [9]

Nebezpečné látky jsou rozděleny do tříd nebezpečnosti. Třída nebezpečnosti ukazuje prvotní nebezpečí látky na základě fyzikálních a chemických vlastností. V České republice se nejvíce setkáváme se silniční nebo železniční přepravou nebezpečných látek (ADR, RID). [22]

Tab. 1 – Rozdělení látek do tříd nebezpečnosti [21]

Třída	Název třídy nebezpečnosti
1	Výbušné látky a předměty
2	Plyny
3	Hořlavé kapaliny
4.1	Hořlavé tuhé látky
4.2	Samozápalné látky
4.3	Látky, které při styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny
5.1	Látky podporující hoření
5.2	Organické peroxidy
6.1	Toxické látky
6.2	Infekční látky
7	Radioaktivní látky
8	Žíravé látky
9	Jiné nebezpečné látky a předměty

Identifikačního čísla látky, tzv. UN-kód – jedná se o čtyřmístné číslo, které je uvedeno v seznamech nebezpečných látek vydaných OSN. Obsahuje také pojmenování látky, třídy a číslice. [21]

Bezpečnostní značky ADR/RID – jedná se o značky, které informují o druhu hrozícího nebezpečí. Stejně vzory bezpečnostních značek se používají při silniční i železniční přepravě nebezpečných látek a věcí. Značky mnohou být opatřeny nápisem nebo číslicí, která upřesňuje informaci o nebezpečí. Značky určené pro skladování, leteckou a lodní přepravu jsou odlišné, avšak pro označení nebezpečí využívají stejných grafických symbolů. [23]

Identifikační číslo nebezpečnosti látky, tzv. Kemler kód – jedná se o dvoumístnou až trojmístnou kombinaci čísel. V některých případech je kombinace čísel doplněná znakem X, což znamená, že látka nesmí přijít do styku s vodou. [21]

Tab. 2 – Význam čísel Kemlerova kódu [21]

Číslo	Význam čísla Kemlerova kódu
2	Plynná látka (uvoľňování plynů pod tlakem)
3	Hoření par kapalin a plynů
4	Hořlavost pevných látek
5	Látka podporující hoření
6	Jedovatá látka
7	Radioaktivní látka
8	Žíravá látka
9	Nebezpečí prudké, bouřlivé reakce
0	Dodatková číslice bez významu (doplňování dvouciferného čísla)

Zdvojení nebo ztrojení číslic v Kemlerově kódu znamená zvyšování příslušného druhu nebezpečí. [21]

2.6 Obecné zásady první pomoci při zasažení nebezpečnými látkami

Poskytnout první pomoc druhému člověku je naše samozřejmost a povinnost. Nečekaný úraz nebo jiné zdravotní komplikace, mohou potkat každého z nás, proto je velmi důležité vědět, jak první pomoc poskytnout. Při zasažení nebezpečnými látkami je třeba správně vyhodnotit situaci a ihned reagovat tím nejvhodnějším způsobem. [24]

Zásady první pomoci při zasažení nebezpečnými látkami v případě provozních nehod a havárií:

- Co nejrychleji zamezit dalšímu pronikání nebezpečné látky do organismu pomocí ochranné masky, přesunem do nezamořeného prostředí, odstraněním kontaminovaného oděvu, výplachem očí a dekontaminací povrchu těla.

- Zabezpečit životně důležité funkce, jako je vědomí, dýchání a srdeční činnost. Při správné srdeční činnosti a dýchání zajistíme průchodnost dýchacích cest pomocí tzv. stabilizované polohy. V případě nutnosti je třeba zahájit nepřímou srdeční masáž s umělou plicní ventilací.
- Dále je třeba zamezit podchlazení u intoxikovaných osob a neprodleně zajistit zdravotnickou pomoc. [8]

2.7 Obecné zásady chování obyvatelstva při úniku nebezpečné látky

Na území České republiky je od 1. listopadu 2001 zaveden pouze jeden varovný signál „VŠEOBECNÁ VÝSTRAHA“ předávaný elektrickými rotačními sirénami pro varování obyvatelstva při hrozbě nebo vzniku mimořádné události. Tento signál je vyhlášován kolísavým tónem sirény po dobu 140 vteřin a je možno využít i elektronické sirény a místních informačních systémů. [8]

Pokyny pro správné chování obyvatel v případě havárie s únikem nebezpečné látky:

- 1) Držet se v dostatečné vzdálenosti od místa havárie a neblokovat příjezd k místu havárie.
- 2) Vyhledat úkryt nejlépe v místnosti odvrácené od místa havárie a v co nejvyšším patře.
- 3) Pokusit se místnost utěsnit, zavřít okna a dveře a snížit tak výměnu vzduchu s okolním vzduchem.
- 4) Sledovat televizi nebo poslouchat místní stanice rozhlasu.
- 5) Netelefonovat a neblokovat telefonní linky.
- 6) Jednat s rozvahou, zachovat klid a nevyvolávat paniku.
- 7) Poslouchat pokyny příslušníků zasahujících jednotek a připravit si evakuační zavazadlo.
- 8) V kontaminovaném prostoru je nutné použít tzv. improvizovanou ochranu, jedná se o namočení ochranné roušky.
- 9) Vdechovat méně vzduchu vyvarováním se zbytečné fyzické námaze.
- 10) V případě svědění či pálení pokožky na nechráněných částech těla je nutné provést hygienickou očistu mytím nebo sprchováním za použití mýdla.
- 11) Dodržovat zásady pro opuštění bytu. Je nutné uzavřít okna, přívod plynu, vody a elektřiny, vypnout ventilaci, zamknout a na dveře umístit oznámení o opuštění

bytu, následně se dostavit na určené místo. Před opuštěním bytu je třeba se přesvědčit, zda o evakuaci vědí sousedé a pomoci osobám neschopným pohybu. [8]

2.8 Informační a organizační zabezpečení místa zásahu

Informační zdroje jsou důležité pro jakoukoliv činnost v místě havárie, jelikož poskytnou údaje o uniklé látce a jejich významných vlastnostech. Informační zabezpečení je nutné předem připravit, proto patří mezi preventivní opatření. Každá havárie je specifická, z tohoto důvodu se stanovují pouze obecně platné zásady postupů.

Nejčastější informační zdroje při havárii:

- Výstražné tabulky a značky.
- Nákladový list a pokyny pro případ nehody při přepravě.
- Provádění chemického průzkumu, měření pomocí detekčních prostředků a jiných přístrojů.
- Projevy havárie jako je syčení, mlha, hnutí ptáků nebo domácích zvířat a další.
- Na místě havárie lze využít také počítačové programy, například Medis-Alarm, který slouží jako databáze NL nebo lze také využít systémy ROZEX a TerEx, které obsahují modely šíření nebezpečných látek a přehled ohrožených objektů. [8]

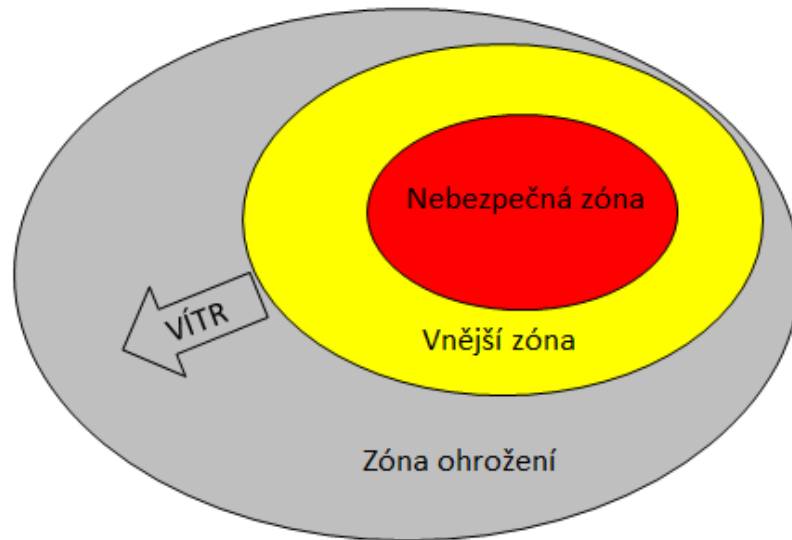
Organizace místa zásahu

Na místě zásahu se provádí vytyčování kontrolovaných zón pro zajištění bezpečnosti nasazených sil a prostředků jednotek požární ochrany. Kontrolované zóny musí být vytyčeny co nejdříve a hranice musí být označeny páskou nebo různými zábranami (lana, dopravní kužely, ploty).

Rozdělení místa zásahu a vytyčení kontrolovaných zón:

- **Nebezpečná zóna** – místo maximálního ohrožení. Plocha musí být dostatečně velká, aby nedocházelo ke škodlivým účinkům nebezpečných látek na síly a prostředky umístěné mimo tuto zónu.
- **Vnější zóna** – slouží k uzavření místa havárie. Vytyčuje se za nebezpečnou zónu a její minimální velikost je dána poloměrem 60-100 metrů. Uvnitř této zóny dochází k soustředění sil a prostředků určených pro přímé nasazení do nebezpečné zóny a k provádění dekontaminačních prací.

- **Zóna ohrožení** – prostor, který se vytyčuje zpravidla ve směru větru, kde může dojít k šíření nebezpečných látek. [8]



Obr. 1 – Vytyčení kontrolovaných zón [8]

Při havárii se vytváří týlový, nástupní a dekontaminační prostor, aby se zamezilo kontaminaci osob a prostředků při zásahu v nebezpečné zóně. Týlový prostor je určený k soustředění sil a prostředků potřebných k zásahu. Týlový prostor je určen také k odpočinku a občerstvení zasahujících jednotek. Nástupní prostor je určen ke kontrole a soustředění sil a prostředků těsně před nasazením k zásahu, tento prostor bezprostředně sousedí s nebezpečnou zónou. S nebezpečnou zónou sousedí také dekontaminační prostor, který slouží k provedení dekontaminace osob i prostředků

Týlový, nástupní a dekontaminační prostor se vytváří vždy na návětrné straně místa havárie. [8]

3 CHLADICÍ MÉDIUM PRO CHLAZENÍ LEDOVÝCH PLOCH

Tato kapitola je zaměřená na chladicí látky, které slouží pro chlazení ledových ploch zimních stadionů. Účelem chlazení je odnímat teplo látkám nebo předmětům, které se tím ochlazují.

Chladivem je nazývána látka, která v chladicím oběhu přijímá teplo a vypařuje se při nízkém tlaku a teplotě, naopak při vyšším tlaku a teplotě zkapalní. Existuje mnoho desítek látek, které lze použít jako chladiva, ale v této kapitole se budu zabývat pouze chladivy, které se nachází na zimním stadionu ve Zlíně. Jedná se o amoniak, který je soustředěn ve strojně chlazení a do systému v ledové ploše je dopravována pouze teponosná látka, ethylenglykol. Ethylenglykol se ve strojně ochlazuje přibližně na teplotu $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$, poté je čerpadlem dopravován do systému v ledové ploše, kde dochází k ochlazení.

Amoniak patří do skupiny přírodních chladiv, byl používán jako chladivo ve strojním a průmyslovém chlazení již od samého počátku. [25]

3.1 Amoniak

Amoniak neboli čpavek je velmi nebezpečná látka, která je velice rozšířená. Jedná se o bezbarvý plyn ostrého štiplavého zápachu, toxický a nebezpečný pro životní prostředí. Amoniak je lehčí než vzduch, ale při odpařování z kapalného stavu tvoří chladné mlhy, které jsou naopak těžší než vzduch. [5] [26]

Tato nebezpečná chemická látka je také známá pod názvem amoniak bezvodý. Amoniak je označován podle chemického vzorce NH_3 . Identifikační číslo nebezpečnosti (Kemlerův kód) je 268 a identifikační číslo látky (UN kód) je 1005. [2]

3.1.1 Použití

Amoniak se používá při výrobě plastických hmot, vláken, hnojiv a výbušnin. Další využití amoniaku je jako chladicí médium pro provoz zimních stadionů nebo v různých chladírenských zařízeních, například v potravinářských podnicích a komplexech, jako jsou jatka, mlékárny a pivovary. [9] [2]

3.1.2 Nepříznivé účinky

Mezi nejzávažnější nepříznivé účinky na zdraví člověka řadíme jeho velmi silně dráždicí, až leptající účinky. Silně dráždí a leptá oči, sliznici dýchacích cest, plíce a kůži. Křeč nebo otok hrtanu při zasažení dýchacích cest může vést k udušení. Při vysoké koncentraci dochází k zástavě dechu, případně otoku plic. Při styku se zkapalněným plynem dochází k závažnému poleptání a vzniku omrzlin.

