

Dopravní nehoda s únikem nebezpečné látky

Jiří Matúšů

Bakalářská práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Jiří Matúšů
Osobní číslo: L20479
Studijní program: B1032A020002 Ochrana obyvatelstva
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Dopravní nehoda s únikem nebezpečné látky

Zásady pro vypracování

1. Na základě dostupných zdrojů zpracujte teoretickou část dané problematiky.
2. Vypracujte případovou studii u dopravní nehody s únikem nebezpečné látky pomocí zvolených softwarových nástrojů a proveďte vzájemné porovnání výstupů.
3. Na základě vypracované případové studie navrhněte vhodná řešení směřující ke zlepšení současného stavu problematiky dopravních nehod s únikem nebezpečné látky.

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

Seznam doporučené literatury:

1. ČESKO. *Bojový řád jednotek požární ochrany. II..* V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 2017. ISBN 978-80-7385-197-2.
2. MV – GR HZS ČR. *Modul – G: integrovaný záchranný systém a požární ochrana.* Praha: Ministerstvo vnitra. 2020. ISBN 978-80-7616-071-2.
3. POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie.* Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. 2017. ISBN 978-80-7251-467-0.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivan Princ**
Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2023**

L.S.

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

prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

V Uherském Hradišti, dne: 5.5.2023

Jméno a příjmení studenta: Jiří Matúšů

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na téma dopravní nehoda s únikem nebezpečné látky. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část popisuje předpisy a normy v oblasti přepravy nebezpečných látek, nebezpečné látky, dopravní nehody, softwarové nástroje k modelování a Integrovaný záchranný systém České republiky. Praktická část je věnována tvorbě případové studie s využitím dvou softwarových nástrojů ALOHA a TerEx, přičemž jsou oba tyto nástroje vzájemně porovnávány. V závěru práce jsou navržena opatření ke zlepšení problematiky dopravní nehody s únikem nebezpečné látky.

Klíčová slova: dopravní nehoda, nebezpečná látka, Integrovaný záchranný systém České republiky, softwarový nástroj ALOHA, softwarový nástroj TerEx

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on the topic of traffic leakage accident of hazardous substance. The thesis is divided into theoretical and practical parts. The theoretical part describes regulations and standards in the field of transport of hazardous substances, hazardous substances, traffic accidents, software tools for modelling and the Integrated Rescue System of the Czech Republic. The practical part is devoted to the creation of a case study using two software tools ALOHA and TerEx, both of which are compared with each other. In the conclusion of the work are some measures, which can improve the problem of traffic accidents with leakage of hazardous substances.

Keywords: traffic accident, hazardous substance, Integrated rescue system of the Czech Republic, software tool ALOHA, software tool TerEx

Mé poděkování náleží všem, kteří mě při tvorbě této práce podporovali a motivovali. V první řadě chci poděkovat Ing. Ivanu Princovi za jeho odborné vedení a drahocenný čas, ve kterém byl vždy připraven a ochoten poskytnout své rady a postřehy. Obrovské díky patří i mé rodině, která byla mou oporou i v těch nejsložitějších chvílích a studium mi svým laskavým a milujícím přístupem umožnila. Za inspiraci, pozitivní energii a finální podobu práce zaslouží velké díky Mgr. Gabriela Pavlisková. V neposlední řadě chci poděkovat nejbližším přátelům, kteří se mnou studentská léta prožili a zanechali v mém životě nádherné vzpomínky na celý region Slovácka.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PŘEDPISY A DOHODY VZTAHUJÍCÍ SE K PROBLEMATICE NEBEZPEČNÝCH LÁTEK A JEJICH PŘEPRAVĚ	12
2 NEBEZPEČNÉ CHEMICKÉ LÁTKY A JEJICH ZNAČENÍ	17
2.1 GLOBÁLNĚ HARMONIZOVANÝ SYSTÉM.....	18
2.2 HAZCHEM KÓD	20
2.3 DIAMANT	22
3 DOPRAVNÍ NEHODY	23
3.1 STATISTIKA DOPRAVNÍCH NEHOD.....	24
3.2 DOPRAVNÍ NEHODY S ÚNIKEM NEBEZPEČNÝCH LÁTEK.....	25
3.3 NEJZÁVAŽNĚJŠÍ DOPRAVNÍ NEHODY S ÚNIKEM NEBEZPEČNÝCH LÁTEK	26
4 SOFTWAREVÉ PROGRAMY PRO MODELOVÁNÍ	29
4.1 ZÁKLADNÍ POJMY	29
4.2 EMOFF.....	30
4.3 SW PRACTIS.....	31
4.4 TEREX.....	31
4.5 ALOHA.....	32
4.6 ROZEX.....	33
4.7 MONIS	33
5 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM ČESKÉ REPUBLIKY	34
5.1 HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR ČESKÉ REPUBLIKY	35
5.2 POSKYTOVATELÉ ZDRAVOTNICKÉ ZÁCHRANNÉ SLUŽBY	36
5.3 POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
6 MODELOVÁ SITUACE	40
6.1 LOKACE.....	40
6.2 SCÉNÁŘ	41
6.3 KYANOVODÍK.....	42
6.4 SITUACE V DOBĚ NEHODY A POSTUP ČINNOSTÍ SLOŽEK IZS	43
7 MODELOVÁNÍ V SW ALOHA	45
7.1 PRODUKT REAKCE	45
7.2 VSTUPNÍ ÚDAJE	46
7.3 ŘEŠENÍ MODELU	47

7.4	OHROŽENÉ OBJEKTY	50
8	MODELOVÁNÍ V SW TEREX.....	52
8.1	VSTUPNÍ ÚDAJE	52
8.2	ŘEŠENÍ MODELU	52
8.3	OHROŽENÉ OBJEKTY	54
9	POROVNÁNÍ SW NÁSTROJŮ ALOHA A TEREX	57
10	NÁVRH OPATŘENÍ	60
	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	65
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	71
	SEZNAM OBRÁZKŮ	73
	SEZNAM TABULEK.....	74
	SEZNAM PŘÍLOH.....	75

ÚVOD

Doprava je proces, při kterém jsou lidé, zvířata či věci přemísťovány po dopravních cestách z jednoho místa na druhé. Nejstarším způsobem dopravy je chůze a člověk jí využívá k dopravě již od svého počátku. Chůze je dodnes velice častým druhem dopravy zejména v rozvojových zemích. Později člověk začal využívat k dopravě zvířata, ať už k jízdě nebo k tahání nákladu. Později starověké civilizace objevily význam lodní dopravy zejména v okolí velkých řek jako byly Tigris, Indus či Ganga nebo v přímořských zemích jako Řecko, Čína či Egypt. První kolový dopravní prostředek lidé vyvinuli kolem roku 3 500 př. n. l. v Mezopotámii. Hnací silou kolových vozů byli po dlouhá staletí koně, osli nebo velbloudi. S průmyslovou revolucí přišla na svět první motorová vozidla, pohybující se vlastní silou. Parní stroj byl epochálním objevem 19. století, podle nějž je označováno jako „století páry“. Spalovací motory představili světu Karl Benz a Gottlieb Daimler v roce 1885. Jméno těchto mužů je dodnes vyryto v názvu paliva „benzín“ nebo v názvu automobilové značky „Mercedes-Benz“. Automobilismus je naplno rozvinul na začátku 20. století, vznikly dodnes známé automobilky Opel, Peugeot, Renault a mnoho dalších. V českých zemích vznikla automobilka Laurin a Klement, dnes známá jako Škoda nebo Praga či Kopřivnická vozovka (dnes Tatra). Současnost dopravních prostředků je zcela odlišná. Rozdílnost lze nalézt především v počtu dopravních prostředků a jejich rychlosti. Automobilové společnosti produkují každoročně desítky milionů vozidel, zvedá se také počet osob s řídičským oprávněním a lze říci, že si svět bez dopravních prostředků již nelze představit. Člověk v dnešní zrychlené době neustále spěchá a pod tíhou stresu, únavy a dalších faktorů se nevyhýbá chybám. Lidský faktor je v současnosti nejčastější příčinou dopravní nehody. Dopravní nehoda je charakterizována jako jakákoliv událost v provozu na pozemních komunikacích, která se odehrála nebo započala svoje působení právě na pozemní komunikaci a dojde při ní ke ztrátě na lidských životech, poškození zdraví nebo majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla. Lidský faktor se projevuje např. neopatrnou jízdou, nedání přednosti v jízdě, nepřiměřenou rychlostí nebo předjížděním v nebezpečných úsecích. Příčinou dopravní nehody není vždy člověk. Negativním faktorem může být také neodpovídající technický stav vozidla nebo špatný stav komunikace. Po pozemních komunikacích jsou často přepravovány i nebezpečné látky, kam se řadí hořlaviny, výbušniny a další nebezpečné látky. Při takových nehodách může dojít k úniku, který neohrožuje pouze účastníky dopravní nehody a zasahující složky Integrovaného záchranného systému, ale také blízké i vzdálenější okolí.

Právě této problematice se tato bakalářská práce věnuje. Hlavním cílem práce je navrhnout vhodná řešení směřující ke zlepšení současného stavu problematiky dopravních nehod s únikem nebezpečné látky. Ke splnění hlavního cíle jsou stanoveny dílčí cíle: na základě dostupných zdrojů zpracovat teoretickou část dané problematiky a vypracovat případovou studii pro dopravní nehodu s únikem nebezpečné látky pomocí zvolených softwarových nástrojů a provést vzájemné porovnání výstupů. V práci je použita metoda explanace, klasifikace, komparace, logické indukce a predikce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŘEDPISY A DOHODY VZTAHUJÍCÍ SE K PROBLEMATICE NEBEZPEČNÝCH LÁTEK A JEJICH PŘEPRAVĚ

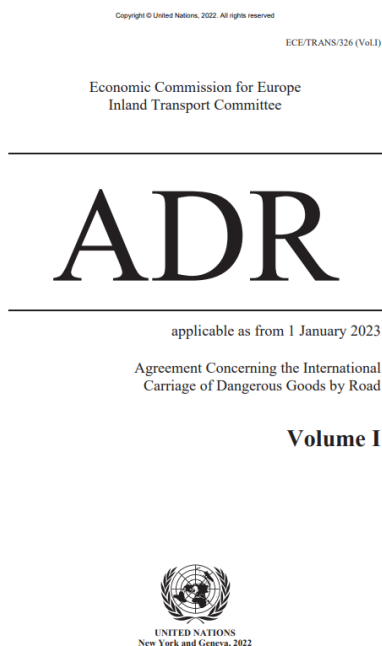
Chemické látky tvoří nedílnou součást moderního světa. Jejich podíl lze nalézt v mnoha výrobcích, které se běžně využívají ke každodenní činnosti. Vzhledem k jejich potenciálnímu škodlivému působení je nutné, aby byly látky správně klasifikovány, označovány a také kontrolovány. Pravomoc pro posuzování vhodné výroby, skladování, přepravy a likvidaci spadá do rukou Evropské komise. (Polívka, Mika, Sabol, 2017).

Za účelem zajištění vysoké úrovně ochrany lidského zdraví, životního prostředí a volného pohybu látek, směsí a předmětů bylo vytvořeno Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006, známé především pod názvem CLP. Toto nařízení stanovuje kritéria pro klasifikaci látek a směsí a také pravidla pro označování a balení nebezpečných látek (dále v textu jen „NL“) a směsí. Dále ukládá povinnosti výrobcům, dovozcům a uživatelům, které se týkají především k nutnosti označování NL. Toto nařízení je přímo propojeno s Nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení Komise (ES) č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES, známé pod označením REACH. Pokud nebyla konkrétní nebezpečná látka předložena v rámci nařízení REACH, musí být dodatečně oznámena pro nařízení CLP. Z tohoto nařízení musí být stanoven seznam klasifikací a označování látek, které byly dříve nahlášeny. (Polívka, Mika, Sabol, 2017)

Nařízení REACH má za cíl zajištění lepší ochrany osob a životního prostředí před potenciální škodlivostí chemických látek a, má také podporovat udržitelný rozvoj. Právní předpisy, které tomuto nařízení předcházely některé nebezpečné látky zakázaly (např. azbest). Byl zde však velký nedostatek informací a účincích velké řady takových látek. Nařízení REACH vytvořilo jednotný systém pro všechny chemické látky a zabránilo tak původnímu dělení na „nové látky“, což prakticky znamenalo dělení na látky uvedené na trh do roku 1981 a látky uvedené na trh po roce 1981. Nařízení také vyžaduje, aby nejnebezpečnější látky byly nahrazeny vhodnými alternativami. Počátkem Evropské agentury pro chemické látky je právě zmíněné nařízení. (Polívka, Mika, Sabol, 2017)

Tato agentura sídlící v Helsinkách spravuje technické, vědecké a administrativní aspekty uvedeného nařízení a dbá na jednotné dodržování stanovených bodů v praxi. Česká republika tyto nařízení upravuje především v zákoně č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů, a také v navazující vyhlášce Ministerstva životního prostředí č. 163/2012 Sb., o zásadách správné laboratorní praxe. Povinnosti právnických a fyzických osob v rámci výroby, dovozu, distribuce, prodeje, používání, skladování, balení, označování a vnitropodnikové dopravy řeší zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví. (Polívka, Mika, Sabol, 2017)

Nejvýznamnějším předpisem pro silniční přepravu nebezpečných věcí je bezpochyby Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí, známá pod zkratkou ADR. Její počátky sahají do roku 1957, kdy byla přijata Evropskou hospodářskou komisí, spadající pod OSN. Platná je od 29. 1. 1968 (UNECE, 2023). ČSSR tuto dohodu přijala v roce 1987 pod právní normou č. 64/1987 Sb. – Vyhláška ministra zahraničních věcí o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR). Po vzniku samostatné České republiky vstoupila tato dohoda v platnost ke dni vzniku této republiky. Z nejnovější ADR z roku 2023 lze vyčíst, že tento dokument již není označován jako Evropská dohoda, ale pouze o Dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí. Tato změna platí od ledna roku 2021. (UNECE, 2023)



Obrázek 1 – Úvodní strana ADR 2023. (UNECE, 2023)

Hlavním principem tohoto dokumentu je stanovení podmínek pro přepravu nebezpečných věcí za účelem snížení rizika při přepravě, manipulaci, nakládání, vykládání či ukládání takových věcí. Dohoda jasně definuje dělení nebezpečných věcí, požadavky na obaly, bezpečnostní značení, požadavky na vozidla a vybavení, požadavky na průvodní doklady, a také požadavky na osoby zajišťující přepravu. (UNECE, 2023)

Tabulka 1 – Klasifikace nebezpečných věcí dle ADR. (Konečný, Miletín, 2021)

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

Významnou částí tohoto dokumentu jsou přílohy A a B. Příloha A je soustředěna na nebezpečné látky a předměty, příloha B řeší zejména dopravní prostředky. (Konečný, Miletín, 2021)

Příloha A obsahuje 7 částí:

- a) obecná ustanovení,
- b) klasifikace,

- c) seznam nebezpečných věcí, zvláštní ustanovení a výjimky týkající se omezených a vyňatých množství,
- d) ustanovení o balení a nádržích,
- e) postupy při odesílání,
- f) požadavky na konstrukci a zkoušení obalů, velkoobjemových kontejnerů IBC, velké obaly, cisterny a velkoobjemové kontejnery,
- g) ustanovení o podmínkách přepravy, nakládky, vykládky a manipulace.

Příloha B obsahuje 2 části:

- a) požadavky na osádku vozidel, vybavení, obsluhu a dokumentaci,
- b) požadavky na konstrukci a schvalování vozidel. (UNECE, 2023)

Řidiče při jejich činnosti doprovází písemné pokyny pro řidiče dle ADR, kde jsou stanoveny postupy a zásady pro chování pro případ nehody. Dohoda také stanovuje tři druhy povinných školení. Školení řidičů slouží pro získání průkazu ADR, bez kterého řidič nemůže Nebezpečné věci (dále v textu jen „NV“) přepravovat. Bezpečnostní poradci jsou většinou zaměstnanci podniků, kteří se zabývají přepravou NV, zejména balením, nakládáním, vykládáním či plněním. Bez získání příslušného osvědčení formou školení nemohou svou činnost vykonávat. V neposlední řadě probíhá školení ostatních osob podílejících se na procesech přepravy NV (např. skladníci), tzn. všichni ti, kteří s těmito věcmi přicházejí do styku. (Vala, 2019)

K přepravě nebezpečných věcí není využívána výhradně doprava silniční, ale také doprava železniční, říční, námořní či letecká. Pro každý typ takové dopravy je stanoven předpis, dle kterého je potřeba postupovat:

- a) železniční doprava – RID,
- b) námořní doprava – IMDG Code,
- c) letecká doprava – IATA – DGR,
- d) říční doprava – ADN.

