

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2019

**JAN
LINHART**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**

Využití softwarových nástrojů pro predikci dopadů chemických havárií

The Use of Software Tools for Chemical Accidents Impact Prediction

Bakalářská práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Plánování a řízení krizových situací

Vedoucí práce: Ing. Martin Staněk

Jan Linhart

Kladno, květen 2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Linhart** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **469790**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Ochrana obyvatelstva**
Studijní obor: **Plánování a řízení krizových situací**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Využití softwarových nástrojů pro predikci dopadů chemických havárií

Název bakalářské práce anglicky:

The Use of Software Tools for Chemical Accidents Impact Prediction

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude analýza softwarových nástrojů určených pro predikci dopadů chemických havárií. V teoretické části bude rozebrána právní úprava prevence závažných havárií, výčet provozů spadajících do jednotlivých skupin dle zákona o prevenci závažných havárií a také historický výčet vybraných mimořádných událostí spojených s únikem nebezpečných chemických látek. Praktická část bude zaměřena na vybrané softwarové nástroje používané k predikci dopadů chemických havárií a šíření nebezpečných chemických látek v atmosféře, na jejich popis, funkce a možnosti využití v praxi. Vybrané programy budou použity pro modelaci dopadů modelové mimořádné události, výsledky budou vzájemně komparovány a následně budou jednotlivé programy zhodnoceny. Výstupem práce bude doporučení pro výběr vhodného softwarového nástroje pro využití v rámci chemické bezpečnosti.

Seznam doporučené literatury:

- [1] SKŘEHOT, Petr a kolektiv, Rozptyl těžkého plynu v atmosféře: teorie-modely-experimenty, Praha: Natadur, 2018, ISBN 978-80-905401-2-5
- [2] PITSCHMANN, Vladimír, Chemické zbraně a ochrana proti nim, Praha: Manus, 2011, ISBN 978-80-86571-09-6
- [3] ČAPOUN, Tomáš a kol., Chemické havárie, MV-GŘ HZS ČR, 2009, ISBN 978-80-86640-64-8

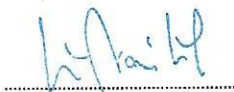
Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Martin Staněk

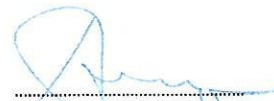
Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **18.02.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2020**



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



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

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Využití softwarových nástrojů pro predikci dopadů chemických havárií vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Kladně dne 15.05.2019

.....
Jan Linhart

Poděkování

Hlavní poděkování patří zejména vedoucímu práce, panu Ing. Martinovi Staňkovi. Jeho odborné rady a celkové vedení práce bylo výborným završením mého dosavadního studia. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Romanovi Straňákovi, za rady a hodnotné poznámky v modelaci programu OPTIZON. Práce mi byla přínosem z globálního pohledu řešení dané problematiky, což by bez možnosti zvolení fakultního tématu nebylo možné.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou Využití softwarových nástrojů pro predikci dopadů chemických havárií.

V teoretické části je rozebrána legislativa česká i evropská a to kvůli provázanosti jednotlivých směrnic a zákonů. Česká republika vytvořila nové a propracovanější zákony kvůli vysokým bezpečnostním standardům. V práci je rozebrán zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií. Ovšem bezpečnost na poli chemických nehod šla dále kupředu, a proto jsou zde zmíněny i nařízení CLP a REACH. Závěr teoretické části je věnován teorii šíření těžkého plynu, expozičním limitům a přepravě nebezpečných látek.

Praktická část je zasvěcena modelačním softwarovým nástrojům. Pro práci je zvolena kombinace programů ALOHA, TerEx, RMP*Comp a OPTIZON. Dále zde jsou rozebrány podpůrné programy typu chemických databází, CAMEO Chemicals a Medis Alarm. Modelace je vybrána na základě reálné mimořádné události, která se stala u obce Dřísy ve Středočeském kraji. Ačkoli při zvolené události nedošlo k tragickým následkům, pro potřeby práce bude rozvinuta do větších rozměrů s modelací únik NCHL.

Cílem práce je vyhodnocení výsledků a komparace. Výstupem práce bude doporučení pro výběr vhodného softwarového nástroje pro využití v rámci chemické bezpečnosti.

Klíčová slova

Prevence závažných havárií; právní předpisy; mimořádná událost; modelace; nebezpečná chemická látka.

Abstract

This Bachelor's thesis studies the subject of the use of software tools for predicting impacts of chemical accidents.

The theoretical part analyses the related Czech as well as European legislation, because individual directives and laws are closely interrelated. The Czech Republic has introduced new and elaborated regulations due to high safety standards. The thesis discusses Act No. 224/2015 Sb., the Major Accidents Prevention Act. Nevertheless, safety in the field of chemical accidents has developed further, and therefore I also mention the CLP Regulation and the REACH Regulation. The theoretical part is concluded with an explanation of the theory of heavy gas distribution, exposition limits and transport of dangerous substances.

The practical part introduces the modeling software tools. A combination of ALOHA, TerEx, RMP*Comp and OPTIZON programmes has been selected for the thesis. It also analyses supporting programmes, such as chemical databases, CAMEO Chemicals and Medis Alarm. I have chosen the modelation on the basis of a real extraordinary event, which happened near the municipality of Dřísy in the Central Bohemian region. Although no tragic consequences occurred following the event, I have developed it into a larger one for the purposes of this thesis and I will model a leakage of dangerous chemical substances.

The aim is to evaluate the results and provide a comparison. The outcome is a recommendation for the choice of a suitable software tool to be used in the field of chemical safety.

Keywords

Major accidents prevention; legal regulations; extraordinary event; modelation; dangerous chemical substance.

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Legislativa	13
2.1	Evropská legislativa	13
2.2	Český legislativní vývoj.....	15
2.3	Zákon 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií	16
2.3.1	Objekty zařazené do kategorie A	17
2.3.2	Objekty zařazené do kategorie B	18
2.4	Historie a současnost chemických havárií	21
2.4.1	Zahraniční incidenty	21
2.4.2	Incidenty na území České republiky	27
2.5	Teorie šíření těžkého plynu	30
2.5.1	Rozptyl plynu	31
2.5.2	Toxické expoziční limity	32
2.6	Mezinárodní přeprava ADR	35
2.6.1	Klasifikace nebezpečných věcí	35
2.6.2	Značení nákladů	37
3	Cíl práce.....	39
4	Metodika	40
4.1	Modelační programy.....	40
4.2	Vyhodnocení programů.....	43
4.3	Komparace výsledků	43
5	softwarové nástroje.....	44
5.1	ALOHA	45

5.2	TerEx.....	46
5.3	RMP*Comp.....	48
5.4	OPTIZON.....	48
5.5	CAMEO Chemicals	50
5.6	Medis Alarm.....	51
5.7	Vybraná modelová událost	53
5.7.1	Nehoda Graniteville.....	53
5.7.2	Nehoda Dřísy.....	53
5.8	Zdroj úniku.....	56
5.9	Amoniak.....	57
6	Výsledky.....	58
6.1	Výsledky modelace ALOHA	58
6.2	Výsledky modelace TerEx	60
6.3	Výsledky modelace RMP*Comp	62
6.4	Výsledky modelace OPTIZON.....	63
6.5	Pozitiva a negativa modelačních programů	64
6.6	Doporučení modelačních programů.....	66
7	Diskuze	67
7.1	Hodnocení modelačních programů.....	67
7.2	Komparace.....	69
7.2.1	Komparace vložených dat a výsledků	69
7.2.2	Komparace jednotek ALOHA x TerEx	70
7.2.3	Komparace dosažených výsledků	71
7.2.4	Komparace CAMEO Chemicals a Medis Alarm.....	71

7.2.5	Komparace s reálnou událostí.....	73
7.2.6	Komparace s modelací ALOHA v praxi	74
7.3	Doporučení	75
8	Závěr	77
9	Seznam použitých zkratk.....	78
10	Seznam použité literatury	80
11	Seznam použitých obrázků	87
12	Seznamu použitých tabulek	88
13	Seznam Příloh	89

1 ÚVOD

V České republice je „chemický“ průmysl zakořeněn již dlouhou řadu let. Začátky se dají vysledovat až k dobám Rudolfa II., ovšem skutečná industrializace započala druhou polovinou 19. století. V období po druhé světové válce se průmysl začal dynamicky rozvíjet až ke známé podobě. Dnešní technologie se s minulou dá jen těžko srovnávat, a proto je možné se setkat s články, kde píšou o mnoha úmrtích, a nehodách následkem chemických havárií.

Dnešní legislativa a technologie se poučila z dob minulých, kdy docházelo k mnoha tragickým nehodám. Evropský legislativní rámec poznamenala nehoda švýcarské společnosti Ismecca, mající továrnu na výrobu herbicidů a dalších produktů na severu Itálie u města Seveso. Nehoda sice neměla žádné ztráty na lidských životech, ale dopad na území byl takový, že Evropa rozhodla o nutnosti přijetí zákona.

Nehod bylo mnoho po celém světě a ani českému území se nevyhýbaly. Ačkoliv u nás nebyly nikdy tolik tragické jako ve světě, přijala Česká republika některé články z evropských zákonů. Dnešní doba není na chemické havárie zcela chudá, každoročně se jich stane několik, ovšem díky technologickému pokroku a ochraně pracovníků má oproti počátku 20. století mnohem méně mrtvých. V České legislativě se zakořenil poslední zákon č. 224/2015 Sb., který bude rozebrán v práci.

Bakalářská práce bude pojednávat o používání SW nástrojů, pomocí již je možno odhadnout následky chemických havárií a tím zahájit preventivní kroky v provozech a lépe odhadnout dopady případné mimořádné události.

2 LEGISLATIVA

Česká republika má problematiku chemických havárií zavedenou v „*Zákoně č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů (Dále jen prevence závažných havárií)*“. Celá problematika je garantována Ministerstvem životního prostředí. Samozřejmě, že ČR jako součást Evropské unie musí dodržovat ještě další předpisy, jimiž je například směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU.

Směrnice stanovuje pravidla pro prevenci závažných havárií, kde jsou přítomny nebezpečné látky. Byla sepsána pro omezení následků případných havárií a pro minimalizaci dopadů na lidské zdraví a životní prostředí. Ve zkratce se nazývá Seveso III. Jak již napovídá číslovka, jedná se již o třetí verzi [1; 2].

2.1 Evropská legislativa

První verzí byla směrnice 82/501/EHS, která byla přijata jako reakce na chemickou havárii roku 1976 na severu Itálie. Tento incident a ještě několik dalších budou popsány dále v práci. Nehoda legislativu podpořila raketově, začalo se uvažovat o směrnici, která by zacházení s chemickými látkami nějak regulovala. Roku 1982 přišla první verze dokumentu Seveso, který byl do dnešního dne několikrát změněn na Seveso III.

Roku 1996 byla sepsána verze Seveso II. [3] a 6 let poté přišla v platnost její třetí varianta. Zapotřebí byla také provázanost mezi evropskými a českými zákony a proto se dočkaly některé statě provázání do české legislativy. Chemické látky mají také svůj základ v „*Zákoně č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (dále jen Chemický zákon)*“. Pokud, se na celou problematiku podíváme chronologicky, vychází nám následující:

- 1976 – Exploze a únik dioxinu na severu Itálie v provincii Lombardy.
- 1982 – Vydání směrnice 82/501/EHS, která se týkala nebezpečí závažných havárií určitých průmyslových činností. Směrnice dostalo jméno Seveso, dle města postiženého nehodou a zamořením dioxinem. Hlavní myšlenkou byl soulad členských států na legislativním poli souvisejícím se závažnými chemickými haváriemi. Prvotní cíl byl nehodám zabránit a omezit možné důsledky havárií na lidské zdraví a životní prostředí [3]. V dokumentu byl vytvořen seznam NCHL a činností s nimi spjatých.
- 1996 – Vydání směrnice Evropské rady 96/82/ES známé jako Seveso II. Tento systém vytvořil klasifikaci nebezpečných látek a stanovil prahové množství pro určité typy, kategorie a skupinu kategorií těchto látek. Vše bylo zakomponováno do jednotné klasifikace jež určuje, zda je překročena hodnota na spodní či vyšší hranici. Prioritním plánem bylo zamezit škodlivé působení látek na jedince a životní prostředí. Směrnice vytvořila tzv. Seveso zařízení, mající množství povinností z hlediska bezpečnosti. Revoluční byla směrnice i v umístění jednotlivých provozů. Na vše se přišlo praxí, tedy po havárii v indickém Bhopálu roku 1984.
- 2003 – směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/105/EC rozšiřovala Seveso II. kvůli nehodám, které předešlá směrnice opomíjela. Jednalo se o incidenty spojené s odpady jako vedlejším produktem těžby, skladováním dusičnanu amonného a zábavní pyrotechniky. V neposlední řadě se rozšířil seznam karcinogenních látek o nové [3].
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) 1907/2006 REACH o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek a o zřízení Evropské agentury pro chemické látky. Výrobce musí spotřebitele informovat o tzv. látkách vzbuzujících mimořádné obavy [4].
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí CLP. Součástí nařízení je systém GHS, globální harmonizační systém, o klasifikaci a značení nebezpečných látek.

Nařízení změnilo R; S věty na H; P o nebezpečnosti a standardizující pokyny pro bezpečné zacházení s látkami [5].

- Směrnice Seveso III. 2012/18/EU pokračovala v progresu a začala řešit další problém, kterým byl označování balení látek a směsí dle nařízení CLP [5]. To rušilo některé směrnice a stanovovalo systém označování zásilek a látek. Hlavní myšlenkou byla harmonizace Sevesa s CLP. Seveso III. muselo být přijato státy EU.
- 2015 – přijetí Zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií. Popisem zákona se bude zabývat kapitola 2.3.

2.2 Český legislativní vývoj

Samotný vývoj se odvíjel, jak od nehod spojených s chemickými haváriemi, tak i provázaností s evropskou legislativou. Ještě před přijetím směrnice Rady 82/501/EHS (Seveso I.), tehdejší Československá republika roku 1981 vydala závaznou pomůcku civilní obrany s názvem CO-51-5. Dokument se nazýval „*Provozní havárie s výronem nebezpečných škodlivin*“ a na svou dobu byl revolučním. Ačkoliv se věnoval pouze problematice nebezpečných chemických průmyslových toxických látek, výstupem byla tabulka s okruhy dosahu látek. V praxi to znamenalo, že při úniku látky již byla známa smrtelná a zraňující oblast. Dále dokument zavedl havarijní plán, který je stěžejní pro všechny podniky dodnes [6].

V 90. letech se opět pracovalo na implementaci evropských dokumentů do české legislativy, ovšem průlom se dostavil až se zákonem č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií. Zákon začal více úkolovat právnické a fyzické osoby, které buď vlastnili nebo si pronajímali objekty s nadlimitním množstvím nebezpečných látek. Osoby byly zavázány plnit úkoly a opatření, které vedly k lepší ochraně obyvatelstva a připravenosti. Dále byl zaveden systém prevence u vybraných nebezpečných látek v určitém množství. Zákon byl po obsahové formě v souladu se stěžejními kapitolami směrnic SEVESO I; II.

Následovaly další zákony, které v sobě držely vysoké evropské standardy a vycházely ze směrnice známé jako SEVESO II., všechny státy EU musely upravit své zákony o PZH v reakci na SEVESO III., buď vydat nový (ČR), nebo novelizovat současný (SR), ačkoli do sebe zákon absorboval i rozšiřující směrnici 2003/105 ES. Posledním platným je zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií [8].

Dalším zákonem, pojednávající o chemických látkách, je zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). Legislativa zpracovala předpisy EU, vymezila práva a povinnosti právnických a podnikatelských osob, jenž mají co dočinění s výrobou, klasifikací, zkoušením nebezpečných vlastností. Dále zákon vymezuje pravidla pro balení, označování, uvádění na trh apod. [47].

2.3 Zákon 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií

Cílem byla nejen implementace směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU SEVESO III., ale také stanovení mantinelů pro klasifikaci objektů. Hlavním úkolem je minimalizovat pravděpodobnost vzniku chemické havárie, pokud už se mimořádná událost stane, snížit následky a dopady na životy a zdraví lidí, zvířat a životní prostředí v těchto objektech a přilehlém okolí. Komplexní zákon nezastřešuje pouze objekty, kde by se s nebezpečnými látkami zacházelo, ale také provozy, kde se s nimi může kdokoliv dostat do styku [8, §1].

Provozovatel nebo uživatel objektu musí přijmout veškerá opatření pro prevenci závažných havárií. Musí omezit dopad na životy a zdraví lidí, zvířat, životní prostředí a majetek. Je povinen vypracovat seznam, kde uvede veškeré množství nebezpečných látek a po součtu, dle schváleného vzorce, navrhne zařazení do skupiny A či B. Návrh se zpracovává na základě tabulek přiložených v zákoně o PZH. V první tabulce jsou uvedeny nebezpečné vlastnosti látky a množství, ve druhé látky jmenovitě. Obě tabulky mají sekce A; B, takže návrhové intuitivně přiřadí množství ke skupině. O přiřazení rozhoduje krajský úřad.

Pokud je množství v objektu podlimitní, provozovatel nespadá do tabulek a zpracovává tzv. Protokol o nezařazení. Musí se ovšem vždy aktualizovat množství NCHL v dokumentech při jakékoliv manipulaci s nimi. O nezařazení rozhoduje krajský úřad [8, § 3;4]. V roce 2018 bylo celkově 218 objektů zařazených do PZH.

Na portálu Středočeského kraje lze dohledat výčet provozů spadajících do kategorie A (menší množství NCHL) a B (větší množství NCHL). Celkově se na území kraje nachází 48 provozů, tedy celých 22 % z celkového počtu provozů spadajících do PZH v České republice. Níže je krátký výčet [55]:

- Objekty A – AERO Vodochody; AVE Kralupy nad Vltavou; Messer Technogas s.r.o. Kladno; ŠKODA AUTO Mladá Boleslav; BIOFERM Kolín
- Objekty B – ČEPRO a.s. Mstětice, Potěry, Nové město; EXPLOSIA a.s. Lužná u Rakovníka; KRALUPOL a.s. Kralupy nad Vltavou; Draslovka a.s. Kolín; MERO a.s. Nelahozeves, Nové Město; SPOLANA a.s. Neratovice; SYNTHOS Kralupy a.s.; UNIPETROL DOPRAVA, s.r.o. apod.

2.3.1 Objekty zařazené do kategorie A

Objekty s menším množstvím NCHL danou tabulkovou hodnotou. Kategorie A musí mít:

- Posouzení rizik závažné havárie – identifikace zdrojů rizik; analýzu rizik; hodnocení rizik. Posouzení rizik pro objekty A; B a provedení stanoví zákon [8, § 9].
- Bezpečnostní program – obsahuje základní informace o objektu; posouzení rizik závažné havárie; popis zásad, cílů a politiky prevence závažných havárií; popis systému řízení bezpečnosti; závěrečné shrnutí. Provozovatel dle rozhodnutí krajského úřadu provede preventivní kroky,

aby předešel vzniku domino efektu. Bezpečnostní program se obnovuje v lhůtách stanovených krajským úřadem [8, § 10; 11].

- Plán fyzické ochrany - provozní opatření, do kterého spadá analýza možností neoprávněných vstupů či možných útoků; režimová opatření; fyzická ostraha; technické prostředky – například kamerový systém, alarmy apod. [8, § 21; 22].
- Pojištění odpovědnosti – krytí za škody způsobené havárií [8, § 33].

2.3.2 Objekty zařazené do kategorie B

Objekty s větším množstvím NCHL daným tabulkovou hodnotou v zákoně o PZH. Některá opatření jsou shodná jako v případě kategorie A (posouzení rizik závažné havárie, plán fyzické ochrany, pojištění odpovědnosti), ostatní jsou pouze pro kategorii B.

- Bezpečnostní zpráva – obsahuje informace a popis objektu; posouzení rizik závažné havárie; informace o životním prostředí; cíle a politiku PZH; popis systému řízení bezpečnosti; preventivní bezpečnostní opatření k zamezení vzniku závažných havárií; shrnutí a jmenovitý seznam podílející se na vypracování bezpečnostní zprávy [8, § 12].
- Zpráva o posouzení bezpečnostní zprávy – zhotovuje se po posouzení bezpečnostní zprávy a před vypršením lhůty působení, na vlastní popud nebo na žádost krajského úřadu. Z hlediska bezpečnosti se provádí analýza havárií. Zpráva obsahuje seznam provedených změn [8, § 13].
- Vnitřní havarijní plán – je zpracováván k minimalizaci následků možné havárie. Obsahuje seznam osob pověřených preventivní činností. Obsahuje scénáře událostí a možné dopady, vyznění dotčených orgánů a varování zaměstnanců. Zahrnuje prostředky přidělené zaměstnavatelem určené ke zvládnutí situace a SaP jednotek IZS. Vnitřní havarijní plán je dostupný složkám IZS a zainteresovaným osobám.