Při úniku amoniaku dochází k zamoření ovzduší do velkých vzdáleností od zdroje. Způsobuje kontaminaci vod, kde se rozpouští a i při velkém zředění vytváří leptavé směsi, nad kterými se uvolňují nebezpečné páry. Amoniak je škodlivý pro vodu a vysoce toxický pro vodní organismy. Dále způsobuje kontaminaci terénu a může poškodit faunu i flóru.

Jedná se o málo hořlavou látku, ke vznícení dochází působením vysoké teploty a silného zdroje energie. Při styku plynného amoniaku se vzduchem vznikají leptavé a výbušné směsi. [26]

3.1.3 Příznaky zasažení a první pomoc při úrazu čpavkem

Zasažení amoniakem se projevuje pálením, bolestí v místě zasažení a poškozením očí, sliznice nosu, hrtanu i kůže. Objevuje se dráždivý kašel a dušnost. Zasažená osoba může mít závratě, bolesti žaludku a zvracení. Při silném působení amoniaku vzniká svalová slabost, křeče, rychle se snižuje práh sluchu a dochází k otoku plic. Po styku s tekutinou vznikají těžké omrzliny, kdy zasažené části těla mají bílou barvu, vznikají vředy, puchýře a jizvy. [5] [27]

Při poskytnutí první pomoci je důležité vyvést zasaženou osobu ze zamořeného prostoru a uložit do stabilizované polohy. Uvolnit těsné části oděvu a při zástavě dechu neprodleně zahájit umělou plicní ventilaci, doporučuje se také inhalovat 1% roztok kyseliny octové nebo citronové. Je nutné sejmout potřísněný oděv a neprodleně opláchnout vodou postižená místa na těle.

Při zasažení očí vyjmeme kontaktní čočky (pokud je zasažená osoba používá) a oči proplachujeme velkým množstvím vody po dobu asi 10 až 15 minut. Postižené osoby je nutné udržovat v klidu a zamezit podchlazení. Zajistíme lékařskou pomoc.

Amoniak se chová velmi agresivně vůči gumě, proto lze lidský organismus chránit pomocí ochranné masky a oděvu pouze dočasně. [8]

3.1.4 Opatření v místě havárie

- Jedná se o velmi nebezpečnou látku, proto je nutný dýchací přístroj a úplný ochranný oděv.
- Kapalný čpavek nesmí přijít do styku s vodou. S ní tvoří silně leptavou směs.
- Nádrž s látkou lze chladit vodou.
- Nutnost brání ohledu na možnost prudké reakce látky.
- Evakuace. [28]

3.1.5 Požární projevy a vhodné hasební prostředky

Amoniak hoří jen při vysokých koncentracích, vyšší teplotě nebo při působení silného energetického zdroje. Nebezpečí požáru je malé, ale hrozí nebezpečí exploze. Při žáru se vyskytují toxické dýmy (nitrozní plyny). [27]

Při vzniku malého požáru je vhodné použít suchá hasiva nebo CO₂. Velký požár hasíme roztráštěným vodním proudem, vodní mlhou nebo pěnou. [28]

3.2 Ethylenglykol

Jedná se o kapalinu bez zápachu, která má nižší stupeň toxicity na lidský organismus. 40% roztok ethylenglykolu je používán jako náplň potrubního systému, který slouží pro chlazení ledových ploch. [26]

Příznaky zasažení ethylenglykolem se projevují pálením očí, dráždivým kašlem, bolestí hlavy, závratěmi a zvracením. Zasažený může mít příznaky jako při opilosti. Dalším projevem je bezvědomí a zástava dechu. [28]

3.2.1 Nejzávažnější nepříznivé účinky na zdraví člověka

Zdraví škodlivý při požití. Otrava se může objevit po nadýchání par, které se uvolňují při zahřátí. Při dlouhodobé nebo opakované expozici způsobuje poškození srdce a plic. Později může způsobit i poškození ledvin. [28]

3.2.2 První pomoc

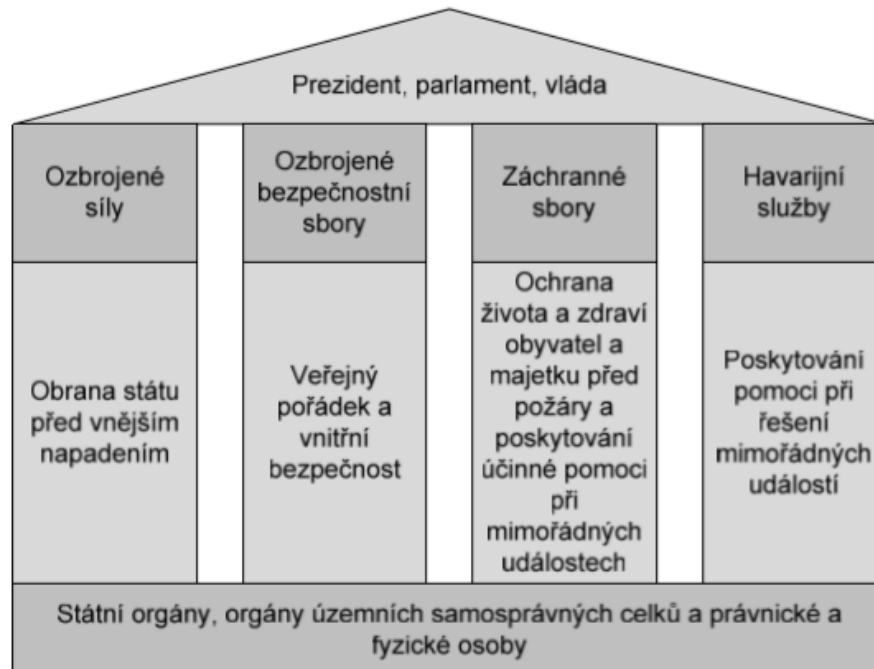
První pomoc slouží k bezprostřední pomoci při náhlém postižení zdraví. První pomoc se netýká pouze problematiky poranění, ale veškeré péče o postiženou osobu, včetně psychosociální podpory postižených osob nebo svědků události. [8] [24]

Zásady první pomoci při zasažení ethylenglykolem:

- Při bezvědomí uložit postiženého do stabilizované polohy. Při vdechnutí uvést postiženého do klidné polohy na čerstvém vzduchu a uvolnit těsné části oděvu. Sledovat dýchání a při zástavě dechu okamžitě zahájit umělé dýchání.
- Při požití nevyvolávat zvracení a vypláchnout ústní dutinu vodou.
- Při zasažení očí vyjmeme kontaktní čočky (pokud je zasažená osoba používá) a oči proplachujeme velkým množstvím vody po dobu asi 10 až 15 minut.
- Zasažená místa na těle omývat vodou, pokud nedošlo k poranění pokožky (je možno použít i mýdlo nebo šampon).
- Postižené osoby je nutné udržovat v klidu a zamezit podchlazení. Zajistíme lékařskou pomoc. [28]

4 OCHRANA OBYVATELSTVA

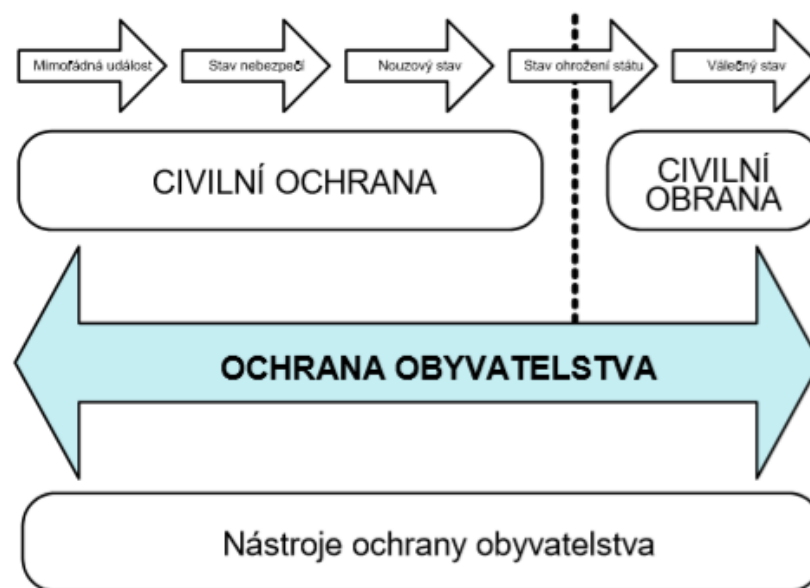
Ochrana obyvatelstva vnímáme jako jeden ze základních pilířů systému bezpečnosti České republiky v souladu s bezpečnostní strategií schválenou dne 8. září 2011. [1]



Obr. 2 – Bezpečnostní systém ČR [14]

Ochrana obyvatelstva řeší plnění úkolů civilní ochrany, zejména varování, evakuaci, ukrytí, a nouzové přežití obyvatelstva a plní další opatření, která vedou k zabezpečení ochrany života, zdraví, majetku a životního prostředí.

V současné době ochrana obyvatelstva zahrnuje provádění úkolů civilní ochrany a také přípravu na mimořádné události, provádění záchranných a likvidačních prací složkami integrovaného záchranného systému. Do ochrany obyvatelstva spadá také termín civilní obrana, kterým je rozuměno provádění úkolů k ochraně obyvatel před nebezpečím následků válek či pohrom. [1]



Obr. 3 – Ochrana obyvatelstva [14]

Předchozí obrázek schematicky vyjadřuje vztah ochrany obyvatelstva, civilní ochrany a civilní obrany. [14]

4.1 Záchranné a likvidační práce

Záchranné práce jsou činnosti vedoucí k omezení nebo přerušení bezprostředního působení rizik vzniklých mimořádnou událostí, kdy dochází k ohrožení života, zdraví, majetku nebo životního prostředí. Likvidační práce jsou činnosti vedoucí k odstranění následků způsobených mimořádnou událostí.

Záchranné a likvidační práce spadají mezi každodenní činnosti složek IZS. Jedná se o zvládání mimořádných událostí, které nevyžadují vyhlášení krizového stavu. [1]

4.2 Varování a informování obyvatelstva

Na území České republiky existují rizika vedoucí ke vzniku mimořádných událostí a krizových situací, které mají negativní vliv na obyvatelstvo. Jednou ze základních podmínek tísňového informování obyvatelstva je včasné a správné provedení varování a komunikace orgánů krizového řízení s ohroženým obyvatelstvem.

Dle koncepce ochrany obyvatelstva byl určen nový způsob zabezpečení systému varování a informování. Moderní koncové prvky varování by měly zajišťovat a provozovat obce na vlastní náklady. Tyto KPV jsou využívány orgány samosprávy k běžnému informování

obyvatelstva a také k vyslání varovného signálu a tísňové informace obyvatelstvu na území obce před hrozící nebo nastalou mimořádnou událostí.

Prostřednictvím hromadných informačních prostředků (televize, kabelové televize, rozhlas a další) dochází bezprostředně po varování k předání tísňové informace obyvatelstvu.

Cílem informování je zvýšení připravenosti obyvatelstva pro zvládnání krizových situací, ochranu a obranu. [1]

4.3 Evakuace

Evakuace zajišťuje přemístění osob, zvířat, předmětů kulturní hodnoty, technického zařízení, případně strojů, materiálu a nebezpečných látek z míst ohrožených mimořádnou událostí do míst, kde je evakuovaným zajištěno ubytování, stravování, pro zvířata ustájení a pro věci uskladnění. Evakuace se vztahuje na všechny osoby ohrožené mimořádnou událostí s výjimkou osob, které se podílejí na záchranných pracích, řízení evakuace nebo jiné neodkladné činnosti. Evakuace se přednostně plánuje pro děti do 15 let, zdravotně postižené osoby, pacienty ve zdravotnických zařízeních, osoby situované v sociálních zařízeních a pro doprovod zmíněných skupin. [1]

4.3.1 Evakuační středisko

V evakuačním středisku jsou evakuované osoby shromažďovány a informovány o dalším postupu. Evakuační středisko se umísťuje zpravidla mimo evakuační prostor, například školy, kina, divadla, hotely, ubytovny a další. [1]

4.3.2 Příjímací středisko

Příjímací středisko se zřizuje ve vhodných zařízeních s dobrou přístupností a průchodností osob. Příjímací středisko slouží pro shromažďování evakuovaných osob, které jsou rozdělovány k nouzovému ubytování.