V České republice je základní právní normou v této oblasti zákon č. 217/2022 Sb., kterým se mění zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon je důležitý zejména pro zakotvení příloh dohody ADR. Z tohoto důvodu je v uvedeném zákoně možno najít definici nebezpečných věcí, v důsledku jejichž přepravy

může dojít k ohrožení osob, zvířat, věcí či životního prostředí. Doplňkovou právní normou k výše uvedenému zákonu je vyhláška Ministerstva dopravy č. 370/2020 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 478/2000 Sb., kterou se provádí zákon o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů. (Konečný, Miletín, 2021)

2 NEBEZPEČNÉ CHEMICKÉ LÁTKY A JEJICH ZNAČENÍ

Nebezpečnou chemickou látkou se rozumí jakoukoliv kapalinu, plyn či pevnou látku, která představuje ohrožení zdraví či bezpečnosti osob. Tyto látky se nacházejí na mnoha pracovištích po celém světě. (Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci, 2021)

V dnešní době jsou však běžnou součástí většiny domácností. Jedná se např. o prací či čistící prostředky, dezinfekce, osvěžovače vzduchu, lepidla, ředidla, oleje, léky, repelenty, hnojiva a mnoho dalších. Tyto látky se mohou dostat do organismu různými cestami, např. skrze ústa, oči, nos či kůži. Všechny tyto prostředky by měly být uchovávány mimo dosah dětí a neměly by být uskladňovány v neoriginálních obalech, aby nedošlo k jejich záměně s jinými látkami. Je nutné dodržovat návody k použití, využívat patřičných ochranných prostředků při zacházení s těmito látkami a nepotřebné obaly a zbytky likvidovat dle pokynu výrobce. Mezi nejčastější NL v domácnostech patří zejména:

- a) NaClO – Chlornan sodný,
- b) HCl – Kyselina chlorovodíková,
- c) NaOH – Hydroxid sodný,
- d) CH₃COOH – Kyselina octová,
- e) H₂O₂ – Peroxid vodíku. (HZS JmK, 2020)

Chlornan sodný je využíván zejména k čištění odpadů, nejčastěji jako produkt s názvem Savo. Kyselina chlorovodíková způsobuje poleptání kůže a člověk se s ní může setkat ve formě přísady WC čističů (např. Domestos). Hydroxid sodný je všeobecně známý pod výrazem „krtek“ a své využití nachází při čištění ucpaných odpadů. Bez kyseliny octové se neobejde jediná kuchyně. Její roztok je totiž používán jako kuchyňský ocet. I v případě 4% nebo 8% roztoku hrozí velké riziko poškození oka, pokud se do něj ocet dostane. Roztok peroxidu vodíku je vhodný především jako dezinfekce. K běžným zástupcům ze skupiny látek hořlavých je možno zařadit třeba etanol, aceton, toluen nebo benzín. (HZS JmK, 2020)

Nebezpečné chemické látky (dále v textu jen „NCHL“) vyskytující se v domácnostech jsou však jen dílčí částí celkového množství takových látek vyskytujících se na světě. Tyto látky jsou v daleko větších množstvích vyráběny a užívány ve výrobcích. Značnou část rizika hraje jejich přeprava, při které je důležité dodržovat stanovené principy k ochraně zdraví, majetku i životního prostředí.

2.1 Globálně harmonizovaný systém

Nebezpečné chemické látky mohou být označovány mnoha způsoby. V České republice může občan běžně potkat nákladní vozidla označená oranžovou tabulkou, čísla nebo čtvercem postaveným na jednom cípu s vybranými piktogramy. Podobné značení však neplatí ve všech zemích stejně.

Globálně harmonizovaný systém (dále v textu jen „GHS“) je systém klasifikace a označování chemikálií, přijatý v roce 2002 na summitu OSN. Zavedený byl dle již v první kapitole zmíněného nařízení CLP. Tento systém je soustředěn na ochranu lidských životů, a také životního prostředí. Jedná se o systém, který zajišťuje jednotný a globálně srozumitelný systém, díky němuž lze zvýšit povědomí o potenciálním nebezpečí. Jeho význam spočívá především ve zjednodušení výměny informací při mezinárodní přepravě NCHL, jejichž vlastnosti jsou již známy a byly přiřazeny do jednotlivých tříd nebezpečnosti. Třídy nebezpečnosti vycházejí z možných rizik, které samotné látky představují. Podle takových rizik lze třídy rozdělit následovně:

- a) třídy fyzikální nebezpečnosti,
- b) třídy zdravotní nebezpečnosti,
- c) třídy nebezpečnosti pro životní prostředí,
- d) další třídy nebezpečnosti EU. (Evropský parlament a Rada EU, 2008)

Fyzikální nebezpečnosti látek jsou zamýšleny výbušniny, oxidující plyny, hořlavé kapaliny nebo samovolně se rozkládající látky a směsi. Zdravotní nebezpečnost představují látky akutně toxické, žíravé pro kůži, senzibilizující dýchací cesty, dále také látky karcinogenní či mutagenní. Myšlenka ohrožení životního prostředí je soustředěna především na vodní zdroje. Další třída nebezpečnosti EU obsahuje látky ohrožující ozonovou vrstvu. (Evropský parlament a Rada EU, 2008)

Jedním z nejdůležitějších úkolů GHS je stanovení jednoznačných kritérií pro posouzení nebezpečnosti. Nebezpečnost dané látky je vyjádřena signálními slovy, výstražnými piktogramy, frázemi identifikujícími hrozbu a větami označujícími nutná bezpečnostní opatření. Podrobný přehled o dané látce poskytují bezpečnostní listy. (Evropský parlament a Rada EU, 2008)

Systém GHS jasně stanovuje, že musí být v bezpečnostním listu uvedeno následující:

- a) identifikace látky či směsi,

- b) identifikace rizika,
- c) složení látky,
- d) kroky k zajištění první pomoci,
- e) protipožární opatření,
- f) opatření pro případ nahodilého úniku,
- g) pokyny k zacházení s danou látkou. (Evropský parlament a Rada EU, 2008)



Obrázek 2 – Označení toxické látky dle GHS. (Evropský parlament a Rada EU, 2008)

Dle dohody ADR musí být vozidla přepravující nebezpečný náklad označována výstražnou tabulkou a bezpečnostní značkou. Bezpečnostní značka je chápána jako bezpečnostní tabulka, tvořená čtvercem postaveným na jeden cíp o různé barvě, číslici a piktogramu znázorňujícím dané nebezpečí. Číslice vyznačuje nebezpečí, jak již bylo uvedeno v tabulce 1 v kapitole 1. Černě orámovaná oranžová výstražná tabulka o rozměrech 30 × 40 cm musí být umístěna na přední i zadní straně vozidla a dále také na boční straně každé nádrže či jiné přepravní jednotky, pokud je v soupravě přepravováno více rozdílných látek. Tabulka je rozdělena na dvě části. V horní polovině tabulky se nachází Kemler kód, jež stanovuje nebezpečnost dané látky. UN kód se nachází hned pod ním a jeho úkolem je jednoznačně identifikovat konkrétní látku. (UNECE, 2023)

Tabulka 2 – Nebezpečné vlastnosti látek pro Kemlerův kód. (UNECE, 2023)

Číslice	Nebezpečná vlastnost
2	Plynná látka (uvolňování plynů pod tlakem)
3	Hořlavá kapalina (hořlavost par kapalin a plynů)
4	Hořlavá pevná látka
5	Látka podporující hoření (oxidační účinky)
6	Jedovatá látka (toxicita)
7	Radioaktivní látka
8	Žíravá látka (leptavé účinky)
9	Samovolná reakce (nebezpečí prudké či bouřlivé reakce)
0	Dodatková číslice

Dle výše zmíněné tabulky je látce přiřazena patřičná nebezpečnost do kódu Kemler. V případě zvýšené intenzity některého nebezpečí může být číslice zdvojená, nebo dokonce ztrojená (např. 33 pro benzín). Podmínkou tohoto značení jsou minimálně dvě číslice v Kemler kódu. Pokud je nebezpečí charakterizováno jen jednou číslicí, přiřadí se za ní dodatková číslice 0. Pokud daná látka nesmí být hašena vodou, je Kemler kód doplněn písmenem X. Příkladem může být označení X445, které značí prudce hořlavou pevnou látku s oxidačními účinky, která nesmí přijít do styku s vodou. (UNECE, 2023)

2.2 Hazchem kód

Systém označování nebezpečných látek v České republice a v dalších zemích není jednotný. Ve Velké Británii je k tomuto účelu využíván Hazchem kód. Jeho primární úkol však nespočívá v identifikaci dané látky, ale v přijetí odpovídajících kroků při dopravní nehodě.

Tabulka 3 – Přehled hasiv dle kódu Hazchem. (TSO, 2023)

Číslice	Hasivo
1	Vodní proud
2	Vodní mlha
3	Pěna
4	Suché bezvodé hasivo

Hazchem kód se skládá se z jedné číslice a jednoho až dvou písmen. Číslice značí vhodné hasivo pro řešení konkrétní situace. Hasiva jsou rozdělena do 4 kategorií, dle tabulky 3. Jako příklad takového značení lze uvést např. kód 4WE. (TSO, 2023)

Tabulka 4 – Tabulka pro Hazchem kód. (TSO, 2023)

Písmeno	Nutné ochranné prostředky	Opatření vzhledem k látce
P	Kompletní ochrana	Zředění
R	Kompletní ochrana	Zředění
S	Dýchací přístroje	Zředění
S	Dýchací přístroje a ochranný oblek pouze při požáru nebo rozkladu	Zředění
T	Dýchací přístroje	Zředění
T	Dýchací přístroje a ochranný oblek pouze při požáru nebo rozkladu	Zředění
W	Kompletní ochrana	Ohrazení, zabránění ohrožení ŽP
X	Kompletní ochrana	Ohrazení, zabránění ohrožení ŽP
Y	Dýchací přístroje	Ohrazení, zabránění ohrožení ŽP
Y	Dýchací přístroje a ochranný oblek pouze při požáru nebo rozkladu	Ohrazení, zabránění ohrožení ŽP
Z	Dýchací přístroje	Ohrazení, zabránění ohrožení ŽP
Z	Dýchací přístroje pouze při požáru nebo rozkladu	Ohrazení, zabránění ohrožení ŽP
E	Zvážit evakuaci	

První písmeno stanovuje opatření nutná k ochraně zasahujících osob, anebo také nutná opatření, která jsou stanovena na základě chování NL. Všechna tato opatření jsou přehledně zobrazena v následující tabulce. Pokud je vhodné zvážit evakuaci, je za tato písmena přidáno další písmeno „E“. (TSO, 2023)

2.3 Diamant

Další alternativou značení NL lze nalézt ve Spojených státech amerických. V této zemi je ke značení obalů s nebezpečnými látkami využíván systém Diamant. Nese podobu čtverce postaveného na jeden cíp, který je rozdělen na čtyři barevná pole. Každé z těchto polí znázorňuje nebezpečí, které daná látka svými vlastnostmi nabízí. V každém poli (kromě pole bílého) je také umístěna číslice od 0 do 4, která demonstruje úroveň nebezpečí, kde číslice 0 přináší nebezpečí nejnižší a číslice 4 nejvyšší. Modré pole značí nebezpečí poškození zdraví, červená nebezpečí požáru, žlutá nebezpečí reaktivity (spontánní reakce) a bílá značí další nebezpečí. Bílé pole může mít pouze 3 varianty. Pokud je toto pole prázdné, je možné k hašení použít vodu. Je-li v bílém poli umístěno písmeno „W“, vodu k hašení použít nelze, jelikož NL s vodou reaguje. Poslední variantou pro bílé pole je využití zkratky „OXY“, která říká, že látka působí jako silné okysličovadlo. (Guard7, 2022)



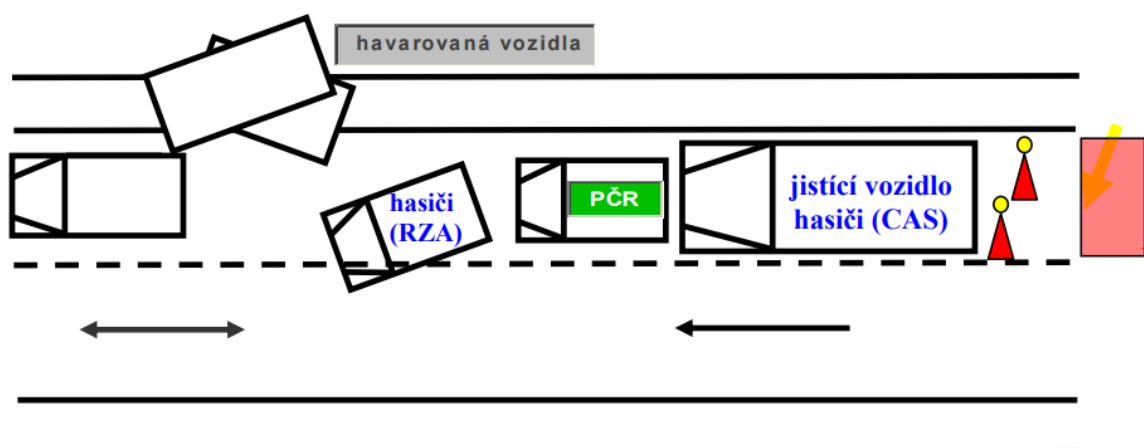
Obrázek 3 – Systém Diamant. (Guard7, 2022)

Z výše uvedeného příkladu lze vyčíst, že tato látka je středně reaktivní, velice škodlivá pro zdraví, extrémně nebezpečná pro vznik požáru a nesmí být hašena vodou.

3 DOPRAVNÍ NEHODY

Pod pojmem dopravní nehoda si mnoho lidí vybaví kolizi v dopravě způsobenou nepozorností řidiče, agresivní jízdou, špatnou komunikací nebo kombinací několika takových faktorů. Jaká je ale přesná definice dopravní nehody? Odpověď poskytuje zákon č. 361/2000 Sb., který říká, že dopravní nehoda je jakákoliv událost v provozu na pozemních komunikacích, která se odehrála nebo započala svoje působení právě na pozemní komunikaci a dojde při ní ke ztrátě na lidských životech, poškození zdraví nebo majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla. Ve většině takových případů je vyžadována činnost některé ze složek IZS. Účastníci takové nehody jsou povinni zastavit vozidlo, a pokud možno zabránit současnému zhoršení situace. Pokud při nehodě dojde ke ztrátě na životech, poškození zdraví nebo k poškození některého z vozidel se zřejmou újmou přesahující 100 000 Kč, je nutné oznámit takovou situaci PČR. Stejný postup je vhodný i pro nehodu, při které vznikla škoda na majetku 3. osoby. (PČR – KŘP KHK, 2023)

Hlavním úkolem složek IZS při dopravních nehodách je zajištění místa a nejbližšího okolí, poskytnutí první pomoci, zamezení vzniku požáru, vyproštění raněných a nákladu, zamezení úniku NL a poskytnutí nezbytné humanitární pomoci. Nejdůležitějším pravidlem při řešení takových situací je zajištění vlastní bezpečí a zamezení zhoršení aktuálního stavu. K zajištění vlastní bezpečí zasahujících je využíváno nárazníkové postavení, pod kterým si lze představit ustavení techniky tak, aby bylo místo zásahu odděleno od okolního provozu. (Česko, 2017)



Obrázek 4 – Nárazníkové postavení. (Česko, 2017)

3.1 Statistika dopravních nehod

Dopravní policie zpracovává každoroční přehled o dopravních nehodách. V roce 2022 bylo na českých pozemních komunikacích zaznamenáno 98 460 dopravních nehod, při kterých došlo k úmrtí 454 osob, dalších 1 734 osob bylo těžce zraněno a 22 452 osob utrpělo zranění lehčího charakteru. Celkové škody pro tyto nehody byly vyčísleny na 7 542 milionů Kč. Oproti roku předešlému jsou vidět pozitiva v poklesu počtu nehod a usmrcených osob, kdy bylo zaznamenáno o 872 nehod méně a zemřelo o 16 lidí méně. Od roku 1961 se jednalo o nejnižší počet mrtvých během jednoho roku. Negativní stránkou je nárůst těžce i lehce zraněných osob a navýšení hmotných škod o téměř 824 milionů Kč. (PČR, 2023)

Důležitým statistickým údajem je bezesporu zjištění příčin dopravních nehod. Nejvýraznějším důvodem, proč se tyto nehody vůbec stávají jsou řidiči samotní. Konkrétně tedy jejich nesprávný způsob jízdy, pod kterým si je možné představit např. porušování povolené rychlosti, nebezpečné předjíždění nebo také nedání přednosti v jízdě. V tabulce 5 níže je poskytnut přehled o nejčastějších příčinách zaviněných řidičem v roce 2022. (PČR, 2023)

Tabulka 5 – Nejčastější příčiny dopravních nehod zaviněné řidičem. (PČR, 2023)