Aktualizuje se každé tři roky nebo při změně v podniku dotýkající se provozu, nakládání a skladování nebezpečných látek [8, § 23 - 25].

- Vnější havarijní plán – je vytvořen provozovatelem a krajským úřadem, který zpracování pověřuje své organizace. Provozovatel v ZHP udržuje koncové prvky varování obyvatelstva a zpracovává podklady pro stanovení ZHP. Podklady obsahují informace o provozovateli a zodpovědné osobě pověřené zpracováním podkladů, popis možných havárií a výčet následků. Dále obsahuje přehled bezpečnostních opatření vedoucí k zmírnění havárie a seznam prostředků dislokovaných mimo. Další informace jsou na vyžádání krajského úřadu, zpravidla se jedná o podrobnější plány s evakuačními a únikovými cestami, nástupní prostory apod. Pokud je objekt v blízkosti cizího státu, ministerstvo informuje o rozhodnutí úřadu i dotčený stát. Vnější havarijní plán je prověřen cvičením HZS kraje dle zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému dle §12 odstavce 2 částky h. Havarijní je aktualizován minimálně jednou za 3 roky [8, § 26 - 30].

Pro účely práce je důležité stanovit si pojem závažné havárie. Ten je uveden v zákoně č. 224/2015 Sb. o PZH, ale také ho zmiňuje Čapoun v publikaci „Chemické havárie“. *Závažnou havárií se rozumí mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, zejména závažný únik nebezpečné látky, požár nebo výbuch, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu, vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážným následkům na životech a zdraví lidí a zvířat, životním prostředí nebo majetku* [9]. Zákon tuto definici rozšiřuje ještě o další aspekt, havárie zahrnuje jednu nebo více nebezpečných látek [8, § 2].

Další definice se dají vyhledat v zákoně č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému, zákonu o vodách č. 254/2001 Sb. a zákonu č. 78/2008 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty.

Řešení je dle zákona č. 238/2000 Sb. o Hasičském záchranném sboru České republiky a zákoně č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení [10].

Dle knihy „Prevence nehod a havárií“ RNDr. Mgr, Petra A. Skřehota Ph.D. je závažná havárie definována následujícím kritériem:

- Úmrtí člověka.
- Zranění minimálně 6 zaměstnanců, či osob zdržujících se v objektu, hospitalizace osob musí přesáhnout 24 hodin.
- Zranění jedné osoby mimo objekt a hospitalizace více jak 24 hodin.
- Poškození jednoho nebo více obydlí mimo zařízení vlivem havárie.
- Nutnost evakuace na více jak 2 hodiny, (násobený počet) ukrytí osob na více jak 500 hodin.
- Přerušování dodávek pitné vody, el. energie apod. po dobu delší jak 2 hodiny a násobený počet přesáhl 1000 hodin.
- Ekologická újma.
- Poškození objektu, nebo zařízení se škodou více jak 70 milionů Kč.
- Poškození majetku mimo objekt se škodou více jak 7 milionů Kč.

K základním projevům chemických havárií patří rozptýlení toxické látky o vysoké toxicitě ohrožující nejen obyvatelstvo na velké vzdálenosti, ale i vody a půdu. Dalším je tepelné záření neboli požár, ohrožující osoby v místě události, degradující materiál a konstrukce. Posledním projevem je výbuch s účinky tlakové vlny, rozletem fragmentů a tepelným zářením. Účinky ohrožují osoby, budovy a technologie [29].

2.4 Historie a současnost chemických havárií

2.4.1 Zahraniční incidenty

Průmysl se začal raketově rozvíjet již za období světových válek a po jejich ukončení tempo nijak neopadlo. V kapitole jsou uvedeny incidenty dle desetiletí s nejhoršími následky na lidských životech (viz tabulka 1). Nutno dodat, že lidský život není jediným aspektem, dalšími jsou počty zraněných a evakuovaných osob. Od 40. do 60. let publikace neuvádí statistiky o evakuovaném počtu osob, či se možná tento fakt nebral jako tolik zásadní [9].

V dnešní době je důraz kladen na preventivní opatření a evakuaci ohrožených osob. Napáchané škody, nejsou jen na lidských životech, ale také na zvířatech a životním prostředí. Zde se řadí úhyn hospodářských zvířat, zničení vodních toků a úhynu ryb apod. Materiálních škod je za poslední století mnoho, vše úzce souvisí s charakterem havárie a množstvím NCHL. Škody statisticky byly na jednotlivých objektech, ale i částech průmyslových areálů či městských čtvrtích.

Spouštěcím mechanismem ztrát je několik, některé jsou ojedinělé, některé se opakují častěji.

- Poruchy zařízení – nevhodné zajištění technologie proti vnitřnímu přetlaku, mechanické poškození korozí či nárazem, poruchy pomocných zařízení, řídicích systémů, bezpečnostních systémů, svárů apod.
- Odchytky od normálních provozních podmínek – poruchy monitorovacích systémů, pomocných zařízení, poruchy během najíždění na odstávky a tvorba vedlejších produktů výroby.
- Chyby člověka a organizační chyby – chyby operátorů (mačkání jiných tlačítek), záměna nebezpečných látek, nevhodná oprava, údržba apod.

V jakém procentu za havárií stojí lidský faktor a kdy okolní podmínky publikace neuvádí. Tabulka 1 a 2 uvádí nehody dle publikace „Chemické havárie“, kde autor uvedl jen ty nejrozsáhlejší dle vlastního úsudku [9; 22].

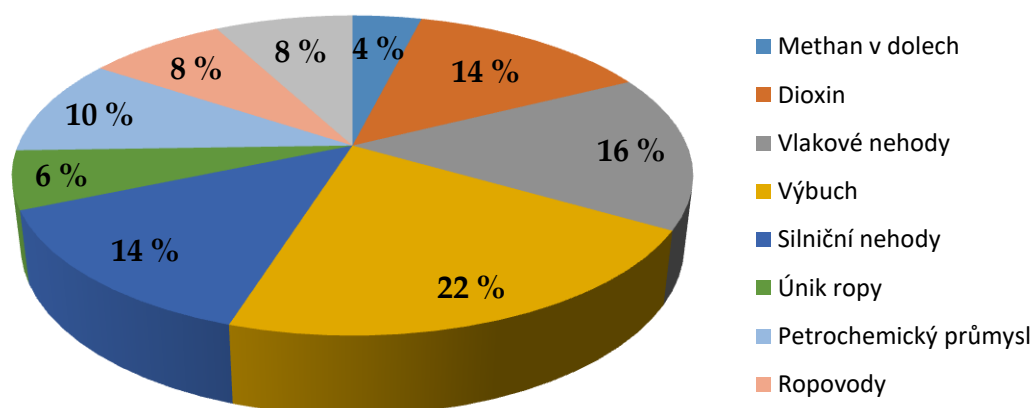
Tabulka 1 Rozbor obětí a přeživších v zahraničí dle „Chemické havárie“

Léta	Počet mrtvých	Počet hospitalizovaných	Počet evakuovaných
40. léta	242	228	0
50. léta	104	73	0
60. léta	0	318	0
70. léta	284	2 669	200 000
80. léta	4 785	346 036	60 000
90. léta	1 473	538	30 700
2000 - 2008	1 214	12 910	107 215

[vlastní tvorba, vycházeno ze zdroje [9]]

Tabulka 1 naznačuje, že počty mrtvých klesají a důraz je kladen na evakuaci. Příčiny nehod jsou v grafu 1. Aspekty vychází z nehod Čapounovy publikace [9].

Graf 1 Příčiny nehod a úmrtí



[vlastní tvorba, vycházeno ze zdroje [9]]

Největší nehody jednotlivých desetiletí

40. léta Ludwigshafen (Německo)

28. 7. 1948 Zabil výbuch vagónu se 30 tunami plynu dimethyléteru 207 osob, dalších 4 000 zranil a zničil 3100 domů. Nebyly to ovšem jediné oběti chemického závodu BASF Badische Anilin & Soda Fabrik.

První nehoda se stala již o 27 let dříve, 21. 9. 1921, kdy došlo k výbuchu 4 500 tun hnojiva. Příčinou byl špatný poměr složek, který místo požadovaného hnojiva vytvořil třaskavinu. Následkem bylo 560 – 600 obětí, kde přesné počty nejsou známy, 2 000 zraněných lidí a 7 500 lidí bez obydlí. Silný výbuch vytloukal okna i ve 30 km vzdáleném Heidelbergu a dozvuky exploze byly slyšet ve 300 km vzdáleném Mnichově. Další nehoda se stala roku 1943, výbuch zaparkované cisterny v závodě s 30 tunami směsi butadienu a butylenu si vyžádal 570 obětí.

K poslední havárii došlo 17. 10. 2016, kdy vznikl výbuch terminálu, jenž sloužící pro přívod chemikálií. Zabil 2 pracovníky a dalších 7 zranil. Za existenci továrny došlo celkem k 6 007 zraněním, 1 339 úmrtím a 10 600 zničením objektů [10].

50. léta Minamata (Japonsko)

Roku 1953 se stala havárie spojena s vypouštěním průmyslové odpadní vody obsahující methylrtuť. Na incident se přišlo roku 1956, s prvotními příznaky zvláštní nemoci, později pojmenovanou syndrom Minamata. Nemoc zprvu propukla u zvířat, později u lidí. Vyvolávala necitlivost končetin, svalovou slabost, ztrátu periferního vidění a poškození sluchu. Špatnou vlastností látky byla prostupnost do plodu těhotných žen. Člověk byl nakažen z potravního řetězce, kvůli akumulaci rtuti v rybách a koryších. Společnost Chisso Corporation vypouštěla toxickou methylrtuť do zálivu od roku 1932 do 1968. Roku 1965 byla identifikována nemoc v další prefektuře Niigata. Roku 2001 bylo uznáno 2 565

obětí postižených nemocí. Následkem zemřelo 1 784 osob. Na přímé následky mezi léty 1953 – 1973 zemřelo 71 osob [11]. Událost je zde uvedena kvůli svému rozsahu a následkům, nicméně pro modelovací programy nelze použít.

60. léta Nizozemí, SSSR, Dánsko

Všechny tyto země měly v 60. letech problémy s haváriemi a únikem dioxinu. Dioxin se používal jako součást nátěrových hmot na ochranu dřeva proti plísním, herbicidních přípravků apod. Dioxin je znám jako totální jed se škálou účinnosti od bakterií po člověka. Světová produkce byla několik tisíc tun ročně a stále se zvyšovala kvůli poptávce spojené s válkou ve Vietnamu i o 100 000 tun. Látka byla běžnou součástí defoliantu Agent Orange. Havárie s únikem byly vcelku běžné a informace o jednotlivých nehodách nejsou dohledatelné. Publikace uvádí pouze čísla, kdy došlo celkově během 60. let k 318 hospitalizacím, ale nulovým ztrátám na lidských životech [9; 12].

70. léta Seveso (Itálie), Los Alfaques (Španělsko) a Houston (USA)

10. 7. 1976 došlo při uvolnění pojistného ventilu přehřátého reaktoru k uvolnění látek s obsahem dioxinu. V prvotních fázích se předpokládalo, že unikl pouze trichlorfenol šířící se k nedalekému městu. Obyvatelé byli varováni pouze formou vyhlášek, aby nejedli plodiny v blízkosti závodu ICMESA. Závažnost situace se objevila po třech dnech s prvními symptomy zejména u dětí (chlorakné a postižení trávicího traktu). Sekundární projevem byl úhyn domácích zvířat a ptactva, poškození vegetace (15 ha). Následkem havárie bylo usmrceno 3 tis. zvířat a dalších cca 80 tis. bylo utraceno, kvůli zamezení vniku do potravinového řetězce. Po identifikaci dioxinu v přírodě nastala evakuace 179 obyvatel. Celkem uniklo 500 kg trichlorfenolu s 2 kg dioxinu. Množství by teoreticky usmrtilo až 2 miliony osob a vyvolalo onemocnění u 2 miliard obyvatel. Celková plocha postižení činila 1,86 tis. ha. Po této zkušenosti přijala Rada směrnici č. 82/501/ECC – SEVESO [9].

Nejvíce obětí desetiletí si vyžádala nehoda z 11. 7. 1978 u Los Alfaques. Cisterna převážející tekutý propylén, byla naplněna nadlimitním množstvím o cca 4 tuny. Její kapacita byla 19,35 tuny. Dalším aspektem byl fakt, že se chtěl řidič vyhnout mýtnému systému dálnic a projížděl obytnou zástavbou. Dle svědků u kempu došlo k nehodě, převrácení cisterny a explozi. Na místě se vytvořil ohnivý mrak o velikosti 300 m s rychlostí šíření 60 m/s. 102 lidí bylo usmrceno ihned a 148 osob bylo s těžkými popáleninami rozvezeno do 23 klinik po Evropě. Po dvouměsíční léčbě přežilo 40 osob [13; 21].

Nehoda nejvíce související s bakalářskou prací se udála 11. 5. 1976 na dálnici v Houstonu. Zde došlo k nehodě cisterny, která na dálnici prorazila svodidla a propadla na silnici pod ní. Cisterna naplněna 7 509 gal, v přepočtu 28 425 l bezvodého amoniaku (17 613 kg) se roztrhla a vytvořila toxický mrak. 5 osob bylo usmrceno koncentrací na místě, dalších 100 bylo zraněno a 78 hospitalizováno. Dálnice byla uzavřena v okruhu 3 mil (4,8 km) všemi směry. Během události došlo k evakuaci obyvatel z přilehlého okolí. Nehoda se udála kvůli nepřiměřené rychlosti vozidla [42].

80. léta Bhópál (Indie)

Bezesporu největší a nejtragičtější havárie v novodobých dějinách lidstva. Odehrála se v noci 2. - 3. 12. 1984 v chemickém závodě americké společnosti Union Carbide Corporation. Továrna vyráběla insekticidy, jehož hlavní surovinou byl methyloxykarbonyl s dráždivým účinek již při koncentracích 2 ppm. Ke stabilizaci látky se využíval vysoce toxický fosgen. Příčinou havárie bylo promísení 40 tun methyloxykarbonylu a 900 litrů vody. Nárůstem tlaku, vlivem exotermní reakce, došlo k úniku pojistným ventilem. Čísla se zdroj od zdroje liší, avšak všeobecně se mluví o 3 000 mrtvých, 150 – 500 tis. intoxikovaných z toho s 50 až 80 tis. s těžkými následky. Nehodu ovlivnilo několik faktorů. Továrna měla technické nedostatky, varování obyvatel nastalo až po 90 minutách od úniku. Asi 2 000 lidí pochopilo

zvuk sirén jako požární poplach a běželi k továrně. Tragédie se stala v důsledku zanedbání bezpečnostních opatření v kombinaci se selháním lidského faktoru [9].

90. léta Jesse (Nigérie)

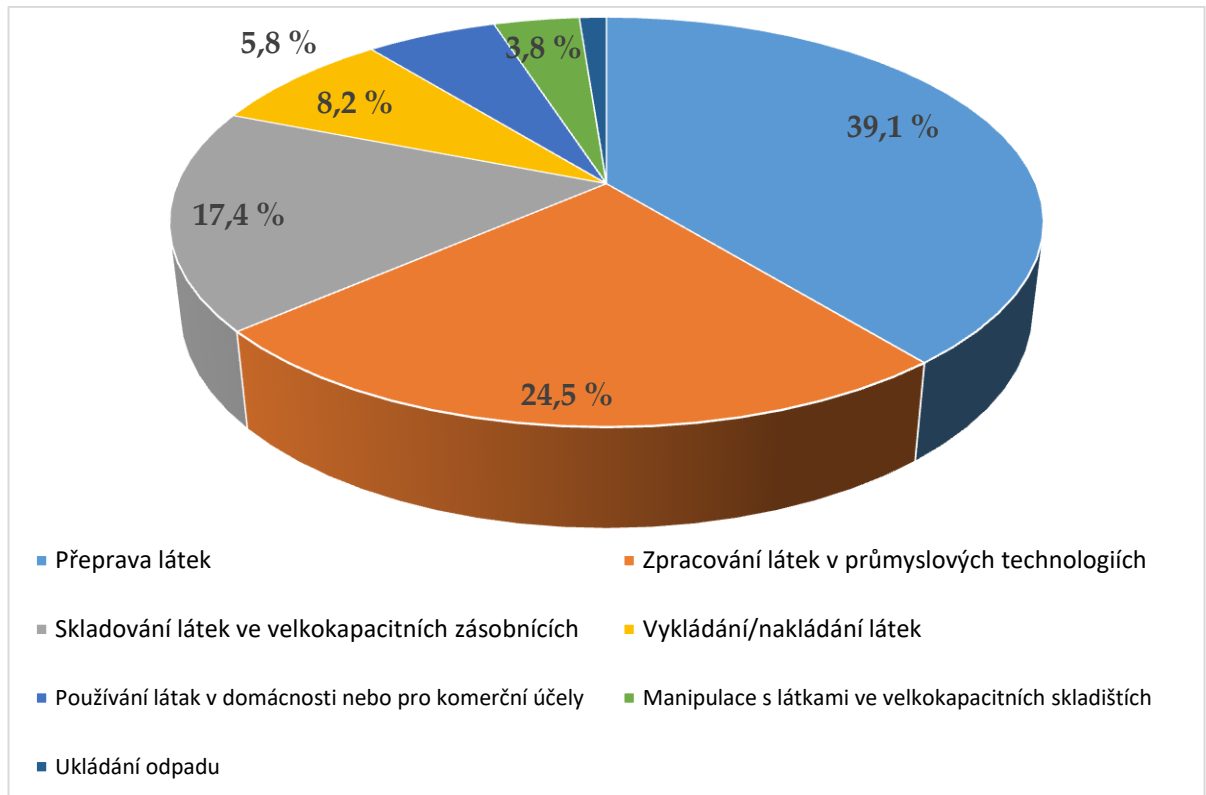
18. 10. 1998 došlo k výbuchu benzínového potrubí společnosti Nigerian National petroleum Corporation. Oficiální verzí vzniku byl cílený útok a zapálení. Šetření zjistilo, že potrubí bylo ve špatném stavu se zanedbanou údržbou. Na místě se nacházely nedopalky z cigaret, výbuch zabil 1 082 osob [15].

2000 – 2012 Adeje (Nigérie)

Největší ztrátu na životech si vyžádala havárie ropovodu ze dne 10. 7. 2000. Nehoda se udála během rozkrádání suroviny přímo z ropovodu. Od r. 2000 do r. 2012 na území Nigérie došlo ke 12 nehodám v souvislosti s výbuchem ropovodu či k haváriím cisterny převážející benzín. Mnoho obyvatel zemřelo kvůli odčerpávání benzínu či nafty, která se vzápětí vznítila a explodovala. Celkově došlo k 150 zraněním a 1 464 úmrtím. Nejvíce nehod bylo soustředěno kolem města Lagos [14].

Od r. 1900 do r. 1992 proběhla analýza celkově 5 325 událostmi s únikem nebezpečných látek. Ze studie vyšlo sedm činností, které jsou nejrizikovějšími, viz graf č. 2 [22].

Graf 2 Přehled nebezpečných manipulací s NCHL



[vlastní tvorba, vycházeno ze zdroje [22]]

2.4.2 Incidenty na území České republiky

Chemický průmysl se v České republice začal rozvíjet již ve druhé polovině 19. století. Z pohledu dnešní doby je nerychleji rozvíjejícím se hospodářským sektorem a jeho produkty jsou dále využívány pro další zpracování. Výrobní komplexy jsou v blízkosti potřebných zdrojů, pro Čechy je typické soustředění od Ústí nad Labem po Hradec Králové. Na Moravě je soustředěn okolo řeky Moravy a to v jejím středním a dolním toku. Petrochemický průmysl je logicky provozován v okolí ropovodu Družba a IKL. Chemický průmysl se v České republice využívá v základní chemii, petrochemickém průmyslu, farmacii a kosmetickém průmyslu, gumárenském, papírenském a pro výrobu plasty [16].

Chemické látky jsou skladovány ve stacionárních zdrojích. Zde jsou uloženy desítky až stovky tun. Dále musíme počítat s provozy, které využívají chemických látek v menší míře, avšak jejich podlimitní množství jim na nebezpečnosti neubírá. Zde jsou zimní stadiony, potravinářské provozy, pivovary apod., kde se nachází jednotky až desítky tun amoniaku využívaného jako chladící médium. Kilogramová množství chloru se nacházejí v bazénech k desinfekci vody [29].

U stacionárních zdrojů se již nějaké nebezpečí předpokládá, a proto se dle zákona zpracovávají plány na potlačení nehody nebo plány strategicky důležité, jak v případě mimořádné události situaci vyřešit v nejlepším možném čase s minimálními ztrátami na lidských životech. Nebezpečí skýtají mobilní zdroje, u kterých nelze předvídat, kde se stane potencionální nehoda. Převážení a značení se bude věnovat kapitola 2.6. Legislativa již vyřešila umístění provozů mimo městské komplexy, ovšem převoz nebezpečných látek může při úniku NCHL kontaminovat velkou oblast. Ročně se stane na území ČR cca 100 silničních nehod v souvislosti s převozem NCHL [29].