Příjímací středisko zajišťuje zejména příjem evakuovaných osob, rozdělování evakuovaných osob do míst nouzového ubytování, zdravotnickou pomoc a podávání základních informací evakuovaným. [1]

4.4 Provizorní ukrytí a improvizovaná ochrana

Ukrytí slouží k ochraně obyvatelstva především proti účinkům velkých chemických nebo radiačních havárií s rizikem kontaminace nebezpečnými látkami a účinky pronikavé radiace. Nejrychlejším způsobem k ochraně před účinky havárií je tzv. provizorní ukrytí, kdy nám postačí uzavřená místnost v budově s možností televizního nebo rozhlasového vysílání. K provizornímu ukrytí by mělo dojít vždy po zaznění varovného signálu „Všeobecná výstraha“.

Důležitým požadavkem je, aby prostor určený k provizornímu ukrytí byl řádně utěsněný, čímž dojde k zamezení pronikání nebezpečných chemických a radioaktivních látek z venkovního prostředí. [1]

Základní ochranné opatření v případě úniku nebezpečných chemických látek:

- Provizorní ukrytí umístit v co nejvyšším nadzemním podlaží, nikoli však v podkroví.
- Vyhledat místnost na straně budovy, která je odvrácená od zdroje nebezpečných látek.
- Vyhledat místnost bez otevřeného kouřovodu a větracích mřížek.
- Zajistit uzavření všech oken, dveří a následné utěsnění okenních a dveřních spár, klíčových otvorů a dalších.
- Uhasit otevřený oheň a vypnout systémy větrání jako je klimatizace a ventilace.

Základní ochranná opatření v případě úniku radioaktivních látek:

- Provizorní ukrytí je nutné vyhledat nejlépe v suterénu budov, bez oken a s co nejsilnějšími stěnami.
- Dveřní, případně okenní otvory je nutné urychleně překrýt dostupným materiálem, aby se minimalizoval průnik radiace. [1]

Pobyt v uzavřené budově poskytuje podstatnou ochranu, zejména z krátkodobého hlediska. Několik studií vyhodnotilo jako účinný pobyt v domácnosti, utěsnění trhlin a oken páskou nebo ručníky a vdechování přes vlhký hadřík. [29]

Improvizovaná ochrana

Prostředky improvizované ochrany je doporučováno používat na ochranu dýchacích cest, očí a povrchu těla před účinky nebezpečných chemických látek a radioaktivní kontaminací.

Základním principem improvizované ochrany je využití dostupných prostředků, které jsou k dispozici v každé domácnosti, jedná se o oděvní součásti, pomocí kterých je možné chránit dýchací cesty a celý povrch těla.

Improvizovaná ochrana je určena zejména k:

- Úniku osob ze zamořeného prostoru.
- Překonání zamořeného území.
- Evakuaci obyvatelstva. [1]

4.5 Dekontaminace

Hlavním cílem dekontaminace je odstranění kontaminantů, případně snížení škodlivého účinku na bezpečnou úroveň. Dekontaminace je důležitá ke zmírnění následků použití zbraní hromadného ničení nebo následkům úniku nebezpečných látek při provozních haváriích. Dekontaminace je dělena podle druhu kontaminovaného povrchu na osoby, zvířata, techniku, oděvy, materiál, terén a budovy. HZS ČR je postupně vybavován prostředky pro provádění dekontaminace osob a techniky.

Dělení dekontaminace podle druhu kontaminovaných látek:

- Odstraňování chemických látek – odmořování (detoxikace).
- Odstraňování radioaktivních látek – dezaktivace.
- Odstraňování biologických látek – desinfekce.

Metody provádění dekontaminace:

- Mechanické – např. smývání, otírání, odsávání.
- Fyzikální – např. ředění, sorpce, odpařování.
- Chemické – např. reakce s vhodným činidlem. [1]

4.6 Integrovaný záchranný systém

Jedná se o koordinovaný postup složek při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací.

Mezi základní složky IZS patří Hasičský záchranný sbor České republiky, jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany, Policie České republiky a zdravotnická záchranná služba. Základní složky IZS zabezpečují

neustálou pohotovost pro příjem ohlášení vzniku mimořádné události, její vyhodnocení a neodkladný zásah.

Mezi ostatní složky IZS řadíme ozbrojené síly, ozbrojené bezpečnostní sbory, zařízení civilní ochrany, ostatní záchranné sbory, havarijní a jiné služby a další složky, které lze využít k záchranným a likvidačním pracím.

Postup složek IZS při provádění záchranných a likvidačních prací jsou upřesněny v dokumentaci Typové činnosti složek IZS při společném zásahu. Typové činnosti jsou připravovány s ohledem na druh a charakter mimořádné události. [4]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ZIMNÍ STADION LUĐKA ČAJKY VE ZLÍNĚ

Zimní stadion Luďka Čajky ve Zlíně se stavěl na etapy. Provoz stadionu byl zahájen v roce 1957, kdy vznikla umělá ledová plocha, později přibyly betonové tribuny s hráčským zázemím uvnitř. V roce 1962 proběhlo zastřešení zimního stadionu a dostavba vstupní části. Zlínský stadion je jedinečný svým zastřešením, jelikož jeho nosný systém tvoří dvojice ve vrchu spjatých oblouků, které vyčnívají nad střechu. Tento zimní stadion byl pojmenován v roce 1990 po zlínském hráči Luďku Čajkovi, který tragicky zemřel.

Současná kapacita zimního stadionu je 7 000 diváků (z toho 4 525 sedících, včetně skyboxů, míst pro VIP a novinářských sedadel, 2 475 míst ke stání). Rozměry kluziště jsou 28x60 metrů. Stadion je využit jak ke sportovním utkáním zlínského hokejového klubu, tak i na kulturní akce.

Původní chlazení ledové plochy bylo řešeno přímým chlazením, v roce 2009 proběhla modernizace ledové plochy na chlazení nepřímé.

Zimní stadion se nachází na ulici Březnická 4068 ve Zlíně. Stavba uzavírá dlouhé zužující se údolí Březnického potoka, kde je obklopena okolními zalesněnými kopci. Za tímto zimním stadionem se nachází druhá ledová plocha - PSG Aréna, která byla otevřena v roce 2004 a je určena pro tréninky mládeže a veřejnost. Maximální kapacita je 529 diváků. PSG Aréna byla postavena již s nepřímým chlazením. [30]



Obr. 4 – Geografické rozmístění objektů [Zdroj: vlastní]

5.1 Chladicí zařízení před rekonstrukcí

Před modernizací zimního stadionu, chladicí zařízení pracovalo na principu tzv. přímého chlazení, tedy na principu přímého vypařování čpavku v trubkovém systému ledové plochy. Množství amoniaku v chladicím zařízení bylo přibližně 6000 kg.

Nízkotlaká část chladicího zařízení obsahovala trubkový systém ledové plochy, centrální sběrače zkapalněného amoniaku, čpavková čerpadla a expanzní nádoby. Vysokotlaká část se skládala z kompresorů s elektromotory, odpařovacího sprchového kondenzátoru, odlučovače oleje a vysokotlakého regulačního ventilu.

Tento jednostupňový systém chladicího okruhu byl ručně řízený se stálým dozorem obsluhy. [31] [32]

5.2 Chladicí zařízení po rekonstrukci

Rekonstrukce zimního stadionu ve Zlíně proběhla v roce 2009, kdy modernizace vedla ke změně technologie chladicího zařízení. Došlo k vybudování nepřímého chlazení se zachováním stávající ledové plochy.

Amoniak se nyní nachází pouze ve strojovně chlazení v množství cca 850 kg. Amoniak je uskladněn v zásobníku na ocelové konstrukci vedle strojovny chlazení. [32] [33]



Obr. 5 – Strojovna chlazení [Zdroj: vlastní]

Nepřímé chladicí zařízení pracuje v automatickém provozu, kdy není třeba trvalé přítomnosti obsluhy. Dozor provádí tři proškolení pracovníci obsluhy.

Chladicí zařízení slouží pro výrobu a udržování ledu na zimním stadionu Luďka Čajky a PSG Arény ve Zlíně. V primárním okruhu je použito chladivo čpavek a v sekundárních okruzích je použita nemrzoucí směs roztoku ethylenglykolu. [32] [33]

5.2.1 Popis čpavkového okruhu

Strojovna chlazení slouží pro obě ledové plochy a nachází se v samostatném objektu, vzdáleném zhruba 150 m od zimních stadionů ve svažitém terénu.

Nízkotlaká část čpavkového okruhu

Základním prvkem čpavkového (primárního) okruhu jsou čtyři plně automatické kompresory MYCOM. Každou ledovou plochu obsluhují dva kompresory. Nízkotlaká část čpavkového okruhu je rozdělena pro každou ledovou plochu zvlášť a pracuje tak, že příslušné kompresory nasávají páry čpavku z odlučovače chladiva u deskového výparníku, ve kterém se chladí 40% roztok ethylenglykolu.

Vysokotlaká část čpavkového okruhu

Vysokotlaká část je společná, kompresory vytlačují páry čpavku do dvou odpařovacích kondenzátorů, kde dojde ke zkapalnění. Tyto odpařovací kondenzátory jsou umístěny na ocelové konstrukci vedle strojovny chlazení. Vedle strojovny se nachází také vodní hospodářství odpařovacích kondenzátorů. Zkapalněný čpavek odtéká potrubím do vysokotlakého sběrače chladiva, kde dochází k odvzdušňování okruhu. Z tohoto sběrače je čpavek nastříkovan do odlučovačů chladiva, ze kterého jsou zaplavovány deskové výparníky. Dojde k ochlazení ethylenglykolu, odpařený čpavek se vrací zpět do odlučovačů chladiva, kde páry čpavku nasávají opět příslušné kompresory. [32] [33]

5.2.2 Popis okruhů chlazení ledových ploch ethylenglykolem

Ethylenglykol (40% roztok) je teplotně odolná kapalina se speciálními inhibitory koroze pro chladicí systémy. Množství náplně v sekundárním okruhu ledové plochy zimního stadionu Luďka Čajky je přibližně 27 000 kg.

Ochlazený roztok ethylenglykolu v deskovém výparníku je čerpadlem veden do rozdělovacího spoje u ledové plochy a následně do jednotlivých trubek chladicího roštu

ledové plochy. Zde ochladí beton a ledovou plochu, ohřeje se a je veden čerpadlem zpět do deskového výparníku a celý cyklus se opakuje.

Součástí okruhů ethylenglykolu jsou podúrovňové servisní jímky u ledových ploch, do kterých lze v případě poruchy či jiné potřeby přepustit roztok ethylenglykolu příslušného okruhu.

Provozní náplně nemrznoucí směsi (ethylenglykolu) musí být kontrolovány min. 1x ročně. [32] [33]

5.3 Ochrana a signalizace chladicího zařízení

Všechny provozní stavy kompresorů jsou jistěny čidly řídicího systému MODI-PRO, které akusticky signalizují nebezpečné hodnoty a při dosažení nebezpečné hodnoty (TRIP) se havarijně automaticky vypíná kompresor. Odlučovače čpavku u deskových výparníků, vysokotlaký sběrač chladiva a potrubí k odpařovacím kondenzátorům jsou pojištěny zdvojenými ventily, které při dosažení nastaveného tlaku odpustí čpavek ze zařízení.

Kontrola okruhů ethylenglykolu proti zamrznutí je realizována pomocí jističů průtoku z deskových výparníků. Jističe nízký průtok signalizují a se zpožděním vypnou dané kompresory.

Ve strojovně chlazení jsou instalovány dvoustupňové automatické analyzátory úniku amoniaku. Při prvním stupni úniku čpavku (koncentrace 0,01%) se zapne havarijní větrání a optická signalizace. Při druhém stupni úniku čpavku (koncentrace 0,03%) dojde k vypnutí celého zařízení a k zapnutí havarijního větrání a osvětlení, tento stav je signalizován opticky i akusticky. Pro havarijní vypnutí slouží také tlačítko STOP u vchodu do strojovny. [33]

6 POVINNOSTI OBSLUHY PŘI ÚNIKU ČPAVKU

V případě havarijního úniku závadných látek je obsluha povinna zastavit únik a provést opatření vedoucí k zamezení dalšího šíření, je-li to technicky možné.

Při prvním stupni úniku čpavku (koncentrace 0,01%) obsluha odhalí místo a příčinu úniku, provede odstranění závady. Opravu provádí vždy dva pracovníci vybaveni ochrannými pomůckami.