Pořadí	Nejčastější příčiny zaviněné řidičem	Počet nehod
1.	Řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	15 913
2.	Nesprávné otáčení nebo couvání	8 916
3.	Jiný druh nesprávné jízdy	7 784
4.	Nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky	5 383
5.	Nezvládnutí řízení vozidla	5 265
6.	Nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	5 156
7.	Vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu	4 509
8.	Nepřízpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky	3 419
9.	Nedání přednosti u dopravní značky „Dej přednost v jízdě“	3 379
10.	Přejetí do protisměru	2 515

Nepřiměřená rychlost způsobila v roce 2022 celkem 180 úmrtí, což jí v této statistice řadí na nejvyšší místo. U 4 754 dopravních nehod bylo u viníka zjištěno požití alkoholu před jízdou a 277 dopravních nehod bylo zapříčiněno přítomností drog v těle. Naprostým extrémem je případ 70 dopravních nehod, kdy byla u řidiče zjištěna přítomnost drog i alkoholu současně. Takové jednání je zcela nepochopitelné a ve většině případů je po zásluze tvrdě potrestáno jako preventivní opatření proti takovéto činnosti. (PČR, 2023)

Zajímavý pohled na tuto problematiku nabízí i Světová zdravotnická organizace, jejíž studie z roku 2018 říká, že nejčastější příčinou úmrtí mladých lidí ve věkovém rozmezí 5 až 29 let jsou právě dopravní nehody. Dle ročních odhadů získaných ze 175 zemí na světě zemře tímto způsobem 1,35 milionu lidí. Nejčastějšími oběťmi jsou motorkáři, cyklisté a chodci. V případech statistiky soustředící se nejen na mladé lidi, ale na populaci celkově, se jedná o 8. nejčastější příčinu úmrtí lidí ve světě. V tomto žebříčku za nehodami zaostává třeba i onemocnění AIDS, TBC nebo různá průjmová onemocnění. Vhodným řešením pro snížení těchto čísel je inteligentní navrhování cest, oddělení silnic a cyklostezek, propracovanější právní normy (např. povinnost ochrany hlavy na kole či motocyklu) a různé kampaně pro znalost bezpečnostních pravidel při pohybu na pozemních komunikacích. (Bureš, 2018)

3.2 Dopravní nehody s únikem nebezpečných látek

K závažnějším druhům nehod na pozemních komunikacích patří nehody, které jsou doprovázené únikem nebezpečné látky, která má zpravidla dopad nejen na její účastníky, ale také na osoby, zvířata, věci či životní prostředí, ať už v blízkém či širším okolí. Je charakterizována jako mimořádná událost, jenž může být ovladatelná i neovladatelná, časově ohraničená i neohraničená a hrozí u ní bezprostřední nebezpečí v souvislosti s užíváním objektu či zařízení, které s nebezpečnými látkami zachází. K typickým projevům patří únik NL, požár, výbuch a mnoho dalších. Do nebezpečných chemických látek (dále v textu jen „NCHL“) řadíme více než 500 tisíc chemických látek, do kterých můžeme zařadit hořlaviny, výbušniny, toxické látky, žíraviny a látky dráždivé. Pokud dojde k úniku, může se nebezpečí šířit různými cestami, např. vodními toky, vodními plochami, vzduchem, kanalizací či půdou. Pokud dojde k šíření NCHL vzduchem, je nutno brát zřetel na směr proudění větru. (Asociace záchranný kruh, 2023)

V rámci základních opatření mohou orgány krizového řízení přijímat opatření, kterými lze dosáhnout zlepšení nebo alespoň zamezení zhoršení současného stavu:

- a) varování a vyrozumění,

- b) poskytnutí tísňových informací (např. o způsobu individuální ochrany),
- c) evakuace obyvatelstva,
- d) zajištění nouzového přežití,
- e) dekontaminace osob, zvířat, věcí, dopravních prostředků, terénu aj.,
- f) monitoring,
- g) regulace pohybu,
- h) zdravotnická opatření,
- i) regulace šíření potravin a pitné vody,
- j) zabezpečení veřejného pořádku. (MV – GŘ HZS ČR, 2019)

3.3 Nejzávažnější dopravní nehody s únikem nebezpečných látek

V minulosti se lidstvo potýkalo s nemalým počtem dopravních nehod, při kterých došlo k úniku NL. Takové události jsou ve většině případů bohužel charakteristické obrovskými škodami v okruhu místa úniku, velkým počtem raněných a usmrcených osob. Do této kategorie spadá např. neštěstí v kempu Los Alfaques ve Španělsku, požár v tunelu Mont Blanc, výbuch v Boloni, nehoda nákladního automobilu převážejícího trhaviny v Ghaně nebo srážka dvou vozidel v Sierra Leone.

V červnu roku 1978 se odehrála jedna z nejtragičtějších nehod nedaleko města Tarragona na severovýchodě Španělska. V létě tuto oblast navštěvovalo mnoho turistů, jelikož se jednalo o oblíbenou turistickou destinaci. Jako místo odpočinku se nabízel kemp Los Alfaques, podél kterého vedla silnice. Po této silnici byly velice často přepravovány nebezpečné látky a již mnohokrát před onou událostí bylo vyžadováno, aby se zvýšily bezpečnostní opatření na této silnici, bohužel však neúspěšně. Dne 11. 7. 1978 převážela automobilová cisterna 23 tun zkapalněného propylenu. Řidič však nezvládl řízení a narazil do obvodové zdi kempu. Následovala obrovská exploze, která se velice rychle šířila po celém kempu. Spousta rekreatantů v kempu totiž k vaření využívala plynové láhve vařičů. Mohutnost výbuchu byla podpořena i výbuchem palivových nádrží osobních automobilů. Výsledkem bylo 217 mrtvých a přes 600 raněných. Z kempu zbyly jen ohořelé konstrukce a popel. Z vyšetřování bylo zjištěno, že cisterna neodpovídala bezpečnostním požadavkům a že měla být zvolena jiná trasa, za což však řidič nemohl, jelikož mu bylo nařízeno využít

onu bezplatnou silnici namísto placené dálnice. (Procházková, Procházka, Procházka, Patáková a Strymplová, 2014)

Rok 1999 přinesl další obrovské neštěstí nebyvalého rozměru, a to v tunelu pod nejvyšší horou Evropy Mont Blanc, spojující Itálii a Francii. Tunel je jednou z hlavních dopravních cest v Alpách. Dne 24. března 1999 přepravoval kamion margarín a mouku. Po několika minutách jízdy v tunelu protijedoucí řidiči zpozorovali kouř vycházející z nákladního automobilu. Zhruba v polovině tunelu kouř zaregistroval i řidič, který zastavil na odpočívadle. Zhruba po 30 vteřinách začal kamion hořet. Hořlavého materiálu bylo více než dost, jelikož se v palivové nádrži nacházelo přibližně 550 litrů nafty a v nákladním materiálu dalších 9 tun margarínu a 11 tun mouky. Tato kombinace se později ukázala jako ničující. Tunel byl špatně ventilovaný, hasiči se i přes brzký příjezd nemohli k ohnisku požáru pro nulovou viditelnost dostat. Požár se podařilo uhasit až po dvou dnech. Během této tragédie přišlo o život 39 lidí, kteří velice pravděpodobně podlehl jedovatým zplodinám hoření do 15 minut. Požár byl dle vyšetřovatelů iniciován vnějším zdrojem, který se dostal do vzduchového filtru nákladního automobilu. Pracovalo se i s variantou přehřátí motoru, tato verze je však mnohém méně reálná. (Incorp a.s., 2017)

O výbušnosti LPG se svět přesvědčil v srpnu roku 2018. Nedaleko boloňského letiště řidič cisternového vozidla nejspíš nespatriil před ním stojící kolonu vozidel. V plné rychlosti narazil do stojícího kamionu a zapříčinil požár, který po 8 minutách od jeho vzniku přešel v enormní explozi, která zapříčinila propad dálnice. Požár se dále rozšířil i na nedalekou prodejnu automobilů. Většina osob v blízkosti nehody oblast velice rychle opustila, což vyústilo v nižší úmrtnost než v předchozích dvou případech. I tak způsobila nehoda úmrtí 3 osob a dalších 70 se muselo potýkat se zraněním. Tlaková vlna vyrazila okna v několika okolních domech a trosky z nejbližších vozů skončily až stovky metrů daleko. Hasičům se podařilo požár uhasit i s využitím vrtulníku. (Hrbek, 2018)

Nehody se netýkají výhradně osobních či nákladních automobilů. Důkazem je incident z ledna roku 2022. Motocykl se srazil s nákladním vozidlem převážejícím trhaviny zhruba 300 km od západně od hlavního města Ghany se v obci Apiate. Do nehody bylo údajně zapojeno i třetí vozidlo. Nehoda se udála v blízkosti elektrického transformátoru, což situaci také příliš nepomohlo. Následoval ničující výbuch, po kterém se v zemi vytvořila hluboká prohlubeň a okolní domy byly proměněny v kusy dřeva a kovu. I přes veškerou snahu záchránářů zahynulo 17 osob a dalších 59 bylo zraněno. Celkem 42 zraněných bylo převezeno

do nemocničních zařízení a u některých byl vyžádán transport až do nemocnice v hlavním městě Akkra. (TASR, 2022)

Poslední událostí v tomto seznamu je exploze cisterny s palivem z afrického státu Sierra Leone. Událost se odehrála v listopadu roku 2021 a přišlo při ní o život nejméně 99 lidí. Přes 80 dalších osob bylo vážně popáleno. Cisternový automobil převážející palivo o délce 12 metrů měl kolizi s jiným vozidlem a všechno v blízkém okolí bylo zničeno. Na internetu se objevilo velké množství videí, na kterých jsou zachycena ohořelá těla, hořící vozy i domy. BBC uvedla, že svědci zažili šokující pohled, kdy např. sledovali hořící autobus plný lidí. Několik přítomných se údajně pokusilo získat zásoby uniklého paliva, ale v důsledku jejich nepromyšleného jednání přišli někteří z nich o život. Několik hodin po události na místě stále ležely zuhelnatělé kostry. (ČTK, 2021)

4 SOFTWAREVÉ PROGRAMY PRO MODELOVÁNÍ

Do širší oblasti nakládání s nebezpečnými látkami patří manipulace, skladování, přeprava, vykládka a další dílčí činnosti. Během takových činností občas dochází k jevům, které mnohokrát nelze zcela jistě predikovat a výsledkem takového jevu může být komplikovaná situace, vyžadující adekvátní a rychlou reakci pro snížení následků takovéto situace. Pro tyto situace je vhodné využít znalostí a výpočtů, které mohou alespoň přibližně konkretizovat případný dopad a rozsah události. Pokud jsou tyto znalosti a výpočty správně vloženy do softwarového programu, lze z takového programu vyčíst např. průtok vody korytem řeky nebo únik či výbuch nebezpečné látky. K těmto softwarům (dále v textu jen „SW“) patří např. SW EMOFF, PRACTIS nebo také ALOHA či TerEx. Na úvod této kapitoly je však nutné definovat několik základních pojmů, jako je model, modelování a simulace.

4.1 Základní pojmy

Výchozím bodem pro začátek modelování je model. Jedná se o lidský výtvor, který umožňuje lépe či porozumět reálnému světu. Aby model splňoval svůj účel, musí splňovat následující podmínky:

- a) musí být vytvořeny zjednodušující předpoklady,
- b) musí být vytýčeny okrajové a počáteční podmínky,
- c) je nutné znát rozsah použitelnosti daného modelu. (Science education resource centrum, 2022)

U modelů je známo několik skupin, základní dělení však udává pouze dva základní druhy:

- a) model ikonický,
- b) model symbolický. (NAS college, 2021)

Modely ikonické zobrazují skutečnost takovou, jaká je, ale v jiné velikosti. Jsou tedy získávány zvětšením či zmenšením daného subjektu. Pokud bychom měli hovořit konkrétně, můžeme jako příklad uvést mapy, obrázky, plány, kresby, zmenšeniny letadel či vlaků. Symbolické modely využívají k zobrazení skutečnosti symboly (např. čísla, písmena apod.) k popisu vlastností či chování daného systému. Příkladem mohou být např. matematické vzorce. (NAS college, 2021)



Obrázek 5 – Model pro výpočet rizika. (Vojáček, 2015)

Pojem modelování lze velice jednoduše vysvětlit jako proces tvorby modelu. Je to tedy určitý časový interval, během kterého je vytvářen model samotný. Lze tedy říct, že modelovat může každý, kdo převádí svou myšlenku do reality, ať už se jedná o symboly či ikony. Je zcela zřejmé, že první kroky tvorby modelu mohou být obtížné a mohou s sebou nést chyby, ale s každou další zkušeností přichází zlepšení, byť někdy jen velmi neparné. Je ovšem mnohem výhodnější tento proces provádět v menším měřítku (modelu), než na chyby přicházet během výroby reálných výrobků, což značně snižuje náklady. Ať už se jedná o jakýkoli produkt (např. bota či mobilní telefon), byl ve svých prvopočátcích vymodelován tak, aby byl při výrobě sestaven s co nejmenšími odchylkami od vyžadované reality. (Association of professional model makers, 2018)

Simulace je napodobení provozu, procesu či systému reálného světa s využitím modelu. Nejčastější formou současnosti jsou simulace vytvořené na počítači (TWI Ltd., 2022). Jiný zdroj první definici doplňuje, jelikož říká, že simulace je imitace dynamiky procesu v průběhu určitého časového intervalu. Simulaci lze samozřejmě provádět i ručně, jedná se však o poměrně složitější variantu. (Leonelli, 2021)

4.2 EMOFF

Emergency office (dále v textu jen „EMOFF“) je software sloužící k podpoře krizového managementu, zejména k podpoře analýzy rizik, plánování i řešení mimořádných událostí (dále v textu jen „MU“) a krizových situací (dále v textu jen „KS“). Jedná se o jedinečný program, který je tvořen několika vzájemně propojenými moduly, díky kterým mohou být vytvářeny další plány sloužící především krizovým manažerům k tvorbě postupů a opatření pro případ vzniku nežádoucích jevů. (Valenta, 2015)

EMOFF slouží zejména pro:

- a) vytváření havarijních, krizových a dalších plánů,
- b) tvorbu standartních postupů a opatření pro řešení MU a KS,
- c) vytváření jednotného obrazu situace v případě vzniku výše zmíněných situací,

- d) efektivní způsob vyrozumění odpovědných orgánů,
- e) přehled možných sil a prostředků (dále v textu jen „SaP“),
- f) přehled objektů a organizací nacházejících se na daném území,
- g) otevřenost a případnou spolupráci s dalšími software např. propojení SMS brány pro potřebu vyrozumění. (Lukáš a kol., 2015)

4.3 SW Practis

Dalším vhodným modelovacím nástrojem je SW Practis, vhodný zejména pro tvorbu scénářů, tvorbu cvičení a vytvoření závěrů ze cvičení. Není využíván výhradně k tvorbě cvičení, ale také k tvorbě možných scénářů pro MU a KS. Program zaručuje poskytnutí informací o aktuálním vývoji, zaznamenává informace o celém procesu cvičení a interpretuje konečné výsledky. Výstupy mohou být v grafické či textové podobě. Není určen výhradně pro veřejný sektor, své využití v něm mohou najít i nestátní subjekty, které si třeba chtějí utvořit představu o průběhu procesů na jejich pracovišti. Původcem tohoto produktu je firma T-SOFT a. s., jenž se zabývá informačními systémy. (Blaťák, 2015)

Pro začátek je důležité vytvoření vhodného a reálného scénáře modelové situace, který by měl být před jeho zpracováním diskutován se všemi zainteresovanými subjekty. Do modelové situace je třeba vytvořit grafické uživatelské rozhraní a nahrát potřebné dokumenty k jednotlivým krokům, které mohou napomáhat k požadovanému výsledku. Dále je třeba, aby uživatel správně nastavil mobilní bránu pro vyrozumění dílčích subjektů díky SMS zprávám. Při vzniku události dostanou subjekty informace na mobilní zařízení a postupují tak, jak by měli být naučení příp. vycvičení. Subjekty jsou externě sledovány a na základě pozorování je určeno, zdali postupovali správně dle pokynů a jestli se vyhnuli vlastnímu selhání (např. stres, nepozornost, neznalost předpisů). Mimo jiné je zaznamenávám i čas plnění dílčích úkolů. (Blaťák, 2015)

4.4 TerEx

O využitelnosti předchozích dvou podkapitol lze hovořit zejména v souvislosti s krizovým řízením. Pro potřebu této bakalářské práce je však vhodnější zaměřit se na SW, které se zabývají NL a jejich únikem do okolí. Studenti oboru Ochrana obyvatelstva na Fakultě logistiky a krizového řízení velmi dobře znají SW nástroj Teroristický Expert (dále v textu jen „TerEx“), jehož praktické využití je nedílnou součástí předmětu Aplikovaná informatika.