Celkové počty v tabulkách 1 a 2 jsou lehce zkreslené a to kvůli vstupním kritériím publikace. Dle databáze MARS se od r. 1979 do současnosti událo 969 nehod spojených s únikem nebezpečných látek podle direktiv SEVESO I. – III. Databáze dále rozřazuje nehody na hlavní a ostatní.

Tabulka 2 Rozbor obětí a přeživších v ČR dle "Chemické havárie"

Léta	Počet mrtvých	Počet hospitalizovaných	Počet evakuovaných
70. léta	51	335	0
80. léta	25	105	0
90. léta	2	11	0
2000 - 2009	11	38	1 496

[vlastní tvorba, vycházeno ze zdroje [9]

Litvínov – z pohledu lidských ztrát byl bezesporu nejtragičtějším r. 1974. Tragédie s výsledným počtem 17 mrtvých a 112 zraněných se stala v chemickém závodě. Špatný technický stav, respektive koroze uvnitř dopravního potrubí zapříčinila únik plynu při výrobě lihu. Unikající látka, směs etanu a etylénu, následně explodovala a část závodu zachvátila požárem. 22 hasičských jednotek muselo likvidovat požár 4 dny. Mnoho raněných bylo v projíždějící tramvaji v okolí závodu. Výbuch a požár zničil část chemičky, poničil 93 objektů a 220 rodinných domů. Výpočet síly výbuchu byl stanoven na 20 – 30 tun TNT [17].

70. léta byla tragická i dalšími událostmi např. výbuchem etylenu v Záluží, zemního plynu v Třinci, nebo únikem fosgenem v Pardubicích. Poslední jmenovaný incident si ovšem vyžádal jen 80 raněných bez ztrát na životech [9]. Od začátku nového tisíciletí došlo k několika únikům. Roku 2002 povodně zasáhly 14 chemických závodů.

Olomouc – dne 4. 3. 1996 došlo k úniku 8,8 tun kyseliny sírové při manipulaci s cisternou a připojovacím ocelovým potrubím do kanalizace. Látka se dostala přes dešťovou kanalizaci až do kanalizace závodu, kde nefungovala čidla pro měření pH. V kanalizaci zareagovala se sirníky a vytvořila sirovodík. Toxickými výpary se nadýchali dva lidé. Jedním byl zaměstnanec podniku Farmak a.s. a druhým zdravotní sestra. Obě osoby nadýchání podlely [33].

Spolana – nejvíce postižený závod povodněmi 2002. Povodňová situace trvala 14 – 16. 8. 2002. Do nedalekého Labe unikl chlor a hrozil únik dalších látek, jako jsou dioxiny a rtuť. Již při zvedání hladiny Labe začala povodňová opatření také v chemickém závodě, s předpokládaným menším rozsahem. Povodeň byla mnohem silnější, a proto společnost vyhlásila 3. stupeň chemického poplachu.

- 16. 8. 2002 se kvůli ohrožení některých skladů situace přehodnotila a byl vyhlášen 2. stupeň chemického poplachu. Z nedalekých obcí bylo evakuováno cca 1 100 osob.
- 18. 8. 2002 Labe ustoupila a započaly likvidační práce, u kterých opět docházelo k únikům jedovatého chloru.
- 2. 9. 2002 Spolana odvolala chemický poplach, škoda byla vyčíslena společností na cca 1 miliardu korun.
- Roku 2015 ČVUT navrhla několik modelů protipovodňové ochrany, které budou chemický průmysl chránit, aby při další možné události nedocházelo k únikům jedovatých látek [30; 31].

Znojmo – dne 28. 5. 2007 došlo k úniku amoniaku v areálu zimního stadionu bez nerozšíření za hranici areálu. Únik započal v nočních hodinách, kdy na situaci upozornila čidla koncentrace. Dle šetření byla příčina úniku kvůli prasklému těsnění. Na místě byla specialisty naměřena koncentrace několik desítek ppm, neohrožující lidské životy. Oblak plynu se zkrápěl a vhněl do kanalizace ČOV, kde se látka neutralizovala [32].

V uplynulých letech se stalo několik nehod. V průmyslovém odvětví byla nejbližší událost ze dne 22. 3. 2018., kdy došlo k explozi v Kralupech nad Vltavou. Šest mužů čistilo prázdnou nádrže na pohonné hmoty, která explodovala. Všech šest mužů usmrtila a další dva zranila [18].

2.5 Teorie šíření těžkého plynu

Chemické látky a zvláště plyny jsou pro průmysl důležitou součástí. V provozech je možnost se setkat s celou řadou plynných látek, které za určitých podmínek stoupají, jsou neutrální, či klesají k zemskému povrchu. Poslední ze zmiňovaných je těžkým plynem, který z fyzikálního hlediska má větší molekulární hmotnost nežli okolní vzduch, nebo má vyšší hustotu oproti okolnímu vzduchu. Dle literatury „Rozptyl těžkého plynu v atmosféře“ je až 50 % nehod, kde dochází

k úniku látek do ovzduší. Z popsaných 50 % se jedná z 97 % o nehody, se vznikem těžkého plynu [19].

Publikace vychází z databáze MARS vedoucí evidence a statistiky havárií. Systém je soustředěn na členské státy EU se zavedením v r. 1993. Od r. 2001 je k dispozici on-line verze pro informovanost laické veřejnosti [21]. První čtyři příčky všech nehod nesouvisí jen s průmyslovou výrobou. Havárie cisteren, úniky, poruchy. Největší frekvenci nehod má amoniak, dále chlor, chlorovodík a vodík. Havárií s ostatními látkami je méně. Vznik těžkého plynu, záleží na fyzikálně chemických vlastnostech unikajícího plynu, skladovacích podmínkách a rovněž i meteorologických podmínkách v místě úniku. Velkým faktorem je tlak, pomocí kterého je látka skladována. Při úniku do okolního prostředí dochází k ochlazení. Pokud je počáteční tlak cca 100 barů, plyn je schopen se při svém úniku ochladit o desítky stupňů. Dalším faktorem je rychlost úniku a velikost ruptury. Při úniku plynu a jeho ochlazení vzniká bublina klesající k zemi gravitační zákonitostí. Takový plyn vytváří přízemní vrstvu a zaplňuje půdní nerovnosti. Při dvoufázovém úniku nebo „jet“ úniku dochází ke vzniku aerosolu představující shluk malých kapiček. Za předpokladu větší hustoty aerosolu o 1 % než okolní vzduch, je shluk okem rozeznatelný. Tvorba ustává po vyrovnání tlaku v nádobě a tlaku okolního prostředí [19].

2.5.1 Rozptyl plynu

Plyny skladované pod vysokým tlakem, nezkapalněné i zkapalněné, podléhají při úniku Joulu Thomsonovu jevu – plyn je ochlazen o to více, čím je větší tlak ve skladovací nádobě a větší čím je větší rychlost úniku. Rozptyl má tři fáze:

- První fáze – tvorba aerosolu klesajícího k zemi. Energeticky se stabilizuje.
- Druhá fáze – plyn se rozšiřuje a zatéká do půdních nerovností. Chování je podobné jako roztékání kapaliny, oblak se drží při zemi a je hladkým. Za ideálních podmínek tj. rovném a minimálně hrubém povrchu, se oblak

šíří téměř bez vzájemného mísení s jinými plyny. V reálných podmínkách k tomuto jevu nedochází, plyny se mísí a ředí okolním vzduchem.

- Třetí fáze – naředění okolním vzduchem a splynutí s atmosférou. Zde do reakce vstupují okolní podmínky, ovlivňující reakci. Při přiblížení hustoty plynu okolní atmosféře se dále plyn rozptyluje pasivním způsobem – Gaussovským modelem. Model je uplatnitelný v ideálních podmínkách, které se od reálných liší.

Rozptyl dále ovlivňují další faktory a to rychlost větru, stabilita atmosféry, teplota a vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, srážky a výška inverzní vrstvy. Nejdůležitějším parametrem pro modelaci je rychlost větru [19].

Vítr je projevem rychlosti proudění a není konstantním. Rychlost se mění místem a výškou. Mezi jednotlivými vrstvami atmosféry je vrstva, která se tře o zemský povrch, a vznikají turbulence. Tato vrstva je do výšky cca 2 km nad zemským povrchem, nad touto hranicí se částice pohybují bez tření o zemský povrch. Největší proudění je do výšky cca 10 metrů. Rychlost větru, pokud není k dispozici měření, lze odvodit Beaufordovou stupnicí. Popisuje se v ní stupeň větru, rychlost v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ a projevem na zemi. Tímto způsobem lze odvodit, zda se jedná o bezvětrí, či orkán s ničivými účinky [19].

Dalším aspektem je topografie a drsnost terénu. Povrch je aerodynamicky drsný a tvoří se na něm turbulentní víry, stáčeující se k povrchu. U země je rychlost rozptylu téměř nulová ve vztahu k vertikální rychlosti rozptylu. Velké terénní překážky výrazně mění šíření oblaku, modelování se provádí od rovného volného terénu až po urbanistické celky s hustou zástavbou výškových budov [22].

2.5.2 Toxické expoziční limity

Níže jsou uvedeny vybrané jednotky, souvisí s prací. Všechny se týkají měřitelných koncentrací. Některé jsou spjaty se zachraňujícími složkami, či se

zasaženým obyvatelstvem. Jednotky jsou používány v toxikologických modelech. Každá osoba je individuální, ovšem modely počítají s účinky na širší obyvatelstvo. V modelech je vyznačeno území s možným ohrožením lidských životů.

ppm – (Parts per milion) 1 / 1 000 000 z celku vyjadřující objemové množství látky obsažené ve vzduchu. Pokud je přepočten aplikován na m³ vzduchu, vyjde poměr ml/m³ [9].

HPK – havarijní přípustná koncentrace zahrnující plyny, páry a aerosoly v ovzduší, kterým můžeme vystavit záchranáře při záchraně osob bez použití individuální ochrany. Výsledkem je číslo (např.: HPK – 10), kdy záchranář může být vystaven po dobu 10 minut negativním účinkům látky. Limit nesmí koncentrací vyvolat nevratné změny v organismu, či vyvolat vratná onemocnění. Možné riziko musí být adekvátní k zachráněným životům [9; 20].

HAU – havarijní akční úroveň zahrnuje koncentraci plynů nebo aerosolů v ovzduší, při které je nutné evakuovat obyvatelstvo ze zamořeného prostoru. Výsledkem je číslo (např.: HAU – 120), které určuje maximální dobu vystavení od zahájení inhalace. Koncentrace nesmí vyvolat nenávratné změny v organismu, pouze vratné a se snesitelnými účinky na dospělé i děti [9; 20].

ERPG – koncentrace látek v ovzduší s dobou expozice 60 minut:

- **ERPG – 1** = maximální koncentrace látky v ovzduší, s předpokladem, že nechráněné vystavené osoby mohou postihnout pouze přechodné nepříznivé účinky, nebo mohou postřehnout zřetelně nepříjemný zápach.
- **ERPG – 2** = maximální koncentrace látky v ovzduší, s předpokladem, že vystavené nechráněné osoby mohou zakusit nezvratné, nebo vážné poškození, které by znemožňovalo podniknout záchrannou činnost.

- **ERPG – 3** = maximální koncentrace látky v ovzduší, s předpokladem, že vystavené nechráněné osoby mohou zakusit vážné poškození, které ohrožuje zdraví nebo život [22].

AEGL – okamžitá koncentrace v ovzduší:

- **AEGL – 1** = Koncentrace nebezpečné látky v ovzduší. U překročení lze předpokládat, že vnímaví jedinci mohou zakusit mírné nepohodlí, podráždění apod. Účinky nejsou oslabující, jen přechodné a vratné.
- **AEGL – 2** = Koncentrace nebezpečné látky v ovzduší, u jehož překročení lze předpokládat, že běžná populace a vnímaví jedinci mohou zakusit nevratné poškození, dlouhotrvající zdravotní problémy, nebo lze předpokládat zhoršení schopnosti úniku ze zamořené oblasti.
- **AEGL – 3** = Koncentrace nebezpečné látky v ovzduší, u jehož překročení lze předpokládat, že běžná populace a vnímaví jedinci mohou zakusit zdravotní účinky ohrožující život, či může dojít ke smrti [19].

IDLH – maximální přípustné koncentraci látky v ovzduší, kterému ještě může být osoba či zdravý pracovník vystaven po dobu 30 minut. Po tuto dobu musí být osoba schopna z prostoru uniknout bez ztráty života, nebo bez nenávratného poškození zdraví [19].

LC₅₀ – smrtná koncentrace v ovzduší, která je schopna zapříčinit smrt 50 % vystavených osob působením této látky. Doba expozice se liší kvůli latentnosti a rezistenci osob a živočichů [19].

LD₅₀ – středně smrtná dávka při které zemře 50 % testovaných subjektů. Hodnota udává hmotnost látky k jednotce hmotnosti subjektu (mg.kg⁻¹) [43].

2.6 Mezinárodní přeprava ADR

Jak již bylo zmíněno na předešlých stránkách, v mnoha procentech, respektive v 39, 1 % případů za únik chemických látek do ovzduší, či kontaminaci půd a vod zajišťují nehody spojené s přepravou nebezpečných látek.

Přepravu nebezpečných věcí v silniční dopravě v české legislativě řeší zákon č. 111/1994 Sb. o silniční dopravě. Dle zákona lze přepravovat nebezpečný náklad dle určitých pravidel, jež vymezuje „Dohoda ADR“. Definice: *„Nebezpečné věci jsou látky a předměty, pro jejichž povahu, vlastnosti nebo stav může být v souvislosti s jejich přepravou ohrožena bezpečnost osob, zvířat a věcí nebo ohroženo životní prostředí [23, § 22].“* Dalšími možnostmi přepravy nebezpečných věcí je po železnici (RID), námořně (IMDG CODE), letecky (IATA - DRG) a říčně (ADN). Dohoda byla přijata v Ženevě r. 1957, Česká republika ji přijala 1. 1. 1993. Novelizována je každé dva roky, aktuálně z r. 2017 do 30. 6. 2019. Přeprava se často řídí zákonem č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Oba zákony jsou rozšiřovány vyhláškami [24].

2.6.1 Klasifikace nebezpečných věcí

Dle ADR existuje 13 tříd nebezpečných věcí, tedy věcí, které se mohou stát nebezpečnými, pokud nejsou dodržena pravidla, za kterých jsou látky bezpečné.

Tabulka 3 Klasifikace nebezpečných věcí ADR

Třída	Název třídy	Hlavní nebezpečí	Příklady
1	Výbušné látky a předměty	Výbušnost v důsledku ohřevu, otřesu, plamene apod.	Výbušniny; třaskaviny – roznětky; rozbušky; střelivo
2	Plyny	Tlak plynů	Propan – butanové lahve; spreje s aerosoly
3	Hořlavé kapaliny	Hořlavost	Alkoholy; lepidla; LTO; motorová nafta; etanol; benzín; alkohol. nápoje < 24 % alkoholu
4.1	Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky a znečitlivělé tuhé výbušné látky	Hořlavost vlivem zapálení, teplem, jiskrami či plamenem	Bezpečnostní zápalky; filmy na bázi nitrocelulózové; hliníkový prášek
4.2	Samozápalné látky	Samozápalnost	Suchý bílý fosfor; bavlněný odpad obsahující olej;
4.3	Látky, které ve styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny	Nebezpečí požáru a výbuchu	Alkalické kovy; slitiny křemíku; alkalické kovy; chlorsírany
5.1	Látky podporující hoření	Vývin velkého tepla, možnost výbuchu	Roztoky perox. vodíku; manganistan draselný
5.2	Organické peroxidy	Prudká samovolná reakce při zvýšených teplotách a styku s ostatními látkami	Peroxid organický typ E - kapalný
6.1	Toxické látky	Toxicita nebo schopnost poškození zdraví	Kyanid a jeho roztoky; pesticid; chemické vzorky
6.2	Infekční látky	Schopnost vyvolat nákazu lidí či zvířat, nebezpečí pro vodní	Odpady z nemocnic; infikovaná zvířata; odpady

		zdroj a kanalizaci	z výzkumných ústavů
7	Radioaktivní látky	Absorpce vnějšího záření	Uran; stroncium; měřicí přístroje obsahující RA;
8	Žíravé látky	Žíravost, schopnost narušit organické a anorganické látky	Kyselina sírová; kyselina dusičná; mokré akumulátory
9	Jiné nebezpečné látky a předměty	Toxické páry; podpora bujení rakovinotvorného; nebezpečí prudké samovolné reakce	Bílý azbest; lithiové baterie; asfalt; horké kovy; geneticky změněné mikroorganismy

[vlastní tvorba, vycházeno ze zdroje [24]]

2.6.2 Značení nákladů

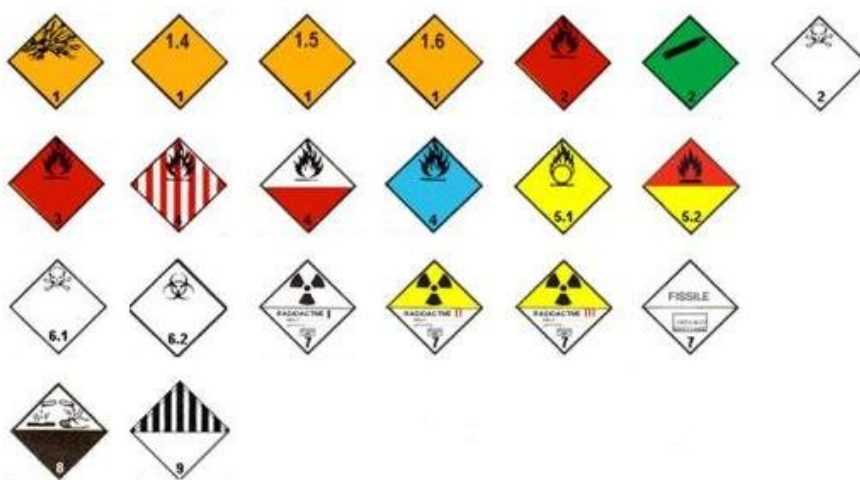
Každý náklad, kus či přepravní prostředek je nutné vybavit tabulkou obsahující UN systém. Další značení je pomocí bezpečnostních značek. UN systém tvoří číselný kód rozdělený na dvě poloviny. Ve vrchní polovině je tzv. Kemler kód složený z 2 - 3 číslic. Každá číslice znázorňuje vlastnost materiálu a v některých případech bývá doplněna písmenem X znázorňující nebezpečnou reakci při styku s vodou. Ve spodní polovině je UN kód, odkazující přímo na dotyčnou látku. Tabulka má rozměr 300 x 400 mm, vkládaná čísla musí odolat 15 minutám v přítomnosti ohně [24].



Obrázek 1 Bezpečnostní tabulka ADR [24]

K označení se využívají bezpečnostní značky korespondující s klasifikací nebezpečných látek, sloužící k rychlému rozpoznání nebezpečných vlastností látky. Převážní obaly jsou normované, ze značení vyčteme, o jakou přepravní jednotku se jedná (sud, bedna, kanystr apod.) a z jakého materiálu byla jednotka vytvořena (sklo, plast, překližka apod.).

Pro cílového spotřebitele je využíván GHS piktogram určující nebezpečí výrobku, obrázek 2 značí třídu nákladu. „Globální harmonizovaný systém“ sloužící ke značení NCHL a směsí [24].



Obrázek 2 Bezpečnostní značky ADR [24]



Obrázek 3 GHS symboly [24]

3 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bude analýza softwarových nástrojů určených pro predikci dopadů chemických havárií.

Dílčími cíly teoretické části budou:

- Analýza zákonů České republiky a Evropské unie.
- Průřez a popis jednotlivých mimořádných událostí vybraných autorem.
- Rozebrání teorie šíření těžkého plynu v atmosféře a vypsání toxických expozičních limitů souvisejících s tematikou bakalářské práce.
- Analýza mezinárodní přepravy ADR obohacena o klasifikaci nebezpečných látek a značením nákladů a obalů látek.

Dílčími cíly praktické části budou:

- Popis softwarových modelačních nástrojů.
- Popis softwarových databází chemických látek a směsí.
- Výběr modelové události a její popis.
- Definování zdroje úniku NCHL a její popis.
- Modelace v programech a vyhodnocení výsledků.

Výstup práce bude věnován komparaci dosažených výsledků a doporučení možného nástroje pro chemickou bezpečnost.

4 METODIKA

Pro zpracování bakalářské práce bylo použito veřejně dostupných informačních zdrojů, kterými jsou odborná literatura, internetové stránky dotýkající se problematiky a vyšetřovací zprávy nehod. Neveřejné zdroje informací jsou užity v podobě chemických databází a modelovacích programů, které nejsou všechny běžně dostupné. Vědeckými metodami, které se v práci promítají, jsou analýza, dedukce, indukce a modelace.

Modelace bude zvolena dle reálné události v obci Dřísy ve Středočeském kraji. Všechna data s ní spojená budou vyňata z vyšetřovací zprávy Drážní inspekce. Celá událost bude blíže rozebrána v podkapitole 5.7.2. Pro práci byla zvolena kombinace modelačních různých programů, konkrétně ALOHA, TerEx, RMP*Comp a OPTIZON. Do jednotlivých programů budou zadána v rámci možností stejná data a výsledky vzájemně komparovány.

4.1 Modelační programy

ALOHA

Modelační program ALOHA patří k softwarům vyžadující větší množství dat, tedy je možné předpokládat, že výsledky budou validní. Samozřejmostí je databáze chemických látek, které modelaci poskytují z tohoto pohledu všechna data, a není dále nutné dohledávat další informace týkající se expozičních limitů apod. Program spolupracuje s dalšími SW, například mapový systém MARPLOT. Jeho pomocí je možné namodelovaný výsledek zobrazit do mapového podkladu. Další potřebná data jsou z meteorologické situace na místě zásahu. Do programu je uživatel zadává ručně nebo si je program stahuje sám při připojení zařízení na externí meteostanici. Poslední informace pro SW jsou o zdroji úniku. Program nabízí tři typy možných nádrží. Kapacita a rozměry se zadávají ručně, program dle procentuelního množství látky dopočítává kapacitu látky. Výstupem

programu je vzdálenost dle navolených koncentrací a také navolená vzdálenost s dopočítanými koncentracemi. Dalšími výstupy v sumarizaci jsou celkové uniklé množství, dopočítané množství na základě fyzikálních vlastností látky, maximální únik za jednotku času apod. Výčet vložených dat a jejich hodnoty budou uvedeny na konci této podkapitoly [22].

TerEx

Teroristický expert je modelačním programem, který uplatňuje množství zadaných dat. Množství, v poměru se softwarem ALOHA, je ovšem podstatně menší s efektivním výsledkem. Součástí je chemická databáze, která by ovšem potřebovala aktualizovat. Program pracuje se základními 13 modely. Pro potřeby zvolené modelace bude nejvhodnější model kontinuálního úniku. Tím bohužel program zatím nedisponuje a pro práci s toxickým únikem látky je nejbližší model PUFF pracující na bázi jednorázového úniku. SW potřebuje do své modelace množství uniklé látky, které by uživatel při použití tohoto programu musel vědět nebo odhadnout. Pro rovné podmínky všech programů bude vkládána hodnota dopočítaná Alohou. Výsledkem programu jsou vzdálenosti s koncentracemi a zraňujícími účinky. Všechna data jsou k dispozici v excelové tabulce, které lze z programu importovat. Jednotlivé vzdálenosti jsou promítány do mapy [25].

RMP*Comp

Americký software vyvinutý společností NOAA produkující také program ALOHA. Zásadním rozdílem je množství vložených dat. RMP*Comp zvládne ovládat i laik, neboť potřebuje minimum vstupních informací. Je opakem dosti výkonného a pro laika komplikovaného programu ALOHA. Disponuje chemickou databází a dvěma scénáři. První variantou je nejhorší možný scénář, druhou variantou je navolení si vlastního scénáře. Pro potřeby práce byla zvolena první verze. Jak již bylo zmíněno, program pracuje s minimem dat a tomu také budou

odpovídat výsledky. Konstantními jsou teplota, rychlost větru a doba úniku, všechna tato data jsou statisticky vypočítána a aplikována do výpočtu. Výstupem je zóna nezbytné evakuace obyvatel [45].

OPTIZON

Program byl zahrnut do práce kvůli jeho využívání u HZS ČR. Pro modelování úniků přímo v bojových podmínkách se ovšem nevyužívá. Jeho prioritní určení, je ZHP plánování u stacionárních objektů. Nicméně pro mobilní zdroje lze jeho výpočet vytvořit. Program má v sobě kromě databáze chemických látek také objekty, kde se vyskytuje nadlimitní množství chemických látek. Dále disponuje scénáři pro modelace, zde bude neoptimálnější toxický únik. V tomto programu je možnost navolení zásobníku na NCHL nebo zásobníku napojeného na technologie. Výstup je vzdálenostní zobrazený do mapy, pokud je únik z více zásobníků, program to v modelaci zohlední a vytvoří více kružnic [46].

Do programů byla vložena následující data:

- Doba – 8. 11. 2015; 21:53; GSM -2;
- Lokalita – Dřísy; nadmořská výška 172 m; GPS 50.24 N, 14.60 E;
- Látka – amoniak bezvodý převážený v kapalném stavu;
- Zdroj úniku – železniční cisterna 95 m³; rozměr 2,9 x 14,39 m; 80% naplnění;
- Meteorologická data – teplota 10°C; vlhkost 41 %; rychlost větru 3 m/s; směr větru z SSW na obydlené území;
- Únik – vypočítaný dle ALOHA 47 529 kg; otvor úniku o průměru 5 cm

4.2 Vyhodnocení programů

Součástí diskuse bude vyhodnocení pozitivních a negativních stránek jednotlivých modelací, respektive modelačních programů. Vyhodnocení bude pouze subjektivní na základě vlastních nabytých zkušeností při zpracování práce.

4.3 Komparace výsledků

V závěru práce provedu komparace namodelovaných výsledků a navrhu možná doporučení.

- Komparace vložených dat a výsledků.
- Komparace jednotek ALOHA a TerEx.
- Komparace dosažených vzdálenostních výsledků.
- Komparace programů typu chemických databází.
- Komparace postupů a výsledků s jinou událostí.

5 SOFTWAREVÉ NÁSTROJE

Na trhu existuje řada různých softwarových nástrojů. Jejich účelem je zvýšení chemické bezpečnosti prostřednictvím modelace možných dopadů chemických havárií a stanovení zón evakuace obyvatelstva.

Modelace jsou uskutečňovány dle matematických modelů. Základní dva typy modelových úniků jsou popsány níže. Každý musí před svým užíváním projít reálným testem v přirozených podmínkách [22].

- Modely preferované – jsou dobře dostupné a nejvíce používané. Ne zcela přesné, kvůli minimalizaci vložených dat. Plusem je efektivita.
- Modely doporučené – komplexnější modely, potřebující pro své propočty množství informací. Jsou přesnější a uživatelsky náročnější.

Obecnější rozdělení

- Screeningové a jednoduché modely – méně náročné na vstupní data, výsledky jsou mírně nadhodnoceny. Ideální využití v terénu, zejména kvůli své jednoduchosti a rychlosti, poskytují výsledek v reálném čase, ale ne zcela nepřesný. Nepotřebují přesné hodnoty, určování některých parametrů se využívá laického odhadu například Beaufortovy stupnice.
- Pokročilé modely – vyžadují meteorologická data, ručně či automaticky zadávaná. Dalšími daty jsou množství a druhu NCHL, terén, rozmístění překážek, teploty v jednotlivých vrstvách atmosféry apod. Nepoužívají se v místě události.
- Specializované modely – využívají se pro rozptyl nebezpečných nákladů, BCHL a biologických zbraní. Další použití je v modelech chemického průmyslu. Zde se uplatňuje, jak v běžném provozu kde se měří např. emise, tak v případě havárií s únikem a rozptylem těžkého plynu [22].

5.1 ALOHA

Program určený pro reakci na únik chemických látek, pracuje na modelačních principech gaussova modelu a modelu rozptylu těžkého plynu – ALOHA umí pracovat i s některými směsmi a nabízí 2 základní matematické modely, Gaussův model a model šíření těžkého plynu. Součástí je databáze s cca 1 600 nebezpečnými látkami a 5 směsmi. Databáze se dá rozšířit o program CAMEO Chemicals, nabízející více než 6 000 látek. Modelace není určena pro členitý terén a po zadání jednotlivých parametrů, např. povětrnostní podmínky se stávají konstantními. Toto platí pro povětrnostní podmínky ve všech směrech a dále se nedají měnit. Program může přijímat informace z meteostanic pro dosažení nejvěrohodnějších informací. U odpařujících kaluží je uplatňováno termodynamické hledisko přenosu tepla. Potřebné informace jsou poloha zdroje rizika, informace o chemických vlastnostech NCHL, atmosférické podmínky, charakter krajiny a množství uniklé látky. SW počítá podle dvou modelů popsaných výše, kde se automaticky rozhoduje podle zadaných parametrů, který uplatní. Uživatel může modely změnit. Plusem je také fakt, že se mohou do programu specifické vlastnosti, tedy že látka je sice lehčí než vzduch, ale byla např. převážena v kryogenním stavu, takže se plyn bude chovat jako těžký. Toto je příkladem téměř všech havarijních úniků – látky se chovají jako těžké plyny [19; 22].

Výstupem modelace je textový a grafický závěr v mapovém podkladu MARPLOT. V podkladu jsou znázorněny oblasti zasažené látkou a působení větru. V grafech jsou znázorněny vzdálenosti, kde budou převyšeny koncentrační limity. Rádus od úniku je do vzdálenosti 10 km, modelace počítá s dobou úniku 60 minut. Na grafickém podkladu jsou znázorněny 3 izolinie s červenou, oranžovou a žlutou barvou. Červená je oblast s největším nebezpečím koncentrace. Program pracuje s koncentracemi IDLH, ERPG a AEGL, ale lze vkládat i vlastní koncentrace a vyhodnotit úroveň koncentrace v určitém bodě, včetně odhadu vývoje koncentrace uvnitř budov.

ALOHA počítá s koncentracemi látek při zemi. Dalšími daty jsou toxicita, hořlavost a tepelné záření, přetlak ve skladovacím zásobníku. Namodelovat se zde ovšem nedá vše, SW neumí pracovat s únikem RA látek, kouřových stop, nebo dlouhotrvajícími úniky přízemních emisí [22].

5.2 TerEx

Zkratka slov teroristický expert společnosti T-Soft v sobě skrývá okamžité vyhodnocení dopadů úniku chemické havárie a dále řeší i otravné látky. Součástí programu je modul zaměřený na následky vlivem nástražného výbušného systému a šíření prachových částic radioaktivní látky [25].

V softwaru je zakomponována databáze NCHL, se specifikací charakteristiky, popisem a zásadami první pomoci. Díky relativní jednoduchosti a rychlosti můžeme provádět preventivní kroky a tím dopady krizové situace minimalizovat.

Nemusíme jej však využívat pouze na aplikaci přímo v místě zásahu, lze využívat i pro plánování, cvičení či výuku. Používat jej mohou podniky pracující s nebezpečnými látkami, vzdělávací instituce, orgány státní správy a samosprávy a složky IZS. Predikce dopadů havárie je vypočítávána na základě matematických modelů [22].

Tabulka 4 Havarijní modely TerEx

BLEVE	Ohrožení nádrže plošným požárem
DIOXIN	Jednorázový únik dioxin – tabelární model
EXPLOSIVE	Nástražný výbušný systém
JET FIRE	Déletrvající masivní únik plynu se zahořením
PLUME	Déletrvající únik plynu do oblaku
PLUME	Déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
PLUME	Pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku
POISON	Otravná látka – tabelární model
POOL FIRE	Hoření louže kapaliny nebo vroucí kapaliny
PUFF	Jednorázový únik plynu do oblaku
PUFF	Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
SPREAD	Šíření prachových částic
SPREAD EXPLOS	Šíření prachových částic explozí

[vlastní tvorba, vycházeno ze zdroje [25]

Prognóza v modelech počítá s nejhorší možnou variantou, tedy s maximálními možnými následky. V databázi je až 900 látek. SW má provázanost k mapovým podkladům které označují oblasti evakuace, chemického průzkumu apod. [25].

Součástí je průvodce, který uživatele navádí ke správnému zadání vstupních údajů. Výsledkem je nejen úspora času, ale také relevantnost dosažených výsledků. U zadání jednotlivých parametrů je důležité určit, z čeho nebezpečná látka unikla. Zvolení úniku je dle havarijních modelů. Dále hmotnost látky a krajinný charakter. Výstupem je výpočet vzdálenosti a doporučené kroky jak situaci řešit [25].

5.3 RMP*Comp

Modelační program pracující na principu výpočtu vzdálenosti bez možnosti vložení dat do mapového podkladu. RMP*Comp je software společnosti EPA, která produkuje mimo jiné i modelovací program ALOHA. SW pracuje na internetovém rozhraní a lze stáhnout i pro offline využití. Vyznačuje se minimálním množstvím vstupních dat. Obsahuje databázi chemických látek a některých směsí. Vstupními daty jsou vybraná látka, zvolení scénáře, množství, stav látky a typ okolního terénu.

Výběr látky je z chemické databáze programu (143 látek a 63 směsí), kde lze NCHL vyhledávat podle jména, nebo CAS čísla. U každé látky je specifikováno nebezpečí (hořlavý plyn / kapalina; toxický plyn / kapalina) [45].

Uživatel vybírá ze dvou možných scénářů. Prvním je nejhorší možná varianta, která je pro potřeby práce akceptovatelná, neboť v plánování události se vždy bere v úvahu největší možný následek. Druhou možností je zvolení alternativního děje. Množství látky je možné volit v různých hmotnostních jednotkách. SW bere v potaz fyzický stav látky. Uživatel volí mezi látkou nezpracovanou, zkapalněnou pod tlakem, nebo látkou zkapalněnou chlazením.

Posledním parametrem je volba okolního prostředí. Výběr je ze dvou alternativ, urbanistického terénu, s počtem překážek v bezprostředním kontaktu nebo obecně plochým a volným venkovským terénem. Rychlost větru a teplota jsou v programu zadány konstantně [45].

5.4 OPTIZON

Program OPTIZON neboli optimalizace zón havarijního plánování slouží za prioritním účelem stanovení zón u tzv. SEVESO podniků. Dle zákona to jsou objekty typu B, s vyšším množstvím NCHL, dle vyhlášky č. 226/2015 Sb., o zásadách

pro vymezení zóny havarijního plánování a postupů při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury [47]. Není klasickým modelačním programem, tvoří přepočty zadaných látek a tím určuje ZHP. SW je určen pro závažné havárie, kde dochází k úniku látky v takovém množství, že nastávají smrtelné nebo nevratné účinky na nechráněném civilním obyvatelstvu. Pro modelaci je nutno absolvovat 6 kroků. Prvním je tvorba zápisu zařízení, kde se objekt uvede do seznamu programu. Množství NCHL v každém zásobníku daného provozu a přiřazení scénáře, dle kterého bude SW postupovat. Program vypočte efektivní množství a stanoví předběžný parametr zóny havarijního plánování [46].

Program pracuje s následujícími scénáři a grafy [47].

- Exploze výbušnin a směsí – EXPL
- Výbuch mraku par – EXPL
- Toxický únik – TOX
- FireBall z BLEVE – FIRE
- Požár kapalin – P – FIRE
- BoilOver – FIRE
- Podporování hoření – OXI

Databáze chemických látek, kterých je v programu na 4 986 záznamů lze vyhledávat pomocí názvu či synonyma. Po zvolení látky je uživatel naveden do přesné klasifikace látky. Upřesnění je dle DSD klasifikace s koncentračními limity, R; S větami, výstražnými symboly a poznámkami. Další možností je klasifikace dle CLP nařízení, zde jsou informace typu koncentračních limitů, H; P věty, výstražné symboly, multiplikační faktory a CLP poznámky [46].

Program je určen pro stacionární cíle, ovšem po zadání lokace a velikosti zásobníku lze namodelovat také z mobilního zdroje. Pokud uživatel potřebuje data

z jiných modelací, lze je vkládat z jiných modelací a událost dále modifikovat. Pokud je únik z více zdrojů, nevytvoří se pouze jedna celistvá kružnice, ale množina kružnic obsahující prostor ZHP [47].

5.5 CAMEO Chemicals

Spadá do 4 základních programů vyvinutých společností NOAA, podílejících se na zvládnutí krizových situací s přítomností nebezpečných látek v USA. Jsou dostupné online i offline a to jak pro mobilní zařízení, tak i pro PC.

- ALOHA –SW sloužící k modelaci a predikci možných následků.
- CAMEO Chemicals – informační databáze o nebezpečných látkách, fyzikálních a chemických vlastnostech, ale také o možných reakcích vzniklých jejich mísením a informacemi o doporučeních při zásahu a možných projevech při zasažení osob vycházejících zejména z databáze ERG (Emergency Response Guide).
- Služba CAMEO fm – služba spravující údaje ve vztahu k nouzovému plánování. Shromažďuje informace o zařízeních, kde se nebezpečné látky používají, o odstávkách v provozech, dopravních trasách nákladů, minulých událostech s úniky NCHL, kontaktech apod.
- MARPLOT – mapový podklad užívaný pro grafické znázornění modelací. Do programu je možné editovat budovy a dle odhadu počtu obyvatel je možno predikovat počet evakuovaných osob [26].

Program slouží jako databáze nebezpečných látek, jeho součástí je možná predikce, kam se může nastolený stav ubírat a informuje uživatele o reakcích, započatých s promísením s další látkou. V programu jsou aktualizované údaje dle nejnovějších výzkumů a dále fyzikálně chemické vlastnosti. Hodnoty IDLH dle časové expozice osob, informace o nebezpečných vlastnostech, PP a doporučení pro vedení zásahu.

Vyhledávání látek je možné dle názvu, UN kódu nebo CAS, tedy mezinárodně uznávaného kódu pro směsi, polymery apod. CAS čísel je na 134 milionů, údaj je z roku 2017 k datu 3. 12. V příloze 1 je znázorněn výstup programu. Zajímavá je tabulka s doporučenými vzdálenostmi dle množství úniku. Pokud je únik větší, jsou zde zakomponovány o povětrnostní podmínky, které určují dosah evakuace od místa zásahu. Liší se i vzdálenosti mezi denní a noční dobou [27].

Mezi posledními informacemi zde najdeme také třídy nebezpečnosti a označení látky stejné jako u ADR. V online verzi je k dispozici GUIDE s popisem potenciální nebezpečí látky a za jakých podmínek je možné s látkou nakládat (ochranné prostředky). Dále evakuace, možnosti dalšího nebezpečí za přítomnosti havárie (požár, rozlití či únik) a první pomoc. Program je volně dostupný.

5.6 Medis Alarm

Databáze nebezpečných látek s více než 10 000 položkami s látky dle směrnice 1272/2008/ES. Seznam je doplněn o látky klasifikované jako nebezpečné dle ADR. Každá popsaná NCHL disponuje popisem, viz níže.

Program je rozčleněn do osmi kapitol. Na rozdíl od SW CAMEO který pracuje na rozhraní Windows i Mac, Medis Alarm je dle dostupných informací pouze pro Windows. Vyhledávání látek je na základě názvu nebo synonyma, CAS čísla, UN kódu, indexového čísla EINECS / ELINCS či možnosti přepravy pro kterou je látka vhodná – ADR / RID, IMDG, IATA. Rozdělení dle UN kódu:

- Čisté látky např.: UN 1061 METHYLAMIN bezvodý.
- Vybrané směsi např.: UN 1060 METHYLAMIN a PROPADIN – stabilizovaná směs.
- Látky s obdobnými vlastnostmi např.: UN 1564 sloučenina BARYA.

Jak již bylo uvedeno, látky se dají vyhledávat i dle synonym a obchodních názvů. Všechny názvy látek jsou v českém, německém, anglickém, francouzském a slovenském jazyce, popřípadě v dalších jazycích západoevropských. Každá kapitola poskytuje specifické informace:

- Kapitola 1 – zjednodušené informace o nebezpečné látce, identifikace dle UN, CAS či ES. Klasifikace nebezpečí pomocí výstražných CLP symbolů, H, P – věty. Nouzová opatření ERG 2016 a ERIC 2015, sumární vzorce a HAZCHEM kód.
- Kapitola 2 – nejobsáhlejší kapitola, kde jsou pokyny pro bezpečné zacházení, Hazchem označení látky, zóny evakuace pro případ úniku. U evakuačních zón jsou zohledněny parametry podobné jako u SW CAMEO Chemicals – závislost území evakuace dle denní či noční doby, rychlost větru a množství uniklé látky které je specifikované jen jako malý či velký únik. Dále hodnoty expozičních limitů HPK - 10, HPK – 60, HAU – 20, HAU – 120 a nově IDLH u vybraných látek, kterým byla věnována podkapitola 2.5.2. Textový soubor obsahuje opatření v místě havárie, účinky látky při promísení s vodou, požární nebezpečí, bezpečnostní opatření, doporučení ochrany pro zásah a nouzová opatření při hašení či úniku.
- Kapitola 3 – fyzikálně chemické vlastnosti směřované do tabulky, kde jsou hodnoty horní a dolní meze výbušnosti, bod tání a varu apod.
- Kapitola 4 – přeprava a doporučení na balení materiálu a značení dle ADR / RID, IMDG a IATA.
- Kapitola 5 – PP a zdravotní ošetření, pokyny pro lékaře plynoucí z kontaktu s látkou. Brány vstupu, vniknout do organismu.
- Kapitola 6 – toxikologické a ekotoxikologické informace, zejména údaje o mutagenitě, karcinogenitě, toxicitě pro reprodukci apod.
- Kapitola 7 – zákon o PZH, hygienické limity apod.

- Kapitola 8 – česká a evropská legislativa týkající se chemických látek (CLP, REACH).

Stejně jako u SW CAMEO Chemicals program pracuje s přístupem na internet. V informacích je k nalezení mnoho odkazů a zdrojů, které pomáhají při potřebě dalších dat. Do odkazů je zakomponovaná také podpora TRINS. Celkový přehled informací je k dispozici u aktuálních verzí přímo v programu a na internetových stránkách výrobce [28]. Náhled programu je vyobrazen v příloze 2.

5.7 Vybraná modelová událost

Pro bakalářskou práci byla zvolena kombinace dvou nehod. Obě spojuje statut železničních nehod, první z níže uvedených se stala v USA, druhá v ČR. Kombinace byla zvolena záměrně, neboť na území České republiky se stává sice mnoho nehod spjatých s únikem NCHL, ovšem zásadní úniky a rozsáhlé lidské oběti se ČR vyhýbají. Modelace bude vedena dle reálné nehody, s informacemi dostupných z vyšetřovací zprávy Drážní inspekce.

5.7.1 Nehoda Graniteville

USA, Jižní Karolína – Graniteville, 6. 1. 2005 se srazila dvě kolejová vozidla. Dle šetření byla chyba v lidském faktoru s následkem 9 obětí, 500 zraněných osob a více jak 5 000 evakuovaných. Při srážce z kolejového vozidla uniklo 11 500 gal chloru tedy 43 527,5 l, o celkové hmotnosti 90 tun. [36].

5.7.2 Nehoda Dřísy

ČR, železniční zastávka Dřísy na trati mezi Lysou nad Labem a Ústím nad Labem západ s označením 503A, kde došlo 8. 11. 2015 v 21:53 k vykolejení vlakové soupravy. Souprava byla složená z trojice lokomotiv a 21 železničních cisteren o celkové hmotnosti 1 664 tun. Po nehodě se celá souprava rozdělila na 4 části, kde došlo ke třem vykolejením a dvěma převrácením cisterny. Incident se stal

u nedaleké železniční zastávky obce Dřísy s cca 1 000 obyvateli, kde se zablokovalo křížení pozemní komunikace s tratí (přejezd P 2782; komunikace č. 331).

Dle vyšetřování Drážní inspekce se stala MU kvůli únavě materiálu, respektive kolejí, vyrobených a položených roku 1980. Kolej na sobě měla známky opotřebení, při zatížení se vylomila hlava kolejnice v celkové délce 2,7 m, následovalo vykolejení s poničením soupravy. Drážní inspekce dále odhalila nevyhovující stav ostatních kolejnic. Celkové škody byly pouze materiální s celkovým vyčíslením 9 620 000 korun. Rozsahem byla nehoda inspekcí zařazena do závažných nehod.

Při MU došlo k úniku PHM z lokomotivy a dále k drobnému úniku jedné z cisteren převážející naftu. Cisterny převážející čpavek byly na kolejích kromě jednoho případu vykolejení, ovšem bez úniku látky [37]. Práce bude směřována k úniku látky z ventilu DN 50.



Obrázek 4 Rozfázované místo MU [38]

Tabulka 5 Dodatek k obrázku 4

Fáze události	Stav
1	Technická závada na kolejovém pásu (354,315 km trati 503A)
2	Vykolejená kolejová cisterna (1x nafta)
3	Vykolejené cisterny; převrácený cisternový vůz (2x na kolejích; 2x vykolejeno; 1x převrácení – vše nafta)
4	Zablokovaný železniční přejezd převráceným cisternovým vozem (1x převrácení – nafta)
5	Lokomotivy s nepoškozenými cisternami (3x lokomotiva; 8x čpavek; 5x nafta – vše bez poruchy)

[vlastní tvorba, vycházeno ze zdroje [37]]



Obrázek 5 Situace na místě zásahu [39]

Modelace bude zvolena na únik amoniaku při železniční nehodě, u které dojde k převrácení a následnému porušení cisterny s NCHL. Na základě doporučení programů stanovím zóny pro evakuaci obyvatel a výsledky porovnám.

5.8 Zdroj úniku

Z tabulky 5 je zřejmé, že na trati došlo ke dvěma případům převrácení cisteren. Právě tento aspekt bude použit, ačkoliv v reálné situaci k úniku amoniaku nedošlo.

Přeprava nebezpečných látek v režimu RID u kapalných látek, či zkapalněných je prováděna několika druhy cisternových vozů. Jejich kapacita je od 60 m³ do 95 m³. Dle fotodokumentace Drážní inspekce se v případě nehody v obci Dřísy využily cisterny typu Zagkks s kapacitou 95 m³. Vlak je tvořen páteřovým rámem a ocelovou tlakovou nádobou, vyztuženou šesti prstenci. Nádoba je odolná vůči možné explozi přepravované látky se vzduchotěsným uzavíráním. Povrch cisterny je opatřen epoxidovou barvou odolnou vůči vysokým teplotám. Vagon disponuje hrdly DN 50 pro vypouštění plynných frakcí a DN 80 pro převoz zkapalněných látek. Kolejové vozidlo je vybaveno samočinnou pneumatickou tlakovou brzdou a ruční vřetenovou manuální brzdou [40].

Tabulka 6 Technické parametry kolejové cisterny

Hmotnost prázdného vozu	32 500 kg
Ložný prostor	95 m ³
Rozměry tlakové nádoby	14 830 x 3 000 mm
Otvor nakládací (plnicí) vrchní	500 mm
Otvory výpustný (kapalina / plyn)	80 mm / 50 mm

[vlastní tvorba, vycházeno ze zdroje [40]]

5.9 Amoniak

Bezbarvá látka převážena jako stlačený nebo zkapalněný plyn se čpícím zápachem. Zde odvozen jeho triviální název Čpavek. Za přírodních podmínek se jedná o nehořlavý plyn, s velmi dobrou rozpustností ve vodě. Promísením se vzduchem, respektive kyslíkem, tvoří výbušnou směs. Vdechování látky dráždí oči, nos, leptá sliznice, způsobuje edém plic, vysoké koncentrace mohou způsobit zástavu dechu a smrt. Látka je schopna hořet, ovšem jen při vysokých koncentracích a vysokých teplotách. Potřebuje silný en. zdroj zapálení [34; 35].

Dle Skřehotovi publikace „Rozptyl těžkého plynu v atmosféře“ vychází z tabulky 1, že amoniak je plynem snášenlivým s relativní hustotou $0,59 \text{ kg.m}^{-3}$. Ovšem při úniku se tvoří velké množství studené mlhy s vlastností být těžší než vzduch [19], jev souvisí s vyšší hustotou unikající látky.

Při úniku do kanalizace se tvoří leptavá směs, za požáru dráždivé a žíravé, nebo toxické plyny. V některých případech obě varianty. U zahřátých tlakových nádob sloužících k přepravě látky může dojít k explozi. Při úniku NCHL, nebo úniku hasební látky může docházet ke znečištění ŽP [34; 35]. Pro řešení MU s výskytem amoniaku je možno využít služby TRINS, která shromažďuje odborníky a pomáhá při rozhodovacím procesu velitele zásahu na MU v třech stupních [41].

1. Stupeň – telefonická porada s odborníkem;
2. Stupeň – vyslání experta na MU;
3. Stupeň – poskytnutí SaP na podporu likvidace následků;

Informačními zdroji, kterými lze odhadovat zóny nejsou jen modelační programy, ale také databáze Medis Alarm a CAMEO Chemicals. Zde je možno dohledat hrubý odhad evakuačních zón. Obě databáze pracují s téměř totožnými hodnotami, Medis Alarm je napřed v hodnotě možného požáru a navýšení zóny.

6 VÝSLEDKY

6.1 Výsledky modelace ALOHA

Celková kapacita cisterny byla 95 000 l, s náplní 47 521 kg kapalného amoniaku. Z tohoto množství uniklo 33 261 kg za více než hodinu úniku. MU měla celkový dosah do 7 km. Program vyhodnotil řešení úniku dle modelu těžkého plynu s následujícími výsledky.

```
ALOHA 5.4.7 - [Text Summary]
File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help
SITE DATA:
  Location: DRISY, CZECH REPUBLIC
  Building Air Exchanges Per Hour: 1 (user specified)
  Time: November 8, 2015 2153 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: AMMONIA
  CAS Number: 7664-41-7
  Molecular Weight: 17.03 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 30 ppm AEGL-2 (60 min): 160 ppm AEGL-3 (60 min): 1100 ppm
  IDLH: 300 ppm LEL: 150000 ppm UEL: 280000 ppm
  Ambient Boiling Point: -33.8° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 3 meters/second from SSW at 3 meters
  Ground Roughness: open country Cloud Cover: 3 tenths
  Air Temperature: 10° C Stability Class: E
  No Inversion Height Relative Humidity: 41%

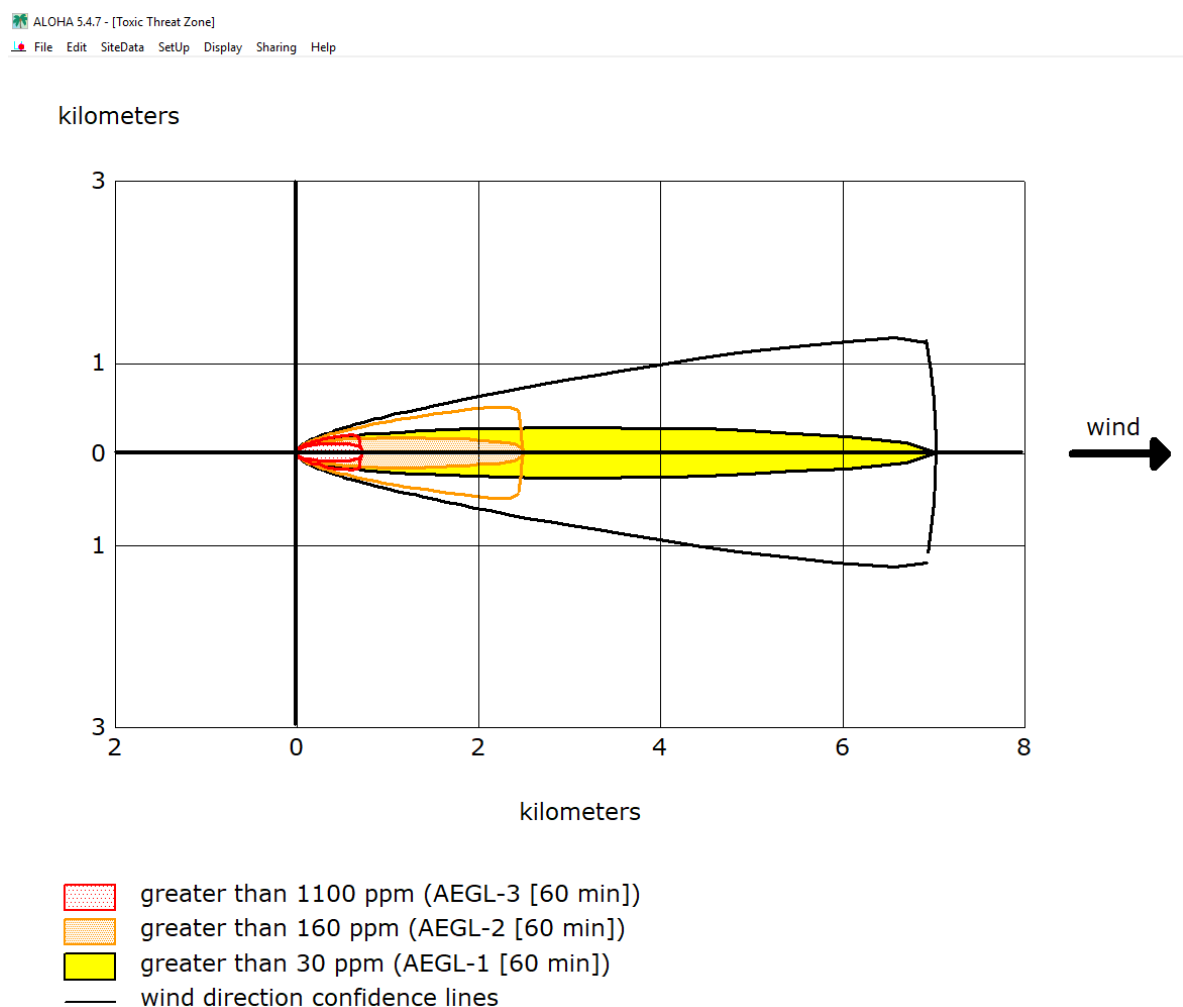
SOURCE STRENGTH:
  Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank
  Flammable chemical escaping from tank (not burning)
  Tank Diameter: 2.9 meters Tank Length: 14.39 meters
  Tank Volume: 95,049 liters
  Tank contains liquid Internal Temperature: 10° C
  Chemical Mass in Tank: 47,529 kilograms
  Tank is 80% full
  Circular Opening Diameter: 5 centimeters
  Opening is 0 meters from tank bottom
  Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
  Max Average Sustained Release Rate: 567 kilograms/min
  (averaged over a minute or more)
  Total Amount Released: 33,261 kilograms
  Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:
  Model Run: Heavy Gas
  Red : 718 meters --- (1100 ppm = AEGL-3 [60 min])
  Orange: 2.5 kilometers --- (160 ppm = AEGL-2 [60 min])
  Yellow: 7.0 kilometers --- (30 ppm = AEGL-1 [60 min])
```

Obrázek 6 Zadaná data a výsledky ALOHA

Modelace po zadání vstupních dat vytvoří výseč znázorňující 3 oblasti.

- Červená oblast – zde jsou koncentrace životu nebezpečné (letální koncentrace dávky), je nutné evakuovat obyvatelstvo.
- Oranžová oblast – prostor nebezpečný pro zdraví obyvatel. Zákaz vycházení a příprava na možnou evakuaci při zhoršení vývoje události.
- Žlutá oblast – znatelné koncentrace, které neohrožují zdraví osob. V těchto oblastech je doporučena obhlídka a zákaz větrání v obytných domech kvůli vniknutí větších dávek koncentrace do obydlí [19].



Obrázek 7 Vzdálenosti a koncentrace ALOHA

Ze závěrů programu vyplývá, že v místě úniku by byla koncentrace 1 760 000 ppm, která se se vzdáleností od zdroje podstatně zmenšovala. Tabulka 7 vychází ze vzdálenosti a koncentrace ppm na volném prostranství a v uzavřených prostorách kam by látka pronikla. NOISH uvádí, že letální dávka pro člověka tzv. LC₁₀ – neboli minimální koncentrace látky, která za jednotku času dokáže usmrtit subjekt, byla pro amoniak stanovena na hodnotu 5 000 ppm [49]. Vystavení a vdechování amoniaku by usmrtilo člověka za 10 minut. Z modelace vyplývá, že člověk ve vzdálenosti 285 m od zdroje úniku a po směru větru by po deseti minutách vdechování utrpěl zranění neslučitelná se životem [48]. V tabulce 7 OUT koncentrace znázorňuje ppm na volném prostranství, IN koncentraci, která by vnikla do uzavřených prostor.

Tabulka 7 Expoziční limity a vzdálenosti modelace ALOHA

ppm	0 m	5 m	10 m	20 m	40 m	100 m
OUT	1 760 000	1 290 000	832 000	422 000	159 000	31 000
IN	1 080 000	803 000	520 000	264 000	98 400	18 900
	250 m	500 m	1 000 m	2 000 m	3 000 m	4 000 m
OUT	6 280	1 970	652	223	121	78,6
IN	3 810	1 180	382	126	65,3	40,5
	5 000 m	6 000 m	7 000 m	8 000 m	9 000 m	10 000 m
OUT	56	41,6	31,4	24,5	19,7	16,3
IN	27,4	19,1	13,7	10,2	7,82	6,06

[vlastní tvorba, vycházeno modelace ALOHA]

6.2 Výsledky modelace TerEx

Modelace teroristickým expertem slouží k rychlé predikci následků, ovšem modely nejsou zcela přesné. Data vkládaná do SW jsou obdobná jako u sofistikovanějšího programu ALOHA, jsou jimi okolní teplota, množství uniklé

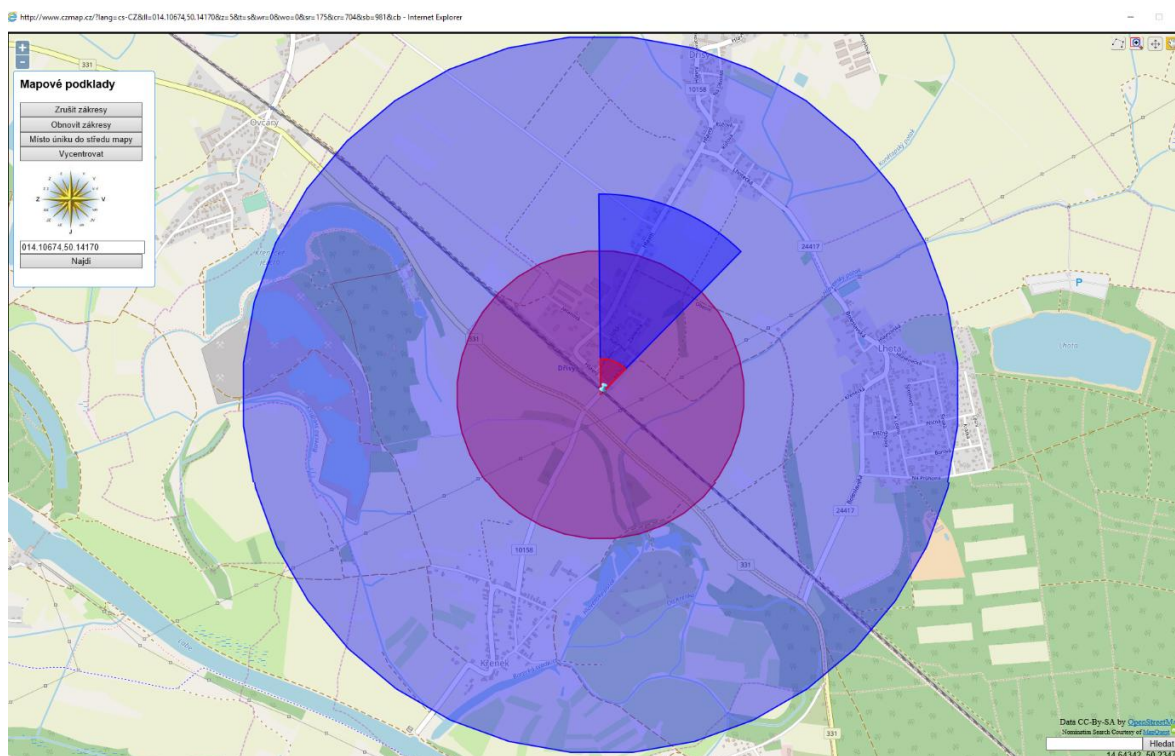
látky, rychlost větru. Dále je zde potřeba navolit roční období s denní dobou. Zde program nabízí pouze denní dobu v podzimním období, nebo noční dobu bez rozdílu ročního období. Dále se program dožaduje dat ohledně krajiny úniku. Zde byla navolena obytná krajina, neboť do práce byl zvolen vítr o rychlosti 3 m/s z SSW jiho - jihozápadu. Scénář byl zvolen PUFF.

TerEx Verze 3.1.1	15:08:26	06.05.2019	Licence pro : FBMI ČVUT

Událost:	TE190506_1502		
Model:	PUFF - Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku		
Látka:	Amoniak		
Teplota kapaliny v zařízení:	10 °C		
Celkové uniklé množství kapaliny:	47529 kg		
Rychlost větru v přízemní vrstvě:	3 m/s		
Pokrytí oblohy oblaky:	25 %		
Doba vzniku a průběhu havárie:	Den - Podzim		
Typ atmosférické stálosti:	B - konvekce		
Typ povrchu ve směru šíření látky:	Obytná krajina		
Ohrožení osob toxickou látkou			
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	981 m (3218.5 ft.)		
[Koncetrace: 1.007 g/m3]			
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku	1755 m (5757.87 ft.)		
[Koncetrace IDLH: 210 mg/m3 (Aktuální: 208.9 mg/m3)]			
Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku			
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	175 m (574.147 ft.)		
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním			
NUTNÝ ODSUN OSOB	429 m (1407.48 ft.)		
Závažné poškození budov			
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	322 m (1056.43 ft.)		
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem			
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI	704 m (2309.71 ft.)		

Obrázek 8 Základní data a výsledky TerEx

Na obrázku 9 je znázorněna modelace v programu TerEx pro obec Dřísy. Výstup je strukturován do několika barev. Na boku je větrná růžice udávající směr větru. Oblast chemického průzkumu by se nedotýkala pouze obce Dřísy, ale také obcí Lhota a Křenek. Jednotlivé zóny jsou popsány níže:



Obrázek 9 Grafický výsledek TerEx

- 175 m – tmavě červená zóna vyznačující území, kde jsou osoby vystaveny možností prošlehnutí oblaku a intoxikací.
- 704 m – světle červená zóna znázorňující poloměr, kde hrozí možné poranění osob uvnitř budov, poraněním sklem.
- 981 m – tmavě modrá barva vytyčující oblast zasažených osob plynem.
- 1 755 m – světle modrá zóna vyznačující se průzkumem a měřením toxických koncentrací.

6.3 Výsledky modelace RMP*Comp

Z kapitoly 5.3 vyplívá, že RMP*Comp nedisponuje mapovým podkladem, ani jiný znázorněním. V metodice 4.3 jsou popsána vstupní data s následujícím výsledkem provedení evakuace do vzdálenosti 4,5 km od místa nehody, kde je v okolí zraňující koncentrace AEGL – 3.

The screenshot displays the EPA RMP*Comp interface. At the top left is the EPA logo and the text 'United States Environmental Protection Agency'. Below it, the page title 'RMP*Comp' is shown, along with a 'Download' link. A breadcrumb trail indicates the user's location: 'You are here: RMP*Comp » Start » Summary'. A 'Contact Us' link is in the top right corner.

The main content area is titled 'RMP*Comp' and features a 'Back' button with a left-pointing arrow. Below this is a section titled 'Estimated Distance Calculation'. It contains a key result: 'Estimated distance to toxic endpoint: 2.8 miles (4.5 kilometers)'. A note explains that this is the downwind distance to the toxic endpoint, with reporting rules for distances shorter than 0.1 mile and longer than 25 miles.

The next section is 'Scenario Summary', which lists the following details:

- Chemical:** Ammonia (anhydrous)
- CAS number:** 7664-41-7
- Threat type:** Toxic Gas
- Scenario type:** Worst-case
- Physical state:** Liquefied under pressure
- Quantity released:** 47529 kilograms
- Release duration:** 10 min
- Release rate:** 5760 pounds per minute
- Mitigation measures:** Release in enclosed space, in direct contact with outside air
- Surrounding terrain type:** Urban surroundings (many obstacles in the immediate area)
- Toxic endpoint:** 0.14 mg/L; basis: ERPG-2

Below the scenario summary is a section for 'Assumptions about this scenario':

- Wind speed:** 1.5 meters/second (3.4 miles/hour)
- Stability class:** F
- Air temperature:** 77 degrees F (25 degrees C)

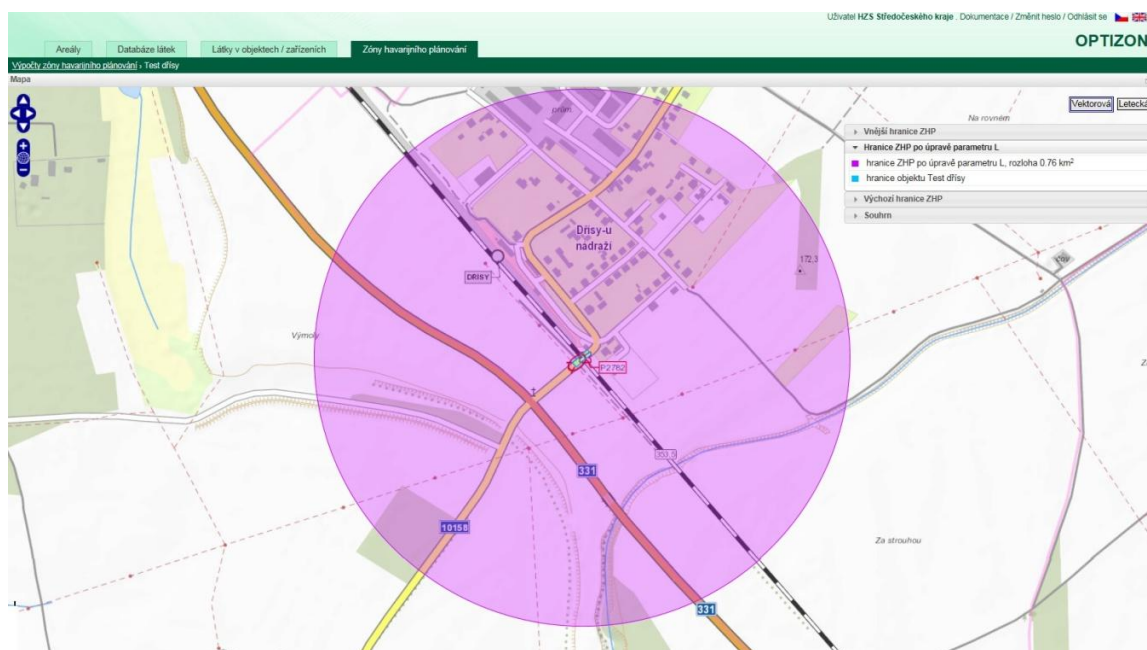
At the bottom of the page, there are links for 'EPA Home' and 'Privacy and Security Notice'.

Obrázek 10 Základní data a výsledek RMP*Comp

6.4 Výsledky modelace OPTIZON

Na obrázku 11 je ve středu kružnice vidět červeně ohraničený obdélník nedefinovaný jako železniční cisterna. Typ scénáře byl zvolen na toxický únik. Program zde dává k dispozici dvě varianty možného úniku, první možnost počítá s napojením na technologii a únikem, další varianta zohledňuje pouze únik. Amoniak v kapalném skupenství s celkovou kapacitou 47 529 kg byl dopočítán programem ALOHA.

Pro modelaci se vkládají další informace typu teploty látky a tlaku látky v zásobníku. Výstupem programu je výpočet efektivního množství uniklé látky a vytyčený předběžný perimetr o poloměru 492 m. V zóně je koncentrace se smrtelnou koncentrací, či s koncentrací nevratných účinků na nechráněné obyvatelstvo. Výpočet je stanoven na 10 % látky po dobu 30 minut. Procentuální hodnota je dále vynásobena modifikačním kvocientem [47].



Obrázek 11 Grafický výsledek OPTIZON

6.5 Pozitiva a negativa modelačních programů

V tabulce 8 jsou shrnuty kladné i záporné stránky jednotlivých modelačních programů. SW se od sebe liší značným způsobem, některé jsou velmi orientační a jejich výstup v poměru k ostatním výsledkům je v rozporu. Rozpory jsou dány zejména množstvím dodaných dat, z práce vychází, že čím více dat poskytne uživatel modelovacímu programu, tím více validní výsledky dostane. Pokud jde o vzdálenosti od epicentra, některé programy se liší a některé jsou svými vzdálenostmi téměř totožné. Vzdálenosti ovšem nebudou jediným možným komparativním aspektem. Další komparace budou rozebrány v kapitole 7 diskuse.

Tabulka 8 Vyhodnocení programů - pozitiva a negativa

Program	Pozitiva	Negativa
RMP*Comp	<p>Minimum vstupních dat</p> <p>Výběr ze dvou scénářů</p> <p>Chemická databáze</p> <p>Snadnost a intuitivnost</p> <p>Výsledek = evakuační zóna</p> <p>Rychlost</p>	<p>Nepřesnost</p> <p>Doba úniku 10 minut</p> <p>Pouze jednorázový únik</p> <p>Předvolená teplota a vítr</p>
ALOHA	<p>Provázanost na další SW</p> <p>Přesné výsledky</p> <p>Editace míst, látek, koncent.</p> <p>Koncentrace v času prostoru</p> <p>Kontrola zadaných dat</p> <p>Možnost zvolení modelů</p> <p>Možnost nastavení jednotek</p> <p>Pracuje s externí meteostanicí</p> <p>Grafický výstup</p> <p>Možnost využití u MU</p>	<p>Nutnost přesných dat</p> <p>Časová náročnost, zkušenost</p> <p>Množství přesných dat</p> <p>Omezení času a vzdálenosti</p> <p>MU pouze jednorázový únik</p>
TerEx	<p>Relativní jednoduchost</p> <p>V českém jazyce</p> <p>Rychlé použití</p> <p>Výstup možno vložit do mapy</p> <p>Excelový výstup výsledků</p>	<p>Pouze jednorázový únik</p> <p>Nepřesný</p> <p>Špatná práce s mapou</p> <p>Zastaralá databáze NCHL</p>
OPTIZON	<p>Relativní jednoduchost</p> <p>Mapový podklad</p> <p>Výběr z více scénářů</p> <p>Kapacita databáze NCHL</p>	<p>Nepřesnost</p> <p>Zastaralá databáze NCHL</p> <p>Únik pouze 10 % a 30 minut</p> <p>Fce. přepočtu z chlorovodíku</p>

[vlastní tvorba, zdroj výstupy programů]

6.6 Doporučení modelačních programů

Modelace poskytly velké množství zajímavých dat, přínosných pro velitele zásahu. Celá problematika má ovšem také své záporné stránky a proto budou v této kapitole sepsána doporučení k modelačním programům.

- SW ALOHA je možné využívat u MU, ovšem krom vybavení v podobě notebooku by byla optimální i externí meteostanice kvůli získání validních dat. Z tohoto důvodu bych SW určil prioritně pro OPIS. Další variantou by byla spolupráce s institucí, která by předdefinovala možné úniky, a uživatel by vložil jen jejich část. Čas by se efektivně zkrátil a velitel zásahu by dostal kvalitní výsledky v reálném čase.
- U zásahu je zapotřebí vložení minima vstupních dat a získat maximum informací, z tohoto hlediska zdá být neoptimálnější program TerEx.
- U programu TerEx by před uvedením do praxe bylo zapotřebí aktualizovat chemickou databázi.
- Program RMP*Comp není kvůli svým přednastaveným datům nijak použitelný, jeho uplatnitelnost je možná pouze v letních měsících, kdy venkovní teploty dosahují statických hodnot programu.
- Program OPTIZON by byl možný pro modelace, ovšem bylo by zapotřebí naprogramovat množství a čas, neboť program nevychází z úniku celé látky, ale jen 10 % za 30 minut.

7 DISKUZE

Modelační programy mohou být při řešení mimořádné události velkým kladem, ovšem je nutné nevnímat je jako dogma. Jedná se o možnou predikci, nikoliv stav, který se 100 % naplní. SW pracují na principu vytvoření nejhorší možné varianty, která v závěru události ani nemusí nastat. Těžkým plynem je paradoxně i plyn, který má za normálních podmínek stoupavý efekt, tedy má molární hmotnost nižší než vzduch v okolní atmosféře. Příkladem je i modelovaný únik, vzduch s molekulovou hmotností $28,96 \text{ g.mol}^{-1}$ je lehčím než amoniak s běžnou molekulovou hmotností $17,03 \text{ g.mol}^{-1}$. Ovšem při úniku plynu, který je stlačený, se ochlazuje, stoupá jeho hustota a po dobu než teplota stoupne na teplotu okolního prostředí, se chová jako plyn těžký [19].

7.1 Hodnocení modelačních programů

RMP*Comp stejně jako TerEx slouží k rychlé predikci MU, ovšem kvůli malému počtu vstupních dat se nedají brát jejich výsledky jako příliš validní. Pro první jmenovaný program jsou jasnými klady jednoduchost a intuitivnost programu, vložení několika dat a SW ihned vydá výsledek, který se může hodnotit jako hrubý odhad možné katastrofy. Dalším plusem je malá chemická databáze, která je postačující pro základní používané látky. Součet látek společně se směsmi dostává program celkově 206 databázových odkazů. Mezi nevýhody zařazují nepřesnost s dobou úniku, která je omezena na 10 minut, nemožnost korekce již statistických hodnot, jako teplota a rychlost větru. Program lze stáhnout a využít přímo na místě události což je jeho velikou výhodou. Jednoduchost a rychlost v kontrastu s ne příliš důvěryhodnými závěry [45].

ALOHA je přesným opakem rychlých modelovacích programů. Potřebuje velké množství dat, aby mohla podat nejpravděpodobnější výsledek. Negativními vlastnosti jsou časová náročnost modelace, potřeba validních informačních zdrojů

pro kvalitní výsledky a omezení času a prostoru, který se promítá do výsledku. SW je naprogramován, aby počítal únik s maximální časovou osou do 60 minut a 10 km délky. Nad tyto hodnoty by výsledky byly dosti zkreslené a nedaly by se aplikovat do praxe [22]. Pozitivních vlastností je zde několik vkládání vlastních geografických poloh, látek či koncentrací. Program je dostupný i pro širokou veřejnost kde je po modelaci vidět grafický výstup a po zapracování do MARPLOT lze vidět predikci jednotlivých zón i v mapovém podkladu. SW disponuje průvodcem, který na uživatele při modelaci dohlíží. Při vložení enormních hodnot ihned upozorní na zřejmě chybný údaj. Pro usnadnění vstupních dat lze připojit k PC externí meteostanici, kde SW čerpá nezbytná data k modelaci [22]. Výstupních dat je mnoho, na sumarizaci scénáře je možné dozvědět se, jaké množství uniklo a jeho časový interval, včetně největšího úniku za jednotku času. Program se dá použít u zásahu, ovšem lepší umístění by bylo spíše na OPIS či v štábu VZ, kde by probíhala důkladná analýza a vyhodnocování přesnosti programu na místě zásahu.

TerEx jako jedním z rychlých vyhodnocovacích programů pracuje na principu minima vstupních dat, ale na rozdíl od SW RMP*Comp na maximální efektivitu. Kladem pro mnoho českých uživatelů bude český jazyk, tedy srozumitelnost pro širší veřejnost. Modelace je kvůli minimům dat sice nepřesná, ale rychlá. Výhodou je promítnutí výsledku do mapy, kde lze zohlednit také směr větru. Práce s mapovým podkladem je ovšem horší z hlediska ovládní, bod úniku a zaměření zóny se musí odhadovat. Výstup lze importovat do tabulkového programu Excel, včetně výsledných grafů, vycházejících ze vzdálenosti a koncentrace, která ovšem není v porovnání s ALOHOU v jednotkách ppm, ale kg/m^3 . Součástí je také databáze chemických látek, ovšem její pravidelná aktualizace není běžná.

OPTIZON není typickým zástupcem modelačních programů. Vkládaná data jsou minimalizována, aby mohl modelovat i zasvěcený laik. Kladem programu je relativní jednoduchost a intuitivnost. Chemická databáze je sice zastaralá

a neaktualizovaná, nicméně základní data pro modelaci jsou k dispozici s kapacitou 4 986 látek dostačující. Pokud by databáze látek neobsahovala potřebnou NCHL, je možnost do programu látku přidat na základě svolení nebezpečnosti dle CLP jak lze zjistit z uživatelské dokumentace. Grafické znázornění výsledku ZHP je v mapovém podkladu.

Únik je modelován na dobu 30 minut s množstvím 10 %. Základním modelem modelace je únik chlorovodíku, který byl zvolen záměrně na základě svých termodynamických vlastností. Ostatní modelace, respektive látky, jsou dopočítávány na základě modifikačního přepočtu. 10% únik je zvolen na základě výpočtu amerického SW SLAB. Zraňující koncentrace byly testovány na krysách s přepočtem na lidského jedince. Ze závěrů vyplývá poměr 1/10, tedy že člověk je 10 x náchylnější ke koncentracím než krysa [50].

Chemické databáze byly do bakalářské práce zařazeny jako informační zdroj, jejich rozdílnosti s ohledem na vzdálenosti řeší podkapitola 7.2.4. Největším rozdílem z pohledu uživatele je možnost využití, pro Medis Alarm je využití i na offline režim a program poskytuje velkou škálu informací. Program CAMEO Chemicals sice také může pracovat offline, ovšem doplňující informace k látkám je na bázi odkazů. Mezi databázemi jsou drobné rozdíly ohledně vzdáleností od epicentra úniku. Vše je dáno aspektem měření vzdáleností (kilometry vs. míle).

7.2 Komparace

7.2.1 Komparace vložených dat a výsledků

Pro vyhodnocení modelačních programů jsem se rozhodl brát v potaz také množství vstupních dat, které do softwaru při modelaci vkládám. Tabulka 9 se skládá z množství vložených dat, která musí uživatel mít a vyplňuje je do jednotlivých oken programu. Dalším aspektem je možnost výběru, kde SW přímo disponuje daty a uživatel si jen musí zvolit variantu. Posledním výstupem

tabulky je množství dat vytěžených ze samotného výstupu modelace. Jak je vidět z tabulky 9, RMP*Comp dává uživateli k dispozici pouze jediný výsledek, kterým je vzdálenost od místa úniku. Sofistikovanější program ALOHA uvolňuje výsledků podstatně více, ovšem na úkor času a vstupních zadaných dat. Vyhodnocení znázorňuje poměr zadaných dat / dosažených výsledků. Další hodnotou je množství dat na jednotku informace. Z pohledu tabulky 9 by měl být nejlepším program RMP*Comp, ovšem validita jeho dat není v poměru k ostatním programům nijak optimistická. Tato domněnka je podpořena tabulkou 10 hodnotící vzdálenosti, pro řešení efektivní evakuace.

Tabulka 9 Komparace vložených dat

Data	Modelovací programy			
	ALOHA	TerEx	RMP*Comp	OPTIZON
Množství vložených dat	20	3	1	4
Výběr z možností	19	5	6	5
Množství výsledků	8	3	1	2
Vyhodnocení	39/8; 4,87	8/3; 2,66	7/1; 7	9/2; 4,5

[vlastní tvorba, zdroj výstupy programů]

7.2.2 Komparace jednotek ALOHA x TerEx

Další možnou komparací je velice zajímavý fakt, že programy ALOHA a TerEx pracují s rozdílnými jednotkami IDLH. První zmiňovaný pracuje s hodnotou 300 ppm, ovšem SW TerEx s hodnotou 210 mg/m³. Zde je možné provést propočít, kde zhodnotíme molekulovou hmotnost amoniaku 17,031 g/mol s výsledkem 302,3 ppm. Téměř totožná čísla vyhodnocují programy odlišně, Podle TerExu by zóna pro chemický průzkum byla o poloměru 1 755 m, ovšem po dopočítání tabulky pomocí programu ALOHA z kapitoly 6.1 je rozdíl mezi programy 115 m, neboť SW vypočítal tuto zónu s koncentrací 303 ppm na 1 640 m.

V tabulce 10 jsou znázorněny vzdálenosti vypočítané evakuace. Do problematiky ovšem opět vstupuje problém s převody jednotek. Nezbytná evakuace programu TerEx počítá s hodnotou 1,007 g/m³, kde po převodu na ppm koncentrace 1 450. Tato hodnota je oproti SW ALOHA o 350 ppm vyšší a pokud by se tento přepočít aplikoval do tabulek ALOHA, byla by nezbytná evakuace obyvatelstva 605 m, tedy o 113 m menší.

Souhrn po sjednocení jednotek mg/m³ a ppm:

- TerEx IDLH x ALOHA IDLH = 1 755 m x 1 640 m = rozdíl 115 m.
- TerEx AEGL - 3 x ALOHA AEGL - 3 = 605 m x 718 m = rozdíl 113 m.

7.2.3 Komparace dosažených výsledků

V tabulce 10 jsou dosažené výsledky prací s modelovacími programy. Je zřejmé, že pro evakuační zónu se shoduje více programy ALOHA a TerEx, než RMP*Comp a OPTIZON. U RMP*Comp vyšel tento výsledek kvůli rozdílnosti zadávaných dat. ALOHA vypočítala únik na cca 1,5 hodiny, ale RMP*Comp pracuje pouze s desetiminutovým únikem.

Tabulka 10 Komparace výsledných vzdáleností

Oblast	ALOHA	TerEx	RMP*Comp	OPTIZON
Červená AEGL - 1	718 m	981 m	4 500 m	492 m
Oranžová AEGL - 2	2 500 m	1 755 m	0	0
Žlutá AEGL - 3	7 000 m	0	0	0

[vlastní tvorba, zdroj výstupy programů]

7.2.4 Komparace CAMEO Chemicals a Medis Alarm

Výstupy z programů jsou vzdálenostní, expoziční, specifikace látky a doporučení na vedení zásahu. Vše záleží na vzdálenosti od zdroje úniku.

Z tabulky 11 vyplívá, že oba programy nedisponují stejnými daty, což je dáno odlišnými potřebami požadovaných hodnot. SW CAMEO Chemicals disponuje jednotkami PAC, které souvisí s AEGL, ERPG a TEEL. Poslední jednotka má obdobný význam jako ERPG. Všechny chemické látky nemají totožné hodnoty, a proto je zvolen pro hodnotu PAC následující postup. Prioritně používám AEGL, sekundárně ERPG. Pokud není k dispozici AEGL a ERPG, volím TEEL [44].

- PAC – 1 mírné přechodné účinky na zdraví;
- PAC – 2 nevratné účinky na zdraví, či narušení schopnosti sebezáchrany;
- PAC – 3 účinky život ohrožující;

Tabulka 11 Expoziční limity CAMEO Chemicals a Medis Alarm

CAMEO Chemicals (ppm)		Medis Alarm (ppm)	
ERPG – 1	25	ERPG – 1	25
ERPG – 2	150	ERPG – 2	150
ERPG – 3	1500	ERPG – 3	1500
AEGL – 1 (10/30 min)	30/30	0	0
AEGL – 2 (10/30 min)	220/220	0	0
AEGL – 3 (10/30 min)	2700/1600	0	0
0	0	HPK – 10	1500
0	0	HPK – 60	200
0	0	HAU – 20	500
0	0	HAU – 120	200
IDLH	300	IDLH	300
PAC – 1; 2; 3;	30;160;1100	0	0

[vlastní tvorba, vycházeno z přílohy 1; 2 [34; 35]

Tabulka 12 Komparace doporučených vzdáleností chemických databází

Program a specifikum	Denní doba a zóna evakuace
Medis Alarm; cisterna; nízký vítr	Den: 1,7 km
	Noc: 4,3 km
	Uzavření prostoru MU: 300 m
	Požár cisterny: 1,6 km
CAMEO Chemicals; cisterna; nízký vítr	Den: 1,771 km
	Noc: 4,3 km
	Uzavření prostoru MU: 304,8 m
	Požár cisterny: 0 km

[vlastní tvorba, vycházeno ze zdroje [34; 35]

7.2.5 Komparace s reálnou událostí

V kapitole 2.4.1 byla popsána mimořádná událost nehody s únikem amoniaku v texaském Houstonu. Z dohledané vyšetřovací zprávy uvádím jednotlivá data, která byla uveřejněna [51]. Ačkoliv se nejedná o zcela totožné nehody, obě události naplňují obdobná kritéria, která se dají porovnat.

Tabulka 13 Komparace modelací s reálnou situací

Aspekt	Houston 1976	Modelace	Rozdíl
Uniklá látka	Amoniak bezvodý	Amoniak bezvodý	0
Převoz	Aut. cisterna	Žel. cisterna	0
Množství NCHL	17 613 kg	47 529 kg	29 916 kg
Dislokace	Dálnice	Obytné území	Hrubost
Průměr úniku	250 cm	5 cm	245 cm
Uzavření prostoru	4 800 m	1 755 - 2 500 m	3 045 - 2 300 m

[vlastní tvorba, vycházeno ze zdroje [37;51]

- Při reálné situaci a modelaci došlo k úniku stejné látky.
- Převoz se lišil v použití cisteren (silniční / železniční), ovšem konstrukčně si jsou velice podobné, tento aspekt není důležitým.
- Rozdíl mezi látkami byl 29 916 kg, tedy 65,70 %.
- Silnice, kde se stala nehoda, je rovná a betonová. Program pracoval se zadanými informacemi o úniku do obytné zóny s mnoha překážkami.
- Průměr úniku v Houstonu byl průměr celé cisterny, modelace pracovala s průměrem 5 cm. Pro modelaci Houstonské situace by musela být do SW zadaný jednorázový únik, práce vychází z úniku kontinuálního.
- Reálná situace se uzavírala do vzdálenosti 4,8 km, modelace, ač většího množství by dle výsledku programu vyhodnotila situaci na uzavření 1 755 – 2 500 m. Tedy o 3 045 až 2 300 m méně.

Dalším aspektem šíření je teplota, která se dle serveru meteoblue.com pohybovala v Houstonu v rozsahu 20 – 31 °C s převážně částečnou oblačností [52].

7.2.6 Komparace s modelací ALOHA v praxi

Modelovaná situace byla komparována s modelací „Případová studie havárie cisterny přepravující nebezpečnou chemickou látku“. Obě modelace si jsou dosti podobné a mají pouze nepatrné rozdíly s odlišnými závěry. Zvolená událost Výzkumným ústavem bezpečnosti práce (VÚBP) byla nehoda u Karánic v Královéhradeckém kraji [54].

Tabulka 14 komparace modelací VÚBP a modelace BP

Aspekt	VÚBP	Modelace BP	Rozdíl
Uniklá látka	Amoniak bezvodý	Amoniak bezvodý	0
Převoz	Žel. cisterna	Žel. cisterna	0
Množství NCHL	44 000 kg	47 529 kg	2 529 kg
Uniklé množství	44 000 kg	33 261 kg	10 739 kg
Průměr úniku	8 cm	5 cm	3 cm

Kapacita/ naplnění	94,8 m ³ / 73 %	95 m ³ / 80 %	0,2 m ³
Doba úniku	36 minut	Cca 90 minut	54 minut
Okolní teplota	5 °C	10 °C	5 °C
Užité jednotky	ERPG	AEGL	jiné

[vlastní tvorba, vycházeno z modelace a zdroje [54]

- Při modelacích bylo užito stejného dopravního prostředku, stejné NCHL a téměř totožného množství látky.
- Dle modelace VÚBP došlo k úniku celé kapacity, dle úniku práce došlo k menšímu úniku o 24,4 %.
- Množství úniku a doba souvisí s velikostí výstupního otvoru, VÚBP modelovalo s uražením hrdla pro výpusť látky DN 80, bakalářská práce modelovala s únikem přes hrdlo pro plynnou frakci DN 50. Celková doba se lišila o 54 minut.
- Pro práce byly použity rozdílné jednotky, dle výstupu VÚBP bylo využito jednotek ERPG (AEGL nebyly v programu roku 2007 dostupné). Okolní teplota se lišila pouze o 5 °C, což by na modelace nemělo mít zásadní vliv.
- ERPG – 3: 1,3 km; ERPG – 2: 3,1 km; ERPG – 1: 7,6 km
AEGL – 3: 718 m; AEGL – 2: 2,5 km; AEGL – 1: 7 km

Z výstupu VÚBP je vidět, že ruptura větší o pouhé 3 cm může zapříčinit únik celého objemu ve třetinovém čase.

7.3 Doporučení

- Pro použití u zásahu se hodí programy TerEx a v případě jednorázového úniku také ALOHA. TerEx by potřeboval aktualizovat databázi NCHL. SW ALOHA bych doporučil spíše do štábu VZ, kde by se modeloval další možný postup látky. HZS ČR disponuje programem ROZEX, který je obdobou TerExu. Obsahuje integrovanou chemickou databázi Medis Alarm, která podléhá aktualizaci každý půlrok. Adekvátní cestou je tedy varianta

vložit SW ROZEX a TerEx přímo do rozhodovacího procesu VZ na místě zásahu, či lépe tuto činnost delegovat na člena štábu VZ.

- Programy RMP*Comp a OPTIZON bych pro predikci vedení zásahu nedoporučoval vůbec, první nedává mapový podklad a druhý je skutečně lepší pro plánování ZHP, než pro použití modelace na místě zásahu.
- HZS ČR řeší tuto problematiku v Řádu chemické služby, kde stanovuje minimální vzdálenost 100 m od úniku rozsáhlých oblak a par [53]. Dále, se problematice věnuje kapitola L 15 Bojového řádu. Osobně si myslím, že by nákup modelačního programu TerEx měl význam, ovšem VZ na místě zásahu musí řešit mnoho zásadních rozhodnutí a na vytváření modelací by neměl čas. Rychlost vytvoření modelace by mohla zapříčinit zpomalení činností v době, kdy je zapotřebí rychlá evakuace obyvatelstva. Z tohoto důvodu doporučuji SW pro štáb VZ. Pro VZ je dalším dostupným zdrojem informací databáze chemických látek, kterou disponuje OPIS, služba TRINS a speciálně vyškolený příslušník hasič – technik chemické služby.
- Některá vozidla HZS ČR jsou vybavena tablety s navigací, kvůli lepší orientaci a zvolení nejrychlejší cesty na místo zásahu. Součástí tabletu jsou i chemické databáze, kterými jsou například KUNA, Alarm a RescueCode poskytující informační zdroj. K těmto databázím bych doporučoval zakomponovat Medis Alarm, který obsahuje možné vzdálenosti evakuace. Mnoho informací je v Řádu chemické služby, ovšem data jsou vzhledem ke vzdálenosti dosti orientační a kombinace s SW Medis Alarm by byla jednoznačným přínosem díky své komplexnosti.
- Z hlediska vzdáleností by se dala aplikovat myšlenka karty, kterou by měl u sebe VZ. Dle analýzy dané oblasti a výčtu například 10-ti nejvíce převážených látek by se vytvořila tabulka, kde by bylo zohledněno množství látky (10; 20; 30; 40 tun) a vypočítaná evakuační zóna. Tato tabulka by byla skutečně pouze orientační, ovšem VZ by dostal možný zdroj aplikovatelných dat.

8 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo namodelování ukázkové události více modelačními programy a zhodnotit jejich výstupy s doporučení pro výběr vhodného modelovacího nástroje.

Před samotnou modelací jsem analyzoval legislativní dokumenty dotýkající se problematiky a udělal průzkum příčin možného vzniku nehody. Z práce vychází, že 39,1 % se nehody stávají za přepravy. Z tohoto důvodu byla pro bakalářskou práci zvolena nehoda s přepravou související. Dále jsem před modelací nadefinoval mimořádnou událost vycházející z reálné situace a zdroj úniku.

Pro modelaci jsem zvolil amoniak, který korespondoval s reálnou událostí. Tato událost sice neměla z hlediska úniku nebezpečných látek zdaleka takový rozsah, ovšem pro potřeby práce byla celá událost rozvinuta. Zvolený scénář byl aplikovaný na programy ALOHA, TerEx, RMP*Comp a OPTIZON. Práce dokazuje, že ačkoli jsem vkládal totožné údaje do všech programů, výsledky se lišily. Některé nepatrně, některé diametrálně. Komparace byla zvolena pro asi nejdůležitější otázku z pohledu VZ již je vzdálenost. Ovšem kvůli rozdílnosti programů dále komparace pokračovala i na udávané jednotky modelačních programů a chemické databáze. Posledním bylo zhodnocení s reálnou situací.

Jelikož se průmysl v České republice neustále rozvíjí, je zapotřebí jej zásobovat potřebnými surovinami, do kterých spadají i chemické látky. Právě NCHL se musejí do výrobních procesů dostávat často i z velkých vzdáleností, proto je doprava důležitým a rizikovým faktorem. Možné situaci se věnovala i má práce, kde využití softwarového nástroje může být zajímavým zdrojem dat. Ovšem neustále je potřeba mít na paměti, že se jedná pouze o možný vývoj události.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ADR	Silniční přeprava nebezpečných věcí
AEGL	Acute Exposure Guideline Levels
atm	Atmosférický tlak
BASF	Badisch Anilin and Soda Fabrik
BCHL	Bojová chemická látka
CAS	Chemical Abstracts – registr chemických látek
CLP	Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures
CO	Civilní obrana
ČOV	Čistička odpadních vod
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČVUT	České vysoké učení technické
EC	Evropská komise
EHS	Evropské hospodářské společenství
ERG	Emergency Response Guidebook
ERPG	Emergency Response Planning Guidelines
ES	Evropské společenství
EU	Evropská unie
GHS	Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií
H; P věty	Nebezpečí; pokyny k bezpečnému zacházení
HAU	Havarijní akční úroveň
HPK	Nejvyšší přípustná koncentrace
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
IATA DRG	Letecká přeprava nebezpečných věcí
IDLH	Immediately Dangerous to Life and Health

IKL	Ropovod Ingolstadt – Kralupy nad Vltavou – Litvínov
IMDG CODE	Námořní přeprava nebezpečných věcí
IZS	Integrovaný záchranný systém
LC ₅₀	Lethal Concentration
LTO	Lehký topný olej
MARS	The Major Accident Reporting System
NCHL	Nebezpečná chemická látka
NOAA	The National Oceanic and Atmospheric Administration
ppm	Part per milion
PZH	Prevence závažných havárií
RA	Radioaktivita
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RID	Železniční přeprava nebezpečných věcí
SaP	Síly a prostředky
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik
SSW	Směr větru z jiho - jihozápadu
SW	Software
TNT	Trinitrotoluen
TRINS	Transportní informační a nehodový systém
USA	United States of America
ZHP	Zóna havarijního plánování
ŽP	Životní prostředí

10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ADÁMKOVÁ, Marie a kolektiv. Směrnice Seveso III. *Enviprofi.cz* [online]. Praha: Verlag Dashöfer, 2013, 22. 5. 2013 [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: <https://www.enviprofi.cz/33/smernice-seveso-iii-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EpGY5V1LxZIb7GkGYw44oec/Vb>
2. PEETERS, Patrick a Julie VANHOENACKER. Seveso I,II and III: good things come in threes. *Lexology.com: European Union* [online]. EU: LEXOLOGY, 2015, 15. 6. 2015 [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=05bf6a55-d97f-4a5c-8214-6171c7d735b5>
3. FORINT, Pavel. Nová směrnice SEVESO III a její dopady. *Bozpinfo.cz* [online]. Praha: Verlag Dashöfer, 2012, 30. 7. 2012 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/nova-smernice-seveso-iii-jeji-dopady>
4. Zákon č. 350/2011 Sb. o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). In: Sběrka zákonů České republiky
5. BLÁHA, Karel a kolektiv. *Chemická směrnice REACH: Předmluva Václava Klause*. 1. Praha: CEP, 2007. ISBN 978-80-86547-61-9.
6. MIKA, Otakar J. Vybrané aspekty prevence závažných chemických havárií. In: *Bozpinfo.cz* [online]. Praha: Verlag Dashöfer, 2006, 21.12.2006 [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/co-naleznete-na-oborovem-portalu-s-nazvem-bozpinfo>
7. TRÁVNÍČKOVÁ, Zdeňka. Nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci a označování látek a směsí = nařízení CLP. *Szu.cz: STÁTNÍ ZDRAVOTNICKÝ ÚSTAV* [online]. Praha: SZU, 2018, 15. 5. 2018 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/navrh-narizeni-ghs-o-klasifikaci-a-oznacovani-latek-a-smesi-1>

8. Zákon č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií). In: Sbíрка zákonů České republiky
9. ČAPOUN, Tomáš, Jana KRYKORKOVÁ, Otakar J. MIKA, Ladislava NAVRÁTILOVÁ a Iason URBAN. *Chemické havárie*. Praha: MV - GŘ HZS ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8.
10. BERNÁTH, Michal. Výročí německé továrny smrti. Chemička, která zažila nejhorší katastrofy. In: *Lidovky.cz* [online]. Praha: Mafra, 2018, 28. 7. 2018 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: https://www.lidovky.cz/byznys/firmy-a-trhy/nemecka-tovarna-smrti-chemicka-ktera-zazila-nejhorsikatastrofy-ve-svem-odvetvi.A180727_113603_firmy-trhy_mber
11. HARADA, Masazumi. Niigata Minamata disease. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 25. 6. 2017 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Niigata_Minamata_disease
12. TŮMA, Milan. Dioxin. In: *NovySmer.cz* [online]. Praha, 2011, 19. 12. 2011 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://novysmer.cz/index.php/ze-sveta/2436-dioxin>
13. NEKVAPILOVÁ, Vlasta. *V. ročník konference Medicíny katastrof: Dopravní nehody ve světě*. Hradec Králové, 2008. Dostupné také z: www.zsa.cz/katastrofy2008/2_5.pdf
14. ČTK, iDNES.cz. Výbuch ropovodu zaživa upálil stovky lidí. *IDNES.cz* [online]. Praha: Mafra, 2006, 26. 12. 2006 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/vybuch-ropovodu-zaziva-upalil-stovky-lidi.A061226_131049_zahranicni_jan

15. KLEIN, Bethany. 1998 Jesse pipeline explosion. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 11. 1. 2009 [cit. 2019-02-18]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/1998_Jesse_pipeline_explosion
16. JENERÁLOVÁ, Ivana. Podnikání: Chemický průmysl v ČR. *Czech.cz* [online]. Praha, 2011, 20. 12. 2011 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z:
<http://www.czech.cz/cz/Podnikani/Firmy-v-CR/Chemicky-prumysl-v-CR>
17. BENEŠ, Edvard D. Před 40 lety došlo k nejtragičtější průmyslové nehodě. *Mostecký deník* [online]. Most: VLTAVA LABE MEDIA, 2014, 19. 7. 2014 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z:
https://mostecky.denik.cz/zpravy_region/obrazem-pred-40-lety-doslo-k-nejtragictejsi-prumyslove-nehode-20140719.html
18. NUC, Jan, Václav FEREBAUER a Roman ŠAFHAUSER. Výbuch v areálu chemičky v Kralupech zabil šest lidí. *IDNES.cz* [online]. Praha: Mafra, 2018, 22. 3. 2018 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z:
https://www.idnes.cz/praha/zpravy/vrtulnik-chemicka-kralupy-nad-vltavou-zachranari-hasici-policie.A180322_104319_praha-zpravy_nuc
19. SKŘEHOT, Petr a kolektiv. *Rozptyl těžkého plynu v atmosféře: teorie - modely - experimenty*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2018. ISBN 978-80-905401-2-5.
20. Sbíрка interních aktů řízení generálního ředitele HZS ČR: Čj. MV-148714-1/PO-IZS-2017. 6. Praha, 2017.
21. BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií I. 2*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2007. ISBN 978-80-7385-005-0.
22. SKŘEHOT, Petr a kolektiv. *Prevence nehod a havárií: 2. díl: Mimořádné události a prevence nežádoucích následků. 1*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-73-9.
23. Zákon č. 111/1994 Sb. o silniční dopravě. In: Sbíрка zákonů České republiky

24. MILETÍN, Jiří a Pavel KONEČNÝ. *ADR 2017*. 1. Praha: M KONZULT, 2017. ISBN 978-80-902202-5-6.
25. BARTA, Jiří a Tomáš LUDÍK. *TerEx - modelování a simulace: Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNÁŘE*. 1. Brno, 2012. Dostupné také z: https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/26278/mod_resource/content/1/Studijni_pomucka_TerEx.pdf
26. *CAMEO software: What is the CAMEO software suite?* [online]. Washington DC [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/what-cameo-software-suite>
27. LUDVÍK, Miroslav. *Český lékopis 2017*. 1. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0500-7.
28. *Databáze nebezpečných látek MEDIS-ALARM: Medistyl* [online]. Praha: MEDISTYL, 2019 [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.medistyl.info/index.php/cz/databaze-nebezpecnych-latek/databaze-nebezpecnych-latek-medis-alarm>
29. ŠÍN, Robin a kolektiv. *Medicína katastrof*. 1. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-295-4.
30. BENEŠOVÁ, Petra a Kateřina KOZMOVÁ. Povodně roku 2002 vyplavily i Spolanu Neratovice. Lidi ohrožoval únik chloru. In: *IROZHLAS: Český Rozhlas* [online]. Praha: MAFRA, 2012, 15. 8. 2012 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/povodne-roku-2002-vyplavily-i-spolanu-neratovice-lidi-ohrozoval-unik-chloru_201208150300_kpracharova
31. *Spolana: Protipovodňová ochrana* [online]. Neratovice, 2015 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.spolana.cz/CZ/ONas/Zivotni-Prostredi/Stranky/Protipovodnova-Ochrana.aspx>
32. HRDLIČKA, Jan. Únik amoniaku na zimním stadionu ve Znojmě. In: *FIREBrno.cz* [online]. Znojmo: MV, 2007 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.firebrno.cz/pracoviste-laborator/unik-amoniaku-na-zimnim-stadionu-ve-znojme>

33. Česká inspekce životního prostředí: Příklady významných vodohospodářských havárií od roku 1964 [online]. Praha: C. H. Beck, 2016 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: http://www.cizp.cz/Havarie-na-vodach?text_size=up
34. CAMEO CHEMICALS. Database of Hazardous Materials. In: cameochemicals.noaa.gov. [online]. Dostupné z: <https://cameochemicals.noaa.gov/unna/1005>
35. MEDISTYL, kapitola 1; AMONIAK [cit. 2019-02-22]
36. GIRARDEAU, Tripp. Remembering the Graniteville train wreck 13 years later. In: *Aiken Standard* [online]. Aiken: Aiken Press, 2018, 1.5.2018 [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: https://www.aikenstandard.com/news/remembering-the-graniteville-train-wreck-years-later/article_0630ef46-f24e-11e7-9446-334352f2c84b.html
37. TICHÝ, Pavel a Jan NOVÁK. Zpráva o výsledcích šetření příčin a okolností vzniku mimořádné události: Vykojení vlaku Nex 359511 na dráze železniční, celostátní, v železniční stanici Dřísy. 1. Praha: Drážní inspekce, 2015. č.j.: 6-3621/2015/DI.
38. Mapy.cz. In: *Mapy.cz* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.6340728&y=50.2427948&z=16&source=pubt&id=15211314>
39. BENÍŠKOVÁ, Alena a ČTK. U Prahy vykojil vlak s nákladem nafty a čpavku, trať je neprůjezdná. In: *IDNES.cz* [online]. Praha: MAFRA, 2015, 9.11.2015 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/cerna-kronika/vykojeny-vlak-s-naftou-drisy-u-prahy.A151109_071859_krimi_ale
40. NOWAK, Marzena. 4-axle rail tank car 95 m3 , for the transport of liquefied gases from the 2 RID class: ammonia and propane-butane: Wagon type MB54-945. In: *Tankwagon.pl* [online]. Szczecin: TANKWAGON Sp., 2014, 2014 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://www.tankwagon.pl/wp-content/uploads/2014/05/karta-techniczna-MB54-945-ENG.pdf>

41. GABRIŠ, David a Ladislav ŠPAČEK. Výroční zpráva: Vyhodnocení činnosti systému TRINS za rok 2018. *Unipetrol* [online]. Litvínov: Unipetrol RPA, 2019, 2019 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: http://www.unipetrolrpa.cz/CS/sluzby-areal/trins/Documents/VZ_TRINS.pdf
42. HLAVATY, Craig. 41 years ago a fatal ammonia truck disaster claimed the lives of several Houstonians. *Chron* [online]. Houston, 2017, 11.5.2017 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.chron.com/news/houston-texas/houston/article/1976-7443377.php>
43. SLUKA, Vilém. Výkladový terminologický slovník některých pojmů používaných v posouzení rizik závažné havárie pro účely zákona o prevenci závažných havárií. In: *Bozpinfo.cz* [online]. Praha: Verlag Dashöfer, 2018, 6-7.2018 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.vubp.cz/images/soubory/prevence-zavaznych-havarii/metodiky/vykladovy-terminologicky-slovník-unor-2019.pdf>
44. Protective Action Criteria. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2014, 29.5.2014 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Protective_Action_Criteria
45. *RMP*Comp* [online]. USA, 2018 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/rmp/rmpcomp>
46. SENČÍK, Josef a kolektiv. Havarijní a územní plánování z pohledu prevence závažných havárií. *Bozpinfo.cz*[online]. Praha: Verlag Dashöfer, 2016, 6.4.2016 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/havarijni-uzemni-planovani-z-pohledu-prevence-zavaznych-havarii>
47. ČENĚK, Aleš. *Krizová legislativa: Soubor zákonů*. 1. Plzeň: Aleš Čeněk, 2016. ISBN 978-80-7380-627-9.
48. BINGHAM, Eula a Barbara COHRSEN. *PATY'S TOXICOLOGY*. 6. New Jersey: Wiley, 2012. ISBN 978-1-118-16576-8.

49. *The National Institute for Occupational Safety and Health (NOISH): Ammonia* [online]. Atlanta: NOISH, 2014 [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/7664417.html>
50. ČEJKA, Zdeněk. *Koncentrace NL Optizon a Rozex: Emailová komunikace (Zdeněk Čejka a Roman Straňák)*. Praha, 2018.
51. TODD, Webster B. a Kay BAILEY. Highway Accident report: NTSB – HAR – 77 - 1. In: *NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD* [online]. Washington, D.C.: NTSB, 1977, 4.3.1977 [cit. 2019-05-10]. Dostupné: <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HAR7701.pdf>
52. *Podnebí Houston* [online]. Basilej: meteoblue, 2018 [cit. 2019-05-08]. Dostupné: https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/modelclimate/houston_spojen%C3%A9-st%C3%A1ty-americk%C3%A9_4699066
53. HZS ČR. *Řád chemické služby Hasičského záchranného sboru ČR*. 1. Praha: Ministerstvo vnitra, 2017. ISBN 978-80-87544-49-5.
54. MARKOVÁ, E. *Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí*. 1. Úpice: Hvězdárna v Úpici, 2007. ISBN 978-80-86303-11-6.
55. *Středočeský kraj: Informace zpracováváné pro objekty zařazené do skupiny A nebo do skupiny B* [online]. Praha, 2016 [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.kr-stredocesky.cz/web/20994/245>

11 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Bezpečnostní tabulka ADR [24].....	37
Obrázek 2 Bezpečnostní značky ADR [24]	38
Obrázek 3 GHS symboly [24]	38
Obrázek 4 Rozfázované místo MU [38]	54
Obrázek 5 Situace na místě zásahu [39]	55
Obrázek 6 Zadaná data a výsledky ALOHA	58
Obrázek 7 Vzdálenosti a koncentrace ALOHA	59
Obrázek 8 Základní data a výsledky TerEx.....	61
Obrázek 9 Grafický výsledek TerEx	62
Obrázek 10 Základní data a výsledek RMP*Comp.....	63
Obrázek 11 Grafický výsledek OPTIZON	64

12 SEZNAMU POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 Rozbor obětí a přeživších v zahraničí dle „Chemické havárie“	22
Tabulka 2 Rozbor obětí a přeživších v ČR dle "Chemické havárie"	28
Tabulka 3 Klasifikace nebezpečných věcí ADR	36
Tabulka 4 Havarijní modely TerEx	47
Tabulka 5 Dodatek k obrázku 4.....	55
Tabulka 6 Technické parametry kolejové cisterny.....	56
Tabulka 7 Expoziční limity a vzdálenosti modelace ALOHA	60
Tabulka 8 Vyhodnocení programů - pozitiva a negativa	65
Tabulka 9 Komparace vložených dat	70
Tabulka 10 Komparace výsledných vzdáleností	71
Tabulka 11 Expoziční limity CAMEO Chemicals a Medis Alarm	72
Tabulka 12 Komparace doporučených vzdáleností chemických databází	73
Tabulka 13 Komparace modelací s reálnou situací	73
Tabulka 14 komparace modelací VÚBP a modelace BP	74

13 SEZNAM PŘÍLOH


Příloha 1 Informace CAMEO Chemicals	90
Příloha 2 Informace Medis Alarm.....	91
Příloha 3 Grafické znázornění doporučené evakuace úniku cisternových vozů.	92
Příloha 4 Mapový podklad výsledku ALOHA	92
Příloha 5 Mapový podklad výsledku ALOHA z blízka	93
Příloha 6 Tabulka koncentrací TerEx se vztahem k vzdálenosti	93

Příloha 1 Informace CAMEO Chemicals


CAMEO Chemicals

Organizace spojených národů / North American Number Datasheet Tisková stránka


UN / NA 1005




NON-FLAMMABLE GAS 2




INHALATION HAZARD 2



CORROSIVE 8



1005



INHALATION HAZARD

→ CAMEO Chemicals má 1 chemický list s doporučeními pro toto číslo UN / NA. Doporučení pro reakci z ERG jsou uvedeny níže.

Příručka pro nouzovou reakci (ERG, 2016)

[Co jsou tyto informace?](#)

Názvy materiálů

Bezbarvý čpavek
Bezvodý amoniak



Příručka pro odpověď 125

[Plyn - Žíravé](#)

Angličtina Español Français

ERG Tabulka 1: Počáteční izolace a vzdálenosti ochranných opatření

Název materiálu	Malé úniky (z malého balení nebo malého úniku)			Velké škody (z velkého balení nebo mnoha malých balení)		
	Nejprve oddělte všechny směry	Pak Protect Downwind		Nejprve oddělte všechny směry	Pak Protect Downwind	
		Den	Noc		Den	Noc
Bezbarvý čpavek	100 ft	0,1 mil	0,1 mil	Viz Tabulka 3		
Bezvodý amoniak	100 ft	0,1 mil	0,1 mil	Viz Tabulka 3		

ERG nepředpokládá, že by se vytvářely velké množství **plynů toxických vdechováním**, pokud by se tento materiál rozlil do vody.

ERG Tabulka 3: Počáteční izolace a ochranné vzdálenosti vzdálenosti pro různé množství šesti obvyklých toxických plynů


Převážný kontejner	Nejprve oddělte všechny směry	UN1005 Bezvodý amoniak: velké rozliti					
		Den			Noc		
		Nízký vítr (<6 mph)	Mírný vítr (6-12 mph)	Vysoký vítr (> 12 mil / h)	Nízký vítr (<6 mph)	Mírný vítr (6-12 mph)	Vysoký vítr (> 12 mil / h)
Cisternový vůz	1000 ft	1,1 mil	0,8 mi	0,6 mi	4,3 km	1,4 mi	0,8 mi
Několik malých lahví	100 ft	0,2 mil	0,1 mil	0,1 mil	0,5 mil	0,2 mil	0,1 mil

Hazmatová tabulka (49 CFR 172.101)

[Co jsou tyto informace?](#)


UN / NA	Správný přepravní název	Třída nebezpečnosti	Štítky	Poznámky *
UN	Bezbarvý čpavek	2.2	2.2	Domácí (USA), inhalační nebezpečí (Zvláštní ustanovení 13)
UN	Bezbarvý čpavek	2.3	2.3, 8	Mezinárodní, inhalační nebezpečná zóna D


* Existují tři poznámky: (1) zda jsou zobrazené informace pro domácí (US) nebo mezinárodní zásilku (není-li výslovně uvedeno, platí pro oba), (2) zda má řádný název dopravy obsahovat jedno nebo více technických jmen nebezpečné látky v závorkách a (3) zda je nebezpečným materiálem inhalační nebezpečí.

 2.2 - Nehořlavý, ne-jedovatý plyn

 2.3 - Jedovatý plyn

 8 - Žíravý

 UN / NA číslo 1005 (čpavek, bezvodý)

 Inhalační nebezpečí (Zvláštní ustanovení 13)

[O | Ochrana osobních údajů](#) | [Kontaktujte nás](#) | [Webové stránky Průzkum spokojenosti](#) | [Mobilní stránky](#)



Vlastník webových stránek: [Úřad pro reakci a obnovu](#), [Národní služba oceánu](#), [Národní oceánská a atmosférická správa](#), [USA.gov](#).

CAMEO Chemicals verze 2.7.1.

Příloha 2 Informace Medis Alarm

Medis-Alarm 118D

Kapitoly Látka Oblíbené Poznámky Pomoc

Vysvětlivky F1 Signální slovo UN číslo Hledej

R-věty S-věty H-věty P-věty

AMONIAK ; bezvodý

Kemlerův kód (ADR): **268**
UN číslo: **1005**

Bezpečnostní značka ADR/RID (RID) *
Výstražný symbol CLP
Výstražný symbol DSD

Upozornění

Identifikace:

Registrační číslo CAS:	7664-41-7
Číslo ES (EINECS/ELINCS/NLP):	231-635-3
Indexové číslo (ECC):	007-001-00-5
Nařízení REACH:	Látka je uvedena v příloze XVII. viz kapitola E8
Sumární vzorec:	H3N
Funkční vzorec:	NH3

Identifikace látky v předpisech:

ammonia, anhydrous • (dle 1272/2008/ES EN)
amoniak, bezvodý • (dle 1272/2008/ES CZ)
Ammoniak, wasserfrei • (dle 1272/2008/ES DE)

Synonyma:

ammonia (vžimentes) (dle IUPAC - HU)
Ammonia ; anhydrous
Ammonia ; liquefied gas

Chemická struktura:

N

Nouzová opatření:

ERG 2016 [ERG125](#)
ERIC 2015 [2-42](#)

Bezpečnostní údaje:

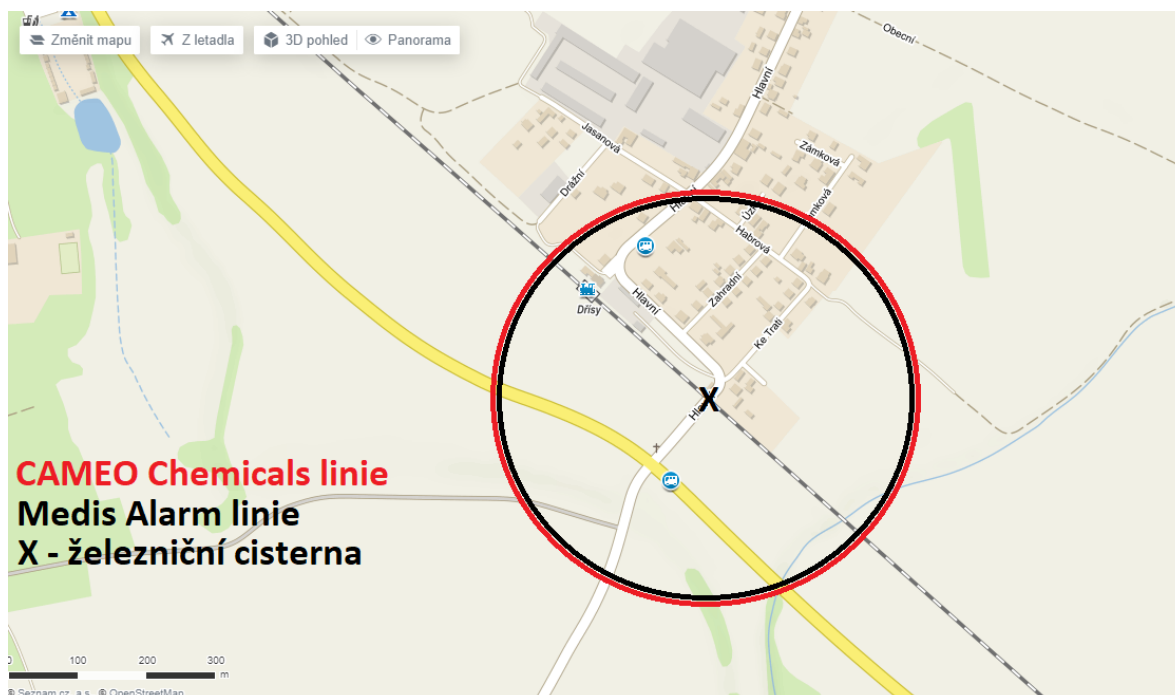
Klasifikace:	R10 T; R23 C; R34 N; R50
Výstražný symbol:	T - <i>Toxický</i> N - <i>Nebezpečný pro životní prostředí</i>
R-věty:	10-23-34-50
S-věty:	(1/2-)-9-16-26-36/37/39-45-61
Klasifikace (revidovaná):	Flam. Gas 2; H221 Press. Gas (Liq.); H280 Acute Tox. 3 (L); H331 Skin Corr. 1B; H314 Aquatic Acute 1; H400 Aquatic Chronic 2; H411 STOT SE 3; H335
P-věty:	viz kapitola F2
Výstražný symbol:	(GHS04) GHS05 GHS06 GHS09
Signální slovo:	Nebezpečí
H-věty - označení:	H221 H280 H314 H331 H335 H400 H411
Poznámky:	U
Koncentrační limity:	1 % ≤ C < 5 %: Skin Irrit. 2; H315 2,5 % ≤ C < 25 %: Aquatic Chronic 3; H412 C ≥ 5 %: Skin Corr. 1B; H314 C ≥ 5 %: STOT SE 3; H335 C ≥ 25 %: Aquatic Chronic 2; H411 C ≥ 25 %: Aquatic Acute 1; H400
Multiplikační faktory:	M=1
Poznámka zpracovatele:	Klasifikace CLP se liší od harmonizované klasifikace CLP (změny jsou zvýrazněny červeně). Tučně je uvedena harmonizovaná klasifikace, ostatní třídy doklasifikovány dle jiných zdrojů. Standardně vypsána klasifikace je doplňující klasifikace CLP.

CLP harm

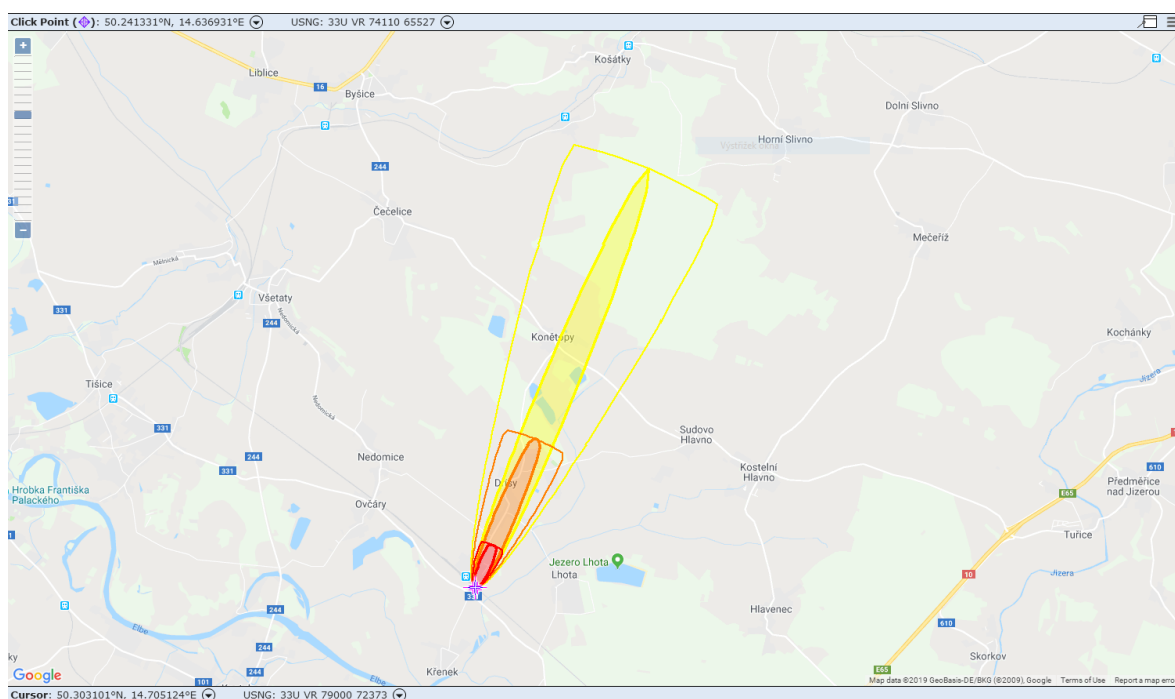
Kemlerův kód (ADR):	268
Kemlerův kód (RID):	268
UN číslo:	1005
ADR:	2,2TC
RID:	2,2TC
Bezpečnostní značka (ADR):	2.3 + 8
Bezpečnostní značka (RID):	2.3 + 8 (+ 13)
Obalová skupina ADR/RID:	-
IMDG:	2.3
IMDG-vedlejší nebezpečí:	8 P
Marine pollutants:	Látka znečišťující moře
Značka pro látky ohrožující životní prostředí	Ano
ICAO/IATA:	2.3 Zákaz letecké přepravy v osobní dopravě, v nákladní dopravě pouze s omezením.
IATA-vedlejší nebezpečí:	8
HAZCHEM 2017:	2XE
Nouzová opatření ERG 2016:	ERG125 - PLYNY - ŽÍRAVÉ
Nouzová opatření ERIC 2015:	2-42 - TOXICKÉ ŽÍRAVÉ PLYNY, ZKAPALNĚNÉ NEBO POD TLAKEM ROZPUŠTĚNÉ
Celní sazebník:	2814 10 00

9 / 10186 | AMONIAK ; bezvodý | Identifikace | 2018/12 V4 2.311

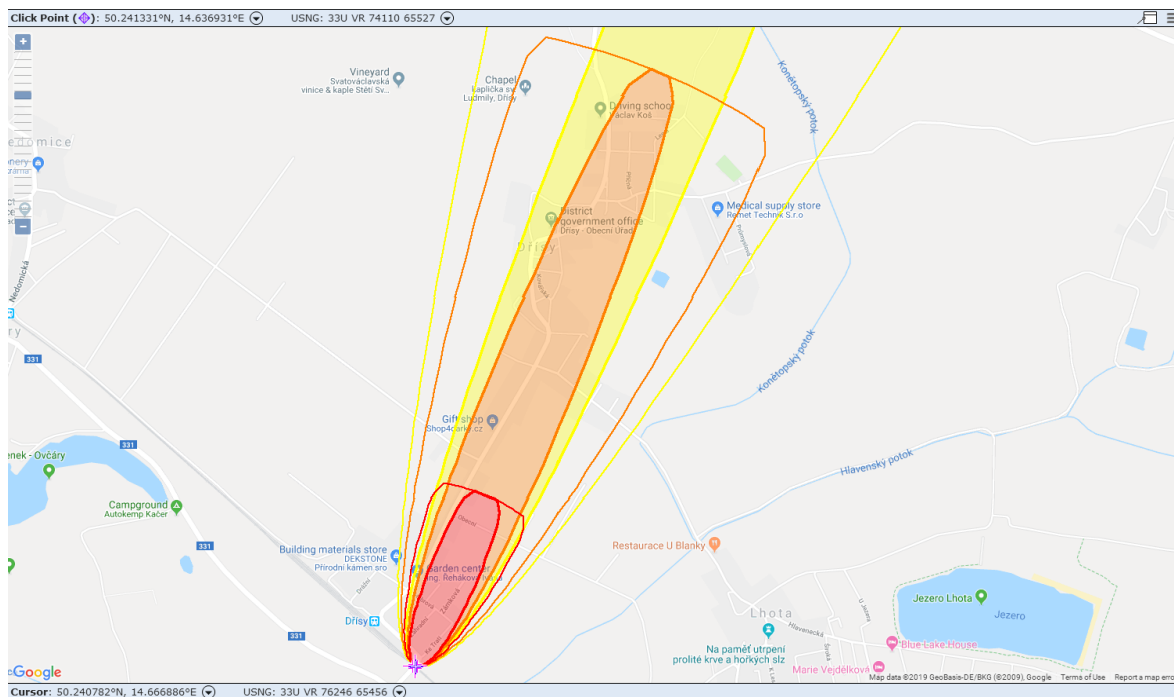
Příloha 3 Grafické znázornění doporučené evakuace úniku cisternových vozů



Příloha 4 Mapový podklad výsledku ALOHA



Příloha 5 Mapový podklad výsledku ALOHA z blízka



Příloha 6 Tabulka koncentrace TerEx se vztahem k vzdálenosti