Při druhém stupni úniku čpavku (koncentrace 0,03%), kdy se jedná o únik velkého rozsahu, je nutno volat Hasičský záchranný sbor Zlínského kraje. HZS Zlínského kraje je nutno informovat o tom, že se požaduje zásah za účelem skrápění a mlžení strojovny vodou, aby se mohly uzavřít ventily na havarovaném úseku a je nutno oznámit, že unikající látka je čpavek.

Dále je obsluha povinna zabránit vstupu nepovolaných osob a poskytnout první pomoc zasaženým osobám. O úniku čpavku je třeba ihned informovat také vedoucího pracovníka provozovatele a Policii České republiky. [26]

6.1 Ochranné pracovní pomůcky a prostředky pro likvidaci havárie

Obsluha strojovny chlazení musí být vyškolená pro poskytování první pomoci při úrazu čpavkem a elektrickým proudem. Z venkovní strany strojovny se nachází lékárnička s obsahem dle doporučení obvodního lékaře.

Mimo strojovnu je pro obsluhu k dispozici ochranná celoobličejová maska s filtrem proti parám čpavku nebo samostatný dýchací přístroj, celoobličejový ochranný plexištít, přiléhavé ochranné brýle, gumové rukavice s teplou vložkou, pogumované nebo gumové zástěry a gumové holínky pro každého pracovníka.

Při úniku menšího množství ethylenglykolu je možné použít nářadí a prostředky, které jsou uloženy ve skladu, jedná se o lopatu, koště, sypký sorpční materiál a nádoby na uložení znečištěného sorbentu. Na neutralizaci malého množství amoniaku lze použít kyselinu sírovou. [26]

6.2 Sanace znečištění vod

Při haváriích s únikem amoniaku dochází ke kontaminaci ovzduší, vody i půdy. Havarijní znečištění vod může způsobit poškození zdravotního stavu vodních organismů, případně jejich úhyn.

„Havárie je podle § 40 zákona č. 254/2001 Sb. ¹o vodách, charakterizována jako mimořádně závažné zhoršení nebo mimořádné závažné ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod.“ Za havárii se v tomto případě považují úniky amoniaku a ethylenglykolu do kanalizace, vodního toku nebo kontaminace srážkových vod. Drobné úniky a úkapy se za havárii nepovažují. [26]

V případě havarijního úniku amoniaku nebo jiné závadné látky ze zimního stadionu Luďka Čajky ve Zlíně je třeba, aby pracovník, který tuto skutečnost zjistil, neprodleně učinil opatření vedoucí k zamezení dalšího šíření a zneškodnění havárie.

Při havárii je nutné zabránit odtoku amoniaku do kanalizace pomocí záchytných jímek, které je třeba odčerpat do vhodných nádob uložených v objektu skladu nebo do připravené cisterny. V případě, že došlo ke kontaminaci zeminy, je nezbytné zjistit rozsah znečištění a provést okamžité odtěžení zasažené zeminy. Odtěženou půdu a použité materiály je nutno uložit do nepropustných nádob a zajistit jejich ekologickou likvidaci. Pokud došlo k úniku amoniaku do kanalizace, je třeba ihned informovat provozovatele kanalizace (Moravská vodárenská, a. s.), který zajistí odborné uzavření kanalizace a nařídí vyčištění zasaženého úseku.

Vypařování čpavku je možno zajistit pokrytím louže vhodnou folií nebo syntetickou pěnou například z hasicího přístroje, což prodlouží čas potřebný pro likvidaci. [26]

6.3 Odběr vzorků a vypracování protokolu o havárii

Při závažném havarijním úniku závadných látek je nutno zajistit odběr vzorků, a to jak vzorků znečištěné půdy, tak vod.

¹ Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. (<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>)

Vzorky odpadních vod je vhodné odebírat v součinnosti s provozovatelem kanalizace a vodoprávním úřadem, který zajistí předání odebraných vzorků do akreditované laboratoře, například do Státního zdravotnického ústavu Zlín, Moravské vodárenské nebo do laboratoře Klečůvka. Vzorky zasažené zeminy je třeba odebrat z několika míst dle rozsahu znečištění. Zasažená zemina se musí odebírat do skleněných vzorkovnic se širokým uzávěrem o objemu 1 litr. Tento odběr je také vhodné provádět ve vzájemné součinnosti s pracovníky státní správy v ochraně vod.

Odpovědná osoba je povinna vypracovat protokol o havarijním úniku závadných látek. Protokol musí obsahovat:

- Identifikační údaje firmy.
- Datum a hodinu zjištění havárie.
- Jméno a funkci, popřípadě adresu a telefonní číslo osoby, která havárii zjistila.
- Druh a zdroj úniku závadné látky.
- Množství, eventuálně koncentraci uniklé látky.
- Druh havarijního znečištění (voda v toku, půda).
- Způsob likvidace havárie, počet odebraných vzorků a způsob jejich odběru.
- Způsob likvidace kontaminovaných materiálů (sorbent, zemina).
- Komu a jakým způsobem byla havárie ohlášena. [26]

7 SCÉNÁŘE MOŽNÝCH ÚNIKŮ

Tato kapitola je zaměřená na události a poruchy, které mohou způsobit únik amoniaku a ohrozit tak obyvatelstvo i životní prostředí. Při psaní některých scénářů jsem se inspirovala úniky čpavku ze zimních stadionů, které se staly na území České republiky. Také jsem se inspirovala cvičením složek IZS, jejichž cílem bylo ověřit připravenost na havárie spojené s únikem amoniaku.

Bezpečnostní systém umístěný ve strojovně chlazení je vybaven čidly, která dokáží vyhodnotit únik čpavku a akusticky tento stav signalizovat, popřípadě vypnou kompresory a zahájí automatické větrání. Přes veškerou ochranu chladicího zařízení nelze únik amoniaku vyloučit. Únik velkého rozsahu může nastat jak při poruše zařízení, tak například manipulací neoprávněnou osobou.

1. Doplnování amoniaku

Firma ČKD CHLAZENÍ se sídlem v Chocni je přímým výrobcem a dodavatelem chladicích zařízení. Tato firma zajišťuje doplnování amoniaku do zásobníku umístěného na ocelové konstrukci vedle strojovny chlazení.

Během přečerpávání amoniaku z cisterny do zásobníku dojde k rozpojení propojovací hadice ve ventilu umístěném na dně zásobníku a amoniak začne unikat. Než obsluha tuto událost zajistí, unikne velké množství kapalného čpavku. Kapalným čpavkem se rychle odpařuje do ovzduší a vytvoří tak nad místem úniku nebezpečné chladné mlhy, které jsou těžší než vzduch, proto můžou zatékat do níže položených prostor. [26]

2. Závada na kompresoru

Při běžném provozu vznikne závada na jednom z kompresorů. Kompresory zajišťují přečerpávání amoniaku ze zásobníku do strojovny chlazení. Zásobník na 850 kg amoniaku je umístěn na ocelové konstrukci vedle strojovny chlazení. Při takové závadě může uniknout velké množství amoniaku nejen do strojovny chlazení, ale také do volného prostranství.

3. Letní odstávka chladicího zařízení

Každý rok se na zimním stadionu ve Zlíně provádí letní odstávka zařízení. Většinou se tato odstávka provádí v období od konce dubna do půlky července. Období letní odstávky se může lišit.

Provoz strojovny po letní odstávce může ovlivnit technická závada na jakémkoli zařízení, které je umístěno ve strojovně chlazení. Může se jednat o technickou závadu na jednom z kompresorů, odlučovači kapalného čpavku nebo například poruchou odpařovacího kondenzátoru. Porucha všech těchto zmíněných zařízení může vyvolat únik amoniaku do okolí.

4. Mechanické poškození potrubí z chladicí věže kondenzátoru

Další únik ze strojovny chlazení může vzniknout z důvodu mechanického poškození potrubí z chladicí věže kondenzátoru do vysokotlakého sběrače chladiva. Takové poškození může vyvolat únik různého množství zkapalněného amoniaku do okolí.

5. Porucha ventilu čerpadla

Únik amoniaku může vyvolat porucha ventilu jednoho z čerpadel. Strojovna by se zaplnila nebezpečnou látkou a viditelnost v ní by byla téměř nulová. Tato porucha by mohla způsobit únik amoniaku také do volného prostranství, kde by ohrozila okolní obyvatelstvo. [34]

6. Opatřebení, zestárnutí a překročení životnosti zařízení

Další havárii může způsobit opotřebení, zestárnutí nebo překročení životnosti jednotlivých částí zařízení. Může dojít například k prasknutí titanových desek výměníku a k následné kontaminaci teplotnosné látky amoniakem. Na zimním stadionu ve Zlíně je teplotnosná látka ethylenglykol. Tato událost by vážně narušila chod celého chladicího zařízení. [35]

7. Havárie při běžném provozu nebo údržbě

Havárie s únikem amoniaku můžou vzniknout kdykoliv při běžném provozu nebo údržbě. Může se stát, že amoniak začne unikat vlivem netěsnosti regulačních nástřikových ventilů nebo jiných (například pojistných) ventilů. Taková situace by nejvíce ohrozila obsluhu nacházející se v prostoru strojovny chlazení a osoby v bezprostřední blízkosti. [36]

8. Porušení těsnění ve výměníku

Mimořádná událost může nastat vlivem prasklého těsnění ve výměníku, které je umístěno ve strojovně chlazení. Porušené těsnění může vyvolat únik amoniaku do prostoru strojovny. Automatické analyzátoři úniku čpavku po dosažení koncentrace 300 ppm automaticky vypínají celé zařízení a zapínají havarijní osvětlení a větrání. Může se stát, že

tyto analyzátoři selžou a k dálkovému vypnutí zařízení nedojde. Takový únik amoniaku by vážně ohrozil okolní obyvatelstvo a zaměstnance sportovních zařízení nacházejících se v blízkosti strojovny chlazení. [37]

9. Poškození potrubí

Ve strojovně chlazení může dojít k úniku kapalného čpavku z potrubí, které bylo poškozeno. K poškození potrubí může dojít vlivem mechanického poškození nebo z důvodu koroze, která může být důsledkem zestárnutí nebo překročení životnosti. Kapalným amoniak má tendenci se odpařovat, tvoří chladné mlhy, které jsou těžší než vzduch, a proto se drží u země. Takový únik by mohl ohrozit obyvatelstvo i životní prostředí. [38]

10. Úmyslné poškození chladicího zařízení

Únik velkého množství amoniaku může způsobit úmyslné poškození cizí osobou. Únik celkového množství uskladněného amoniaku do širokého okolí může vyvolat například nástražný výbušný systém. Taková situace by mohla způsobit zamoření ovzduší, kontaminaci terénu, půdy a vody. Vlivem této události by došlo k ohrožení osob a životního prostředí.

Nástražný výbušný systém by mohl způsobit domino efekt, například vyvolat další výbuch či požár. V takovém případě by byly ohroženy obytné a veřejné budovy, zimní stadion, PSG Aréna a další stavby nacházející se v okolí.

7.1 Rozbor poruch

Povinností obsluhy je předcházet příčinám, které mají negativní vliv na bezpečnou provozuschopnost celého systému. Dodržováním zásad bezpečnosti nemůžeme zastavit proces opotřebení a zestárnutí strojních součástí, proto je nutné dělat na zařízení každoroční kontroly a revize.

Opotřebení, zestárnutí nebo překročení životnosti se projevuje především na netěsnosti pohybujících se a rotujících částí nebo na netěsnosti přírubových a šroubových spojů. Koroze může být způsobena přímými atmosférickými vlivy, špatným stavem tepelných izolací nebo kondenzací vzdušné vlhkosti na nechráněných částech zařízení. Mechanické poškození zařízení nebo jeho části může vést k částečné či úplné destrukci. Poškození

zařízení může vzniknout v místech vystavených kmitání a vibracím, které způsobí únavu materiálu nebo mechanické opotřebení. [31]

8 SOFTWAREVÁ PODPORA

SW Riskan

Software Riskan je určen pro detailní i orientační tvorbu analýzy rizik. SW nástroj pracuje na základě bezpečnostních prvků, jako je aktivum, hrozba a zranitelnost, s možností hodnotit zranitelnost jednotlivých aktiv vůči jednotlivým hrozbám.

SW Riskan dokáže definovat tři úrovně výsledného rizika dle stanovených kritérií, kdy se jedná o riziko nízké, střední a vysoké. Nástroj podporuje také barevné rozlišení jednotlivých výsledných rizik a přehledné grafické zobrazení. [39]

SW TerEx

TerEx (Teroristický expert) – jedná se o softwarový nástroj pro rychlý odhad dopadů a následků působení nebezpečných chemických látek nebo nástražných výbušných systémů. Software má návaznost na geografický informační systém pro přímé zobrazení výsledků v mapách.