TerEx umožňuje uživateli vyhodnotit závažnost a rozsah úniku NL nebo také dopad reakce nástražného výbušného systému. SW obsahuje databázi nebezpečných látek (i jejich charakteristiku) a je velice nápomocný při vyhodnocování zasaženého území. Pokud je takové území stanoveno, může být prováděno varování nebo dokonce evakuace ohrožených osob. Výhodou je zohlednění směru větru. Své využití najde ve firmách, školách, samosprávních či státních orgánech i ve složkách IZS. (T-SOFT a.s., 2017)

TerEx nabízí několik modelů, které lze použít u konkrétních druhů NL. Model TOXI poskytuje model dosahu a tvaru oblaku pro únik toxické látky. UVCE ukazuje působnost vzdušné rázové vlny, která je způsobena detonací určité látky ve směsi se vzduchem. PLUME znázorňuje deletrvající únik plynu do oblaku, únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku nebo také pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku. PUFF modeluje jednorázový únik plynu či vroucí kapaliny do oblaku a FLASH FIRE stanovuje velikost prostoru ohrožení při působení otevřeného plamene. Model pro vyhodnocení detonace výbušných systémů nese název EXPLOSIVE. Výstupem všech zmíněných modelů je jednoduchá interpretace rozsahu ohrožení (např. v metrech) a graficky znázorněná oblast zasažení. (T-SOFT a.s., 2017)

4.5 ALOHA

Alternativou pro možné vyhodnocení úniku chemické látky je SW ALOHA. Do programu lze zadat detailní data o reálném nebo teoretickém úniku, ze kterých jsou následně vymezeny zóny ohrožení. Stejně jako TerEx je v tomto SW nainstalováno více modelů. Výstupem je taktéž grafické znázornění, skrze systém MARPLOT, Google Earth nebo Google Maps. Ve výstupu jsou uvedeny 3 zóny. Červená zóna značí oblast s nejvyšším ohrožením, oranžová zóna je oblastí nižšího nebezpečí a žlutá zóna představuje nejnižší nebezpečí. (EPA U.S., 2022)

K základním modelům patří model rozptylu v atmosféře, model požáru a model exploze. První zmíněný model je schopen určit odhad rozptýlení a pohyb toxického oblaku. Lze jej také využít při odhadování koncentrace plynu, který podporuje hoření uvnitř oblaku nebo při odhadování síly přetlaku při explozi oblaku. Druhý model je schopen navrhnout tři zóny ohrožení při různých případech požáru, např. prošlehnutí oblaku či požáru rozteklé kapaliny. V červené oblasti může sálavé teplo způsobit usmrcení již během 60 sekund, oranžová zóna způsobuje popáleniny 2. stupně ve stejném časovém intervalu jako oblast červená a žlutá zóna působí bolest pokožky. Explosivní model je taktéž rozdělen do 3 oblastí, kde červená

zóna značí přetlak, který je schopen devastovat budovy. V oranžové zóně mohou být tlakovou vlnou ohroženy osoby a ve žluté zóně jsou osoby ohroženy roztržitými kousky skla. (Princ, 2022)

4.6 ROZEX

Pro modelování a predikci následků úniku NCHL byl vytvořen program ROZEX. Do programu je zakomponována i grafická vizualizace v mapových podkladech. Obsahuje databázi mnoha nebezpečných substancí, které jsou identifikovány, klasifikovány a jsou k nim přiřazeny další důležité informace např. jejich vlastnosti, pokyny pro zásah, první pomoc při zasažení a také limitní koncentrace. K samotnému modelování může uživatel použít model zdrojového členu (např. odpar z kaluže či únik otvorem), dále také rozptylu, požáru, výbuchu, predikce rozsahu havárie či hodnoty toxicity, tepelné radiace a přetlaku. Dle vyhlášky č. 226/2015 Sb., je možno vypočítat zóny havarijního plánování pro dotčené subjekty (TLP SOLUTIONS, 2020). SW je prakticky využíván pro podporu zasahujících jednotek a složek IZS. Výhodou je, že ROZEX je úzce propojen s databází MEDIS-ALARM, která obsahuje všechny látky z přílohy VI nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008/ES, o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006 (nařízení CLP). Všechny látky v databázi ROZEX jsou rozděleny dle obecně platných dohod ADR, RID nebo také ADN. (Princ, 2022)

4.7 MONIS

Informační systém MONIS nachází své uplatnění zejména ve sběru a monitorování dat. Je prakticky zařazen do monitorovacích, plánovacích, kontrolních i statistických činností veřejné správy i státního sektoru. Systém není veřejný, neboť se do něj mohou dostat pouze ověřené uživatelé. Ke správné činnosti je vyžadováno připojení k internetu, což patří spíše k nevýhodám. Skrze něj je možno sledovat energetické stavy, dodávky tepla, vody či plynu. Ze systému vychází několik aplikací k podpoře krizového managementu. Je možno zde zařadit hlášení o vzniku havárie, mapové prostředí (prozatím ve zkušebním režimu), informace o povodňové aktivitě v povodí Moravy, všeobecná pomoc (pro občany v nouzi) nebo také dotazníková šetření ve formě webformulářů pro potřeby MV. (Princ, 2022)

5 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM ČESKÉ REPUBLIKY

Integrovaný záchranný systém (dále v textu jen „IZS“) slouží zejména pro koordinaci záchranných a likvidačních prací během mimořádných událostí, mezi které patří i havárie či živelní pohromy. Skrze něj lze dosáhnout naplnění ústavního práva občanů na pomoc při ohrožení jejich zdraví či života. IZS vychází z potřeby efektivní spolupráce všech zasahujících složek, zejména při komplikovaných událostech, kdy je třeba organizovat společnou činnost. Nehovoří se zde pouze o spolupráci zasahujících záchranářů, hasičů, policistů aj., ale také o činnosti orgánů státní správy a samosprávy či fyzických a právnických osob. Poprvé se vážnější nedostatky v tehdejšímu systému ukázaly během povodní na Moravě v roce 1997. V návaznosti na proběhlé události bylo nutné současné právní normy novelizovat a vytvořit nový a efektivní systém pro řešení MU (MV – GŘ HZS ČR, 2020). Na základě tohoto uvědomění byl vytvořen zákon č. 239/2000 Sb., o Integrovaném záchranném systému, který nabyl účinnosti dne 1. 1. 2001. (Česko, 2000)

Mezi základní složky IZS patří:

- a) Hasičský záchranný sbor České republiky (dále v textu jen „HZS ČR“).
- b) Policie České republiky (dále v textu jen „PČR“).
- c) Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby (dále v textu jen „ZZS“).
- d) Jednotky plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany. (Česko, 2000)

Nutnost výkonu ostatních složek je dána povahou havárie, jejich možností zasáhnout a kompetencí, kterou mají skrze obecně závazné právní normy. Systém jako takový je primárně využíván k provedení záchranných a likvidačních prací během řešení běžných mimořádných událostí. V případě, kdy situace nabere značného rozsahu, je možno vyhlásit některý z krizových stavů. V takovém případě se IZS musí podřídit všem řídicím strukturám a principům krizového řízení. (MV – GŘ HZS ČR, 2020)

K ostatním složkám IZS patří vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil; ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory; ostatní záchranné sbory; orgány ochrany veřejného zdraví; havarijní, pohotovostní, odborné a další služby; zařízení civilní ochrany (dále v textu jen „CO“); neziškové organizace a sdružení, která mohou být využita k provádění záchranných a likvidačních prací. (Česko, 2000)

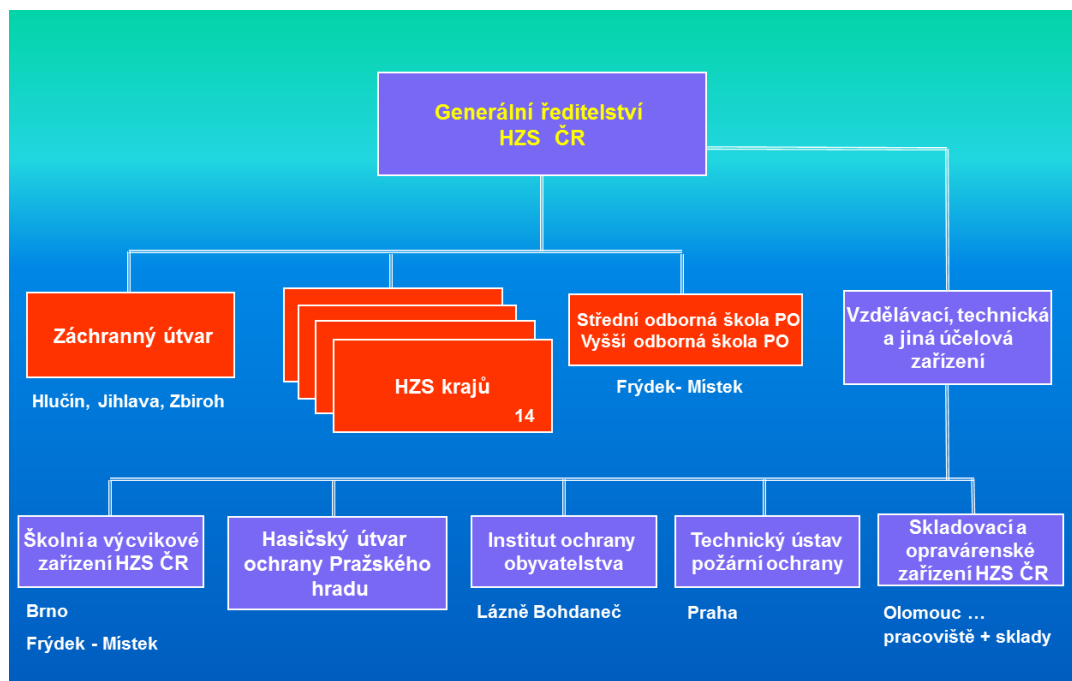
Nedílnou součástí IZS je také dokumentace IZS. Skládá se ze šesti položek, kterými jsou:

- a) Havarijní plány krajů a vnější havarijní plány,

- b) Dohody o poskytnutí pomoci,
- c) Dohody o plánované pomoci na vyžádání,
- d) Zpráva velitele zásahu a statistiky,
- e) Poplachový plán IZS kraje a jeho vazby na ostatní dokumenty,
- f) Dokumentace o společných školeních, cvičeních apod. (MV – GŘ HZS ČR, 2020)

5.1 Hasičský záchranný sbor České republiky

Jedná se o bezpečnostní sbor, jehož primárním cílem je ochrana života a zdraví občanů, životního prostředí, zvířat a majetku před požáry a dalšími mimořádnými situacemi a mimořádnými situacemi. K jeho dalším úkolům patří plnění a organizování úkolů požární ochrany, civilního nouzového plánování, krizového řízení, humanitární pomoci a mnoho dalších. Hasičský záchranný sbor České republiky (dále v textu jen „HZS ČR“) je tvořen generálním ředitelstvím, hasičskými záchrannými sbory krajů, záchranným útvarem, Střední odbornou školou a Vyšší odbornou školou požární ochrany (dále v textu jen „SOŠ a VOŠ PO“) ve Frýdku-Místku. (Česko, 2015)



Obrázek 6 – Struktura HZS ČR. (MV – GŘ HZS ČR, 2023)

Generální ředitelství spadá do gesce Ministerstva vnitra a v jeho čele stojí generální ředitel. Je nadřazeným orgánem pro Záchraný útvar (dále v textu jen „ZÚ“), HZS krajů a další dílčí celky. Ministerstvo má za úkol zřídit operační a informační středisko, Hasičský útvar

ochrany Pražského hradu a může zřídit vzdělávací, technická či jiná další zařízení, která jsou následně brána jako organizační část HZS ČR.

HZS kraje je organizační složka státu, která působí v oblasti PO, OO, IZS, civilního nouzového plánování (dále v textu jen „CNP“) a krizového řízení (dále v textu jen „KŘ“), s výjimkou oblasti veřejného pořádku a vnitřní bezpečnosti na území, jež je shodné s územním obvodem vyššího územního samosprávného celku. Toto vymezené území je nazváno jako územní obvod. Tento sbor zřizuje Operační a informační středisko (dále v textu jen „OPIS“) a tento OPIS je centrem pro příjem tísňové komunikace z čísel 112 a 150. (Česko, 2015)

Záchranný útvar je další organizační složkou se sídlem v Hlučíně, v jehož čele stojí velitel útvaru. (Česko, 2015) V současnosti tuto pozici zastává gen. por. Ing. Vladimír Vlček, Ph.D., MBA (Uher, 2021). Jedná se o netradiční složku, která plní své úkoly v oblasti řešení MU či KS, obnově území postiženého výše zmíněnými událostmi a situacemi v případě pověření z generálního ředitelství. Poslední zmíněnou složkou je škola, která poskytuje vzdělání v oblasti PO, OO, IZS a KŘ za podmínek, které byly stanoveny školským zákonem a také provádí odbornou přípravu dle zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně. (Česko, 2015)

5.2 Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby

Stěžejní složkou IZS ČR zajišťující fungování systému v oblasti ochrany zdraví a záchrany životů jsou Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby. Tito poskytovatelé jsou povinni nepřetržitě zajišťovat činnosti k připravenosti na MU a KS a také zpracovat podklady k vyžadované dokumentaci IZS. K jejich úkolům také patří zpracování traumatologického plánu, ve kterém jsou stanoveny postupy a opatření pro případ mimořádné události s velkým počtem zraněných. Součástí tohoto plánu je také přehled a hodnocení možných zdrojů rizik. Traumatologický plán musí být pravidelně aktualizován, minimálně jednou za 2 roky a nejpozději do 30 dnů od vyhotovení odevzdán na příslušný krajský úřad, na jehož území své služby vykonává. Návrhy a změny v plánu musí být projednány s krajským úřadem. (MV ČR, 2017)



Obrázek 7 – Vozidla ZZS. (ZZS MSK, 2022)

5.3 Policie České republiky

Bezpečnostním sborem zajišťujícím ochranu, bezpečí a pořádek ve společnosti je Policie České republiky. Hlavou této organizace je policejní prezident, který je odpovědný Ministerstvu vnitra. Figurují zde útvary s celostátní působností, ale také krajská ředitelství. V rámci PČR působí mnoho služeb, např. služba policie pořádkové, dopravní, cizinecké a mnoho dalších. Útvary s celostátní působností mají náročné a specializované úkoly na území celé ČR. K takovým činnostem patří např. odhalování organizovaného zločinu, korupce, zajišťování ochrany prezidenta a dalších ústavních činitelů nebo zajišťují vzdělávání policistů. Hlavním cílem policie je prosazování zákona, chránit práva a svobody občanů, preventivně působit proti trestné činnosti a usilovat o podporu a důvěru veřejnosti. (PČR, 2017)



Obrázek 8 – Vozidlo PČR. (Hrachovec, 2022)

Dílčí závěr

Teoretická část práce je tvořena 5 kapitolami. Úvodní kapitola podává informace o předpisech a dohodách v oblasti nebezpečných látek a jejich přepravy. Jako příklad lze uvést Dohodu o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí. Chemické látky se vyskytují v domácnostech, výroбах i dalších provozech. Jejich označování při přepravě je jasně definováno vícero normami a pro bezpečnost a ochranu zdraví je nutno tyto zásady dodržovat. Ve spojení s chemickými látkami dochází na pozemních komunikacích k množství nehod s únikem takových látek, jejichž následky jsou zpravidla mnohem závažnější než u běžných dopravních nehod. Nehoda v kempu Los Alfaques nebo v tunelu Mont Blanc demonstrují závažnost těchto událostí. Ke cvičení, podpoře krizového managementu a simulaci nehod slouží vícero SW, mezi které lze zařadit EMOFF, TerEx nebo ALOHA. Přípravu na mimořádné události a samotné vykonávání záchranných a likvidačních prací zabezpečuje Integrovaný záchranný systém, k jehož základním složkám patří Hasičský záchranný sbor České republiky, Policie České republiky, poskytovatelé zdravotnické záchranné služby a jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 MODELOVÁ SITUACE

Praktická část této bakalářské práce vychází z užití dvou SW nástrojů, kterými jsou TerEx a ALOHA. V první řadě je nutno vytvořit scénář dopravní nehody v reálném místě a v reálných podmínkách. V tomto případě byl pro tento účel vybrán železniční přejezd P6792 v Novém Jičíně.