Je určen zejména pro operativní použití jednotkami IZS přímo na místě zásahu nebo na operačním středisku. Program poskytuje výsledky i při nedostatku přesných informací. [31] [40]

Modely mimořádných událostí (Havarijní modely)

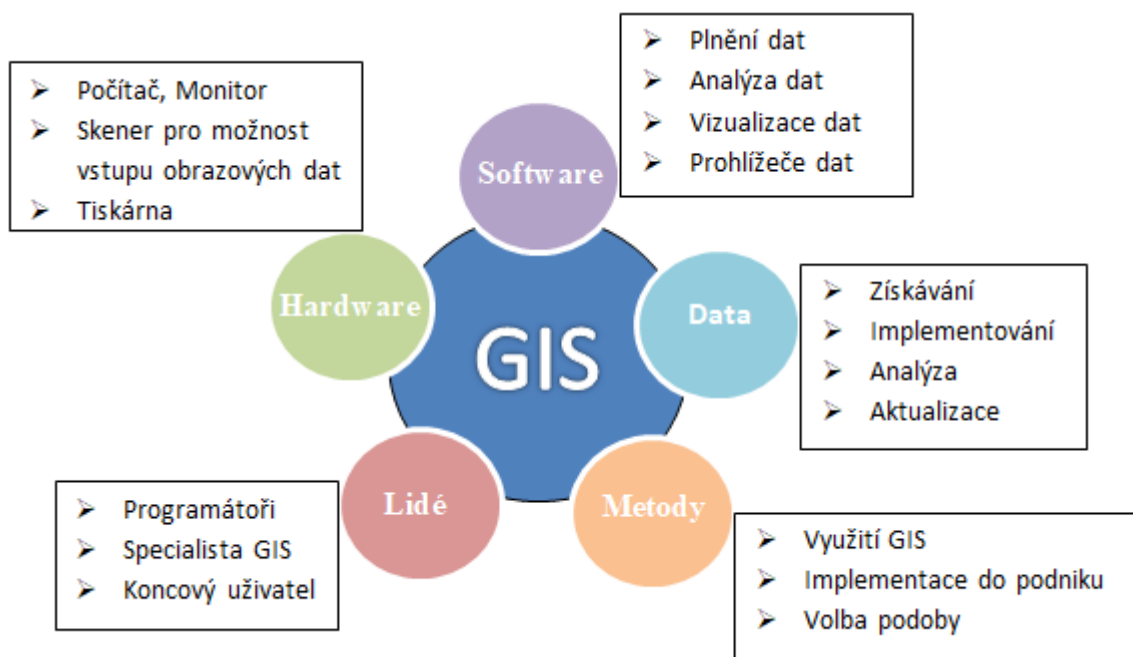
- BLEVE – Ohrožení nádrže plošným požárem.
- DIOXIN – Jednorázový únik.
- EXPLOSIVE – Nástražný výbušný systém.
- JET FIRE – Déletrvající masivní únik plynu se zahořením.
- PLUME
 - Déletrvající únik plynu do oblaku.
 - Déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem.
 - Pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku.
- POISON – Jedovatá látka.
- POOL FIRE – Hoření louže kapaliny nebo vroucí kapaliny.
- PUFF
 - Jednorázový únik do oblaku.
 - Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem. [27]

Geografický informační systém - GIS

Geografický informační systém (Guide to Geographic Information Systems) je databázový systém se softwarem, který dokáže analyzovat a zobrazovat data ve vizuálním prostředí pomocí digitalizovaných map pro plánování a rozhodování.

Zpracování je realizováno na kvalitním hardwaru pomocí specializovaného softwaru, který řídí specializovaná osoba. GIS je užitečným nástrojem pro mnoho aspektů řízení krizových situací, včetně reakce na mimořádné události, plánování, cvičení, reakce a obnovy. Geografický informační systém poskytuje pracovníkům krizového řízení a osobám s rozhodovací pravomocí informace, které potřebují k přesnému a včasnému rozhodování.

Sjednocuje hardware, software a data, která slouží pro zachycení řízení, analyzování a zobrazování všech forem geograficky odkazujících informací. [41] [42]



Obr. 6 – Členění GIS [42]

Obrázek č. 7 vykresluje strukturální členění geografického informačního systému, proto lze nahlížet na tento systém ve třech rovinách:

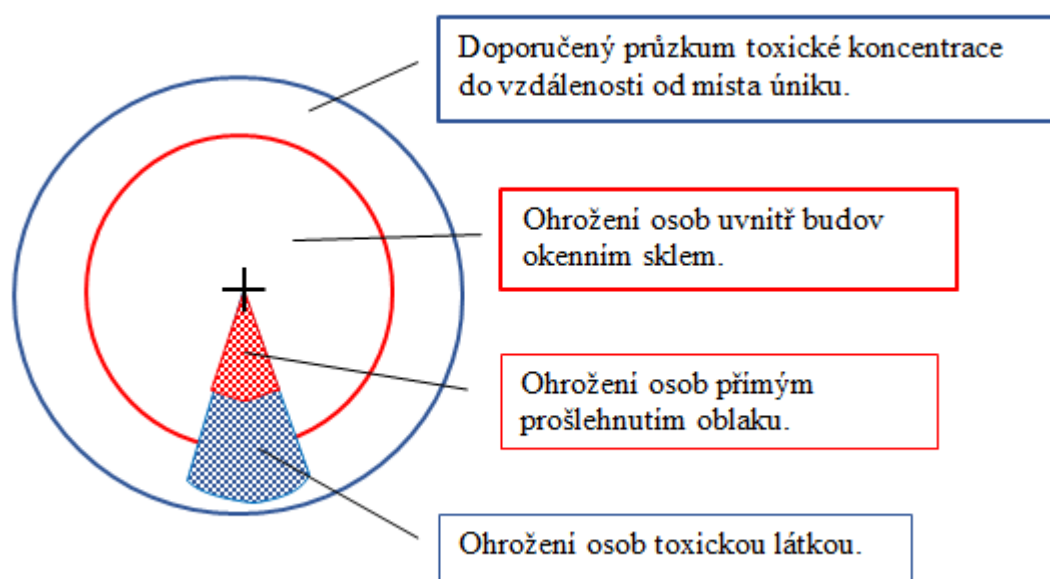
- Vědecká disciplína – geografický informační systém se prolíná do všech vědních oborů jako je kartografie, fyzika, geografie, stavebnictví a další.
- Specifický aplikační software – pro geografické informační systémy jsou vyvíjeny speciální druhy softwaru, které se odvíjí od požadavků a potřeb správců a uživatelů systému.

- Funkční informační systém – jedná se o nejdůležitější část pro státní správu, kdy se musí skloubit do jednoho fungujícího celku hardware, software, dostupná data a kvalifikovaný personál. Tento celek získává, zpracovává, aktualizuje a publikuje geografická data. [42]

9 VYHODNOCENÍ DOPADU HAVÁRIE POMOCÍ PROGRAMU TEREX

Vyhodnocení dopadu havárie úniku amoniaku ze zimního stadionu Luďka Čajky ve Zlíně bylo provedeno programem TerEx, který mi umožnil prognózu dopadů a následků působením nebezpečné chemické látky.

Pro vyhodnocení jsem si vybrala model PUFF, kdy se jedná o jednorázový únik plynu do oblaku a model PLUME, který vyhodnocuje déletrvající únik plynu do oblaku.



Obr. 7 – Legenda mapového výstupu z programu TerEx [27]

9.1 Model s jednorázovým únikem plynu do oblaku (PUFF)

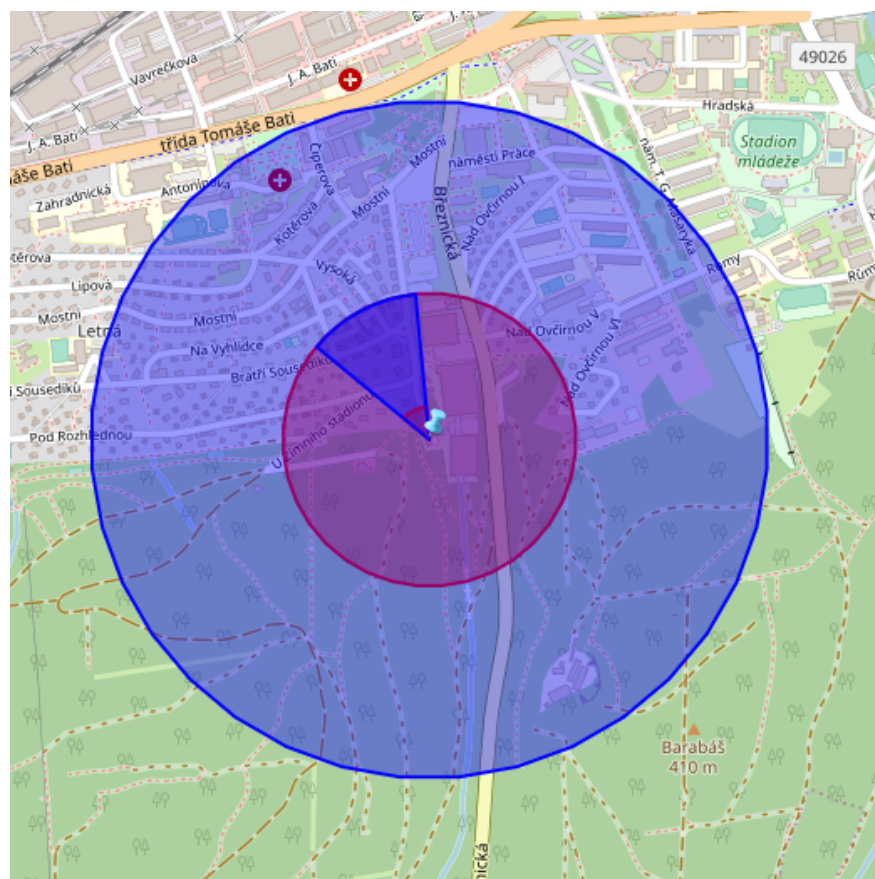
Pro tento model jsem zadala maximální možné množství látky, které může z poškozeného zařízení uniknout. Jedná se o největší možnou hrozbu, která může nastat.

Přesto, že systém ve strojovně chlazení je vybaven bezpečnostními čidly a analyzátory, které dokáží únik čpavku vyhodnotit, tento stav signalizovat a případně vypnout zařízení, nelze únik amoniaku velkého rozsahu vyloučit. Únik velkého množství amoniaku může nastat při špatné manipulaci, mechanickým poškozením, poruchou zařízení nebo také úmyslným poškozením chladicího systému.

Hasičský záchranný sbor vždy počítá s nejhorsí možnou variantou úniku látek, tzn. únikem celkového množství, tedy s únikem 850 kg amoniaku do ovzduší.

Vstupní data

Dobu modelovaného úniku amoniaku jsem zvolila na podzim, kdy začíná hokejová sezóna. Proto je velmi pravděpodobné, že se v blízkosti zimního stadionu bude nacházet velké množství osob, které mohou být ohroženy. Pro určení síly větru jsem si zvolila Beaufortovu stupnici síly větru, ze které jsem vybrala druhý stupeň, který je označen jako slabý vítr s rychlostí 3,3 m/s. Pokrytí oblohy oblaky je 37,5 % a vítr směřuje jihovýchodním směrem na obytnou krajinu.

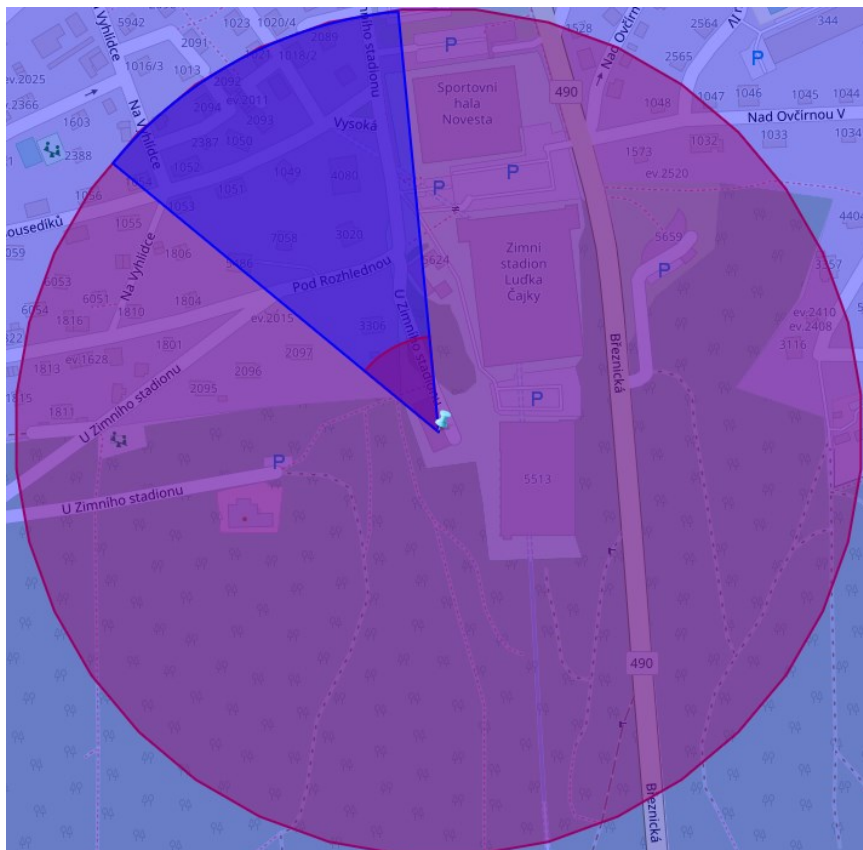


Obr. 8 – Ohrožená oblast při jednorázovém úniku 850 kg amoniaku [27]

Program TerEx vyhodnotil nutnost evakuovat osoby 61 m od strojovny chlazení z důvodu ohrožení přímým prošlehnutím oblaku amoniaku. Modrá kruhová výseč značí ohrožení osob toxickou látkou, kdy je nezbytná evakuace osob nacházejících se 269 m po směru větru. Koncentrace škodlivé látky je $2,012 \text{ g/m}^3$.

Červený kruh značí ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem, kde je doporučena evakuace osob z budov do vzdálenosti 270 m. Modrý kruh vyznačuje doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti 624 m od místa úniku.

Program dále vyhodnotil závažné poškození budov do vzdálenosti 119 m od úniku, kdy je evakuace osob nezbytná. Dalším problémem může být závažné poranění osob mimo budovy, proto je nutný odsun těchto osob nacházejících se ve vzdálenosti 161 m od strojovny chlazení.



Obr. 9 – Evakuace osob do vzdálenosti 270 m [27]

TerEx vyhodnotil celkovou evakuaci osob do vzdálenosti 270 m od místa úniku.

9.2 Model s déletrvajícím únikem plynu do oblaku (PLUME)

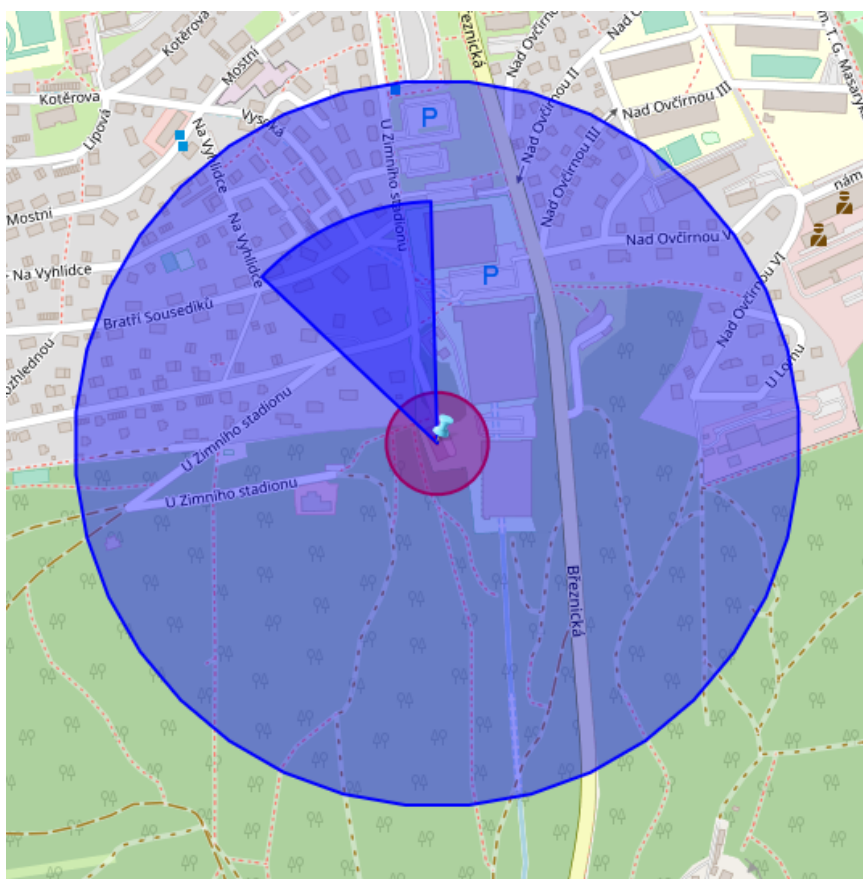
Tento model jsem rozdělila na vysokotlakou a nízkotlakou část, jelikož se tyto čpavkové okruhy liší průměrem výtlačného a sacího potrubí. Odlišnost těchto průměrů může ovlivnit průběh a rozsah havárie.

Čpavkové okruhy jsou umístěny ve strojovně chlazení. Na vysokotlakou část je připojeno výtlačné potrubí s vnitřním průměrem 40 mm a na nízkotlakou část je napojeno sací potrubí s vnitřním průměrem 80 mm.

9.2.1 Vysokotlaká část čpavkového okruhu

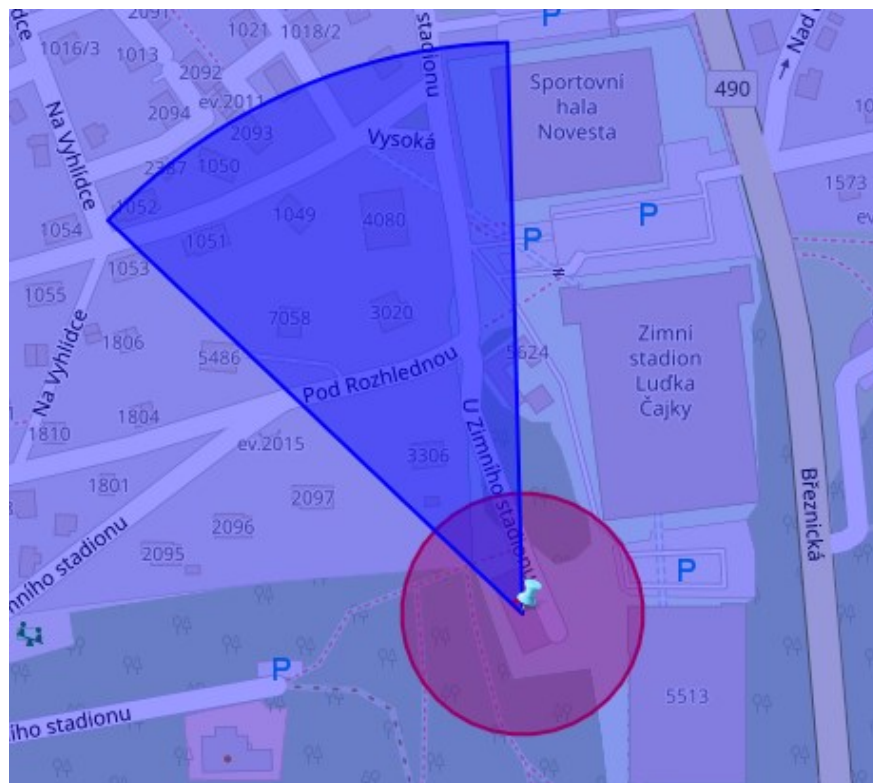
Dobu modelovaného úniku jsem zvolila stejnou jako u modelu s jednorázovým únikem plynu do oblaku, tedy na podzim. Vítr vane jihovýchodním směrem na obytnou krajinu s rychlostí 3,3 m/s. Pokrytí oblohy oblaky je 37,5 %.

Průměr únikového otvoru ve vysokotlaké části je 0,04 m při přetlaku 1800 kPa.



Obr. 10 – Ohrožená oblast při poškození vysokotlaké části [27]

Po vyhodnocení situace programem TerEx jsem zjistila, že nutná evakuace osob bude do vzdálenosti 232 m od strojovny chlazení z důvodu velké pravděpodobnosti ohrožení osob nebezpečnou chemickou látkou.



Obr. 11 – Evakuace osob do vzdálenosti 232 m [27]

Ohrožení osob přímým prošlehnutím nebezpečného oblaku amoniaku bude do vzdálenosti 6 m. Jedná se tedy o vzdálenost v blízkosti strojovny chlazení, kde se nenachází žádné obytné domy. Červený kruh mi označil oblast, kde jsou osoby uvnitř budov ohroženy okenním sklem, zde se doporučuje evakuace do vzdálenosti 49 m. Osobám, které se pohybují mimo budovy, hrozí závažné poranění ve vzdálenosti 27 m.

Průzkum toxické koncentrace je doporučen do vzdálenosti 348 m od místa havárie, kterou vyznačuje modrý kruh na obrázku č. 6.

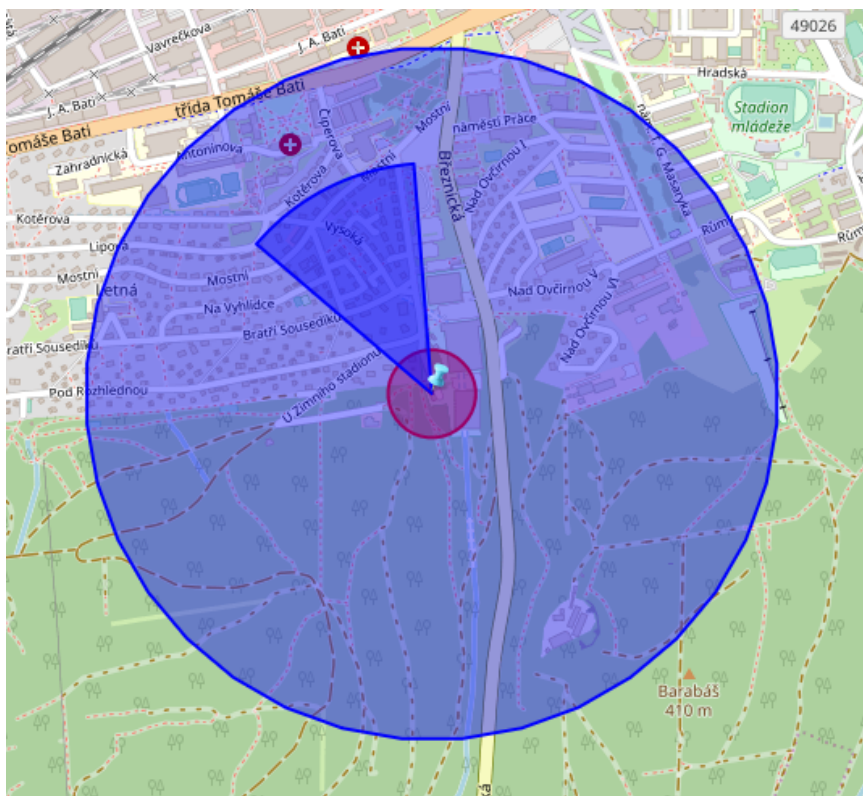
Program dále vyhodnotil závažné poškození budov do vzdálenosti 18 m od úniku, kdy je evakuace osob nezbytná.

9.2.2 Nízkotlaká část čpavkového kruhu

Pro lepší porovnání výsledků těchto dvou čpavkových okruhů jsem zvolila stejná vstupní data.

Únik amoniaku vznikne v podzimním období. Vítr fouká jihovýchodním směrem rychlostí 3,3 m/s a směřuje na obytnou krajinu. Pokrytí oblohy oblaky je 37,5 %.

Průměr únikového otvoru ve vysokotlaké části je 0,08 m při přetlaku 1300 kPa.