6.1 Lokace

Nový Jičín se nachází v severovýchodní části České republiky, zhruba 32 km od Ostravy. Městem protéká řeka Jičínka a menší říčka Grasmanka. Symbolem města je čtvercové náměstí s podloubím, na kterém se nachází historická budova Staré pošty. Nedaleko náměstí stojí Žerotínský zámek. Žije zde necelých 24 tisíc obyvatel v průměrné nadmořské výšce 248 m. n. m., kteří žijí v městských částech Bludovice, Kojetín, Loučka, Straník a Žilina. Poloha města je pro občany příznivá, jelikož město protíná mezinárodní silnice E-462 nabízející napojení na dálnici D1. V blízkosti Nového Jičína leží letiště Mošnov, což je druhé největší letiště v ČR. Vlaková doprava nabízí spojení do Suchdola nad Odrou, odkud je možno nastoupit na vysokorychlostní železniční trať. (TICNJ, © 2023)

Ve městě je zřízena požární stanice HZS ČR, fungující od roku 1969, přičemž prošla v letech 1990 až 1995 významnými stavebními úpravami. Do hasebního obvodu této stanice je zařazena část okresu, jmenovitě sídelní celky měst Nového Jičína, Kopřivnice, Frenštátu pod Radhoštěm, Příboru, Štramberka, Starého Jičína a Suchdolu nad Odrou. Na této ploše vykonává svou činnost řada firem, např. TATRA, a. s., AUTOPAL, s. r. o., TONAK, a. s., SIEMENS, a. s. a další menší firmy. Velkou část zásahů tvoří činnost na silnici E48 a E58. Stanice je předurčena právě pro likvidaci následků dopravních nehod na rychlostních komunikacích. (HZS MSK, © 2023)

Policie ČR má v obci zřízeno obvodní, dopravní a kriminální oddělení. Operuje zde i městská policie. (PČR – KŘP MSK, © 2023) Nemocnice AGEL Nový Jičín, a. s. poskytuje komplexní zdravotní péči pro široký region. Komplexní zdravotní péči zajišťuje mimo běžná oddělení i oddělení onkologie, rehabilitace, interního lékařství, radiologie, klinické biochemie a hematologie. Do spádové oblasti nemocnice patří téměř 170 000 obyvatel. (AGEL a. s., © 2023)

6.2 Scénář

Dne 30. 3. 2023 v 11:30 došlo na železničním přejezdu P6792 (49°35.9624'N, 18°00.3713'E) k dopravní nehodě vlakového cisternového vozu a nákladního automobilu MAN TGL 12.250. Tento přejezd se nachází na ulici Dukelská, která tvoří hranici mezi Novým Jičínem a Šenovem u Nového Jičína. V těsné blízkosti tohoto přejezdu stojí Obecní úřad obce Šenov u Nového Jičína, vlakové nádraží Nový Jičín nebo nákupní centrum Fastmall Nový Jičín. Příčinou dopravní nehody bylo nerespektování červeně blikajícího světelného zařízení ze strany řidiče nákladního automobilu. Řidič vjel na přejezd právě ve chvíli, kdy tudy projížděl vlak přepravující 10 m³ kyseliny sírové dýmavé, zvané též jako oleum. Při nárazu byl poškozen plášť cisterny a došlo k vytvoření louže z převážené látky. Situaci navíc výrazně zkomplikovalo množství kyanidu zinečnatého, které se vysypalo z korby naloženého nákladního automobilu. Ten byl obsažen v pěti sudech o celkové hmotnosti 1 000 kg (5 × 200 kg), přičemž do reakce vstoupily 4 z nich. Kombinace těchto dvou sloučenin má za následek vznik kyanovodíku. Všechny osoby v blízkosti přejezdu, včetně účastníků provozu na pozemní komunikaci urychleně opustily místo nehody. Strojvedoucí vyvázl z celé události bez zranění a pomohl řidiči nákladního vozidla opustit kabinu i místo mimořádné události, jelikož byl lehce zraněn a pravděpodobně utrpěl šok. Následně strojvedoucí ohlásil nehodu na tísňové lince 112.



Obrázek 9 – Panoramatický pohled P6792 – Dukelská. (Seznam.cz, a. s., © 2023)

Obrázek 9 nabízí pouze výhled řidičů přijíždějících od města Nový Jičín. Pro větší přehlednost je přiložen i satelitní pohled na železniční přejezd P6972 na ulici Dukelská.



Obrázek 10 – Satelitní pohled P6792 – Dukelská. (Seznam.cz, a. s., © 2023)

6.3 Kyanovodík

Jedná se o bezbarvý plyn nebo kapalinu se slabým, hořkomandlovým zápachem. Vodný roztok této látky je slabá kyselina, známá jako kyselina kyanovodíková. Je velice hořlavý a ve směsi se vzduchem přináší vysoké riziko výbuchu či vznícení. (EEA, © 2023)

Pro člověka je kyanovodík velice nebezpečný, neboť blokuje enzymy tkáňového dýchání. Obvykle je využíván v organických syntézách, chemických analýzách nebo jako pesticid, popř. bojový plyn, ba dokonce jako způsob vykonávání trestu smrti v plynových komorách. Nevýhodou kyanovodíku v bojových podmínkách je jeho molární hmotnost, neboť je lehčí než vzduch a prchá do vyšších poloh, z čehož však vyplývá, že je nebezpečný zejména v uzavřených prostorech, odkud nemůže samovolně utéct. Nejvýznamnější katastrofou kyanovodíku v historii je havárie v chemické továrně v indickém Bhópálu z roku 1984, na jejíž následky bylo usmrceno zhruba 20 000 lidí. Počet zasažených přesahuje 500 000 osob. (Pohořelský, 2014) K běžným projevům intoxikace patří závrať, zmatenost, křeče, zvracení, tachykardie, bezvědomí a smrt na základě zástavy dýchání. První pomocí se rozumí vyvedení zasažené osoby ze zamořeného prostředí, zajištění řízeného dýchání bez kontaktního umělého dýchání ze strany záchraňující osoby (pro zamezení intoxikace zachránce) a samozřejmě okamžité přivolání ZZS. (Pádárová, 2019)

6.4 Situace v době nehody a postup činností složek IZS

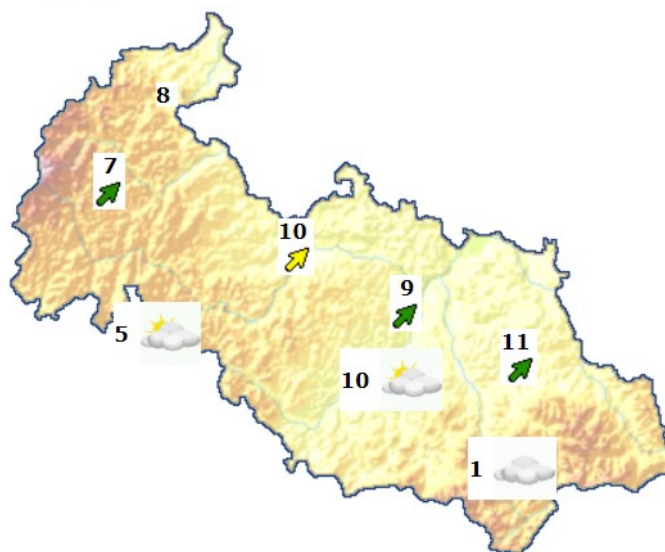
Základní údaje:

- a) země: Česká republika,
- b) obec: Nový Jičín,
- c) ulice: Dukelská,
- d) datum a čas: 30. 3. 2023 v 11:30,
- e) souřadnice: 49°35.9624'N, 18°00.3713'E,
- f) nadmořská výška: 275 m. n. m.,
- g) událost: dopravní nehoda s únikem NL,
- h) nebezpečná látka: kyanovodík.

Meteorologické údaje:

- a) směr větru: jihozápad,
- b) rychlost větru: 4 m/s,
- c) teplota vzduchu: 9 °C,
- d) vlhkost vzduchu: 57 %,
- e) pokrytí oblohy mraky: 7/10. (ČHMÚ, 2023)

Moravskoslezský kraj 30.3.2023 11:00 SELČ



Obrázek 11 – Meteorologická situace Moravskoslezský kraj. (ČHMÚ, 2023)

Množství nebezpečných látek:

- a) kyselina sírová dýmavá: 10 m³ v cisterně,
 b) kyanid zinečnatý: 5 × 200 kg v sudech,

Postup činností složek IZS*Tabulka 6 – Postup činností složek IZS. (vlastní)*

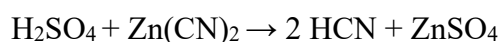
Pořadí	Činnost	Dotčené subjekty
1.	Srážka na železničním přejezdu	Účastníci dopravní nehody
2.	Oznámení události na OPIS HZS MSK	Strojvedoucí, OPIS HZS MSK
3.	Vyslání SaP na místo MU	OPIS HZS MSK, složky IZS
4.	Výjezd HZS, PČR, ZZS, JSDHo	Složky IZS
5.	Příjezd složek IZS na místo zásahu, průzkum, zhodnocení situace, stanovení postupu, uzavření oblasti, stanovení stupně poplachu	Složky IZS
6.	Varování obyvatelstva v okolí, případná evakuace	PČR
7.	Zamezení šíření a dalšího úniku NL	HZS ČR a JSDHo
8.	Výpočet zasažených oblastí s využitím SW TerEx, případně ALOHA	OPIS HZS MSK
9.	Vyhodnocení výpočtu a oblasti zasažení	OPIS HZS MSK
10.	Zahájení likvidačních prací	HZS ČR a JSDHo
11.	Ukončení zásahu	Velitel zásahu
12.	Obnova území	Zasažené subjekty

7 MODELOVÁNÍ V SW ALOHA

Již ve 4. kapitole této práce je částečně nastíněn SW nástroj ALOHA, vhodný k modelování úniku NL. V tomto konkrétním případě bude využit model rozptylu v atmosféře. SW nástroj ALOHA je součástí sady CAMEO, do které dále patří i SW nástroj MARPLOT nebo SW nástroj CAMEO CHEMICALS, které jsou vhodné pro vytvoření konkrétnějšího a přesnějšího modelu. Při dopravní nehodě cisterny a nákladního automobilu vyteklo z cisterny množství olea. Vznikla louže, do níž se přimísilo 800 kg kyanidu zinečnatého.

7.1 Produkt reakce

Závažnost nehody lze spatřit především v kombinaci dvou přepravovaných látek. Kyselina sírová dýmavá reaguje s kyanidem zinečnatým za vzniku kyanovodíku a síranu zinečnatého dle následující reakce:



Pro zjištění celkové hmotnosti vyžadovaného produktu (HCN) je nutno vypočítat látkové množství „n“ reaktantu $\text{Zn}(\text{CN})_2$.

$$n_{\text{Zn}(\text{CN})_2} = \frac{m_{\text{Zn}(\text{CN})_2}}{M_{\text{Zn}(\text{CN})_2}}$$

$$n_{\text{Zn}(\text{CN})_2} = \frac{800}{136,32}$$

$$n_{\text{Zn}(\text{CN})_2} = \underline{5,87 \text{ mol}}$$

Výpočet ukazuje, že množství 800 kg $\text{Zn}(\text{CN})_2$ tvoří 5,87 molu. Z rovnice vychází, že poměr mezi $\text{Zn}(\text{CN})_2$ a HCN je 1:1, neboť ze dvou kyanidových skupin CN^- vzniknou dvě molekuly HCN, z čehož vyplývá, že látkové množství HCN je rovno látkovému množství $\text{Zn}(\text{CN})_2$.

$$n_{(\text{HCN})} = n_{\text{Zn}(\text{CN})_2}$$

$$n_{(\text{HCN})} = \underline{5,87 \text{ mol}}$$

Výslednou hmotnost HCN lze již jednoduše vypočítat dle následujícího vztahu:

$$m_{(\text{HCN})} = n_{(\text{HCN})} \times M_{(\text{HCN})}$$

$$m_{(\text{HCN})} = 5,87 \times 27,03$$

$$m_{(\text{HCN})} = \underline{158,66 \text{ kg}}$$

Při modelované dopravní nehodě tedy vznikne přibližně 159 kg HCN. Tento údaj je nyní nutno vložit s dalšími konkrétními daty do SW nástroje ALOHA.

7.2 Vstupní údaje

Základní údaje:

- a) místo: železniční přejezd P6792,
- b) město: Nový Jičín,
- c) datum: 30. 3. 2023,
- d) čas: 11:30,
- e) nadmořská výška: 275 m. n. m.,
- f) souřadnice: 49°35.9624'N, 18°00.3713'E.

Meteorologické podmínky:

- a) směr větru: jihozápadní,
- b) rychlost větru: 4 m/s,
- c) povrch: město/les,
- d) teplota vzduchu: 9 °C,
- e) pokrytí oblohy mraky: 7/10,
- f) relativní vlhkost: 57 %.

Data o nebezpečné látce:

- a) název: kyanovodík,
- b) molekulová hmotnost: 27,03 g/mol,
- c) AEGL-1: 2 ppm,
- d) AEGL-2: 7,1 ppm,
- e) AEGL-3: 15 ppm,
- f) bod varu: 25,4 °C

Síla zdroje:

- a) hmotnost louže: 159 kg,

- b) průměr louže: 3 m,
- c) teplota povrchu: 9 °C,
- d) tvar uniklé látky: louže,
- e) typ povrchu: beton.

```
SITE DATA:
Location: ZELEZNICNI PREJEZD P6792, CESKA REPUBLIKA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.50 (enclosed office)
Time: March 30, 2023 1130 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: HYDROGEN CYANIDE
CAS Number: 74-90-8                      Molecular Weight: 27.03 g/mol
AEGL-1 (60 min): 2 ppm  AEGL-2 (60 min): 7.1 ppm  AEGL-3 (60 min): 15 ppm
IDLH: 50 ppm             LEL: 56000 ppm          UEL: 400000 ppm
Ambient Boiling Point: 25.4° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.52 atm
Ambient Saturation Concentration: 520,828 ppm or 52.1%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 4 meters/second from 225° true at 2 meters
Ground Roughness: urban or forest         Cloud Cover: 7 tenths
Air Temperature: 9° C                     Stability Class: D
No Inversion Height                       Relative Humidity: 57%

SOURCE STRENGTH:
Evaporating Puddle (Note: chemical is flammable)
Puddle Diameter: 3 meters                 Puddle Mass: 159 kilograms
Ground Type: Concrete                     Ground Temperature: 9° C
Initial Puddle Temperature: Ground temperature
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 3.2 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 79.0 kilograms
```

Obrázek 11 - Vstupní údaje SW nástroje ALOHA. (vlastní)

7.3 Řešení modelu

Pro kontrolu vzájemné kompatibility, tedy schopnosti vzniku reálného produktu je možno využít SW nástroj CAMEO CHEMICALS. Tento SW nabízí obširnou databázi NL. Každé takové látce je přiřazen datový list s nejrůznějšími informacemi. Látky lze vyhledávat na základě názvu, čísla CAS nebo třeba UN kódu. Obrovskou výhodou pro modelování obdobných situací je režim porovnání vzájemné reaktivity dvou látek. Pokud je kombinace látek vysoce reaktivní, objeví se pojem „incompatible“ s červenou ikonou. Pojem „caution“ se žlutou ikonou sděluje, že za určitých podmínek může být reakce nebezpečná. Zelená ikona s pojmem „compatible“ značí nízkou reaktivitu látek. Při posouzení vzájemné reaktivity olea a kyanidu zinečnatého ihned naskočila červená ikona, dle níž může být výchozí produkt

hořlavý a toxický. Hrozí intenzivní až explozivní reakce a uvolňují se plynné produkty, zejména kyanovodík.

⚠ Hazard Predictions

ZINC CYANIDE mixed with
SULFURIC ACID

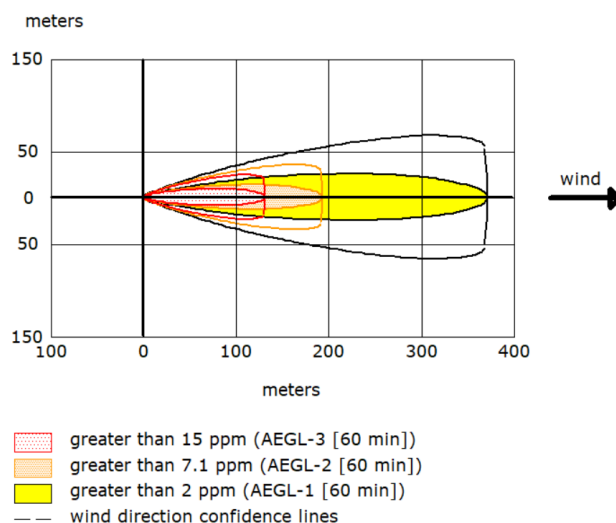
Incompatible ■

- **Flammable:** Reaction products may be flammable
- **Generates gas:** Reaction liberates gaseous products and may cause pressurization
- **Intense or explosive reaction:** Reaction may be particularly intense, violent, or explosive
- **Toxic:** Reaction products may be toxic
- **May produce the following gases:**
 - Hydrogen Cyanide

Obrázek 12 - Model vzájemné reaktivity CAMEO CHEMICALS. (vlastní)

Po kontrole kompatibility a zadání vstupních údajů nabízí SW nástroj ALOHA model ohrožené zóny v závislosti na směru větru. Tyto zóny jsou rozděleny do 3 sektorů. První sektor je označen jako AEGL-1, v němž zasažené osoby mohou pociťovat podráždění a symptomatické příznaky. Účinky jsou pouze přechodné a vymizí po přerušení expozice. AEGL-2 je zóna, ve které je obyvatelstvo vystaveno silnějším koncentracím, kde mohou být účinky na zdravotní stav jedince dlouhotrvající až nevratné. AEGL-3 je zónou ohrožení života až smrti, v níž jsou koncentrace NL nejvyšší. V případě řešené dopravní nehody byly zóny ohrožení stanoveny následovně:

- a) červená zóna dle AEGL-3: 132 m,
- b) oranžová zóna dle AEGL-2: 194 m,
- c) žlutá zóna dle AEGL-1: 372 m.