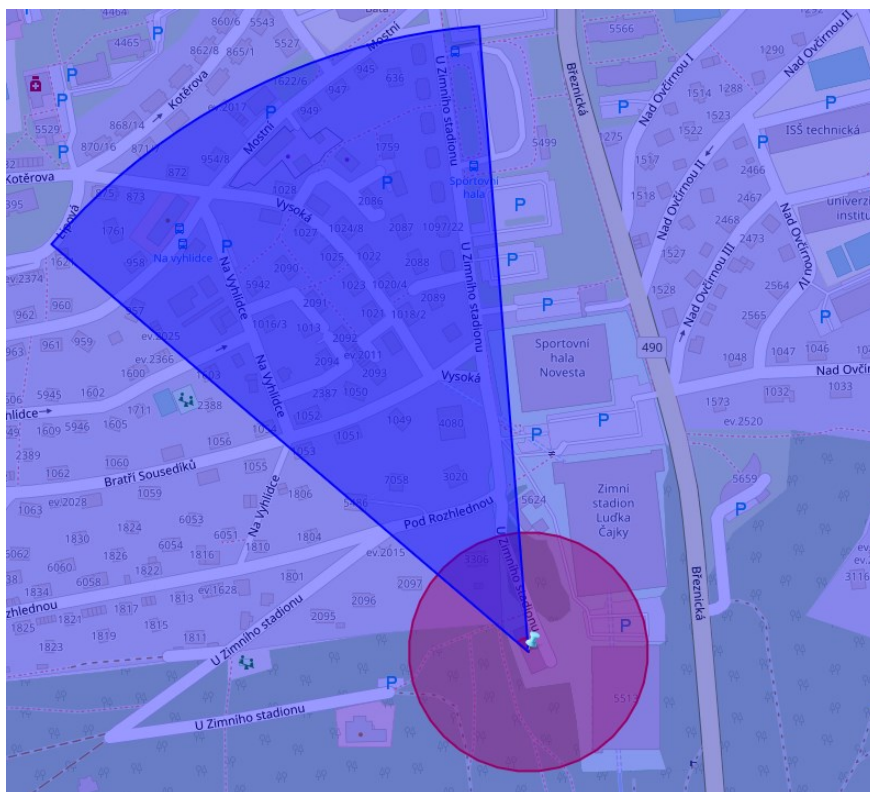
Obr. 12 – Ohrožená oblast při poškození nízkotlaké části [27]

Program TerEx podle vstupních dat vyhodnotil evakuaci osob do vzdálenosti 441 m z důvodu ohrožení osob plyným amoniakem. Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku je 10 m od strojovny chlazení, kde došlo ke vzniku havárie.

Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem je do vzdálenosti 84 m, z tohoto důvodu se doporučuje evakuovat osoby ze zasažených budov. Závažné poškození budov je do 31 m od havárie. Osoby ze závažně poškozených budov musí být neprodleně evakuovány do bezpečného prostoru.

Důležitý je také odsun osob, které se nachází mimo budovy ve vzdálenosti 46 m od strojovny chlazení, těmto osobám hrozí závažné poranění vlivem havárie.

Průzkum toxické koncentrace se doporučuje 661,5 m od místa úniku.



Obr. 13 – Evakuace osob do vzdálenosti 441 m [27]

9.3 Vyhodnocení

Výsledky těchto tří modelovaných úniků ukazují, jak jsou ohroženi obyvatelé města Zlín v případě úniku amoniaku ze zimního stadionu L. Čajky. Z modelací je také zřejmé, jakou část města by bylo nutné evakuovat v případě havárie.

Výsledky modelování prokázaly, že nejzávažnější situace by nastala při úniku 850 kg čpavku z nízkotlakého čpavkového okruhu, který se nachází ve strojovně chlazení. V tomto případě by bylo nutné evakuovat osoby do vzdálenosti 441 m. Toxická koncentrace by se mohla rozšířit až do vzdálenosti 661,5 m.

Při úniku takového množství amoniaku by bylo ohroženo okolní obyvatelstvo na životech a zdraví. V nejhorší situaci se v nebezpečné zóně a její těsné blízkosti může vyskytovat až 10 000 osob, jedná se zejména o hokejové zápasy, koncerty, zaplněnou PSG Arénu a sportovní halu Novesta. Velký počet osob by zkomplikoval situaci na místě zásahu z hlediska organizace dostatečného množství sil a prostředků složek IZS.

10 ANALÝZA RIZIK POMOCÍ PROGRAMU RISKAN

Program Riskan mi usnadnil komplexní analýzu rizik, pomohl mi zhodnotit rizika a vyčíslit tak zranitelnost jednotlivých aktiv vůči jednotlivým hrozbám.

Tento program funguje na základě definování aktiv a hrozeb, které se vztahují k analyzované mimořádné události, zapisují se přímo v programu ve formě textového editoru.

Aktiva a hrozby se následně importují do MS Excel, který obsahuje listy Náповěda, Data, Zranitelnost, Hrozby, Aktiva a Číselníky. Na listu Aktiva, Hrozby a Zranitelnost vložíím do modře podbarvených buněk hodnotu aktiv, hodnotu uplatnění hrozeb a hodnotu zranitelnosti podle předem nadefinované stupnice hodnot na listu Číselníky.

HODNOTA AKTIVA		PRAVDĚPODOBNOST HROZBY		ZRANITELNOST AKTIVA	
0	zanedbatelná	0	žádná	0	Žádná
1	velmi nízká	1	zanedbatelná	1	Nízká
2	nízká	2	nízká	2	Střední
3	střední	3	střední	3	Vysoká
4	vysoká	4	vysoká		
5	velmi vysoká	5	velmi vysoká		
		6	jistá		

Obr. 14 – Hodnocení aktiv, hrozeb a zranitelnosti [43]

Program na základě součinu hodnot aktiv, pravděpodobnosti uplatnění hrozby a zranitelnosti aktiv vyhodnotí výsledná rizika. Hodnoty výsledného rizika jsou od sebe odlišeny červenou, žlutou a zelenou barvou. Červená barva představuje vysoké riziko s maximální hodnotou 90, žlutá barva označuje střední riziko s maximální hodnotou 71 a nízké riziko je vyznačeno zelenou barvou s nejvyšší hodnotou výsledného rizika 46.

VÝSLEDNÉ RIZIKO		MAXIMÁLNÍ MOŽNÉ RIZIKO
Nízké	0 - 46	90
Střední	47 - 71	
Vysoké	72 - 90	

Obr. 15 – Hodnoty výsledných rizik [43]


10.1 Analýza rizik úniku amoniaku

Pro vyhodnocení výsledných rizik jsem vybrala aktiva, která spadají do ohrožené oblasti. Jejich výčet vychází z vyhodnocení havárie programem TerEx, který ohraničil zasažené území.



Obr. 16 – Graficky znázorněná aktiva [Zdroj: Vlastní]

Jednotlivé hrozby jsem identifikovala na základě poznatků, které jsem v průběhu práce nasbírala. Všechny mnou vybrané hrozby mohou vést k poškození chladicího zařízení a tím i k ohrožení osob a dalších aktiv. Hodnoty k jednotlivým hrozbám jsem zadávala podle pravděpodobnosti jejich vzniku.

		Aktiva		AKTIVA - CELKEM																			
				OBY	DĚT	DOS	DŮCH	ŽPR	OVZ	PVO	PVO	ZEL	OBU	RDO	BYT	UBY	SZA	ZST	PAR	SHA	VBU	KŘE	SPO
Hodnoty aktiv		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<input type="button" value="Generátor grafů"/> <input type="button" value="Export do XML"/>		velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
Hrozby		Pravděpodobnost																					
HROZBY - CELKEM		5	velmi vysoká	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
ÚAM	Únik amoniaku	5	velmi vysoká	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
ZOV	Zamoření ovzduší	5	velmi vysoká	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
KTE	Kontaminace terénu	5	velmi vysoká	75	50	50	50	50	50	75	50	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
KVO	Kontaminace vody	5	velmi vysoká	75	25	25	25	25	75	25	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
PZD	Poškození zdraví	4	vysoká	60	60	60	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZRA	Zranění	5	velmi vysoká	75	75	75	75	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXP	Exploze	3	střední	45	45	45	45	45	45	45	30	15	36	18	18	18	18	36	36	36	27	15	12
POŽ	Požár	2	nízká	30	20	20	20	20	30	30	0	0	16	6	6	6	0	24	24	24	12	0	0

Obr. 17 – Analýza rizik úniku amoniaku [43]

SW nástroj Riskan mi usnadnil vyhodnotit analýzu rizik. Z obrázku vyplývá, že největší hrozbou je únik amoniaku, který nejvíce ohrozí obyvatelstvo i životní prostředí.


Zkapalněný i plynný amoniak je nebezpečný pro životní prostředí, jelikož poškozuje faunu i flóru. Při úniku amoniaku může dojít k zamoření ovzduší, kontaminaci terénu, povrchové i podzemní vody a půdy. Vlivem této hrozby může dojít také k poškození zdraví, zranění a v nejhorším případě může způsobit i smrt obyvatel.

Další hrozbou je exploze, jelikož výbušná směs vzniká již při koncentraci 15 – 28 %. Exploze by způsobila poškození budov nacházejících se v bezprostřední blízkosti výbuchu, jedná se tedy o zimní stadion Ludřka Čajky, PSG Arénu a sportovní halu Novesta. Další ohrožená aktiva vlivem výbuchu jsou obytné a veřejné budovy.

Nízké riziko je vyhodnoceno u požáru, jelikož ke vznícení amoniaku může dojít až při teplotě nad 630°C. Pokud by k tomuto riziku došlo, bylo by velmi pravděpodobné, že požár ohrozí zimní stadion Ludřka Čajky a další sportovní zařízení nacházející se v bezprostředním okolí. Dalším ohroženým aktivem by byly rodinné domy a byty.

10.2 Analýza rizik poškození chladicího systému

Analýzu rizik poškození chladicího systému jsem vytvořila na základě jednotlivých aktiv vztahujících se k základním prvkům chladicího zařízení. Jednotlivé hrozby jsem definovala na základě technických a mechanických poruch, které jsem uvedla ve scénářích možného úniku.

 T-JOFT		Aktiva		AKTIVA - CELKEM Nízkotlaká část Odlučovač kapalného čp Deskový výparník Kompresory Vysokotlaká část Odpařovací kondenzátor Vysokotlaký sběrač chl Regulační nástřikové ve Potrubí									
				Nič	OKČ	DEV	KOM	VYČ	ODK	VS	RNV	POT	
Hodnoty aktiv		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<input type="button" value="Generátor grafů"/> <input type="button" value="Export do XML"/>		velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
Hrozby		Pravděpodobnost											
HROZBY - CELKEM		3	střední	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
TEP	Technické poruchy	3	střední	45	45	45	45	45	45	45	45	45	15
ZNK	Závada na kompresoru	3	střední	45	45	45	15	45	45	45	45	45	15
POK	Porucha odpař. kondenzátoru	3	střední	45	45	45	15	45	45	45	45	45	15
PVČ	Porucha ventilu čerpadla	2	nizká	30	30	30	10	30	30	30	30	30	10
ZNO	Závada na odlučovači chladiva	3	střední	45	45	45	45	45	30	30	30	30	15
MEP	Mechanické poškození	3	střední	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
POP	Poškozené potrubí	3	střední	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
OTD	Opotřebené titanové desky	1	zanedbatelná	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
NRV	Netěsnost regulačních ventilů	1	zanedbatelná	15	15	15	15	15	15	15	10	15	0
PRT	Prasklé těsnění	1	zanedbatelná	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
ÚMP	Úmyslné poškození	2	nizká	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Obr. 18 – Analýza rizik chladicího zařízení [43]

Na základě analýzy rizik pomocí programu Riskan jsem vyhodnotila, že jakákoliv závada nebo poškození jednotlivých prvků chladicího zařízení mohou narušit chod celého chladicího systému.

Technické poruchy a mechanická poškození mohou vést k narušení jednotlivých okruhů chladicího systému zimního stadionu, tyto poruchy se vyskytují málo a nejsou na denním pořádku, proto jsou vyhodnoceny jako riziko nízké.

Únik amoniaku nelze vyloučit i přes veškerá čidla a analyzátory, které signalizují nebezpečnou koncentraci čpavku, jelikož i u bezpečnostního zařízení může dojít k selhání.

Do poslední skupiny hrozeb jsem zařadila úmyslné poškození, které by mohlo způsobit závažné narušení zařízení ve strojově chlazení nebo porušit nádrž s celkovým množstvím uskladněného amoniaku. Tento čin je málo pravděpodobný, proto je vyhodnocen jako nízký, ale v případě takového jednání by mohl ohrozit všechna zmíněná aktiva.

ZÁVĚR

Jakákoliv mimořádná událost a havárie spojená s provozem chladicího zařízení, může způsobit následky, které mohou být velmi závažné. Proto je potřeba se této problematice věnovat, jelikož připravenost a předvídatelnost možných rizik je velice důležitá.

Podle mého názoru byl cíl bakalářské práce naplněn. Teoretická část je zaměřená na rešerši vztahující se k nebezpečným chemickým látkám a ochraně obyvatelstva, která zahrnuje také přípravu na mimořádné události a provádění záchranných a likvidačních prací složkami integrovaného záchranného systému.

Praktická část je zaměřená na modelování realistických úniků ze zimního stadionu Lud'ka Čajky ve Zlíně, pomocí programu TerEx. Tento program mi umožnil zmapovat a vyhodnotit rizika spojená s únikem amoniaku, kdy nezávažnější situace by nastala při dlouhotrvajícím úniku amoniaku z nízkotlakého čpavkového okruhu. V tomto případě by bylo nutné evakuovat obyvatelstvo do vzdálenosti 441 m od strojovny chlazení.

Program Riskan mi usnadnil vyhodnotit analýzu rizik na základě aktiv, která spadají do ohrožené oblasti a hrozeb vztahujících se k úniku nebezpečné chemické látky. Pomocí této analýzy jsem vyhodnotila největší hrozbu, kdy se jedná o únik amoniaku, jelikož tato nebezpečná a toxická látka poškozují faunu i flóru. Při úniku amoniaku může dojít k zamoření ovzduší, kontaminaci terénu a půdy, ale také povrchové i podzemní vody. Následnou analýzou rizik chladicího systému jsem zjistila, že jakákoliv porucha chladicího zařízení by mohla vést k úniku amoniaku.

Scénáře možných úniků amoniaku, které byly jedním z cílů bakalářské práce, slouží pro představu, jaké situace a poruchové komponenty mohou vést ke vzniku malé či větší, eventuálně závažné havárie. Jejich pravděpodobnost vzniku je nízká, ale v případě havárie chladicího zařízení by došlo k ohrožení životů a zdraví obyvatel, životního prostředí nebo také ke škodám na majetku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŘEHÁK, David, Bohumír MARTÍNEK a Petra RŮŽIČKOVÁ. *Ochrana obyvatelstva v kontextu aktuálních bezpečnostních hrozeb*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-169-9.
- [2] MIKA, Otakar J. *Průmyslové havárie*. Praha: Triton, 2003. Řešení krizových situací. ISBN 80-7254-455-1.
- [3] *Závěrečné práce - metodika: Vybrané metody* [online]. Miroslav Lorenc, 2013 [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <https://lorenc.info/zaverecne-prace/metodika.htm>
- [4] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Bezpečnost a krizové řízení*. Praha: Police history, 2006. ISBN 80-86477-35-5.
- [5] MAŠEK, Ivan, Otakar J. MIKA a Miloš ZEMAN. *Prevence závažných průmyslových havárií*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2006. ISBN 80-214-3336-1.
- [6] ORAVEC, Milan, Slavomíra VARGOVÁ, Zuzana KOTIANOVÁ a Marek FIC. *Manažerstvo priemyselných havárií - SEVESO III*. Ostrava: SPBI, 2017. ISBN 978-80-7385-181-1.
- [7] ŠENOVSKÝ, Michail, Milan ORAVEC a Pavel ŠENOVSKÝ. *Teorie krizového managementu*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2012. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-108-8.
- [8] KROUPA, Miroslav a Milan ŘÍHA. *Průmyslové havárie*. Praha: Armex, 2007. Skripta pro střední a vyšší odborné školy. ISBN 978-80-86795-49-2.
- [9] POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie*. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017. ISBN 978-80-7251-467-0.
- [10] *Právní předpisy v oblasti ochrany obyvatelstva* [online]. Moravskoslezský kraj: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, c2019 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/pravni-predpisy-v-oblasti-ochrany-obyvatelstva.aspx>

- [11] *Zákon č. 241/2000 Sb.: Zákon o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů* [online]. Zlín: AION CS, c2010-2020 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-241>
- [12] *Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)* [online]. Zlín: AION CS, c2010-2020 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [13] *Zákon č. 12/2002 Sb.: Zákon o státní pomoci při obnově území postiženého živelní nebo jinou pohromou* [online]. Zlín: AION CS, c2010-2020 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-12>
- [14] *Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030* [online]. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2013 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: https://www.vlada.cz/assets/ppov/brs/dokumenty/Koncepce-ochrany-obyvatelstva-2020-2030_1_.pdf
- [15] *Zákony pro lidi: Zákon č. 320/2015 Sb.* [online]. Zlín: AION CS, c2010-2019 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-320>
- [16] MELKES, Vladimír a Otakar J. MIKA. *Prevence závažných průmyslových havárií*. Brno: Univerzita obrany, 2005. ISBN 80-7231-038-0.
- [17] *Právní rámec prevence závažných havárií* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2020 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/pravni_ramec_havarii
- [18] *Spolupráce při nakládání s chemickými látkami v ČR: Legislativa* [online]. Brno: Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, c2019 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.synergie-chemie.cz/index.php?pg=legislativa>
- [19] *Zákony pro lidi: Vyhláška č. 61/2018 Sb.* [online]. Zlín: AION CS, c2010-2019 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-61>
- [20] CHERAGHI, Morteza, Ali BAGHERIAN-SAHLAVANI, Hedayat NOORI a Iraj MOHAMMAD-FAM. *Evaluation of hazard distances related to toxic releases in a gas refinery: comparison of chemical exposure index and consequence modeling approaches* [online]. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 2019 [cit. 2020-03-29]. DOI: 10.1080/10803548.2019.1621023.

- Dostupné z: <https://www.tandfonline-com.proxy.k.utb.cz/doi/full/10.1080/10803548.2019.1621023?scroll=top&needAccess=true>
- [21] ADAMEC, Vilém, Vladimír FOLDYNA a Zdeněk HANUŠKA. *TAKTIKA ZDOLÁVÁNÍ POŽÁRŮ, NEHOD A HAVÁRIÍ*. 2., opravené a doplněné. Praha: MV - ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 1997. ISBN 80-902121-6-6.
- [22] *Zákony pro lidi: Vyhláška č. 428/2004 Sb.* [online]. Zlín: AION CS, c2010-2019 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-428>
- [23] *Značení přeprav nebezpečných látek* [online]. Hradec Králové: WEBHOUSE, 2019 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.hrdeckralove.org/znaceni-preprav-nebezpecnych-latek/d-55368>
- [24] *Základy první pomoci*. 2., upravené vydání. Praha: Český červený kříž, 2017. ISBN 978-80-87729-22-9.
- [25] NAVRÁTIL, Arnošt, Václav MUDRA a Jaroslav MALÝ. *Sportovní stavby: [vysokoškolská učebnice]*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. ISBN 978-80-01-04525-1.
- [26] *Plán havarijních opatření pro případ úniku látek z chladicího zařízení ledové plochy zimního stadionu L. Čajky a tréninkové ledové plochy PSG Aréna ve Zlíně*. 2019.
- [27] HAVLOVÁ, Michaela, Miloslava HRDLIČKOVÁ, Jana SKOTÁKOVÁ a Tomáš FRÖHLICH. *TerEx: Uživatelský manuál*. T-SOFT. Praha, 2012, 74 s. Verze 3.1.
- [28] Databáze nebezpečných látek Medis-Alarm 118D. Praha, 2018.
- [29] TARKINGTON, Brett, Angela J. HARRIS, Paul S. BARTON, Ben CHANDLER a Phillip T. Goad T. GOAD. *Effectiveness of Common Shelter-in-Place Techniques in Reducing Ammonia Exposure Following Accidental Release* [online]. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2009, , 248-255 [cit. 2020-03-29]. DOI: 10.1080/15459620902746857. Dostupné z: <https://www.tandfonline-com.proxy.k.utb.cz/doi/full/10.1080/15459620902746857>
- [30] *Stadion Lud'ka Čajky: PSG Berani Zlín* [online]. Zlín: © PSG Berani Zlín & eSports.cz, 2019 [cit. 2020-01-28]. Dostupné z: <https://www.hokej.zlin.cz/>

- [31] BARTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003. ISBN 80-86634-30-2.
- [32] ŠAFEK, Petr. *Studie: Modernizace technologie chlazení stávající ledové plochy na ZS ve Zlíně*. Choceň, 2004.
- [33] MÍK, Radovan a Jan PETERA. *Provozní předpis čpavkového chladicího zařízení: Technologie chlazení*. Choceň, 2009.
- [34] *Na zimním stadionu v Příbrami unikl čpavek. Osm lidí skončilo s příznaky intoxikace v nemocnici* [online]. Příbram: Český rozhlas, 2018 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/pribram-cpavek-zimni-stadiun-unik_1805090936_gol
- [35] *Provoz zimního stadionu byl přerušen havárií* [online]. Lovosice: WEBHOUSE, 2019 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.meulovo.cz/provoz-zimniho-stadionu-byl-prerusen-havarii/d-44084>
- [36] ŠIMEK, Pavel. *Únik čpavku na zimním stadionu v Hořovicích zaměstnal hasiče na dva dny* [online]. Středočeský kraj: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2013 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/unik-cpavku-na-zimnim-stadionu-v-horovicich-zamestnal-hasice-na-dva-dny.aspx>
- [37] *V trinecké hokejové Werk Areně unikl amoniak a zranil obsluhu* [online]. Moravskoslezský kraj: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2016 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/v-trinecke-hokejove-werk-arene-unikal-amoniak-a-zranil-obsluhu.aspx>
- [38] *Cvičení s únikem amoniaku v areálu v Ostravě-Martinově* [online]. Moravskoslezský kraj: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2017 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/cviceni-s-unikem-amoniaku-v-arealu-v-ostrove-martinove.aspx>
- [39] SKŘIVÁNKOVÁ, Kristina a Johana POLÁŠKOVÁ. *Riskan: Uživatelský manuál*. Verze 2.0. Praha, 2012.
- [40] *TerEx: Teroristický expert*. Praha: T-SOFT, 2019.

- [41] IS-922 – Applications of GIS for Emergency Management: Lesson 1: Introduction and Course Overview. *FEMA: Course Summary* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://emilms.fema.gov/is922/GISsummary.htm>
- [42] TICHÁ BLAHUTOVÁ, Jana a Jan CAHA. *Metodika vyhledávání podkladových dat pro provedení analýzy potenciálního rozvoje území, aplikovaná na vybranou oblast slezské části Moravskoslezského kraje s výstupem v GIS prostředí*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2010. ISBN 978-80-248-2358-4.
- [43] *Riskan: Rizikový kalkulátor*. Praha: T-SOFT, 2012.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADR	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečného zboží.
GIS	Geografický informační systém.
HZS	Hasičský záchranný sbor.
IZS	Integrovaný záchranný systém.
KPV	Koncové prvky varování.
MS	Microsoft.
NL	Nebezpečná látka.
OSN	Organizace spojených národů.
RID	Předpisy o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po železnici.
Riskan	Risk analysis.
SW	Software.
TerEx	Teroristický expert.
TRINS	Transportní, informační a nehodový systém.
VIP	Very important person.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Vytyčení kontrolovaných zón [8].....	24
Obr. 2 – Bezpečnostní systém ČR [14].....	29
Obr. 3 – Ochrana obyvatelstva [14].....	30
Obr. 4 – Geografické rozmístění objektů [Zdroj: vlastní].....	36
Obr. 5 – Strojovna chlazení [Zdroj: vlastní].....	37
Obr. 6 – Členění GIS [42].....	48
Obr. 7 – Legenda mapového výstupu z programu TerEx [27].....	50
Obr. 8 – Ohrožená oblast při jednorázovém úniku 850 kg amoniaku [27].....	51
Obr. 9 – Evakuace osob do vzdálenosti 270 m [27].....	52
Obr. 10 – Ohrožená oblast při poškození vysokotlaké části [27].....	53
Obr. 11 – Evakuace osob do vzdálenosti 232 m [27].....	54
Obr. 12 – Ohrožená oblast při poškození nízkotlaké části [27].....	55
Obr. 13 – Evakuace osob do vzdálenosti 441 m [27].....	56
Obr. 14 – Hodnocení aktiv, hrozeb a zranitelnosti [43].....	57
Obr. 15 – Hodnoty výsledných rizik [43].....	57
Obr. 16 – Graficky znázorněná aktiva [Zdroj: Vlastní].....	58
Obr. 17 – Analýza rizik úniku amoniaku [43].....	59
Obr. 18 – Analýza rizik chladicího zařízení [43].....	60

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Rozdělení látek do tříd nebezpečnosti [21].....	20
Tab. 2 – Význam čísel Kemlerova kódu [21].....	21