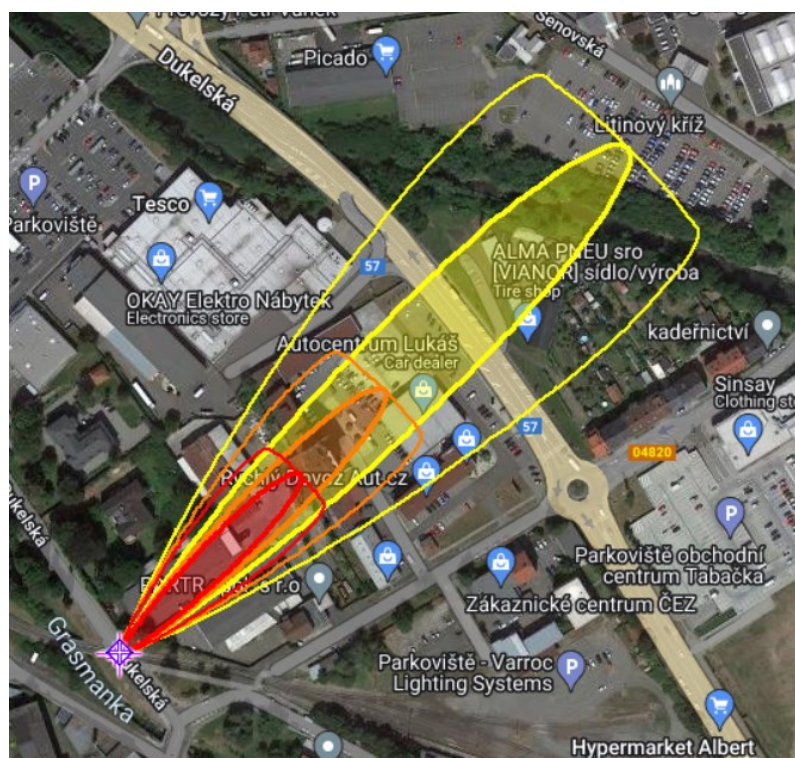
Obrázek 13 – Zóny ohrožení při vzniku 159 kg HCN. (vlastní)

Pokud by zreagoval vyšší či nižší počet sudů s přepravovaným $Zn(CN)_2$ z nákladního vozidla, zóny ohrožení by byly dle SW nástroje ALOHA stanoveny následovně:

Tabulka 7 – Zóny ohrožení ALOHA v závislosti na hmotnosti $Zn(CN)_2$. (vlastní)

Počet sudů s $Zn(CN)_2$	Hmotnost $Zn(CN)_2$ [kg]	Hmotnost HCN [kg]	AEGL-1 [m]	AEGL-2 [m]	AEGL-3 [m]
1	200	40	337	176	121
2	400	79	354	185	126
3	600	119	365	190	130
4	800	159	372	194	132
5	1 000	198	376	196	134

Zjištěná data lze efektivně převést do SW MARPLOT, který je vybaven mapovými podklady pro zakreslení zóny ohrožení. Díky této funkci mohou být vytýčeny zóny ohrožení kontaminovaného území v reálném prostředí, tedy v okolí železničního přejezdu v Novém Jičíně.



Obrázek 14 - Zóny ohrožení Nový Jičín. (vlastní)

7.4 Ohrožené objekty

Vymezení ohrožených objektů a subjektů je jedna z nejdůležitějších činností při modelování úniku NL. Nejvíce ohrožené jsou prvky v červené zóně, poté v zóně oranžové a následně v zóně žluté. Osoby z červené a oranžové zóny by měly být co nejrychleji varovány, evakuovány a měly by využít prostředků improvizované ochrany. Do těchto zón patří:

- a) firmy:
 - a. Apstín – Nový Jičín Žaluzie,
 - b. Autocentrum Lukáš s. r. o.,
 - c. Inter Cars Česká republika s. r. o.,
 - d. PARTR spol. s. r. o.,
 - e. RDAutomobil s.r.o.,
 - f. RPS Czech s. r. o.,
 - g. zemědělské potřeby Balaga Petr,
- b) ulice:
 - a. Dukelská,
 - b. Jeremenkova,
- c) železniční trať.

Apstín je malá firma do 10 zaměstnanců. Ve firmě Autocentrum Lukáš s. r. o., může svou činnost během pracovního dne vykonávat přibližně 20 zaměstnanců. Inter Cars ČR s. r. o., může mít v této pobočce do 5 zaměstnanců. PARTR spol. s. r. o., má na své pobočce v Novém Jičíně taktéž zhruba 10 zaměstnanců. RDAutomobil s. r. o., zaměstnává do 5 osob. V zemědělských potřebách Petra Balagy pracuje 6 až 9 osob. Na ulici Dukelská a Jeremenkova není vysoký pohyb obyvatelstva běžný, tudíž můžeme počítat zhruba se 40 až 50 osobami. **V červené a oranžové zóně se tedy může vyskytovat přibližně 95 až 110 osob.**

Žlutá zóna je oblastí, ve které mohou lidé cítit podráždění a lehčí symptomy, je však nutno brát zřetel i na tuto oblast a varovat obyvatelstvo, které se v ní nachází. V této zóně lze nalézt:

- a) ALMA PNEU s. r. o.,
- b) řeka Jičínka,

c) ulice Malostranská.

d) parkoviště Kříž.

ALMA PNEU s. r. o., je firma až s 50 zaměstnanci. Ulice Malostranská je frekventovanou ulicí spojující průmyslovou zónu a 2 nákupní centra, lze tedy očekávat poměrně vysoký počet osob na této ulici, což v tuto denní dobu činí kolem 100 obyvatel. Parkoviště Kříž je parkovištěm pro obrovský automobilový výrobní podnik Varroc. Naštěstí se událost odehrává v době, kdy v podniku probíhá ranní směna a mnoho zaměstnanců se po parkovišti pohybovat nebude. Lze tedy počítat s maximálním počtem 20 osob na parkovišti. **Celkem se v ohrožených zónách může nacházet 270 až 300 osob.**

Nicméně je stále nutno sledovat směr větru, neboť při jeho změně směrem na sever může dojít k ohrožení nákupní zóny, v níž se pohybuje obrovské množství obyvatel. V nákupní zóně leží např. Tesco, Jysk, Dr. Max, Guty, Superzoo a mnoho dalších. Tyto obchodní řetězce by počet ohrožených osob jistě rapidně zvýšily.

8 MODELOVÁNÍ V SW TEREX

Druhým modelovacím nástrojem pro potřeby této bakalářské práce bude SW nástroj TerEx, jehož název vychází ze zkratky „teroristický expert“. I tento SW nástroj je podrobně charakterizován v kapitole č. 4. Práce v tomto programu je pro uživatele jednodušší, jelikož ke zjištění konečné zóny ohrožení stačí využít jediný program. V předchozí kapitole bylo nutno využít nástroje SW ALOHA, CAMEO CHEMICALS a MARPLOT. Jednoduchému ovládání napomáhá i fakt, že celý program je k dispozici v českém jazyce.

8.1 Vstupní údaje

Volba modelu a látky:

- a) havarijní model: PUFF – jednorázový únik plynu do oblaku,
- b) látka: kyanovodík.

Vstupní parametry:

- a) uniklé množství: 159 kg,
- b) rychlost větru: 4 m/s,
- c) pokrytí oblohy mraky: 70 %,
- d) doba vzniku: den – jaro,
- e) povrch: obytná krajina.

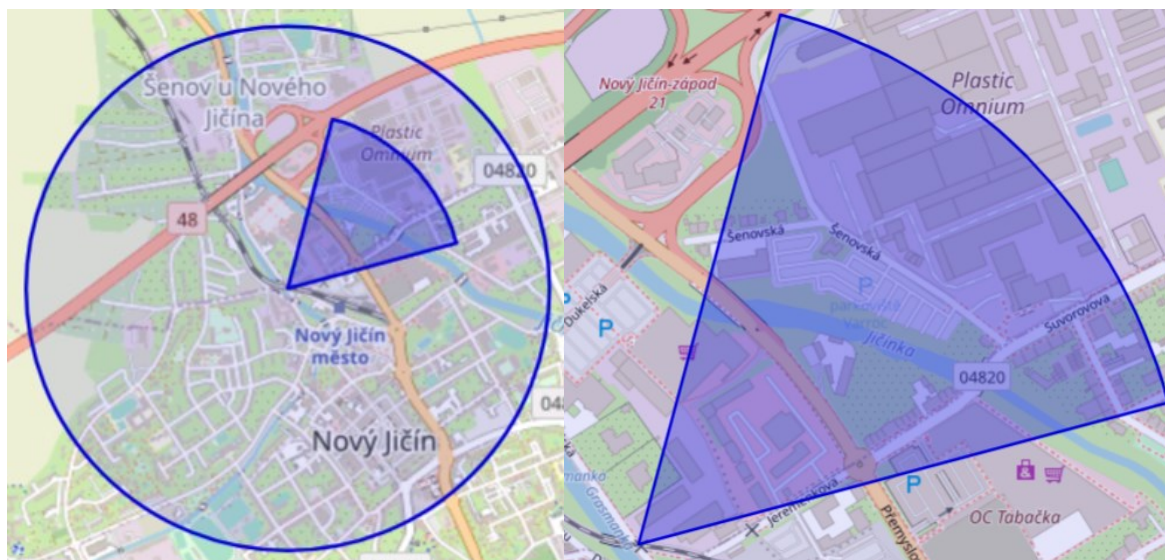
Vstupní parametry	
Látka	kyanovodík
Celkové množství uniklé kapaliny	159 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě	4 m/s
Pokrytí oblohy oblaky	70 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Den - jaro
Typ atmosférické stálosti	Izotermie
Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina

Obrázek 15 – Vstupní parametry SW nástroje TerEx. (vlastní)

8.2 Řešení modelu

Po zadání modelu, látky a vstupních parametrů TerEx vygeneruje výsledek, ze kterého vychází zóna ohrožení osob a zóna vhodná k průzkumu koncentrace. Ze zadaných parametrů

program vyhodnotil, že zóna ohrožení osob toxickou látkou bude ve tvaru kruhové výseče v délce 582 metrů ve směru větru. Koncentrace HCN by v této zóně dosahuje $54,8 \text{ mg/m}^3$. Všechny osoby nacházející se v této zóně by měly být co nejrychleji evakuovány. Průzkum je doporučen až v okruhu 873 metrů od místa nehody. Koncentrace byla stanovena na $18,06 \text{ mg/m}^3$. Střed kružnice byl zanesen na železniční přejezd P6792 v Novém Jičíně.



Obrázek 16 – Zóny ohrožení TerEx. (vlastní)

Stejně jako u SW nástroje ALOHA je vhodné přiložit přehlednou tabulku zóny ohrožení v závislosti na reagujícím množství $\text{Zn}(\text{CN})_2$.

Tabulka 8 – Zóny ohrožení TerEx v závislosti na hmotnosti ZnCl_2 . (vlastní)

Počet sudů s $\text{Zn}(\text{CN})_2$	Hmotnost $\text{Zn}(\text{CN})_2$ [kg]	Hmotnost HCN [kg]	Zóna ohrožení osob	Zóna doporučeného průzkumu
1	200	40	351	526
2	400	79	450	675
3	600	119	523	784
4	800	159	582	873
5	1 000	198	630	945

8.3 Ohrožené objekty

Při využití modelu TerEx jsou zóny na rozdíl od SW nástroje ALOHA rozděleny pouze do dvou sektorů. První sektor ve tvaru kruhové výseče je prostorem nutné evakuace a byl vytýčen až do vzdálenosti 582 metrů. V tomto prostoru se nachází:

a) ulice:

- a. Dukelská,
- b. Jeremenkova,
- c. Lužická,
- d. Suvorovova,
- e. Šenovská.

b) firmy:

- a. Apstín – Nový Jičín Žaluzie,
- b. Autocentrum Lukáš s. r. o.,
- c. Bartoňova pekárna s. r. o.,
- d. Inter Cars Česká republika s. r. o.,
- e. obchodní centrum Tabačka (dále v textu jen „OC Tabačka“)
- f. PARTR spol. s. r. o.,
- g. PO Lighting Czech, s.r.o.,
- h. Q – VAT spol. s. r. o.,
- i. RDAutomobil s.r.o.,
- j. RPS Czech s. r. o.,
- k. Tesco stores a. s.,
- l. zemědělské potřeby Balaga Petr,

c) vzdělávací zařízení:

- a. Střední škola technická a zemědělská Nový Jičín,

d) rodinné domy:

- a. Přibližně 25 takových domů.

- b. silnice I/48,
- c. železniční trať,
- d. řeka Jičínka.

K původnímu odhadu 95 až 110 ohrožených osob v červené a oranžové zóně programu ALOHA je nutno přičíst obyvatelstvo operující ve objektech Bartoňova pekárna, PO Lighting Czech s. r. o., OC Tabačka, Q – VAT s. r. o. a Tesco Stores a. s. Do tmavě modré zóny přibyla i Mateřská škola Palováček a Střední škola technická a zemědělská Nový Jičín. Nelze opomenout 25 rodinných domů a rychlostní silnici I/48.

V areálu Bartoňovy pekárny se v běžném pracovním dni může pohybovat přibližně 30 zaměstnanců. PO Lighting Czech s. r. o., je obrovský výrobní podnik zabývající se automobilovým průmyslem, který funguje v režimu 3 směn. Lze tedy počítat zhruba s třetinou celkového počtu zaměstnanců, jelikož v čase události operuje pouze ranní směna. Na takové směně může v jedné chvíli pracovat až 700 osob. OC Tabačka je komplex, ve kterém své služby nabízí obchod Datart, Hypermarket Albert, CCC, GATE, KiK, NKD, Sinsay, Erotic City, Flamengo květiny, GECO Tabák, Orion, Tescoma, Zvěrokruh, Dr. Max či Rosmann. Občerstvení poskytuje Banyan Bistro. V tuto denní dobu lze očekávat nižší počet osob než v odpoledních či večerních hodinách, neboť většina z nich vykonává přes den své zaměstnání. Odhad osob v objektu je stanoven do 500 osob. Nejmenší firmou z tohoto seznamu je společnost Q – VAT s maximálním počtem 9 zaměstnanců. V obchodě Tesco Stores a. s., se může nacházet do 300 osob.

Střední škola technická a zemědělská má v zasaženém prostoru pouze jedno své pracoviště, druhé se nachází o několik kilometrů dál. Z tohoto důvodu by se v zasaženém areálu školy mohlo pohybovat přibližně 200 osob. V některých postižených rodinných domech žije pouze jedna rodina, jiné domy jsou tvořeny i čtyřmi byty. V průměru tedy připadá na každý dům zhruba 10 osob. Při vynásobení počtem domů přibývá dalších 250 osob. Odhadovaný počet osob na ulicích je stanoven do 200. Součet osob na ploše výše zmíněných podniků, vzdělávacích zařízení a domů byl stanoven na 2 200 osob. K tomuto číslu je třeba přičíst 95 až 110 osob vycházejícího z území zasaženého v SW nástroje ALOHA.

Celkový počet ohrožených osob v tmavě modré zóně, které by při úniku kyanovodíku měly být evakuovány, je při zaokrouhlení v řadu stovek stanoven až na 2 300 osob. Území doporučené k průzkumu toxické koncentrace dle SW TerEx pokrývá větší polovinu města Nový Jičín a sousedící obec Šenov u Nového Jičina. Přesný počet osob v takovém

prostoru se nedá určit zcela přesně, ale vzhledem k populaci žijící v Novém Jičíně lze toto číslo odhadovat na 10 až 15 tisíc osob, jelikož spousta z nich za prací dojíždí do města z okolních vesnic.

9 POROVNÁNÍ SW NÁSTROJŮ ALOHA A TEREX

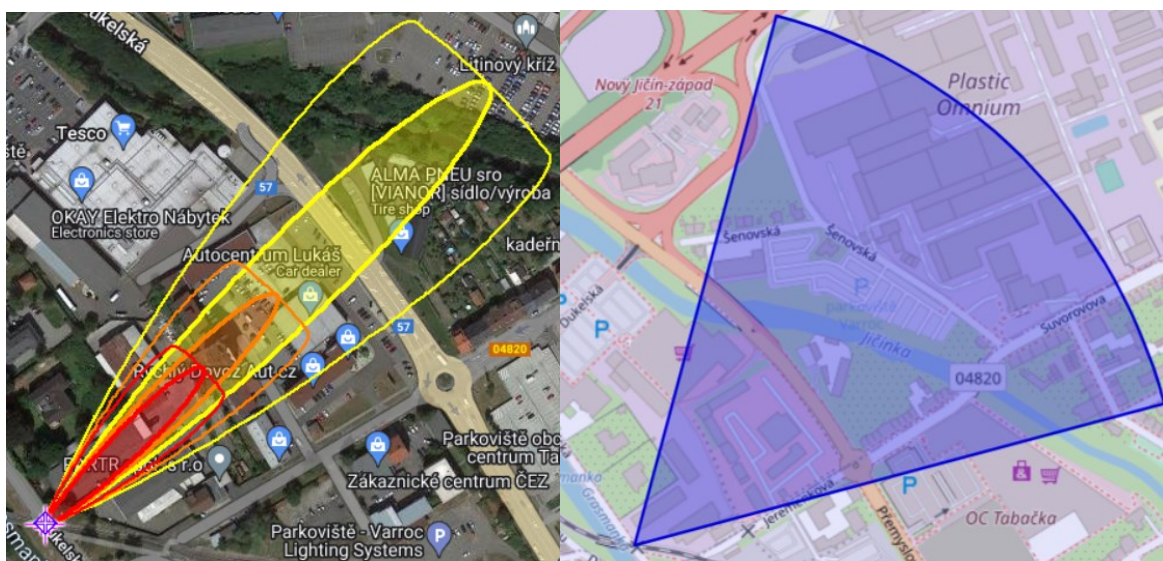
Po vyhodnocení výsledků z obou zmíněných SW nástrojů se nabízí možnost vzájemného porovnání výsledků, ale také programů jako takových. První rozlišení, které si uživatel na první chvíli všimne je jazykové nastavení. ALOHA je kompletně v anglickém jazyce, což může být jeden z důvodů, proč se potenciální zpracovatel modelu rozhodne pro variantu v češtině.

Tuto variantu nabízí právě TerEx. Při spuštění se nabízí velice jednoduché uživatelské prostředí, díky kterému lze velice jednoduše vytvořit požadovaný model. K dispozici je zde 12 havarijních modelů, registr obsahující 477 nebezpečných látek a možnost vytvoření vlastní události. Pro vytvoření modelu stačí vyplnit pouze několik informací, jako je výběr havarijního modelu; uniklé látky; uniklého množství; rychlosti větru; typu povrchu; doby vzniku a oblačnosti. Na základě těchto informací jsou vypočítány dvě zóny, ve kterých mohou být osoby vystaveny nebezpečným koncentracím. Tmavě modrá zóna označuje zónu předurčenou k nutné evakuaci, světle modrá zóna je určena k průzkumu toxické koncentrace. Tyto zóny lze následně zavést do mapy, ve které lze zohlednit i směr větru a konkrétní umístění bodu vzniku. K vytvoření modelu tedy stačí postupovat krok po kroku v jediném programu a práce s ním je poměrně jednoduchá. Ve výsledku však může vykazovat určité nepřesnosti, jelikož množství zainteresovaných vstupních údajů není příliš široké.

Širší nabídku z tohoto pohledu nabízí SW nástroj ALOHA. Zde je vyžadováno mnohem více údajů pro vytvoření modelu. Pro tento účel slouží okna „SiteData“ a „SetUp“. První jmenované okno má v sobě další 3 podokna, do kterých je nutno zadat údaje pro lokaci, typ budovy (pro případ vnitřního úniku), datum a čas. Druhé jmenované okno skrývá 4 podokna, ve kterých jsou vyžadovány údaje o chemické látce, meteorologických údajích, síle zdroje a nastavení samotného výpočtu. Výpočet rozdělí nebezpečnou zónu na červenou zónu AEGL-3, oranžovou zónu AEGL-2 a žlutou zónu AEGL-1. Pro posouzení vzájemné reaktivity dvou a více látek slouží program CAMEO CHEMICALS, který je s posuzovaným programem kompatibilní. Nabízí také kartu s popisem každé nebezpečné látky. Následně mohou být zóny přeneseny do kompatibilního programu MARPLOT, abízející mapové podklady různého druhu. Místo nehody je stanoveno na základě zadaných vstupních souřadnic. Výsledky by vzhledem k širšímu množství vstupních dat měly být o něco přesnější.

TerEx je tedy vhodnou volbou pro rychlý nástin možné situace. Výhodou je bezesporu jednoduché a přehledné uživatelské prostředí v českém jazyce a vytvoření modelu na základě

jediného programu s několika základními vstupními daty. ALOHA je poněkud složitější SW nástroj, k jehož využití je třeba ovládat alespoň základy anglického jazyka. Množství informací, které je třeba do systému zadat je mnohem obsírnější, což může být pro uživatele zpočátku náročnější, ovšem finální výsledek by měl být právě o to přesnější. Kromě srovnání prostředí, uživatelských možností a základního ovládání je velice žádoucí srovnat i samotné výstupy z obou nástrojů. Rozdílnost lze spatřit nejen v uvedených vzdálenostech, do kterých by se uniklý kyanovodík mohl dostat, ale také ve tvaru kontaminovaného území.



Obrázek 17 – Porovnání výstupů z SW nástrojů. (vlastní)

Výstup vytvořený pomocí SW nástroje ALOHA rozděluje kontaminované území do 3 vrstev, které jsou vyznačeny ve tvaru oválu. Území pokryté na mapě není nijak široké, což může být zapříčiněno tím, že při zadávání vstupních údajů je nutno vyplnit údaj o konkrétním úhlu směru větru, který oblast velice přesně charakterizuje a nepočítá s odchylkami v uvedeném směru. Jednotlivé zóny byly stanoveny ve vzdálenostech 132 m, 194 m a 372 m od místa nehody. Odhad osob nacházejících se v těchto zónách byl stanoven na 270 až 300.

Oblast druhého výstupu je na první pohled mnohem rozsáhlejší. Při vytváření modelu v mapovém podkladu není přesně určen úhel směru větru, ale je stanoven pouze obecný jihozápadní směr, který modeluje kontaminované území ve tvaru kruhové výseče pod úhlem 45° . V tomto případě byly vytýčeny pouze 2 zóny, a to ve vzdálenostech 582 m a 873 m. Počet ohrožených osob byl ale několikanásobně vyšší, neboť do vymezené oblasti rázem přibýlo několik firem s vysokým počtem zaměstnanců, a také poměrně vysoké množství rodinných domů. Oblast doporučené koncentrace je v porovnání s oblastmi z prvního výstupu taktéž

mnohonásobně větší, jelikož území ve tvaru kruhu pokrývá větší část města Nový Jičín a přilehlou obec Šenov u Nového Jičina.

Tabulka 9 – Porovnání výsledků SW nástrojů. (vlastní)

Hmotnost HCN [kg]	ALOHA evakuace [m]	TerEx evakuace [m]	ALOHA průzkum [m]	TerEx průzkum [m]
40	176	351	337	526
79	185	450	354	675
119	190	523	365	784
159	194	582	372	873
198	196	630	376	945

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že SW nástroj TerEx poskytuje mnohem opatrnější a zodpovědnější přístup k řešení úniku NL. Pro větší bezpečí obyvatelstva vytváří mohutnější zóny pro evakuaci a průzkum za účelem ochrany osob, které se např. dle programu ALOHA ve vyznačených zónách nenacházejí. Takový přístup může být předmětem mnoha diskusí. Žádoucí však je, aby byl systém připraven a ne překvapen. Z tohoto důvodu se jedná o vhodný SW nástroj, i když může vykazovat jisté odchylky.

SW nástroj ALOHA je samozřejmě taktéž vhodným pomocníkem pro modelování úniku nebezpečné látky, avšak příliš nepočítá s případnou změnou okolních podmínek. Například náhlá změna proudění větru či zóny pro evakuaci a průzkum jsou v tomto případě pouze poloviční až třetinové oproti protějším výstupům.

Během evakuace může nastat celá řada komplikací, jejichž důvodem je zejména:

- a) druh mimořádné události a její rozsah,
- b) neznalost přesného počtu osob v ohroženém prostoru,
- c) zdravotní postižení evakuovaných osob a jejich počet,
- d) nedostupnost vhodných evakuačních prostředků a techniky,
- e) neznalost zásad evakuace a konkrétních činností s ní souvisejících,
- f) neodpovídající evakuační dokumentace. (Tomek a Strohmandl, 2013)

10 NÁVRH OPATŘENÍ

Železniční přejezd P6792 na pomezí města Nový Jičín a obce Šenov u Nového Jičína je zcela jistě rizikovým místem pro potenciální vznik dopravní nehody. V případě nehody, kdy by došlo k úniku nebezpečné látky do okolního ovzduší, je ohroženo obyvatelstvo ve všech směrech proudění větru, a nejen pouze ve směru jihozápadního větru tak, jak bylo modelováno v případové studii. V okolí přejezdu se nachází obchodní centra, průmyslové areály, rodinné domy, vlakové a autobusové nádraží a mnoho dalších objektů, které jsou spojeny s pohybem vysokého počtu osob. Proto je žádoucí, aby byla zejména pro železniční přejezd P6792 navržena taková opatření, která by zamezila nebo alespoň snížila pravděpodobnost vzniku dopravní nehody v této lokalitě. Světelné zabezpečovací zařízení s přerušovaným bíle blikajícím světlem není aktivní. Pokud je železniční přejezd řešen tímto způsobem, je možno jet 50 m před ním a na něm nejvyšší povolenou rychlostí 30 km/h. Nejvyšší povolená rychlost v tomto úseku je tedy vhodná, avšak nečinnost bílého výstražného světla může u řidičů osobních a nákladních automobilů evokovat pocit, že světelné zařízení je nefunkční. Pokud by se jednalo o řidiče, který zdejší ulicí projíždí často bez setkání s vlakovou soupravou, může toto opatření dlouhodobě ignorovat. Řešením by bylo aktivování blikajícího bílého výstražného světla v kombinaci se svislým dopravním značením informujícím o nejvyšší povolené rychlosti 30 km/h.

Hlavní silniční tah ve směru Opava – Valašské Meziříčí prochází sousední ulicí Malostranská. Ulice tedy ve srovnání s ulicí Malostranská není příliš frekventovaná. Nabízí se tedy i možnost umístění svislého dopravního značení s označením „Stůj, dej přednost v jízdě“ těsně před železničním přejezdem s velice nízkou pravděpodobností vzniku dopravních kolon. Toto opatření by mohlo být ještě doplněno vodorovným dopravním značením v podobě příčné čáry souvislé pro vyznačení místa, na kterém musí řidič vozidla zastavit.



Obrázek 18 – Výhled řidiče od obce Šenov u Nového Jičína. (Seznam.cz, a. s., © 2023)

Riziko případné nehody je podstatně násobeno velice špatným výhledem pro řidiče vozidla i pro strojvedoucího vlakové soupravy, zejména kvůli nevhodně umístěnému objektu na pravé straně výhledu strojvedoucího vlakové soupravy.



Obrázek 19 – Výhled strojvedoucího vlakové soupravy. (vlastní)

Jak již bylo zmíněno, hlavní silniční tah se nachází na sousední ulici. Není tedy nutné, aby ulicí Dukelská projížděla nákladní vozidla nad 3,5 t, jelikož mohou využít ulici Malostranská. Řešením by bylo umístění zákazu vjezdu vozidlům nad 3,5 t.



Obrázek 20 – Zásobování NC Fastmall. (OpenStreetMap; Matušů, 2023, vlastní)

Zásobování nákupního centra Fastmall (dále v textu jen „NC Fastmall“) může být zajištěno právě od ulice Malostranská. Výjimkou jsou obchody Jysk, Pepco a Super Zoo, které musí být zásobovány z ulice Dukelská. Odbočka k těmto obchodům z ulice Dukelská je však ještě před Obecním úřadem obce Šenov u Nového Jičína. Od tohoto místa dále směrem k přejezdu lze umístit svislou dopravní se zákazem vjezdu vozidel nad 3,5 t (mimo vozidla IZS). Z druhé strany by byl zákaz umístěn od ulice Dolní brána. V souvislosti s těmito opatřeními je nezbytné, aby dodržování svislého dopravního značení v této lokalitě namátkově kontrolovala hlídka PČR.

Největší slabinou železničního přejezdu je bezesporu absence závor. Umístění závor k tomuto přejezdu je jediným opatřením, které by mohlo zabránit přímému potenciálnímu střetu vozidla s vlakovou soupravou. Jedná se o velice nákladné, ovšem vysoce účinné opatření.

Správa železnic důkladně rozmýšlí nad tím, kde je přítomnost závor nezbytná, a které přejezdy se bez závor prozatím obejdou. Železniční přejezd P6792 je bohužel stále zařazen do skupiny přejezdů bez závor. Osazení jednoho přejezdu vyjde Správu železnic dle vedoucího oddělení pro komunikaci s veřejností Marka Illiáše na 3 až 10 milionů Kč, což je hlavní důvod, proč stále spousta přejezdů není závorami vybavena. (Hedánková, Preclíková, 2016)

ZÁVĚR

Bakalářská práce zabývající se problematikou dopravní nehody s únikem nebezpečné látky byla rozdělena na teoretickou a praktickou část. Hlavním cílem práce bylo navrhnout vhodná řešení směřující ke zlepšení současného stavu problematiky dopravních nehod s únikem nebezpečné látky. Ke splnění hlavního cíle byly stanoveny dílčí cíle: na základě dostupných zdrojů zpracovat teoretickou část dané problematiky a vypracovat případovou studii pro dopravní nehodu s únikem nebezpečné látky pomocí zvolených softwarových nástrojů a provést vzájemné porovnání výstupů. V práci byla použita metoda explanace, klasifikace, komparace, logické indukce a predikce.

Úvodní kapitola práce přibližuje oblast předpisů a dohod vztahujících se k nebezpečným látkám a jejich přepravě. Jmenovitě se jedná zejména o dvě nařízení, známá pod označením „CLP“ a „REACH“ a o Dohodu o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí. Nebezpečné chemické látky se vyskytují v různých formách a na různých místech. Při přepravě takových látek je však nezbytné, aby byly označeny odpovídajícím způsobem dle závazných norem. Příkladem takového značení může být systém GHS či Diamant. Dopravní nehody jsou spojovány především s provozem na pozemních komunikacích. Nejčastější příčinou takových nehod je lidské selhání. Výjimkou nejsou ani dopravní nehody s únikem nebezpečných látek, které mohou svou závažností několikanásobně převýšit škody na životech či majetku oproti běžným dopravním nehodám. Havárie v tunelu Mont Blanc nebo v kempu Los Alfaques jsou toho důkazem. Rozsah takových událostí nelze zcela přesně stanovit, je však možno jej přibližně predikovat pomocí softwarových nástrojů ALOHA, TerEx a dalších. Pokud takové události v reálném čase a prostoru vzniknou, jejich řešení přísluší Integrovanému záchrannému systému. K jeho základním složkám patří Hasičský záchranný sbor České republiky, Policie České republiky, poskytovatelé zdravotnické záchranné služby a jednotky plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany.

Dílčím cílem bakalářské práce bylo vypracování případové studie pro dopravní nehodu s únikem nebezpečné látky pomocí zvolených softwarových nástrojů a provedení vzájemného porovnání výstupů. K tvorbě této studie bylo nutné vytvořit reálný scénář, podle kterého byl modelován únik kyanovodíku v okolí železničního přejezdu P6792 na pomezí města Nového Jičína a přilehlé obce Šenov u Nového Jičína. Pro potřeby modelování úniku byly zvoleny SW nástroje ALOHA a TerEx. Oba nástroje vykazují mnoho odlišností, ať už z hlediska jejich ovládání, tak i z hlediska konečných výsledků modelování. Proto byly výsledky z obou nástrojů vzájemně porovnány a vyhodnoceny. Následně byla navržena

vhodná řešení směřující ke zlepšení současného stavu problematiky dopravních nehod s únikem nebezpečné látky, čímž bylo dosaženo hlavního cíle práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGEL a. s., © 2023. *O nemocnici*. In: <https://nemocnicenovyjicin.agel.cz> [online]. Česká republika [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://nemocnicenovyjicin.agel.cz/o-nemocnici.html>

ASOCIACE ZÁCHRANNÝ KRUH, 2023. *Dopravní nehoda s únikem nebezpečných látek*. In: <https://www.zachranny-kruh.cz> [online]. Česká republika, [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://www.zachranny-kruh.cz/mimoradne-udalosti/havarie/dopravni-nehoda-s-unikem-nebezpecnych-latek.html>

ASSOCIATION OF PROFESSIONAL MODEL MAKERS, 2018. In: <https://apmm.memberclicks.net> [online]. Hamilton, NY, [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: https://apmm.memberclicks.net/index.php?option=com_content&view=article&id=39

BLAŽÁK, David, 2015. *Využití SW Practis ve výuce problematiky ochrany obyvatelstva a krizového řízení* [online]. Zlín, [cit. 2023-01-23]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/33778/bla%0c5%0a5%0c3%0a1k_2015_dp.pdf?sequence=1&isAll-owed=y. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati. Vedoucí práce Ing. Jakub Rak PhD.

BUREŠ, David, 2018. Kolik celosvětově ročně umře na silnicích osob? Je to šílené číslo. In: <https://www.auto.cz> [online]. Česká republika, [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/kolik-celosvetove-rocne-umre-na-silnicich-osob-je-to-silene-cislo-126359>

ČESKO, 2000. Zákon č. 239/2000 Sb. Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. ročník 2000, číslo 239.

ČESKO, 2015. Zákon č. 320/2015 Sb. Zákon o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru). In: *Sbírka zákonů České republiky*. ročník 2015, číslo 320.

ČESKO, 2017. *Bojový řád jednotek požární ochrany. II.*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. ISBN 978-80-7385-197-2.

ČHMÚ, 2023. *Aktuální stav počasí: Moravskoslezský kraj 30.3.2023 11:00 SELČ*. In: www.chmi.cz [online]. Česká republika [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/souhrnny-prehled#>

ČTK, 2021. *Exploze v Sierra Leone: V metropoli vybuchla cisterna s palivem, zemřelo 99 lidí*. In: <https://www.denik.cz> [online]. Praha, 2021 [cit. 2022-09-30]. Dostupné z: https://www.denik.cz/ze_sveta/vybuch-cisterna-sierra-leone.html

EEA, © 2023. *Hydrogencyanid (HCN)*. In: www.eea.europa.eu [online]. Copenhagen [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eper-chemicals-glossary/hydrogencyanid-hcn>

EPA U. S., 2022. ALOHA Software. In: <https://www.epa.gov/> [online]. United States, [cit. 2023-02-06]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>

EVROPSKÁ AGENTURA PRO BEZPEČNOST A OCHRANU ZDRAVÍ PŘI PRÁCI, 2021. *Nebezpečné látky*. In: <https://osha.europa.eu> [online]. Brusel, [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/cs/themes/dangerous-substances>

EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EU, 2008. *Narizení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006 (Text s významem pro EHP)*. In: www.zakonyprolidi.cz [online]. [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/pravo/du/dokument?celex=32008R1272>

GUARD7, 2022. *System Diamant*. In: <https://www.guard7.cz> [online]. Pardubice, [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.guard7.cz/system-diamant/>

HRACHOVEC, Michal, 2022. *PČR – OOP Stod – Škoda Octavia III Combi*. In: www.technikaizs.cz [online]. Stod, 14. 2. 2022 [cit. 2022-12-01]. Dostupné z: <https://www.technikaizs.cz/technika/pcr-oop-stod-skoda-octavia-iii-combi/>

HRBEK, Tomáš, 2018. *Děsivá nehoda na dálnici ukázala nebezpečí přepravy LPG*. In: <https://www.garaz.cz> [online]. Praha, [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/desiva-nehoda-na-dalnici-ukazala-nebezpeci-prepravy-lpg-20000030>

HZS JmK, 2020. *Nebezpečné látky*. In: <https://www.krizport.cz> [online]. Jihomoravský kraj, [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.krizport.cz/rady/chytre-blondynky-radi/nebezpecne-latky>

HZS MSK, © 2023. *Územní odbor Nový Jičín*. In: www.hzscr.cz [online]. Nový Jičín [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/organizacni-slozky-uo-novy-jicin-uzemni-odbor-novy-jicin.aspx>

INCORP a. s., 2017. *Jedna z nejhorsich dopravnich katastrof dodnes budi hrizu. Co se stalo v Montblanskem tunelu?* In: <https://globe24.cz/> [online]. Praha 1 - Nové Město, [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://globe24.cz/svet/37247-jedna-z-nejhorsich-dopravnich-katastrof-dodnes-budi-hrizu-co-se-stalo-v-montblanskem-tunelu>

KONEČNÝ, Pavel a Jiří MILETÍN, 2021. *Klasifikace nebezpečných věcí.* In: <https://www.dlprofi.cz> [online]. Česká republika, [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: https://www.dlprofi.cz/33/klasifikace-nebezpecnych-veci-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EmYaQNZ1k_jNdNqhZ2_eltY/?uri_view_type=5

LEONELLI, Manuela, 2021. *Simulation and Modelling to Understand Chang.* In: <https://bookdown.org> [online]. Madrid, [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: https://bookdown.org/manuele_leonelli/SimBook/what-is-simulation.html

LUKÁŠ, Luděk, 2015. *Bezpečnostní technologie, systémy a management.* Zlín: Radim Bačuvčík – VeRBuM. ISBN 978-80-87500-67-5

MV – GŘ HZS ČR, 2019. *Vnitřní bezpečnost a veřejný pořádek a vybrané kapitoly krizového řízení: modul - E.* Praha: Ministerstvo vnitra. ISBN 978-80-7616-031-6.

MV – GŘ HZS ČR, 2020. *Modul – G: integrovaný záchranný systém a požární ochrana.* Praha: Ministerstvo vnitra. ISBN 978-80-7616-071-2.

MV – GŘ HZS ČR, 2023. *Organizace: Organizační struktura Záchranného útvaru HZS ČR.* In: <https://www.hzscr.cz> [online]. Praha, [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/organizace-organizace.aspx>

MZ ČR, 2017. *Zdravotnická záchranná služba.* In: www.mzcr.cz [online]. Praha, 22. 11. 2017 [cit. 2022-12-01]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/zdravotnicka-zachranna-sluzba-3/>

NAS COLLEGE, 2022. *Model in operation research.* In: <https://www.nascollege.org> [online]. Meerut, [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: <https://www.nascollege.org/e%20content%2010-4-20/DR%20K%20K%20KANSAL/L%202%20Model%20in%20Operation%20Research.pdf>

PÁDÁROVÁ, Ivana, 2019. *Intoxikace kyanovodíkem a kyanidy.* In: www.wikiskripta.eu [online]. Česká republika [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Intoxikace_kyanovod%C3%ADkem_a_kyanidy

PČR – KŘP KHK, © 2023. *Co je vlastně dopravní nehoda?* In: <https://www.policie.cz> [online]. Hradec Králové, [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/co-je-vlastne-dopravni-nehoda.aspx>.

PČR – KŘP MSK, © 2023. *Policie České republiky – KŘP Moravskoslezského kraje: Adresy a telefonické kontakty na jednotlivá oddělení v okrese.* In: www.policie.cz [online]. Česká republika [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/adresy-a-telefonicke-kontakty-na-jednotliva-oddeleni-v-okrese-468044.aspx>

PČR, 2017. *Policie České republiky: Police of the Czech Republic.* 2. vydání. Praha: Policejní prezidium České republiky. ISBN 978-80-270-0664-9.

PČR, 2023. *Statistika nehodovosti 2022.* In: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx> [online]. Praha, [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>

POHOŘELSKÝ, Michal, 2014. *Kyanovodík.* In: www.multimediaexpo.cz [online]. Česká republika [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <http://www.multimediaexpo.cz/mmecz/index.php/Kyanovod%C3%ADk>

POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL, 2017. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie.* Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. ISBN 978-80-7251-467-0.

PRINC, Ivan, 2022. *Analýza systému krizového řízení v kontextu ochrany obyvatelstva v České republice. Oblast – mimořádná událost typu povodeň.* Zpracováno v rámci projektu FLAPRIS – Systém pro podporu zpřesněné a včasné předpovědi nebezpečí vzniku přívalových povodní a usnadnění činností krizových a povodňových orgánů kraje, číslo projektu VB01000008. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení, prosinec 2022, 358 s. Bez ISBN (vyžádáno).

PROCHÁZKOVÁ, Dana, Jan PROCHÁZKA, Zdenko PROCHÁZKA, Hana PATÁKOVÁ a Veronika STRYMPLOVÁ, 2014. *Výsledky šetření dopravních nehod při přepravě nebezpečných látek po pozemních komunikacích v ČR.* In: <https://www.sszp.eu/> [online]. Bojnice, [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: https://www.sszp.eu/wp-content/uploads/2014_conference_MaZP_p-124_Proch%C3%A1zkov%C3%A1_et_al.pdf

SCIENCE EDUCATION RESOURCE CENTER, 2022. *What is model?* In: <https://serc.carleton.edu> [online]. Carleton College, [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: <https://serc.carleton.edu/introgeo/models/WhatIsAModel.html>

Seznam.cz, a. s., © 2023. *P6792 – Dukelská: Železniční přejezd*. In: <https://mapy.cz/> [online]. Česká republika [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?pano=1&q=p6792&source=traf&id=15747&ds=2&x=18.0061877&y=49.5994153&z=17&base=ophoto>

TASR, 2022. *Zrážka motocykla a kamióna vezúceho trhaviny: Nasledoval výbuch! Vyžiadal si 17 mŕtvych a desiatky zranených*. In: <https://www.topky.sk> [online]. Bratislava, 2022 [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://www.topky.sk/cl/11/2249265/Zrazka-motocykla-a-kamiona-vezuceho-trhaviny--Nasledoval-vybuch--Vyziadal-si-17-mrtvych-a-desiatky-zranenych>

TICNJ, © 2023. *O městě*. In: www.icnj.cz [online]. Nový Jičín [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.icnj.cz/stranka/historie-noveho-jicina.html>

TLP SOLUTIONS, 2020. *Software ROZEX*. In: <https://www.tlp-solutions.cz> [online]. Praha, [cit. 2023-02-06]. Dostupné z: <https://www.tlp-solutions.cz/produkty/software-rozex/>

TOMEK, Miroslav a Jan STROHMANDL, 2013. *Evakuace jako neoddelitelná součást ochrany obyvatelstva*. In: <https://dspace.vsb.cz/> [online]. Zlín, [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/132702/Spektrum_2013_2_11_Tomek.pdf?sequence=1&isAllowed=y

TSO, 2023. *Dangerous Goods Emergency Action Code List*. In: <https://d18hkfaesybon0.cloudfront.net> [online]. Londýn [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://d18hkfaesybon0.cloudfront.net/ncec/media/downloads/dgeac-2023.pdf>

T-SOFT a.s., 2017. *Teroristický Expert*. In: <https://tsoft.cz> [online]. Praha, [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://tsoft.cz/teroristicky-expert/>

TWI Ltd., 2022. *WHAT IS SIMULATION? WHAT DOES IT MEAN? DEFINITION AND EXAMPLES*. In: <https://www.twi-global.com> [online]. Cambridge, UK, [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-simulation>

UHER, Aleš, 2021. *Generálním ředitelem hasičů se stal Vladimír Vlček*. In: www.denik.cz [online]. Praha, 19. 7. 2021 [cit. 2022-12-01]. Dostupné z: https://www.denik.cz/z_domova/vlcek-misto-ryby-sefem-republikovych-hasicu-je-nove-vladimir-vlcek-z-ms-kraje-20.html

UNECE, 2023. *Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road*. In: <https://unece.org> [online]. New York and Geneva, [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: https://unece.org/sites/default/files/2023-01/ADR2023_Vol1e.pdf

VALA, Jiří, 2019. *Přeprava nebezpečných věcí*. In: <https://www.bozpinfo.cz> [online]. Praha, [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/preprava-nebezpecnych-veci>

VALENTA, Petr, 2015. *Informační podpora ochrany obyvatelstva* [online]. Uherské Hradiště, [cit. 2023-01-23]. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/34366/valenta_2015_dp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati. Vedoucí práce Ing. Jakub Rak PhD.

VOJÁČEK, Antonín, 2015. *Bezpečnost strojů: Úvod, normy, posouzení rizika*. In: <https://automatizace.hw.cz> [online]. Praha, [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-1-dil-normy-rizika.html>

ZZS MSK, 2022. *Předání nových vozidel ZZS MSK a sanitek pro Ukrajinu*. In: <https://zssmsk.cz/> [online]. Ostrava, 9. 3. 2022 [cit. 2022-12-01]. Dostupné z: <https://zssmsk.cz/Default.aspx?clanek=65602>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AIDS	Syndrom získaného selhání imunity, z angl. <i>Acquired Immune Deficiency Syndrome</i>
ALOHA	Modelovací software, z angl. <i>Areal Locations of Hazardous Atmospheres</i>
CNP	civilní nouzové plánování
CO	civilní ochrana
ECHA	Evropská agentura pro chemické látky, z angl. <i>The European Chemicals Agency</i>
EMOFF	Informační systém krizového řízení, z angl. <i>Emergency office</i>
EU	Evropská unie
GLS	Globálně harmonizovaný systém
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
IZS	Integrovaný záchranný systém
KI	kritická infrastruktura
KŘ	krizové řízení
LPG	zkapalněný ropný plyn, z angl. <i>Liquified petroleum gas</i>
KS	krizová situace
MF	Ministerstvo financí
MU	mimořádná událost
MV	Ministerstvo vnitra
NC	nákupní centrum
NL	nebezpečné látky
NV	nebezpečné věci
OC	obchodní centrum
OO	ochrana obyvatelstvo
OSN	Organizace spojených národů
PČR	Policie České republiky

PO	požární ochrana
SaP	síly a prostředky
SOŠ	střední odborná škola
SPA	stupeň povodňové aktivity
SW	software
TBC	tuberkulóza
TerEx	Teroristický expert
UNECE	Evropská hospodářská komise OSN, z angl. <i>United Nations Economic Comission for Europe</i>
VOŠ	vyšší odborná škola
ZÚ	záchranný útvar
ZZS	Zdravotnická záchranná služba
ŽP	životní prostředí

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 – Úvodní strana ADR 2023. (UNECE, 2023)</i>	13
<i>Obrázek 2 – Označení toxické látky dle GHS. (Evropský parlament a Rada EU, 2008)</i>	19
<i>Obrázek 3 – Systém Diamant. (Guard7, 2022).....</i>	22
<i>Obrázek 4 – Nárazníkové postavení. (Česko, 2017)</i>	23
<i>Obrázek 5 – Model pro výpočet rizika. (Vojáček, 2015)</i>	30
<i>Obrázek 6 – Struktura HZS ČR. (MV – GŘ HZS ČR, 2023).....</i>	35
<i>Obrázek 7 – Vozidla ZZS. (ZZS MSK, 2022)</i>	37
<i>Obrázek 8 – Vozidlo PČR. (Hrachovec, 2022)</i>	37
<i>Obrázek 9 – Panoramatický pohled P6792 – Dukelská. (Seznam.cz, a. s., © 2023)</i>	41
<i>Obrázek 10 – Satelitní pohled P6792 – Dukelská. (Seznam.cz, a. s., © 2023).....</i>	42
<i>Obrázek 11 - Vstupní údaje SW nástroje ALOHA. (vlastní).....</i>	47
<i>Obrázek 12 - Model vzájemné reaktivity CAMEO CHEMICALS. (vlastní)</i>	48
<i>Obrázek 13 – Zóny ohrožení při vzniku 159 kg HCN. (vlastní).....</i>	48
<i>Obrázek 14 - Zóny ohrožení Nový Jičín. (vlastní)</i>	49
<i>Obrázek 15 – Vstupní parametry SW nástroje TerEx. (vlastní)</i>	52
<i>Obrázek 16 – Zóny ohrožení TerEx. (vlastní).....</i>	53
<i>Obrázek 17 – Porovnání výstupů z SW nástrojů. (vlastní)</i>	58
<i>Obrázek 18 – Výhled řidiče od obce Šenov u Nového Jičína. (Seznam.cz, a. s., © 2023)....</i>	60
<i>Obrázek 19 – Výhled strojvedoucího vlakové soupravy. (vlastní)</i>	61
<i>Obrázek 20 – Zásobování NC Fastmall. (OpenStreetMap; Matúšů, 2023, vlastní).....</i>	61

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 – Klasifikace nebezpečných věcí dle ADR. (Konečný, Miletín, 2021)</i>	<i>14</i>
<i>Tabulka 2 – Nebezpečné vlastnosti látek pro Kemlerův kód. (UNECE, 2023)</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 3 – Přehled hasiv dle kódu Hazchem. (TSO, 2023)</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 4 – Tabulka pro Hazchem kód. (TSO, 2023)</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 5 – Nejčastější příčiny dopravních nehod zaviněné řidičem. (PČR, 2023)</i>	<i>24</i>
<i>Tabulka 6 – Postup činností složek IZS. (vlastní)</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 7 – Zóny ohrožení ALOHA v závislosti na hmotnosti $Zn(CN)_2$. (vlastní)</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 8 – Zóny ohrožení TerEx v závislosti na hmotnosti $ZnCl_2$. (vlastní)</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 9 – Porovnání výsledků SW nástrojů. (vlastní)</i>	<i>59</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Název přílohy

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY