

Problematika úniku nebezpečné látky ve vybraném podniku

David Šmatlo

Bakalářská práce
2021



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: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **David Šmatlo**
Osobní číslo: **L18185**
Studijní program: **B2825 Ochrana obyvatelstva**
Studijní obor: **Ochrana obyvatelstva**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Problematika úniku nebezpečné látky ve vybraném podniku**

Zásady pro vypracování

1. Provedte rešerši v problematice havárií s únikem nebezpečné látky.
2. Vyberte vhodný objekt a mimořádnou událost.
3. Provedte simulaci mimořádné události ve vybraném podniku.
4. Navrhněte možný postup řešení a opatření k zabránění vzniku dané mimořádné události.

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

Seznam doporučené literatury:

1. BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788073850050.
2. BARTLOVÁ, Ivana. *Prevence a připravenost na závažné havárie*. 2. vydání. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788073851842.
3. ČESKO. Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon).
4. ČESKO. Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií).
5. HÄRING, Ivo. *Risk analysis and management: engineering resilience*. Singapore: Springer, [2015]. ISBN 978-9811000133.
6. ŠENOVSKÝ, Michail. *Nebezpečné látky II. 2.*, aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788086634470.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Fícek**
Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2021**

L.S.

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

prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2020

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: 28. 4. 2021

Jméno a příjmení studenta: David Šmatlo

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou úniku nebezpečných látek. Představuje právní podklady pro prevenci závažných havárií a povinnosti, které vyplývají pro provozovatele činností s přítomností nebezpečných látek. Práce poukazuje na možná rizika, kterými mohou být organismy a životní prostředí vystaveny.

V praktické části je identifikován zdroj nebezpečí a s využitím dostupných metod jsou určeny pravděpodobnosti vzniku havárie a možné následky z toho vyplývající. Práce využívá metod FTA, ETA, CLA, Ishikawa diagram, modelovacího softwaru TerEx a příručky IAEA-TECDOC-727. Na základě těchto poznatků jsou sestaveny možné scénáře úniků nebezpečné látky, které jsou využitelné pro vypracování taktického cvičení a prověření připravenosti jednotek požární ochrany a dalších složek integrovaného záchranného systému.

Klíčová slova: havárie, technický benzín, TerEx, IAEA TECDOC-727, CO-51-5, ALOHA, taktické cvičení.

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the issue of leakage of hazardous substances. It represents the legal basis for the prevention of major accidents and the obligations that arise for operators of activities with the presence of hazardous substances. The work points out the possible risks to which organisms and the environment may be exposed.

In the practical part, the source of danger is identified and using the available methods, the probabilities of an accident and the possible consequences resulting from it are determined. The work uses FTA, ETA, CLA, Ishikawa diagram, TerEx modeling software and IAEA-TECDOC-727 manual. Based on these findings, possible scenarios of leakage of hazardous substances are compiled, which can be used to develop tactical exercises and verify the readiness of fire protection units and other components of the integrated rescue system.

Keywords: crash, technical gasoline, TerEx, IAEA TECDOC-727, CO-51-5, ALOHA, tactical exercises.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Martinu Fickovi, za vstřícnost a přátelské vedení. Dále veliteli čety HZS podniku, panu Liboru Vávrovi, za věcné připomínky při sestavování plánů taktického cvičení, své manželce Marcelce a dceři Sáře za trpělivost a skupině **MC SHUGGAH** za jejich djentlmanské tóny, které mi při zpracování této práce pomohly izolovat se od okolního prostředí.

SCIENTIA POTENTIA EST.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 HAVÁRIE S ÚNIKEM NEBEZPEČNÝCH LÁTEK	13
1.1 ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE	13
1.2 ZÁKLADNÍ POJMY	13
1.3 VYBRANÉ HAVÁRIE VE SVĚTĚ	14
1.4 VYBRANÉ HAVÁRIE V ČR.....	17
1.5 DOPADY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	18
1.6 DOPADY NA ORGANISMUS	19
2 LEGISLATIVNÍ UKOTVENÍ PROBLEMATIKY	21
2.1 LEGISLATIVA ČLENSKÝCH STÁTŮ EU	21
2.1.1 82/501/EEC, SEVESO I.....	21
2.1.2 96/82/EC, SEVESO II.....	21
2.1.3 2003/105/ES, novelizace SEVESO II	22
2.1.4 2012/18/EU, SEVESO III	23
2.2 LEGISLATIVA ČR	24
2.2.1 Legislativa do roku 1999.....	24
2.2.2 Legislativa v období 1999 až 2004	24
2.2.3 Legislativa v období 2004 až 2015	25
2.2.4 Legislativa v období 2015 až dodnes	27
2.2.5 Právní předpisy související s nakládáním s nebezpečnými látkami.....	28
2.3 KLASIFIKACE A ZNAČENÍ NEBEZPEČNÝCH LÁTEK	29
2.3.1 Identifikace nebezpečných látek	30
2.4 ZÁKON 224/2015 SB., O PREVENCI ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ	32
2.4.1 Povinnosti provozovatele	32
2.4.2 Protokol o nezařazení	32
2.4.3 Zařazení objektu do skupiny A a B.....	33
2.4.5 Posouzení rizik	33
2.4.6 Bezpečnostní program.....	34
2.4.7 Bezpečnostní zpráva.....	34
2.4.8 Plán fyzické ochrany	34
2.4.9 Vnitřní havarijní plán	34
2.4.10 Vnější havarijní plán	35
3 TRANSPORT NEBEZPEČNÝCH VĚCÍ	36
3.1 ORANGE BOOK.....	36
3.2 DOHODY APLIKOVATELNÉ V ČR	36
3.3 TŘÍDY NEBEZPEČNOSTI.....	36
3.4 RIZIKA PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH VĚCÍ	38

4	ANALÝZA RIZIK	39
4.1	ANALÝZA A HODNOCENÍ RIZIK	39
4.2	METODY PRO IDENTIFIKACI RIZIK.....	39
4.2.1	Checklist Analysis.....	39
4.2.2	What - If Analysis	39
4.2.3	SWOT analýza	40
4.2.4	Ishikawa diagram	40
4.2.5	Analýza souvztažnosti.....	40
4.2.6	HAZOP	40
4.3	METODY STANOVENÍ PRAVDĚPODOBNOTI	40
4.3.1	Fault Tree Analysis	40
4.3.2	Event Tree Analysis	41
4.4	STANOVENÍ NÁSLEDKŮ	41
4.4.1	Software ALOHA	42
4.4.2	Software TerEx	42
4.4.3	IAEA - TECDOC - 727.....	42
5	SHRnutí TEORETICKÉ ČÁSTI.....	43
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	44
6	VSTUPNÍ CHARAKTERISTIKY	45
6.1	CHARAKTERISTIKA OBLASTI	45
6.2	CHARAKTERISTIKA PODNIKU.....	45
6.3	CHARAKTERISTIKA MÍSTA STÁČENÍ NEBEZPEČNÉ LÁTKY	46
6.4	CHARAKTERISTIKA NEBEZPEČNÉ LÁTKY	46
6.4.1	Standartní věty o nebezpečnosti.....	47
6.4.2	Standartní věty pro bezpečné zacházení.....	47
6.4.3	První pomoc	48
6.4.4	Zásady při manipulaci	48
6.5	METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY	49
6.5.1	Třídy stability atmosféry	51
7	VSTUPNÍ ÚDAJE A VÝPOČTY	53
7.1	PLOCHA VÝTOKOVÉHO HRDLA, VÝŠKA HLADINY	53
7.2	BERNOULLIHO ROVNICE	54
7.3	VÝPOČET RYCHLOSTI VÝTOKU KAPALINY V ZÁVISLOSTI NA TVARU HRDLA	54
8	METODY ZJIŠŤOVÁNÍ ROZSAHU PŮSOBENÍ NEBEZPEČNÉ LÁTKY.....	56
8.1	VÝPOČET DLE VYHLÁŠKY Č.226/2015 SB.	56
8.1.1	Dílčí závěr	59
8.2	VÝPOČET POLOMĚRU ROZSAHU DLE PŘEDPISU FMV (MNO-CO-51-5)	60
8.2.1	Dílčí závěr	63

8.3	ALOHA.....	63
8.3.1	Dílčí závěr	64
8.4	VÝPOČET IAEA TECDOC - 727.....	65
8.4.1	Odhad následků havárie na obyvatelstvo	65
8.4.2	Odhad pravděpodobnosti pro fixní zařízení	68
8.4.3	Odhad pravděpodobnosti velké havárie při přepravě nebezpečného materiálu.....	71
8.4.4	Sestavení matice rizik	74
8.4.5	Dílčí závěr	75
8.5	TEREX.....	75
8.5.1	Model PUFF	76
8.5.2	Model FLASH FIRE – POOL FIRE	78
8.5.3	Model FLASH FIRE – BLEVE	79
8.5.4	Dílčí závěr	81
8.6	ETA, FTA.....	81
8.6.1	Dílčí závěr	83
9	HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR PODNIKU	85
9.1	STATISTIKY VÝJEZDŮ	85
9.2	DÍLČÍ ZÁVĚR	86
9.3	OBECNÝ PLÁN CVIČENÍ.....	87
9.3.1	Scénář PUFF	88
9.3.2	Scénář POOL FIRE.....	89
9.3.3	Scénář BLEVE	91
9.3.4	Dílčí závěr	95
	ZÁVĚR	97
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	99
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	105
	SEZNAM OBRÁZKŮ	107
	SEZNAM TABULEK.....	109

ÚVOD

Havárie se v určité podobě objevují po boku člověka už v počátcích věků. Nejdříve formou požárů způsobovaných přírodním živlem, posléze člověkem účelově využíván například při obléhání a dobývání pevností. Tato práce se bude snažit pojednávat o fenoménu, který sebou ve větší míře přinesla až průmyslová revoluce. Práce se zaměřuje na problematiku havárií nebezpečných průmyslových látek. S technickým rozmachem a touhou člověka si vše co nejvíce usnadnit, se na svět dostávají stále nové a nové substance. Na jednu stranu se může jednat o látky prospěšné, na stranu druhou mohou tyto látky při nekontrolovaném úniku a špatné legislativní opoře napáchat nehorázné škody.

Otázka připravenosti a zvládnání rizik spojených s výskytem a přepravou nebezpečných látek, se objevuje až v druhé polovině 20. století, kdy byly pod patronátem OSN sepsány první verze dohod o přepravě nebezpečných věcí. Ve strukturách Evropského společenství je jednotná legislativa průmyslových havárií prakticky řešena až na základě nehodových událostí v anglickém Flixborough v roce 1974 a italském Sevesu o dva roky později. Direktiva Seveso I z roku 1982 měla za cíl vytvořit legislativní oporu a sjednotit přístupy zemí v oblasti přípravy a reakce na závažné havárie. Tato direktiva stanovuje postupy správních orgánů a provozovatelů pro předcházení havárií a také se zde poprvé pracuje s pojmem havarijní plánování. Bohužel lze konstatovat, že většina změn v direktivě byla téměř vždy vypracována až na základě poznatků z dalších havárií. Je tedy nutné řešit otázky prevence co nejpodrobněji a ze všech možných úhlů pohledu.

V našich končinách byla 80. letech sestavena instrukce Ministertva obrany ČSSR o provozních haváriích s výronem nebezpečných škodlivin. Dle instrukce CO-51-5 bylo na základě skladované látky možné vypočítat a zakreslit možné zasažené oblasti při úniku nebezpečné látky. Stejně jako direktiva Seveso už v té době obsahovala požadavky na zpracování havarijního plánování.

Pomocníkem v předcházení havárií je, mimo právně zakotvené postupy, zcela jistě i možnost využití softwarového modelování a simulování úniků. Díky těmto podporám je možné dosahovat lepšího pochopení možných následků a efektivnějšího přístupu dotčených subjektů v otázkách prevence a represe.

Tato práce se snaží z dostupných informací sestavit modely pro jednotlivé možné scénáře úniku nebezpečné látky a výsledky zpracovat do praktické využitelnosti pro zajištění připravenosti Hasičského záchranného sboru podniku ve vybraném podniku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HAVÁRIE S ÚNIKEM NEBEZPEČNÝCH LÁTEK

Havárie s únikem nebezpečných látek mohou představovat zdroj nebezpečí pro lidi, zvířata a životní prostředí. Tato kapitola se věnuje stručnému přehledu havárií ve světě a v České republice, napáchaným škodám při haváriích a možnostem působení nebezpečných látek na organismy a životní prostředí.

1.1 Závažné havárie

„Závažnou havárií, se rozumí mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, zejména závažný únik nebezpečné látky, požár nebo výbuch, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu, vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážným následkům na životech a zdraví lidí a zvířat, životním prostředí nebo majetku a zahrnující jednu nebo více nebezpečných látek“. (Česko, 2015)

K takovýmto haváriím může docházet následkem:

- pochybení lidského faktoru,
- závady technického charakteru,
- vlivu přírodních živlů. (Řehák, Martínek a Legierská, 2015)

V závislosti na charakteru uniklých nebezpečných látek lze typy havárií dále rozlišovat na:

- havárie s únikem chemických látek (havarijní únik, rozlítí, odpar),
- havárie s únikem radioaktivních látek (únik ionizujícího záření a radioaktivních látek do prostředí),
- havárie s únikem ropných látek (únik suroviny nebo jejich produktů do prostředí). (Kroupa a Říha, 2010)

1.2 Základní pojmy

V této části budou vysvětleny některé základní pojmy, které jsou v práci použity.

Model – je popis celku, tedy reprodukce vlastností objektu na jiném zkoumaném objektu.

Scénář – je průběh jevů za určitý čas v určitém prostoru.

Domino efekt – je proces, při kterém nehoda jednoho objektu přechází na jiný objekt, který svým charakterem dokáže proces stupňovat.

Únik – emise do ovzduší, vypouštění do půdy nebo vypouštění do vody.

Preventivní opatření – je předcházení škodlivým činnostem, mimořádným událostem a krizovým situacím.

Přípravenost – vypracování scénářů pro odezvu na určitý jev. Zajištění materiálních, lidských, ekonomických a informačních zdrojů pro výcvik, vzdělání a přípravu složek a obyvatel. (Procházková et al., 2019)

1.3 Vybrané havárie ve světě

Podkapitola shrnuje základní informace o významných haváriích ve světě.

FLIXBOROUGH 1974

1. června roku 1974 došlo ve společnosti NYPRO se sídlem ve Flixborough k nekontrolovanému úniku asi 30 t cyklohexanu. Podle odhadů se vytvořil oblak ve tvaru bumerangu o objemu asi 400 000 m³, který obsahoval výbušnou 2 % koncentraci cyklohexanu. Následně došlo k iniciaci a výbuchu, který na místě usmrtil 28 osob a zničil nebo vážně poškodil budovy podniku. Odhadované škody se vyšplhaly na 412 milionů dolarů. (Høiset et al., 2000)

SEVESO 1976

10. července 1976 došlo v továrně ICMESA, která se zabývá výrobou pesticidů, k emisi toxických látek, včetně dioxinu TCDD (2, 3, 7, 8 - tetrachlorodibenzo-p-dioxin). TCDD patří do skupiny vysoce toxických látek s prokázanými karcinogenními účinky. V rámci výrobního procesu došlo k nekontrolované exotermické reakci, která způsobila únik toxické směsi s obsahem asi 2 kg dioxinu. Bylo zasaženo ca 1800 ha půdy v oblastech Sevesa, Medy, Desia a Cesana Maderna. Celkem bylo evakuováno téměř 6 000 obyvatel. U postižených obyvatel se začaly vyskytovat zdravotní potíže jako např. chlorakné, řada srdečních onemocnění a výskyt některých typů rakoviny se zvýšil až o 40 %. Vzhledem k možnému poškození plodu byl ženám povolen dobrovolný potrat. Kromě účinků na člověka byly pozorovány i závažné účinky na životní prostředí. Bylo nalezeno přes 3 000 kusů uhynulé zvěře a nuceně poraženo na 80 000 kusů zvířat, aby se zabránilo šíření kontaminace mimo postiženou oblast. V nejvíce zasažených částech oblastí Meda a Seveso byly strženy budovy a odstraněna půda až do hloubky 40 cm. Náklady na odškodnění překročily 6 mld. Kč. Příčinou havárie bylo nedodržení technologického postupu. (Nerin et al., 2014)

BHOPAL 1984

Brzy ráno 3. prosince 1984 z továrny Union Carbide, která se zabývá výrobou pesticidů, uniklo přibližně 40 tun methylisokyanátu, kyanovodíku a jiných toxických plynů. V době katastrofy žilo v Bhopalu na 800 000 lidí. Odhaduje se, že v zasažených oblastech města bylo přímo účinkem úniku ovlivněno na 500 000 z nich. U zasažené populace vznikly nejrůznější onemocnění, ať už respiračního nebo jiného charakteru. Okamžitě po havárii došlo k 1 754 a dále k 2 000 úmrtím (některé zdroje uvádí až 20 000). 50 000 lidí utrpělo lehká zranění a 20 000 muselo být hospitalizováno. Výroba v této továrně byla zastavena a kompenzační nároky činily 470 milionů dolarů. (De et al., 2020)

MEXICO CITY 1984

Vládní zařízení Petroleos Mexicanos (PEMEX), které se nachází městské části San Juan, došlo 19. listopadu k velkému požáru a sérii katastrofických výbuchů. Sklad zkapalněného ropného plynu se sestavoval z 54 nádrží s celkovou kapacitou 16 000 m³. Terminál byl zcela zničen, zemřelo 500 osob a až 7 000 bylo v důsledku série výbuchů a požáru. Škody byly stanoveny na 31 milionů dolarů. (Urquieta a Varon, 2014)

BAIA MARE 2000

30. ledna 2000 došlo v důsledku silných dešťů k protržení hráze odkaliště pro přepracování odpadů kyanidovým loužením v Baia Mare v Rumunsku. Uniklo asi 100 000 m³ bahna obsahujícího kyanidy a kyanidové komplexy těžkých kovů. Byla zaplavena oblast o rozloze 100 000 m², zdevastována zemědělská půda, kontaminován říční systém Tisy a Dunaje a místní zdroje podzemní vody. Příčinou havárie bylo hlavně momentální přeplnění odkaliště a konstrukční vady na hrázi. Odhad škod 250 milionů dolarů. (Wehland et al., 2002)

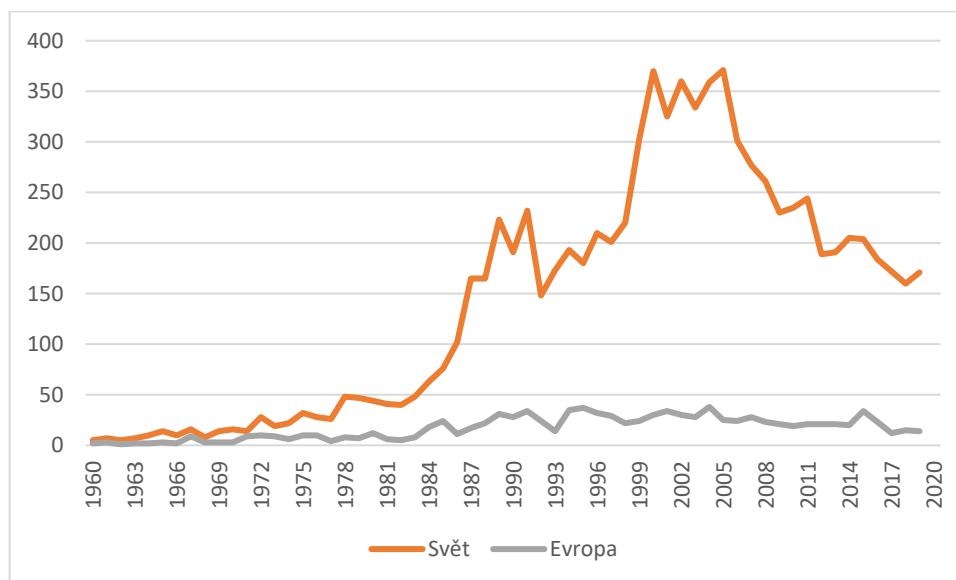
ENSCHEDI 2000

13. května 2000 postihla Nizozemsko katastrofa. V obytné oblasti v Enschede došlo k výbuchu a následnému požáru skladu pyrotechniky. Požár a exploze cca 100 tun pyrotechnických výrobků zapříčinili smrt 23 lidem, včetně 4 zasahujících hasičů, přes 900 lidí bylo zraněno a asi 500 domů bylo vážně poškozeno. Příčina požáru není přesně známá, bylo však zjištěno, že v objektu byla pyrotechnika nestandartně uložena mimo skladovací prostory a navíc v nepovoleném nadlimitním množství. Celkově zasažená oblast čítala 40 ha. Finanční škody celkově přesáhly 450 milionů €. (Grievink et al., 2007)

TOULOUSE 2001

21. září 2001 došlo k výbuchu ca 400 t dusičnanu amonného určeného pro výrobu umělých hnojiv. Výbuch vytvořil 7 m hluboký kráter o rozměrech 65×54 m. Navíc způsobil seismickou vlnu o síle 3,4 stupně Richterovy škály. Následkem byla smrt 30 osob (22 zaměstnanců a 8 veřejnosti) a zranění až 2242 osob. Příčinu vzniku této události vyšetřovalo pět orgánů, každý z jiné perspektivy. Zprvu se za iniciační zdroj výbuchu uvažoval podzemní elektrický oblouk, nicméně dnes se spíše přihlíží k variantě termického rozkladu dusičnanu amonného nebo použití neslučitelných látek. Pojišťovna vyčíslila škody na 1 500 milionů €. (Dechy et al., 2004)

Každá z uvedených havárií se nějakým způsobem podílela na formování direktivy Seveso, jakožto hlavnímu předpisu v oblasti úniků nebezpečných látek v EU. Dále lze uvést příklady jako havárie na odkalovací nádrži AJKA v Maďarsku z roku 2010, největší znečištění mořských vod ropnými látkami na plošině Deep Water Horizon v témže roce, únik vysokých koncentrací zemního plynu v Los Angeles v roce 2015 a k veliké tragédii poslední doby, tedy výbuchu skladovaného dusičnanu amonného v přístavišti v Beirútu (2020).



Obrázek 1: Četnost havárií - vlastní zpracování dle (EMARS, 2020)

1.4 Vybrané havárie v ČR

Výčet nejzajímavějších havárií v rámci ČR z hlediska výše pokuty, vysoké toxicity látky, ale také určitých kuriozit při úniku.

ŠTVANICE 2000

4.8.2000 došlo při opravě chladicího zařízení na zimním stadionu k úniku čpavku. Čpavek neunikl ve velké míře do okolí a nikdo nebyl zraněn. Pro řešení úniku bylo použité několikadenní přirozené odvětrávání. (Křestřanová, 2000)

NERATOVICE 2002

V srpnu 2002 se po Labi prohnala pětisetletá záplavová vlna a vyplavila sklady s jedovatými chemikáliemi. 15. srpna se nad zaplavenou chemičkou zjevil žlutý oblak toxického chlóru a Spolana vyhlásila třetí stupeň chemického poplachu. Škody byly vyčísleny více než miliardu korun. (Benešová a Kozmová, 2012)

KOLÍN 2006

Při odstávce zařízení ve společnosti Draslovka došlo k úniku oplachové vody s přítomností kyanidů do dešťové kanalizace. Za únik a s ním spojený úhyn ryb v úsek Kolín-Mělník byla stanovena finanční sankce 2 miliony korun. Pro nápravu byl změněn systém organizace a kontrol detoxikačních jímek a posílení ochranného signalizačního systému. (Havarijní únik kyanidů, 2006)

OMLENICE 2009

Během rekonstrukčních prací se zřítily věž s tekutým hnojivem. Uniklo něco málo přes 400 tun dusičnanu amonného. 350 tun zachytila havarijní jímka, 50 tun spodní jímka, 5 tun vyteklo na silnici, kde byla tato látka dále ředěna zasahujícími hasiči. Dle vyjádření České inspekce životního prostředí nebyla ohrožena kvalita spodních vod. Při této události byli 2 dělníci usmrceni a 2 těžce zraněni. Škoda se vyšplhala na 12 milionů korun. (Na Kaplicku se zhroutil věž s jedovatým hnojivem, 2009)

ŽLUNICE 2013

Do vodní nádrže na Jičínsku se zřítily práškovací letadlo. Pilot vyvázl se středně těžkým zraněním. Z letadla uniklo asi 140 l provozních kapalin a asi 600 l organofosfátového postřikového insekticidu chlorpyrifos, který je toxický jak pro lidi, tak pro vodní organismy.

Včasným zásahem a uzavřením stavidla nedošlo k šíření látky mimo vodní nádrž. (Cigánková, 2013)

PARDUBICE 2015

22. července při stáčení chlorovodíkové kyseliny došlo vlivem poruchy na železniční cisterně k úniku 30 tun média. Většina byla zachycena do záchytné a neutralizační jímky. Asi 900 litrů 31% kyseliny chlorovodíkové uniklo do podloží. Společnosti byla udělena pokuta ve výši 240 tisíc korun. (Příklady významných vodohospodářských havárií od r. 1964, 2016)

LOUKOV 2018

10. září došlo při plnění cisteren k výbuchu a následném požáru. Tento se dále rozšířil na další dva cisternové vozy. Byl vyhlášen třetí stupeň požárního poplachu. Při nehodě byl vážně zraněn řidič cisterny. Škoda se odhadovala až na 150 milionů korun. (Omelka, 2019)

1.5 Dopady na životní prostředí

V prostoru zasaženém havárií dochází ke zhoršení nebo negativnímu ovlivnění životního prostředí. To se projevuje vznikem a účinkem nebezpečných emisí fyzikálního, chemického nebo biologického charakteru.

Z hlediska celkového hodnocení dopadů havárií na životní prostředí je můžeme kategorizovat do následujících skupin:

- přímé následky, které jsou způsobené emisemi do prostředí a vlivem činností souvisejících s lokalizací a likvidací havárie,
- nepřímé následky, které mají vztah s výskytem havárie a její likvidací, ale mohou se projevit až dodatečně či v jiném místě díky migraci a transformaci škodlivin,
- hromaděné (kumulativní) následky, které jsou důležité pro posouzení rizik po havárii. V tomto případě se bere v potaz celkový stav prostředí před havárií a po havárii. Kdy se zohledňuje působení emisí po transformacích a schopnost živé hmoty řídit sebe sama na základě přijímaných vnějších a vnitřních vlivů.

Každá havárie musí být posuzována jako ekologická havárie, protože ovlivňuje stabilitu ekosystému. Rozsah obnovy ekosystému je potřebné zvolit tak, aby byla zpět dosažena ekologická rovnováha v postiženém prostoru.

V průběhu havárie a likvidačních prací dochází k znehodnocování kvality životního prostředí až po nepřijatelnou mez, z tohoto důvodu se za účelem ochrany musí zajistit:

- preventivní opatření, která zamezí vzniku nebo potlačí průběh havárie,
- likvidace v takovém rozsahu, aby byly minimalizovány přímé a nepřímé dopady na životní prostředí,
- včasnou a dostatečnou obnovu poškozeného prostředí. (Šenovský, 2007)

1.6 Dopady na organismus

Při úniku nebezpečných látek jsou v bezprostředním ohrožení také lidé, kteří se mohou vyskytovat v rozsahu působení těchto látek. **„Není netoxických látek ani připravených nebo přírodních. Pouze dávka rozhoduje, je-li látka jed“** (Balog a Bartlová, 1998)

Pojem látek nebezpečných pro člověka je velmi různorodý. Nebezpečné látky mohou při kontaktu s organismem vyvolat poškození některé z jeho funkcí. Toto poškození může vést k újmě na zdraví, případně až ke smrti organismu.

Pro zvířata může poškození vést ke změně jejich užítkovosti. Mohou také být kontaminovány produkty živočišné výroby.

O důsledcích vlivu nebezpečných látek na organismus rozhoduje několik základních parametrů, které lze klasifikovat takto:

- dle původu (přírozené, syntetické, polosyntetické),
- dle chemické skladby (anorganické, organické),
- dle rozpustnosti,

Kritérium rozpustnosti určuje látky rozpustné ve vodě, rozpustné v organických rozpouštědlech a látky rozpustné ve slabých zásadách a kyselinách. Rozpustnost určité látky v některém z uvedených médií je základní podmínkou určení jejich toxicity.

- dle skupenství, dle skupenství se látky toxické pro člověka rozdělují na plynné (CO, NO_x), prchavé (aceton, chloroform), rozptýlené v prachu, aerosolu či kouři a látky kapalné.
- dle charakteru účinku na organismus,

Na základě působení na organismus, se látky dále dělí na:

- akutní účinek, kde se toxický účinek projevuje prudkým rozvojem intoxikace,
- chronický účinek, kde dochází k postupnému rozvoji,
- kumulativní účinek, kdy nedochází k projevu po jednorázovém příjmu toxické látky, ale až po nakumulování látky v organismu,
- dle lokalizace a hloubky účinku,
 - lokální účinek, k poškození dochází pouze v místě styku látky s organismem,
 - resorpční účinek, dochází k poškození až ve vnitřním prostředí organismu,
 - smíšený účinek, vyvolávají změny jak v místě vstupu do organismu, tak i v něm.

Míra účinku nebezpečné látky na organismus se odvíjí od několika faktorů. V první řadě můžeme brát v potaz toxicitu látky, cesty vstupu do organismu a v jakém skupenství a dávce noxy byl člověk vystaven. Doplnkovými faktory pak věk zasažené osoby (nejohroženější jsou děti a starci), pohlaví (ženy citlivější než muži), dále hmotnost, zdravotní, psychický a fyzický stav. (Kubátová, 2018)

2 LEGISLATIVNÍ UKOTVENÍ PROBLEMATIKY

Tato kapitola se zabývá vývojem legislativy v EU a v České republice.

2.1 Legislativa členských států EU

Podkapitola popisuje vývoj legislativy a příčiny, které vedly k nutným změnám v oblasti prevence závažných havárií.

2.1.1 82/501/EEC, SEVESO I

Direktiva Seveso, přesněji směrnice Rady 82/501/EEC, byla přijata 24. června 1982. Vznikla jako reakce na závažné havárie ve městech Flixborough (GB), kde došlo k výbuchu cyklohexanu a Seveso (ITA), kde došlo k úniku dioxinu. Hlavním cílem vzniklého dokumentu bylo do zemí Evropského společenství zanést legislativní oporu, která by dokázala sjednotit přístupy v oblasti přípravy a reakce na závažné havárie ve všech státech.

Dle direktivy 82/501/EEC je provozovatel povinen informovat o přítomnosti nadlimitních množství stanovených látek příslušné orgány, a to formou oznámení nebo zpracováním bezpečnostní studie. Na základě zpracované analýzy a hodnocení rizik musel být provozovatelem vypracován vnitřní havarijní plán.

Míra rizika dále určovala, zda existuje možnost přesahu ohrožení i mimo prostory areálu a v tom případě se udávala nutnost vypracovat vnější havarijní plán, který byl součástí havarijního plánu daného území.

Provozovateli nebezpečných činností dále udávala povinnost zajistit informovanost pracovníků, obyvatelstva a orgánů státní správy s charakterem možného ohrožení a seznámení s činnostmi, které by v případě vzniku havárie zajistily jejich ochranu.

Kontrolu plnění povinností provozovatele nebezpečných činností a provádění kontrol nebezpečných provozů má za úkol zajistit stát.

2.1.2 96/82/EC, SEVESO II

Direktiva Seveso I byla poměrně obecně formulována, proto byla snaha o její novelizaci. Vydáním direktivy Seveso II 96/82/EC, mělo dojít ke zmenšení rozdílů v přístupu k prevenci u jednotlivých států a také dosažení větší úrovně bezpečnosti.

Direktiva Seveso II byla svým jednoduchým a konzistentním zpracováním srozumitelnějším dokumentem než Seveso I. Nová direktiva už nerozlišuje rozdíly mezi výrobou

a skladováním a seznam nebezpečných látek byl zredukován a upraven. Do seznamu na druhou stranu bylo přidáno několik karcinogenních látek (např. formaldehyd, benzidin), zkapalněné uhlovodíkové plyny a byla přidána nová kategorie látek nebezpečných pro životní prostředí. Bylo zavedeno sčítání nebezpečných látek pro stanovení celkového nebezpečného množství v daném podniku.

Novým a zcela zásadním prvkem byla formulace zásad prevence v podniku a zavedení bezpečnostního managementu. Dále direktiva udávala povinnost realizovat technická, organizační a kontrolní opatření pro snížení rizik souvisejících s provozem nebezpečné činnosti.

Zpracování havarijních plánů mělo navíc za cíl minimalizovat účinek havárie a omezit působení na člověka, životní prostředí a ekonomiku. Informovanost veřejnosti a příslušných orgánů byla navýšena o podávání informací servisním službám. V havarijním plánu bylo potřeba vypracovat i variantu asanace a obnovy životního prostředí po závažné havárii.

Směrnice 96/82/EC obsahovala i požadavek na vytvoření informačního systému, kde by si státy vyměňovali získané zkušenosti v oblasti prevence a omezování průběhu závažných havárií. (Bartlová a Pešák, 2003)

2.1.3 2003/105/ES, novelizace SEVESO II

Od uvedení direktivy Seveso II v prosinci 1996 probíhal dlouhý proces konzultací a návrhů možných zlepšení. Nakonec se o novelizaci a rozšíření působnosti direktivy Seveso II postaraly zásadní havárie z přelomu tisíciletí.

V lednu roku 2000 došlo k protržení hráze v Baia Mare v Rumunsku. Dosud byly ze směrnic vyjmuty činnosti, které se týkaly dobývání nerostů v dolech a místa, kde se skladoval odpad z těžby. Na základě zjištění okolností vzniku havárie bylo rozhodnuto, že zpracovatelské a skladovací prostory s přítomností nebezpečných látek budou pod směrnicí spadat.

V květnu téhož roku došlo k sérii výbuchů ve společnosti Fireworks ve městě Enschede v Holandsku. Tehdejší klasifikace výbušných a pyrotechnických látek zapříčinila, že společnost Fireworks nemusela dodržovat pokyny direktivy Seveso II. Z provedených průzkumů bylo zjištěno, že rozsahy platnosti a struktura regulace pyrotechniky je v členských státech velice rozlišná. Nejvýznamnější rozdíly byly v povolených limitních stavech a metodách klasifikace výbušných a pyrotechnických látek.

Směrnice Seveso II řadila pyrotechnické látky pouze do jedné kategorie, a proto byla do novelizace zahrnuta klasifikace ADR, která umožnila lepší posouzení nebezpečí při přítomnosti vícero typů výbušných látek.

V září roku 2001 došlo v chemickém podniku AZF v Toulouse ve Francii k výbuchu dusičnanu amonného. Na základě této události a dalšího šetření bylo nutno rozdělit dusičnan amonný dle obsahu dusíku do více kategorií s upraveným limitním množstvím.

Dále byly ustaveny dvě technické pracovní skupiny pro provedení studií posouzení vlivu látek nebezpečných pro životní prostředí (skupina TWG7) a karcinogenních látek (skupina TWG8).

V oblasti karcinogenů bylo přidáno několik látek a bylo upraveno limitní množství tak, aby do něj nespadały instituce jako nemocnice a výzkumné ústavy.

Naopak skupina TWG7 navrhla limity pro látky nebezpečné pro životní prostředí snížit. Dále došlo k rozdělení kategorie automobilový benzin a jiný benzin do více částí tak, aby zahrnovala benzíny, petroleje a plynové oleje.

Taktéž bylo nutné oddělit nebezpečí toxické a ekotoxické povahy ve sčítání celkových látek, protože tato nebezpečí jsou zcela rozdílná a vedla by k přehnanému zvýšení počtu podniků spadajících pod direktivu.

2.1.4 2012/18/EU, SEVESO III

Směrnice Rady 96/82/ES o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek se vztahovala na cca 10 000 podniků v EU a jako taková přispěla ke snížení pravděpodobnosti výskytu nežádoucích jevů, jejich průběhu a možným následkům. I přesto všechno bylo nadále potřebné nastavené standardy ochrany udržovat a pokusit se je ještě zlepšovat.

Bylo tedy rozhodnuto provést revizi direktivy Seveso II. Po konzultacích zúčastněných stran, nevládních organizací, orgánů a sdružení členských států bylo zjištěno, že valná část dosavadních opatření je v souladu s myšlenkou ochrany před účinky nebezpečných látek. Byly ale identifikovány oblasti, jež by doznaly změny ve smyslu lepší úrovně ochrany zdraví a životního prostředí.

Hlavním důvodem změny směrnice byla existence nařízení ES 1907/2006 REACH, o registraci, hodnocení, povolování a omezování nebezpečných látek a směsí. Druhým významným důvodem bylo přizpůsobení direktivy požadavkům nařízení ES 1272/2008

CLP, o klasifikaci, označování a balení nebezpečných látek a směsí, který se opíral a náležitě upravoval Globálně harmonizovaný systém (GHS) klasifikace a označování chemických látek.

Dalšími mezníky byla větší otevřenost veřejnosti k informacím o rizicích v okolí podniků a způsob chování v případě havárie. Byly zavedeny přísnější požadavky na kontroly prováděné v zařízeních, aby se zajistilo účinnější uplatňování bezpečnostních pravidel.

Došlo k zařazení nových látek (bezvodý amoniak, sulfan), zařazení těžkého topného oleje k ropným produktům a k doplnění kategorizace dusičnanu amonného.

Nově je v direktivě zahrnuta problematika podzemního skladování plynů a v důsledku domino efektu byla rozšířena oznamovací povinnost o informace o okolních závodech. Také se počítá se zohledněním možných scénářů závažných havárií v bezpečnostní zprávě/programu. (Bartlová, 2017)

2.2 Legislativa ČR

Tato podkapitola se věnuje vývoji legislativy v České republice.

2.2.1 Legislativa do roku 1999

Řešení problematiky závažných chemických havárií v našich končinách započalo tzv. instrukcí Ministerstva obrany ČSSR č. CO-51-5, PROVOZNÍ HAVÁRIE S VÝRONEM NEBEZPEČNÝCH ŠKODLIVIN, z roku 1981. Skupina předpisů „CO“ se zabývá zabezpečováním vojenské i nevojenské části civilní obrany a plánováním a přípravou opatření k obraně občanů státu. (Sbírka československých vojenských předpisů po roce 1945, 2014). Předpis CO-51-5 dle toxicity a četnosti vyzdvihuje celkem dvanáct hlavních průmyslových látek, které se v té době na území ČSSR vyskytovaly. V pořadí důležitosti to jsou: chlór, amoniak, kyanovodík, formaldehyd, fosgen, sirovodík, sirouhlík, oxid siřičitý, fluorovodík, chlorovodík, chlorid fosforitý a nitrózní plyny. Instrukce obsahovala také požadavky na havarijní plán objektu, specifikace obecné a grafické části plánu, poplachové směrnice, plán havarijních prací a plány vyzkoušení a spojení.

2.2.2 Legislativa v období 1999 až 2004

Od začátku 90. let vznikala postupná potřeba zkoordinovat náš právní systém s legislativními požadavky Evropského společenství také v odvětví prevence a likvidace závažných havárií. Vrcholem procesu přibližování evropských a našich právních norem

bylo na přelomu tisíciletí přijetí zákona č.353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií. Významným aspektem tohoto zákona je, že do českého právního řádu tehdy zahrnul obě směrnice direktivy SEVESO.

Předmětem zákona bylo stanovit systém prevence závažných havárií pro objekty a zařízení, v nichž se ve stanoveném množství vyskytovala nebezpečná chemická látka nebo přípravek. Dále modifikoval povinnosti vlastníků, provozovatelů a uživatelů objektu s výskytem vybrané chemické látky nebo přípravku, upravoval zařazení objektu do příslušných skupin, způsob poskytování informací veřejnosti a výkon státní správy při prevenci závažných havárií. (Mašek, Mika a Zeman, 2006)

K zákonu č. 353/1999 Sb. vyšly také příslušné prováděcí předpisy:

- Nařízení vlády č. 6/2000 Sb., kterým se stanoví způsob hodnocení bezpečnostního programu prevence závažné havárie a bezpečnostní zprávy, obsah ročního plánu kontrol, postup při provádění kontroly, obsah informace a obsah výsledné zprávy o kontrole.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 7/2000 Sb., kterou se stanoví rozsah a způsob zpracování hlášení o závažné havárii a konečné zprávy o vzniku a následcích závažné havárie.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 8/2000 Sb., kterou se stanoví zásady hodnocení rizik závažné havárie, rozsah a způsob zpracování bezpečnostního programu prevence závažné havárie a bezpečnostní zprávy, zpracování vnitřního havarijního plánu, zpracování podkladů pro stanovení zóny havarijního plánování a pro vypracování vnějšího havarijního plánu a rozsah a způsob informací určených veřejnosti a postup při zabezpečování informování veřejnosti v zóně havarijního plánování.

2.2.3 Legislativa v období 2004 až 2015

1. května 2004 vstoupila Česká republika do Evropské unie a proces ladění legislativy s evropskou předlohou pokračuje. Nedlouho poté, přesněji 7. června, vstupuje v platnost úplné znění č. 349/2004 Sb., zákona č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky a o změně zákona č. 425/1990 Sb., o okresních úřadech, úpravě jejich působnosti

a o některých dalších opatřeních s tím souvisejících, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií), jak vyplývá z pozdějších změn.

Spolu s tímto zákonem byly přijaty nové prováděcí předpisy:

- Vyhláška MŽP č. 366/2004 Sb., o některých podrobnostech systému prevence závažných havárií.
- Vyhláška MŽP č. 367/2004 Sb., kterou se mění vyhláška č. 7/2000 Sb., kterou se stanoví rozsah a způsob zpracování hlášení o závažné havárii a konečné zprávy o vzniku a následcích závažné havárie.
- Vyhláška MPO č. 373/2004 Sb., kterou se stanoví rozsah bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu nebo zařízení zařazených do skupiny A nebo do skupiny B.

Narizení vlády č. 452/2004 Sb., kterým se stanoví způsob hodnocení bezpečnostního programu prevence závažné havárie a bezpečnostní zprávy, obsah ročního plánu kontrol, postup při provádění kontroly, obsah informace a obsah výsledné zprávy o kontrole. (Skřehot a Bumba, 2009)

V roce 2006 musel být díky novelizaci EU direktivy Seveso II (2003/105/ES) upraven i stávající právní řád v ČR. Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií), nabyl účinnosti k 1.červnu 2006.

S tímto zákonem byly opět spjaty nové prováděcí předpisy.

- Vyhláška MV č.103/2006 Sb., o stanovení zásad pro vymezení zóny havarijního plánování a o rozsahu a způsobu vypracování vnějšího havarijního plánu.
- Vyhláška MPO č. 250/2006 Sb., kterou se stanoví rozsah a obsah bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu nebo zařízení zařazených do skupiny A nebo skupiny B.
- Narizení vlády č. 254/2006Sb., o kontrole nebezpečných látek.
- Vyhláška MŽP č. 255/2006 Sb., o rozsahu a způsobu hlášení o závažné havárii a konečné zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie.

- Vyhláška MŽP č. 256/2006 Sb., o podrobnostech systému prevence závažných havárií.

2.2.4 Legislativa v období 2015 až dodnes

13. srpna 2012 vstoupila v platnost směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU, tzv. SEVESO III direktiva. V ČR byla direktiva implementována v zákoně č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů (zákon o prevenci závažných havárií). Vstoupil v platnost 12. srpna 2015 a účinnosti nabyl 1. října téhož roku.

V říjnu k tomuto zákonu nabyly účinnosti i prováděcí předpisy, kterými jsou:

- Vyhláška MPO č. 225/2015 Sb., o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A nebo skupiny B.
- Vyhláška MV č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktúře.
- Vyhláška MŽP č. 227/2015 Sb., o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku.
- Vyhláška MŽP č. 228/2015 Sb., o rozsahu zpracování informace veřejnosti, hlášení o vzniku závažné havárie a konečné zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie.
- Vyhláška MŽP č. 229/2015 Sb., o způsobu zpracování návrhu ročního plánu kontrol a náležitostech obsahu informace o výsledku kontroly a zprávy o kontrole. (Bartlová, 2017)

2.2.5 Právní předpisy související s nakládáním s nebezpečnými látkami

Vzhledem k tomu, že problematiku nebezpečných látek nelze omezit pouze pro pracovní prostředí, existuje mnoho právních aktů a prováděcích předpisů, které se zabývají ochranou veřejného zdraví a životního prostředí.

Mezi nejvýznamnější právní předpisy lze zařadit tyto:

Zákon č.350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích.

Zákon do našeho právního systému mimo jiné zakomponoval nařízení 1907/2006, o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek a nařízení 1272/2008, o klasifikaci, označování a balení látek a směsí. Dále upravuje působnost správních orgánů pro zajištění ochrany před nežádoucími účinky látek a směsí a upravuje systém zabezpečování jakosti pro zdraví a životní prostředí. (Česko, 2011)

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně souvisejících zákonů.

Zákon definuje práva a povinnosti PO a PFO v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví, upravuje pravomoci orgánů veřejného zdraví a další úkoly veřejné správy při ochraně veřejného zdraví. Dále např. rozděluje dle míry rizik práce do čtyř kategorií nebo určuje podmínky odborné způsobilosti pro nakládání s nebezpečnými látkami. (Česko, 2000)

Zákon č. 262/2006, zákoník práce.

Pojednává a povinnostech zaměstnavatele, resp. právech a povinnostech zaměstnance, zajišťovat bezpečnost a ochranu zdraví při práci, informovat a být informován o rizicích spojených s výkonem práce a o způsobu ochrany před jejím působením. (Česko, 2006)

Zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon.

Tento zákon se snaží o ochranu povrchových a podzemních vod a zachování a zlepšení jakosti vod. Definuje také nebezpečné a zvláště nebezpečné látky pro vodní toky a přestupky za znečištění toků. (Česko, 2001b)

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech.

Zpracovává pravidla pro předcházení vzniku odpadů a dodržování ochrany životního prostředí a lidského zdraví při nakládání s nimi. (Česko, 2001a)

2.3 Klasifikace a značení nebezpečných látek

Veškeré právní předpisy, které se týkají problematiky chemických látek a směsí vycházejí ze systému třídění dle jejich vlastností. Toto třídění vychází z chemického zákona (350/2011 Sb.), respektive z nařízení ES č. 1272/2008 (CLP).

Na základě nařízení CLP jsou látky dle povahy nebezpečnosti řazeny do tříd nebezpečnosti:

- nebezpečí pro zdraví,
- fyzikální nebezpečnost,
- nebezpečnost pro životní prostředí.

Třídy nebezpečnosti se dále dělí na kategorie nebezpečnosti, čímž je upřesněna závažnost nebezpečnosti dané látky. Látky, které jsou zařazeny do některé z tříd a kategorií nebezpečnosti, musí být označeny piktogramem a signálním slovem. (Bartlová, 2012)



Obrázek 2: Symboly nebezpečnosti (Seznamy H-vět a P-vět podle nařízení CLP, 2020)

Dále v souvislosti s klasifikací a značením látek lze uvést tzv. H-věty (podle anglického názvu Hazard statements) vyjadřující nebezpečnost dané látky a P-věty (Precautionary statements), které udávají pokyny pro bezpečné zacházení. (Seznamy H-vět a P-vět podle nařízení CLP, 2020)

Na základě důsledného posouzení nebezpečnosti látek dochází k zařazení do jednotlivých tříd. V EU posouzení probíhá dle nařízení REACH (ES 1907/2006), o registraci, povolování, hodnocení a omezování nebezpečných látek a směsí. Cílem posouzení je určení klasifikace a označení látky a odvození expoziční hodnoty DNEL (Derived No-Effect Level), při které nedochází k nepříznivým účinkům, tedy hodnoty referenční dávky (RfD).

Na základě posudku chemické látky nebo přípravku jsou vytvořeny bezpečnostní listy, které obsahují tyto položky.

- identifikace látky a společnosti,
- identifikace nebezpečnosti,
- informace o složení,
- pokyny pro první pomoc,
- opatření pro hašení požáru,
- opatření při úniku,
- zacházení a skladování,
- meze expozice, osobní ochranné pomůcky,
- fyzikální a chemické vlastnosti,
- stálost a reaktivita,
- toxikologické informace,
- ekologické informace,
- pokyny pro odstraňování,
- informace pro přepravu,
- informace o předpisech,
- a další informace. (Kubátová, 2018)

2.3.1 Identifikace nebezpečných látek

Každá chemická látka či směs podléhá evidenci a identifikaci. K jednoznačnému určení přítomné látky slouží tzv. indexová čísla CAS a ES.

Identifikátor typu CAS se udává ve tvaru ABC-RST-VW-Y, kde první tři čísla jsou určena dle atomového čísla prvku, který nejvíce charakterizuje zkoumanou látku, druhá trojice značí pořadové číslo série a VW značí formu, ve které látka je. Posledním číslem je tzv. kontrolní číslo.

Nebezpečné látky dle seznamu obchodovatelných látek (EINECS), obsahují ES číslo. Toto číslo má následující tvar XXX-XXX-X.

Tato čísla jsou minimálním záchytným bodem pro identifikaci. Ve spojení s dalšími charakteristikami (Hazchem, Diamant, UN, Kemler) mohou usnadnit rozpoznání nebezpečnosti látky, a tedy i adekvátní reakci na likvidaci nebo omezení účinků při úniku. (Bartlová, 2012)

Diamant

Tento systém byl na základě dlouhodobých výzkumů vyvinut v USA. Používá se pro rychlé zjištění základních vlastností nebezpečné látky.

Základem je čtverec postavený na špici, který je rozdělen do čtyř čtvercových částí. Modrá část značí nebezpečí pro zdraví, žlutá reaktivitu a červená požární nebezpečí. Velikost nebezpečí je značena čísly 0-5 vzestupně. Bílá část vyjadřuje zvláštní nebezpečí jako: nehasit vodou, korozivní, zásada, kyselina, oxidující nebo radioaktivní.

Hazchem

Tento kód je využíván zejména ve Velké Británii. Tvoří ho tři části ve formátu H - hasivo, O - ochrana, E - evakuace. Hasivo je dáno číslem, vhodný způsob ochrany určuje jedno nebo dvě písmena, potřeba evakuace je podmíněna pouze přítomností nebo nepřítomností písmene E.

Kemler

Nejrozšířenější systém identifikace nebezpečných látek v Evropě. Je definovaný jako dvoj- nebo trojmístné číslo, někdy doplněné písmenem X, které značí nesnášenlivost s vodou při zásahu. První pozice značí hlavní nebezpečí, další pak nebezpečí vedlejší a dodatečné. Pokud jsou první dvě čísla stejná, znamená to zvýšené hlavní nebezpečí v dané kategorii.

United Nationale

UN je identifikační kód nebezpečné látky a jedním z nejčastěji užívaných systémů pro rychlé určení nebezpečnosti látek. Každé látce nebo skupině látek podobných vlastností je přidělen unikátní čtyřmístný kód.

Spolu s Kemler kódem tvoří tzv. výstražnou identifikační tabulku nebezpečných látek, která se dle vnitrostátních předpisů a mezinárodních dohod ADR a RID používá při přepravě nebezpečných látek po pozemních komunikacích a železnicích. (Věžníková, 2019)

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

Zákon je základním právním předpisem pro oblast prevence závažných havárií, které mohou být způsobeny vybranými chemickými látkami. Cílem zákona je snížit možnost vzniku a snížit následky působení vzniklých havárií na zdraví a životech lidí a zvířat, ohrožení majetku a devastace životního prostředí. (Právní rámec prevence závažných havárií, 2015)

2.4.1 Povinnosti provozovatele

Provozovatel, ale i uživatel objektu je povinen přijmout opatření k zabránění vzniku závažných havárií a eliminaci ohrožení zdraví a životů lidí a zvířat a poškození životního prostředí a majetku.

Za tímto účelem zpracovává seznam, jehož obsahem je výčet veškerých nebezpečných látek, které jsou v objektu umístěny. Z vypracovaného seznamu nebezpečných látek se dle zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, a jeho příslušných prováděcích předpisů, provede součet poměrných množství NL v objektu/areálu.

Vzorec pro sčítání poměrného množství:

$$N = \frac{q_1}{Q} + \frac{q_2}{Q} + \frac{q_3}{Q} + \dots + \frac{q_x}{Q} \quad (1)$$

Kde: N součet poměrů okamžitého a tabulkového množství,

q množství uskladněné nebezpečné látky,

Q tabulkové množství dané látky.

Parametry jsou dosazovány buď dle tabulky názvů vybraných látek nebo dle jejich vybraných vlastností.

Na základě výsledku součtu a zpracovaného seznamu, zpracuje uživatel/provozovatel protokol (dle § 4 odst.1) nebo za podmínek stanovených v §5 navrhne zařazení objektu do skupiny A nebo B.

2.4.2 Protokol o nezařazení

Uživatel objektu zpracovává protokol o nezařazení, pokud množství nebezpečné látky nedosahuje hodnot uvedených v tabulce a zároveň součet poměrných množství nebezpečných látek $N < 1$. Protokol obsahuje identifikační údaje objektu a uživatele, seznam

a výpočet poměrných množství NL. Aktualizace probíhá po každém navýšení množství látek přesahujícím 10 % původního množství nebo umístění další látky, která nebyla v protokolu uvedena.

Protokol o nezařazení se předkládá krajskému úřadu k posouzení. Ten na základě dalších skutečností může rozhodnout o nutnosti zařazení objektu do příslušné skupiny.

Protokol se uchová u provozovatele/uživatele pro případné provedení kontroly. Kontroly mohou provádět tzv. orgány integrované inspekce, kde patří Státní úřad inspekce práce, Český báňský úřad, krajské hygienické stanice, hasičské záchranné sbory krajů, dále pak krajské úřady a Česká inspekce životního prostředí.

2.4.3 Zařazení objektu do skupiny A a B

Provozovatel předkládá krajskému úřadu návrh na zařazení do skupiny A nebo B. Dále předkládá návrh bezpečnostního programu prevence závažné havárie nebo návrh bezpečnostní zprávy, a to jak v listinné, tak elektronické podobě. Množství poskytovaných vyhotovení návrhů se odvíjí od počtu dotčených orgánů a obcí.

Návrh na zařazení obsahuje identifikační údaje o objektu a o provozovateli, popis činnosti provozovatele, grafické znázornění okolí řešeného objektu, informace o množství nebezpečných látek a výpočet poměrných množství.

Krajský úřad předložený návrh posoudí a rozhodne o zařazení objektu do příslušné skupiny.

2.4.4 Zařazení v důsledku domino efektu

Krajský úřad může na základě přijatých návrhů o zařazení a nezařazení, provedených kontrolách a zjištěných skutečnostech určit objekty, které mohou být zařazeny do příslušných skupin v souvislosti s hrozbou výskytu tzv. domino efektu.

Krajský úřad poskytne provozovateli informace o bezprostředním okolí objektu a o sousedních zařazených a nezařazených objektech. Může také přímo udat povinnost o udržování vzájemné informovanosti mezi provozovateli objektů spadajících do hrozby domino efektu.

2.4.5 Posouzení rizik

Za účelem zpracování bezpečnostní zprávy nebo bezpečnostního programu provede provozovatel posouzení nebezpečí vzniku závažné havárie. Posouzení obsahuje identifikaci zdrojů nebezpečí, analýzu a hodnocení rizik.

2.4.6 Bezpečnostní program

Bezpečnostní program zpracovává provozovatel objektu skupiny A na základě posouzení rizik vzniku havárie.

Obsah bezpečnostního programu:

- informace o objektu,
- posouzení rizik závažné havárie,
- zásady, cíle a politiku prevence,
- systém řízení bezpečnosti,
- shrnutí.

2.4.7 Bezpečnostní zpráva

Na základě posouzení rizik má bezpečnostní zprávu povinnost vypracovat provozovatel objektu skupiny B.

Bezpečnostní zpráva na rozdíl od bezpečnostního programu navíc obsahuje:

- technický popis zařazeného objektu,
- informace o složkách životního prostředí v lokalitě objektu,
- popis bezpečnostních opatření vedoucích k omezení vzniku a následků havárie,
- jména právnických a fyzických osob podílejících se na vypracování bezpečnostní zprávy.

2.4.8 Plán fyzické ochrany

Vyhláška č. 225/2015 Sb., o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A nebo skupiny B, určuje obsah a strukturu plánu fyzické ochrany. V plánu provozovatel uvede bezpečnostní opatření vycházející z analýzy možných neoprávněných činností, režimová opatření, možnosti mechanických a elektronických prostředků k zabezpečení objektu a fyzické ostrahy.

2.4.9 Vnitřní havarijný plán

Vypracování vnitřního havarijního plánu je uloženo vyhláškou č. 227/2015 Sb., o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli

posudku. Zpracovat plán má povinnost provozovatel objektu skupiny B. Stanovuje opatření prováděná uvnitř objektu za účelem zmírnění průběhu a následků závažné havárie na životy, zdraví, životní prostředí a majetek.

Vnitřní havarijní plán se předkládá ke schválení krajskému úřadu a ukládá se u hasičského záchranného sboru kraje z důvodu vypracování vnějšího havarijního plánu.

Obsah vnitřního havarijního plánu:

- jmenný seznam fyzických osob určených provozovatelem k provedení preventivních opatření, a jejich funkční zařazení
- scénáře možných havárií a jejich následků,
- činnosti vedoucí ke zmírnění následků havárie,
- přehled ochranných prostředků, kterými provozovatel disponuje,
- způsob varování osob a vyrozumění dotčených orgánů,
- plán havarijních cvičení,
- přehled sil a prostředků IZS a jiných subjektů podílejících se na řešení havárie.

2.4.10 Vnější havarijní plán

Zpracování vnějšího havarijního plánu podléhá vyhlášce č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury. Povinnost zpracovat vnější havarijní plán mají jaderná zařízení a pracoviště IV. kategorie, a taková zařízení, kde hrozí možnost vzniku závažné havárie při úniku nebezpečných látek.

Provozovatel objektu skupiny B se spolupodílí společně s krajským úřadem a hasičským záchranným sborem kraje na zajištění informování veřejnosti, preventivní výchovné činnosti a havarijní připravenosti v oblasti, která je vymezena vnějším havarijním plánem.

Zónu havarijního plánování stanoví krajský úřad a vyházi při tom z podkladů předložených provozovatelem. (Polívka, Mika a Sabol, 2017)

3 TRANSPORT NEBEZPEČNÝCH VĚCÍ

Tato kapitola se bude věnovat druhům přepravy nebezpečných věcí a možným rizikům, která mohou při transportu vzniknout.

3.1 Orange Book

Organizace spojených národů zpracovala dokument „Vzorové předpisy pro přepravu nebezpečných věcí“, tzv. Oranžová kniha, což je základní stavební kámen pro veškeré druhy přepravy nebezpečných věcí na světě. Cílem je hlavně zajištění ochrany člověka a životního prostředí před nežádoucími účinky NL, stanovení požadavků na přepravu a správné zařazení látky dle svých fyzikálních, chemických a (eko)toxikologických vlastností.

3.2 Dohody aplikovatelné v ČR

Na území České republiky jsou aplikovatelné následující dohody:

- ADR - „Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí“.
- RID – „Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí“.
- ADN – „Evropská dohoda o mezinárodní vnitrozemské vodní přepravě nebezpečných věcí“.
- ICAO TI – „Technické instrukce pro bezpečnou leteckou přepravu nebezpečných věcí“.

3.3 Třídy nebezpečnosti

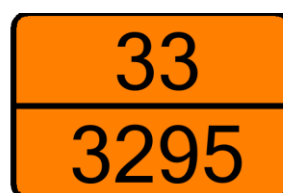
Z hlediska zabezpečení přepravy jsou nebezpečné věci rozděleny do 9 tříd. Jednotlivé třídy mají číselné označení, své barevné rozlišení a výstražné symboly. Tyto piktogramy napomáhají lepší identifikaci nebezpečných vlastností látek. Každá nebezpečná látka má stanovený specifický UN kód.

- 1 Výbušné látky a předměty.
- 2 Plyny.
- 3 Hořlavé kapalné látky.
- 4.1 Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky, polymerizující 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.



Obrázek 3: Piktogramy nebezpečných věcí (Vektor nebezpečné piktogramy, 2021)



Obrázek 4: Výstražná tabulka (ADR Dangerous Goods, 2021)

3.4 Rizika přepravy nebezpečných věcí

Bezpečnost dopravy a její kvalitu vůbec, ovlivňuje velké množství faktorů, které lze dle svého původce rozdělit na:

Lidský faktor – zapříčiňuje až 85 % havárií. Příčiny je možné spatřovat například v neznalosti pravidel manipulace, nedostatkem poznatků a zkušeností nebo také přecenění sil a schopností. Dá se říct, že velikou míru představuje i momentální fyzické a psychické rozpoložení jedince.

Dopravní prostředek – technický stav vozidla a jeho údržby a opravy v souladu s legislativou a požadavky norem na dopravní prostředek přepravy NV jsou předpokladem pro zajištění bezpečné přepravy.

Prostředí – lze hovořit o širokém spektru vnějších vlivů od přírodního působení až po hustotu dopravy. Patří sem dopravní objekty a zařízení, právní normy, zástavba kolem trasy a reliéf krajiny, živelní pohromy, noční nebo denní přeprava, roční období atp. (Málek a Tomek, 2011), (Věžníková, 2019)

4 ANALÝZA RIZIK

Kapitola se zabývá přehledem možných metod pro mapování a určování rizik a jejich vyhodnocování, stanovováním následků a přehledem vybraných softwarových a nesoftwarových podpor pro modelování úniků nebezpečných látek.

4.1 Analýza a hodnocení rizik

Pro analýzu a hodnocení rizik existuje systém aplikačních metod, pomocí kterých se nebezpečí identifikuje a vyhodnocuje. Analytická činnost zahrnuje širokou oblast zájmu. Od analýzy finanční, přes analýzu možného poškození zdraví, až po analýzu celkového zajištění bezpečnosti.

Nejdříve je potřebné stanovit si rozsah a cíl analyzované problematiky. V ní postupně identifikovat možná rizika, která mohou v našem případě být zdrojem havárie. Pomocí odhadu pravděpodobnosti vzniku havárií a jejich dopadů, se stanoví přijatelnost rizika. Ze zjištěných výsledků lze učinit kroky vedoucí k úpravám na zařízení, k přípravě a průpravě lidského činitele a ke zdokonalování postupů. (Bartlová a Balog, 2007)

4.2 Metody pro identifikaci rizik

V této podkapitole budou popsány metody pro identifikaci rizik.

4.2.1 Checklist Analysis

Metoda je založena na analýze pomocí kontrolního seznamu. Technika seznamu položek, kroků a úloh, kterou se ověřuje správnost a funkčnost postupu. Využití má jak v preventivním přístupu k problému, ale lze jí využít i tzv. zpětným postupem jako pomocníka k odkrývání příčiny.

4.2.2 What - If Analysis

Analýza „Co se stane, když...“ slouží k hledání možných následků určitých situací v procesu. Vychází z brainstormingu skupiny lidí, kteří se dobře vyznají v procesu. Jde tedy o spontánní diskusi a hledání odpovědí na otázky o možných následcích odchylky v postupu.

4.2.3 SWOT analýza

Jedná se o metodu kvalitativního zhodnocení. Základem je rozdělení uvažovaných faktorů dle povahy do čtyř skupin. Vyjadřuje silné a slabé vnitřní stránky subjektu a pro vnější prostředí se hledají faktory vyjadřující příležitosti a hrozby.

4.2.4 Ishikawa diagram

Jednoduchá grafická metoda pro nalezení příčin a následku. Má tvar rybí kosti, kde v hlavě je uveden problém, který je potřeba řešit. Využívá tzv. 5M nebo 8M strategii, kde každé M značí odvětví, ve kterém se pomocí brainstormingu určí možné příčiny problému. Jedná se o Man Power (působení lidského faktoru), Machines (stroje), Materials (materiály), Mother Nature (příroda), Management (řízení), Methods (směrnice), Measurement (měření) a Maintenance (údržba).

4.2.5 Analýza souvztažnosti

Metoda identifikuje rizika a jejich vazby mezi zdroji a objekty rizik. Hledá slabá místa v zabezpečení systému. Pro analýzu je vhodný středně- až dlouhodobý sběr dat. Ve vytvořené tabulce se každé uvažované riziko porovnává s každým. Výpočtem koeficientů se určí souřadnice. Graf se na základě výpočtu rozdělí do čtyř kvadrantů, které značí míru nebezpečnosti. Závažnost uvažovaných rizik se určí podle toho, v kterém kvadrantu se nachází.

4.2.6 HAZOP

Jedná se o studii nebezpečí a provozuschopnosti - Hazard and Operability Study. V dnešní době představuje standard posuzování nebezpečí a je hojně využíván v chemickém průmyslu. Tým odborníků provádí posouzení každé fáze a úseku procesu za využití předem daných klíčových slov. Výsledkem je nalezení příčiny, stanovení možného následku, doporučení pro opatření a určení osoby, která je zodpovědná za nápravu.

4.3 Metody stanovení pravděpodobnosti

V této podkapitole budou představeny metody pro stanovování pravděpodobnosti.

4.3.1 Fault Tree Analysis

Je speciální metodou pro určení kombinací poruch vedoucích k havárii. Je grafickou metodou, která ve svém diagramu využívá speciálních symbolů, tzv. hradel. Strom má svůj

vrchol, který představuje hlavní nežádoucí událost. Od vrcholu se pomocí předepsaných symbolů vypisují možné eventuality a v jejich koncových polohách se jim přiřadí určitá váha. Cestou zpět se pomocí výpočtů zjistí pravděpodobnost uvažované nežádoucí události.

4.3.2 Event Tree Analysis

Graficko-statistická metoda, která znázorňuje události, které se v systému mohou objevit. Popisuje průběh procesu od startovní události až po možný výsledek. Strom rozvětňuje na základě kladné nebo záporné odpovědi na problém v dané fázi. Výsledkem je výpočet pravděpodobnosti v každé větvi stromu. (Šenovský, 2015)

4.4 Stanovení následků

Potřeba znát dopady havárií vyplývá ze dvou skutečností. Pokud dojde k havárii, je nutné v co nejkratší době určit dopady a přijmout opatření, která napomáhají k jejich útlumu a zneškodnění. Analytickým zpracováním vyhodnotit možné havárie a provést kroky k prevenci a minimalizaci dopadů.

Existuje řada modelovacích podpor, které jsou využitelné pro potřeby vyhodnocení možných dopadů.

Havarijní modelování - je využíváno hlavně v okamžiku vzniku havárie. Snahou je rychlé zpracování možných dat. Obrovskou nevýhodou může být nedostatek validních informací. Toto modelování vyžaduje jednoduché zadávání vstupních parametrů a co nejpřehlednější výstupní hodnoty. Vhodným nástrojem je grafické vyobrazení vypočtených parametrů do mapového podkladu.

Prognostické modelování - má největší využití při analýze dopadů možných havárií. Výstupy tohoto zpracování mohou sloužit jako vstupní data pro havarijní modelování. Vychází tedy z toho, že se projevy havárií vyhodnocují dopředu a slouží jako záchytný bod pro rychlé určení maximálních účinků havárie. Prognostický způsob modelování pracuje s větším počtem vstupních informací a také s jejich přesnějšími parametry.

Znalecké modelování - je typem modelování, který má potřebu největší přesnosti výsledku. Je specifický posuzováním již proběhlých havárií. K posuzování a vyhodnocování má k dispozici jak technologické parametry, tak i proběhlé dopady havárie. (Bartlová a Balog, 2007)

4.4.1 Software ALOHA

Areal Locations of Hazardous Atmosphere je software pro zjišťování následků úniku nebezpečné látky. Program modeluje rozptyl látek na základě informací o fyzikálně chemických vlastnostech uniklé látky, atmosférických podmínkách a typu zdroje, z kterého látka uniká. Výstupem je výpočet množství uniklé látky, vytyčení zón dle zadaných koncentrací nebo maximální rychlost úniku.

4.4.2 Software TerEx

Prognostický nástroj pro rychlé zjištění dopadů účinku nebezpečných látek nebo výbušnin, zvláště pak bere v úvahu jejich zneužití. Program vytváří model, který je možné přímo aplikovat do mapových podkladů. TerEx je svým uživatelským prostředím vhodný pro velitele zásahu a operativní složky IZS a je vhodně použitelný díky svému rychlému určení rozsahu hrozeb. Systém TerEx poskytuje dobré výsledky i při omezeném množství vstupních informací.

4.4.3 IAEA - TECDOC - 727

Příručku vydala Mezinárodní agentura pro atomovou energii a vychází při tom ze zkušeností nabitých z dřívějších havárií. Slouží k posouzení společenského nebezpečí mimo hranice uvažovaného objektu. Metodu lze aplikovat pro fixní zařízení, skladování, manipulaci, přepravu po silnici, železnici, vodě nebo prostřednictvím produktovodu. Umožňuje vyhodnocovat rizika úniku nebezpečné látky, požáru a výbuchu. Výsledkem je stanovení počtu obětí (počítá se 100% úmrtností) a stanovení frekvence událostí v čase (události/rok). (Bartlová a Pešák, 2003)

5 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části byly pro lepší pochopení tématu nastíněny havárie ve světě a v České republice. Havárie v ČR nejsou svým projevem naštěstí tak závažné jako ve světě, ale i tak lze mezi nimi nalézt některé případy, které svojí příčinou, důsledkem nebo kuriózností poukazují na skutečnost, že s únikem nebezpečných látek se musí vždy počítat. Havárie ve světě jsou z našeho pohledu rozsáhlejší a jejich likvidace je finančně náročnější. Na druhou stranu to byly právě některé závažné události ve světě, které pomohly vyformovat legislativu úniku nebezpečných látek do dnešní podoby a určily tak trendy nejenom pro členské státy. Tyto právní opory sestavené na základě zkušeností nabytých z proběhnuvších havárií, určují provozovatelům zařízení jisté povinnosti. Pokud provozovatel spadá do kategorie ohrožujícího množství nebezpečné látky, je povinen provést kroky, které vedou k zabránění vzniku závažné havárie. Patří zde takové postupy, které by dokázaly minimalizovat hrozby pro zdraví a životy lidí a zvířat, jakož i hrozby vedoucí k ohrožení životního prostředí a majetku. Jedním z těchto kroků je nutnost vypracování analýzy rizik. Pomocí analýzy lze díky vybraným metodám lépe identifikovat možná rizika a stanovit možné následky. Poznatky shrnuté v teoretické části byly použity jako podpora pro vypracování části praktické a vytvořily tak ucelenější představu problematiky úniku nebezpečných látek.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 VSTUPNÍ CHARAKTERISTIKY

Kapitola popisuje oblast místa úniku nebezpečné látky, fyzikální a chemické vlastnosti nebezpečné látky, zásady manipulace a poskytování první pomoci.

6.1 Charakteristika oblasti

Areál o rozloze zhruba 74 ha se rozprostírá na jihozápadní straně města Otrokovice a je od města ohraničen řekou Dřevnicí. Ze strany východní je areál olemován železniční tratí číslo 330 Břeclav - Přerov a infrastrukturou železničního nádraží Otrokovice. Kolem větší části areálu na jeho severní straně je hojně navštěvovaná cyklostezka. Nacházejí se zde také podnik na zpracování plastů a výrobu plastového potrubí. Na severozápadní straně areálu sousedí Teplárna Otrokovice, která dodává nezbytné energie, jako horkou vodu a páru, které jsou v podniku dále využívány. Na západní straně s areálem sousedí čistírna odpadních vod a neveřejné vnitrostátní letiště s označením LKZL. Součástí areálu letiště jsou budovy, ve kterých se provádí výroba a servis letadel a výroba leteckých komponent. Tyto budovy společně se silnicí III. třídy (ul. Objízdna) lemují areál z jižní strany. Za touto ulicí dál na jih se nacházejí sídla různých společností a malá obytná oblast čítající na čtyřicet domů.

6.2 Charakteristika podniku

Podnik XY, který se zabývá převážně výrobou pneumatik vznikl v roce 1971 a k dnešnímu dni patří mezi největší zaměstnavatele ve Zlínském kraji a také k největším zařízením svého druhu v Evropě a ve světě. Areál je situován na jihozápadní straně města a o jeho nejzazší ohraničení se starají silnice III. třídy (ul. Objízdna) a železniční tratě Břeclav-Přerov, potažmo obslužná železniční vlečka do severní části města, kde se nachází další průmyslový areál. Nejstarší částí výrobního areálu je budova lisovny a konfekce pláštěů, na kterou se postupem času a také na základě zvyšující se poptávky nabalovaly další a další budovy. K dnešnímu dni areál čítá na 100 budov a stavebních objektů, které slouží nejen k výrobě, ale také k přípravě, odbytu, servisu a skladování všech potřebných komponent a služeb pro zajištění řádného chodu podniku XY.

Podnik zaměstnává na 4 500 zaměstnanců a funguje v nepřetržitém třisměnném provozu. Nejvyšší výskyt osob v areálu je na ranní směně, kde se ještě navíc vyskytují zaměstnanci externích firem, které provádějí různé druhy práce, od logistického zabezpečení až po stavební činnost. Podnik má rovněž od roku 1972 zřízen Hasičský záchranný sbor podniku XY, který ve své činnosti podléhá divizi ESH (Environment, Safety & Health). Tato divize,

jak už název sám napovídá, má na starosti bezpečnost práce, zdraví pracovníků a ochranu životního prostředí.

Z hlediska problematiky zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, je objekt zařazen do skupiny B. Je tedy povinen ze zjištěných a posouzených rizik zpracovat bezpečnostní zprávu. Zásady pro zpracování bezpečnostní zprávy jsou tedy i východiskem pro vypracování této práce.

6.3 Charakteristika místa stáčení nebezpečné látky

Stáčiště se nachází na slepé kolejové vlečce mezi objektem SO 105 – Výroba lan na její západní straně a objektem SO 126 – Sklad hořlavín na straně východní. Souběžně s kolejíštěm probíhá místní komunikace. Stáčiště je kryto ocelovou konstrukcí tvořenou čtrnácti stojnými podpěrami z L profilu 80×80 a střechou sestavenou ze sedmi příčně ložených kusů I profilů 160×82 a na ně v podélném směru napojených sedm kusů U profilů 120×55, na které je kotven střešní trapézový plech TP35. Celkové rozměry přístřešku jsou 37×14×6 m, přičemž místo samotného stáčení je v severní části přístřešku.

Pod kolejíštěm je betonová záchytná havarijní jímka o kapacitě 8,5 m³. V případě velké havárie lze navíc tuto jímku pomocí potrubí propojit s podzemní havarijními jímkami o objemu 150 m³.

6.4 Charakteristika nebezpečné látky

Technický benzín je v podniku nejvíce využíván pro své odmašťovací vlastnosti. Patří do skupiny organických rozpouštědel, což jsou těkavé kapaliny s nižší toxicitou. Nejčastějším způsobem vstupu do organismu je inhalace. Při nízkých koncentracích může vyvolávat euforii a potlačené vnímání. Vysoké koncentrace mohou naopak vyvolat ospalost, zástavu dechu až kóma. Kontakt s kůží může vyvolat vysychání, odmašťování a praskání. Ingekcí může docházet k podráždění, zvracení a průjmů. (Kubátová, 2018)

Hustota.....	710 kg·m ⁻³
Měrné teplo v plynné fázi.....	1,65 kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹
Teplota tání.....	-57 °C
Teplota varu.....	80 – 110 °C
DNEL.....	5360 mg·m ⁻³
PEL.....	400 mg·m ⁻³
NPK-P.....	1000 mg·m ⁻³

Dolní a horní mez výbušnosti 0,9 % - 8 %

Identifikační číslo nebezpečnosti 33

UN číslo 3295, Uhlovodíky kapalné

Signální slovo Nebezpečí

Klasifikační kód F1 – Hořlavé kapaliny s bodem vzplanutí nejvýše 60 °C, třídy 3. Hořlavé kapaliny bez vedlejšího nebezpečí a předměty obsahující takové látky. Produkt je klasifikován jako nebezpečný pro životní prostředí a toxický pro vodní organismy. (Safety Data Sheets - TOTAL Marketing & Services, 2020)



Obrázek 5: Piktogramy nebezpečných vlastností (Výstražné symboly nebezpečnosti CLP, 2020)

6.4.1 Standartní věty o nebezpečnosti

H225 Vysoce hořlavá kapalina a páry.

H315 Dráždí kůži.

H304 Při požití a vniknutí do dýchacích cest může způsobit smrt.

H336 Může způsobit ospalost nebo závratě.

H411 Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.

6.4.2 Standartní věty pro bezpečné zacházení

P102 Uchovávejte mimo dosah dětí.

P210 Chraňte před teplem, horkými povrchy, jiskrami, otevřeným ohněm a jinými zdroji zapálení. Zákaz kouření.

P271 Používejte pouze venku nebo v dobře větraných prostorách.

P301+P310 PŘI POŽITÍ: Okamžitě volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO.

P243 Proved'te opatření proti výbojům statické elektřiny.

P273 Zabraňte uvolnění do životního prostředí.

P280 Používejte ochranné rukavice/ochranný oděv/ochranné brýle.

P301+P330+P331 PŘI POŽITÍ: Vypláchněte ústa. NEVYVOLÁVEJTE zvracení.

6.4.3 První pomoc

V případě nadýchání je nutné přerušit působení směsi na člověka a dopravit postiženého na čerstvý vzduch. Chránit postiženého proti prochladnutí a zajistit duševní a tělesný klid. Při přetrvávajících potížích je potřeba vyhledat lékařskou pomoc.

Při styku s kůží je třeba odložit zasažený znečištěný oděv a postižená místa na těle řádně opláchnout, pokud možno teplou vodou a mýdlem. Při porušení kůže, popraskání nebo silnému zarudnutí je potřeba vyhledat lékařskou pomoc.

V případě zasažení očí může dráždit oční spojivky. V případě jejich používání, je nutné odstranit oční čočky a při naplno rozevřených víčkách proplachovat alespoň 15 minut vlažnou tekoucí vodou. Pokud zarudnutí nebo bolest neustupuje je potřeba vyhledat lékařskou pomoc.

Při požití není doporučováno vyvolávat zvracení, aby nedošlo k aspiraci zvratků. Pokud je postižený při vědomí je nutné vypláchnout ústa vodou a neprodleně vyhledat lékařskou pomoc.

Při komunikaci se zdravotnickým personálem je doporučováno mít k dispozici informace o výrobku (např. viz. bezpečnostní list). (Safety Data Sheets - TOTAL Marketing & Services, 2020)

Důsledkem hoření látky a vlivem tepelné radiace může u osob dojít k popáleninám. O závažnosti popálenin lze rozhodovat na základě zasažené plochy a místa výskytu popáleniny, hloubky zasažení a věku postiženého. Popáleniny lze řadit na čtyři stupně. Prvním stupněm je zarudnutí a otok, netvoří se puchýře. Druhý stupeň lze dělit na povrchové popáleniny (puchýře) a hluboké popáleniny, při kterých se kůže zbarvuje červeně až bělavě. Třetí stupeň se vyznačuje bílým až šedočerným zbarvením a rány jsou bezbolestné. Dochází k tzv. nekróze. Čtvrtý stupeň znamená zuhelnatění zasaženého místa. (Hasík, 2009)

6.4.4 Zásady při manipulaci

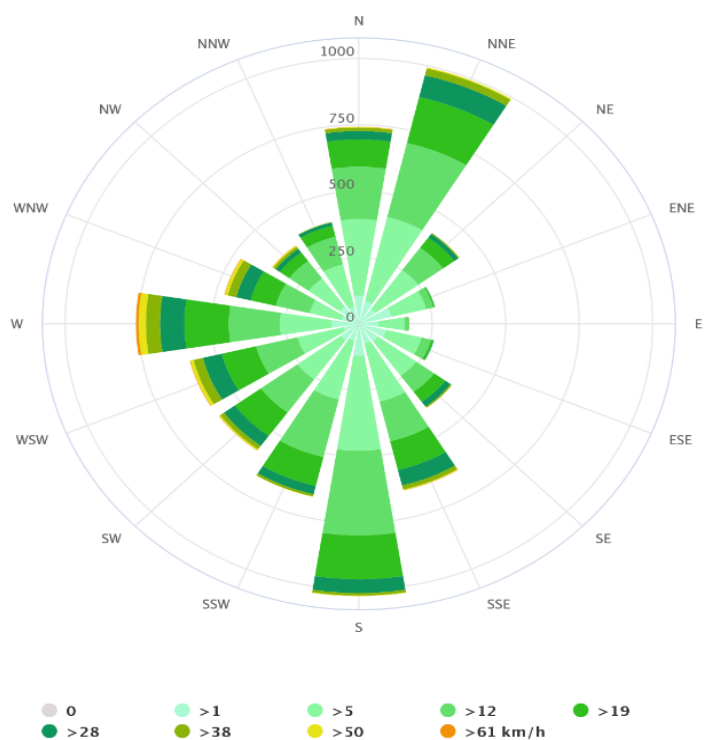
Při manipulaci s látkou je doporučováno dodržovat základní hygienická opatření. Na pracovišti musí být zajištěno dobré odvětrávání, aby nedocházelo k překročení PEL. V případě nutnosti manipulace v uzavřených nebo špatně větraných prostorách je nutné

aplikovat ochranné prostředky pro dýchací cesty. Typ prostředku ochrany je stanoven na základě vykonávané činnosti od filtrů až po izolační dýchací přístroje. Další prostředky nutné k ochraně jsou ochranné brýle a štíty, odpovídající ochranné rukavice a pracovní ochranný oděv. Při práci je zakázáno kouřit, pít a jíst.

6.5 Meteorologické podmínky

Jedním z parametrů pro vyhodnocení možných účinků rizik je samozřejmě meteorologická situace v místě zkoumané oblasti. Z příložených obrázků vyplývá celkový přehled za rok 2020. Poskytuje nám informace ohledně vývoje minimální a maximální teploty a procentuálního vyjádření relativní vlhkosti, úhrnu srážek a stavu oblačnosti v místě, a také rychlosti a směru větru. Pro srozumitelnější přehled je přiložena tzv. větrná růžice, která vyjadřuje směr, rychlost a četnost v daném směru.

Na základě dat získaných z těchto materiálů se budou zadávat parametry do programu TerEx. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 8,58 °C. Směr větru dle rozpoložení větrné růžice je nejčastěji jižního (S) a severoseverovýchodního směru (NNE). Jedním z parametrů pro vyhodnocení možných účinků rizik je samozřejmě meteorologická situace v místě zkoumané oblasti. Z příložených obrázků vyplývá celkový přehled za rok 2020. Poskytuje nám informace ohledně vývoje minimální a maximální teploty a procentuálního vyjádření relativní vlhkosti, úhrnu srážek a stavu oblačnosti v místě, a také rychlosti a směru větru. Pro srozumitelnější přehled je přiložena tzv. větrná růžice, která vyjadřuje směr, rychlost a četnost v daném směru.



Obrázek 6: Větrná růžice (Podnebí Otrokovice, 2020)

Tabulka 1: Průměrné teploty - vlastní zpracování dle (Podnebí Otrokovice, 2020)

	teplota den	teplota noc	rozdíl den/noc
leden	2	-3	5
únor	3	-2	5
březen	8	1	7
duben	15	4	11
květen	20	9	11
červen	22	11	11
červenec	25	14	11
srpen	25	14	11
září	21	10	11
říjen	15	6	9
listopad	8	2	6
prosinec	3	-2	5
průměr	13,92	5,33	8,58
maximum	25	14	11
minimum	2	-3	5

Na základě dat získaných z těchto materiálů se budou zadávat parametry do programu TerEx. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 8,58 °C. Směr větru dle rozpoložení větrné růžice je nejčastěji jižního (S) a severoseverovýchodního směru (NNE).

6.5.1 Třídy stability atmosféry

K rozptylu látek v atmosféře dochází v závislosti na jejím proudění. Tato proudění vznikají díky teplotním rozdílům ve vrstvách atmosféry. Důležitým parametrem, který ovlivňuje rozptyl a pohyb unikajících látek je, kromě vlhkosti, teploty a rychlosti větru, také atmosférická stabilita. Programy a postupy pro výpočet úniku používají tzv. Pasquillovu typizaci pro rozdělení stálosti atmosféry. Jednotlivé třídy stálosti jsou označeny písmeny A – F. Přičemž popisuje vlastnosti od extrémně nestabilních podmínek (A) až po středně stabilní podmínky (F). Nejzásadnějšími rozptylovými podmínkami tedy jsou střední a krajní meze stupnice.

Kategorie A (extrémně nestabilní) – konvekce. V této situaci dochází k nejmenšímu šíření oblaků a par do okolí.

Kategorie B (středně nestabilní) – Charakteristickým pro tuto kategorii je slunečný teplý den.

Kategorie C (mírně nestabilní) – Tento stav nastává při částečném zatažení ve dne.

Kategorie D (neutrální) – izotermie. Tato kategorie představuje ideální podmínky pro šíření oblaků ve dne a nastává při úplném zatažení oblohy.

Kategorie E (mírně stabilní podmínky) – Takovéto podmínky nastávají v nočních hodinách při částečné oblačnosti.

Kategorie F (středně stabilní) – inverze. Nastává převážně ráno nebo večer a je dobrým základem pro šíření oblaku. (Bartlová a Pešák, 2003)

Rychlost proudění větru ovlivňuje dobu expozice. V praxi platí, že čím větší je rychlost větru, tím dále se oblaka látky mohou dostat. Na druhou stranu silnějším působením větru může docházet k rychlejšímu naředování na bezpečnější koncentrace nebo k úplnému rozptylu.

Tabulka 2: Závislost rychlosti větru a oblačnosti na stálosti atmosféry-vlastní zpracování dle (Bartlová a Pešák, 2003)

	Denní podmínky				Noční podmínky		
	Podíl slunečního svitu				Podíl zatažení oblohy		
Rychlost větru [m·s ⁻¹]	Silný	Střední	Slabý	Zataženo	Max. 3/8 pokrytí mraky	Max. 4/8 pokrytí mraky	Zataženo
< 2	A	A-B	B	D	-	-	D
2-3	A-B	B	C	D	F	E	D
3-5	B	B-C	C	D	E	D	D
5-6	C	C-D	D	D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D	D	D

7 VSTUPNÍ ÚDAJE A VÝPOČTY

Vlakový cisternový vůz typu Zaes 01-20-2991 disponuje ložným objemem 60 m³. Délka cisternového válce je 10260 mm (10,26 m) a jeho průměr je 2740 mm (2,74 m). Výpustný ventil má značení DN 100, tedy jmenovitý vnitřní průměr (Diameter Nominal) je 100 mm. (Katalog železničních nákladních vozů ČD Cargo, a.s., 2020)

Cisternovým vozem se do místa stáčiště dováží čtyřikrát ročně 7600 l technického benzínu. Hustota technického benzínu je 710 kg·m⁻³.

7.1 Plocha výtokového hrdla, výška hladiny

Plocha výtokového hrdla DN 100:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = 7,85 \cdot 10^{-3} m^2. \quad (2)$$

Kde: S..... plocha [m],

d..... průměr hrdla [m].

Výška hladiny kapaliny v cisterně: (Horizontal Cylindrical Segment, 2021)

$$V = L \cdot \left(R^2 \cos^{-1} \left(\frac{R-h}{R} \right) - (R-h) \sqrt{2Rh - h^2} \right) \quad (3)$$

Kde: V..... objem [m³],

L..... délka nádoby [m],

R..... průměr nádoby [m],

h..... výška hladiny v nádobě [m].

Dosazením všech známých hodnot odvodíme hodnotu pro výšku hladiny odpovídající 7 600 l kapaliny.

$$h = 0,502 m.$$

7.2 Bernoulliho rovnice

Pro výpočet rychlosti výtoku kapaliny je nejprve potřebné sestavit rovnici pro vyjádření zákona o zachování mechanické energie.

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p_1 + \rho g h_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p_2 + \rho g h_2 \quad (4)$$

Kde: ρ hustota [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$],
 v rychlost [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],
 p tlak [Pa],
 g tíhové zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$],
 h výška hladiny [m].

V tomto případě je počítáno s tím, že na obou stranách rovnice bude zamýšlena stejná hodnota tlaku. V ideálním případě bude tlak p_1 , který působí vevnitř cisterny stejný jako tlak p_2 , který působí u výtokového hrdla. Je tedy možné tyto veličiny z rovnice vyloučit. Stejně tak rychlost v_1 na jedné straně a výška h_2 , jež nabývají nulové hodnoty.

Rovnice po veškerých úpravách bude vypadat následovně:

$$v_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)} = 3,16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}. \quad (5)$$

7.3 Výpočet rychlosti výtoku kapaliny v závislosti na tvaru hrdla

Z předchozích výpočtů bylo zjištěno, že plocha výtokového hrdla DN 100 je $7,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$. Výtokový součinitel $\mu = 0,82$ a rychlost výtoku je vypočten na $3,16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Zbývá už tedy dosadit do následující rovnice.

$$Q_v = \mu S v = 0,02 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}. \quad (6)$$

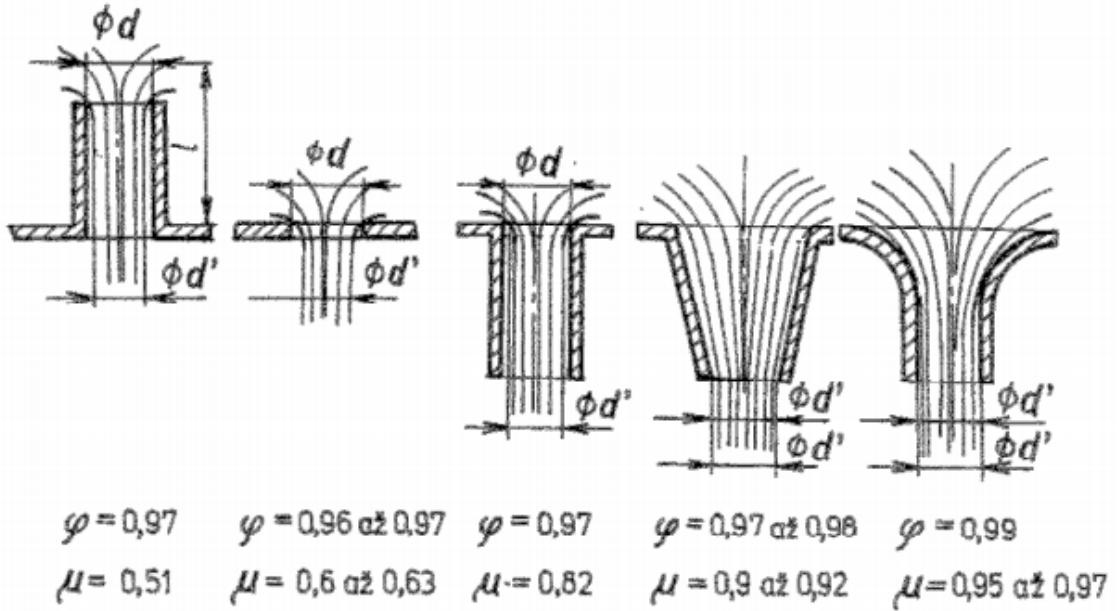
Kde: Q_v objemový průtok [$\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$],
 μ výtokový součinitel,
 S plocha otvoru výtoku [m^2],
 v rychlost výtoku [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

Tato hodnota by znamenala, že za těchto podmínek by z cisterny vytékalo každou vteřinu 20 l kapaliny. Celkové množství kapaliny v cisterně je 7600 l. Jednoduchou trojčlenkou je vypočten přibližný celkový čas výtoku.

20 l 1 s

7600 l 380 s

Doba vytékání kapaliny bude 6 minut a 20 vteřin.



Obrázek 7: Výtokové součinitele v závislosti na tvaru hrdla (Procházková, 2012)

8 METODY ZJIŠŤOVÁNÍ ROZSAHU PŮSOBNÍ NEBEZPEČNÉ LÁTKY

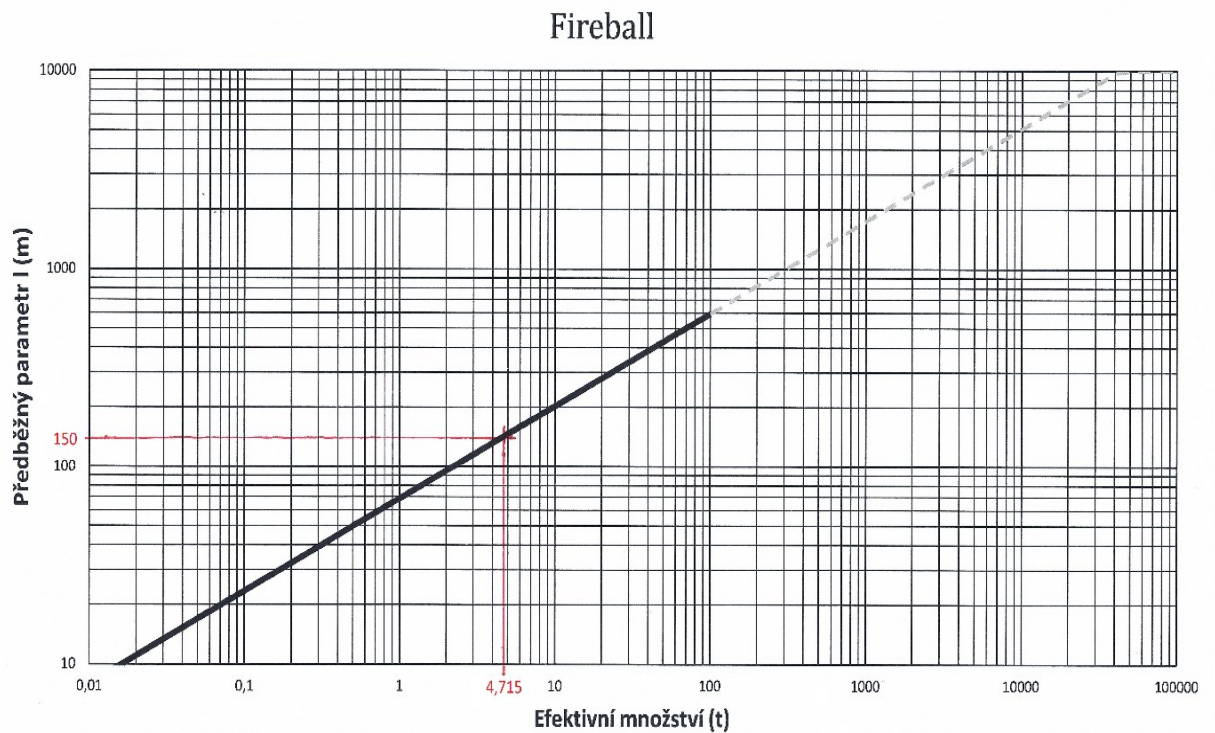
V této kapitole budou uvedeny možné metody pro získání přehledu o škodlivém působení nebezpečných látek. Tato práce bude vycházet z poznatků získaných metodou IAEA TECDOC – 727 a podkladů softwarové podpory TerEx.

8.1 Výpočet dle vyhlášky č.226/2015 Sb.

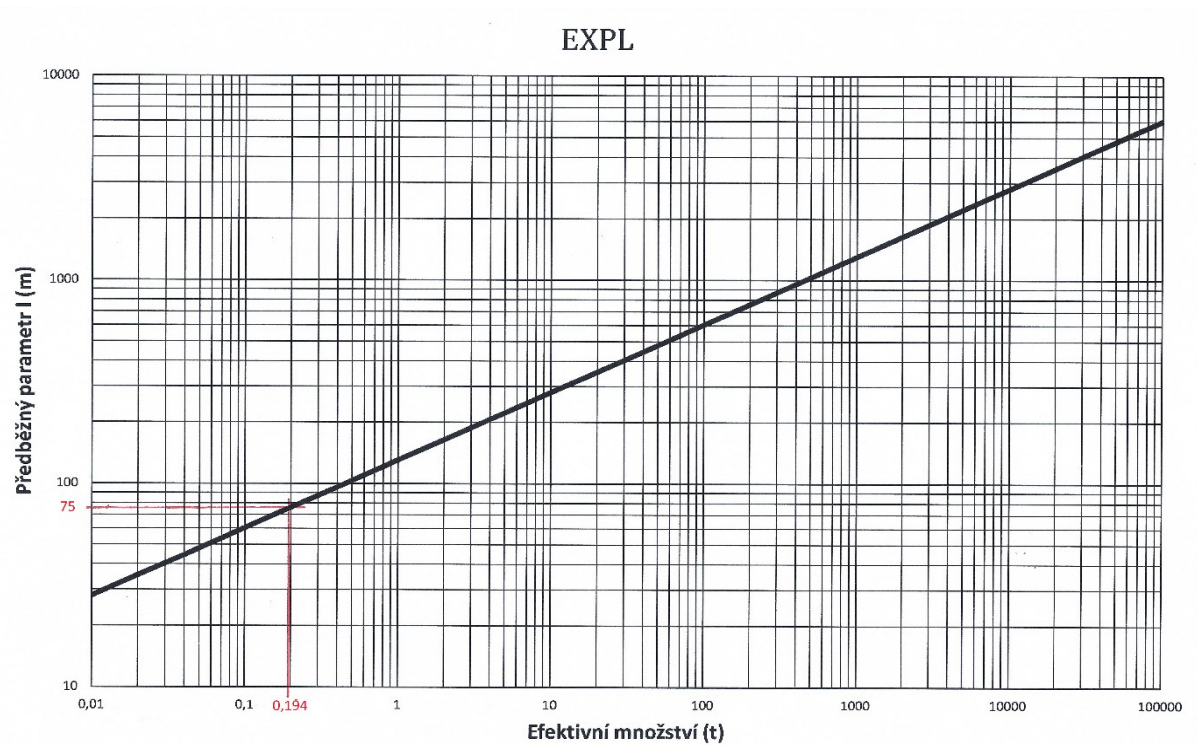
Tato vyhláška upravuje zásady pro vymezení zóny havarijního plánování a náležitosti postupu pro její vypracování. Hranice se určuje na základě údajů o množství přítomné látky. Dalšími upravujícími aspekty jsou tzv. korekční faktory, které jsou dány jednotlivými typy scénářů. Scénáře nastiňují možný druh mimořádné události jako toxický únik (TOX), exploze výbušnin a směsí a výbuch mraku par (VCE), scénář FireBall (BLEVE) a BoilOver, požár kapalin v louži (P-FIRE) a scénář podporování požáru okysličovacím účinkem (OXI). Jednotlivé scénáře mají svůj modifikační faktor, který ve spojení s množstvím dané látky určí míru jejího efektivního podílu. Modifikační faktory pro jednotlivé látky jsou uvedeny v příloze vyhlášky č. 226/2015 Sb.

Tabulka 3: Výpočet parametrů-vlastní zpracování dle (Česko,2015)

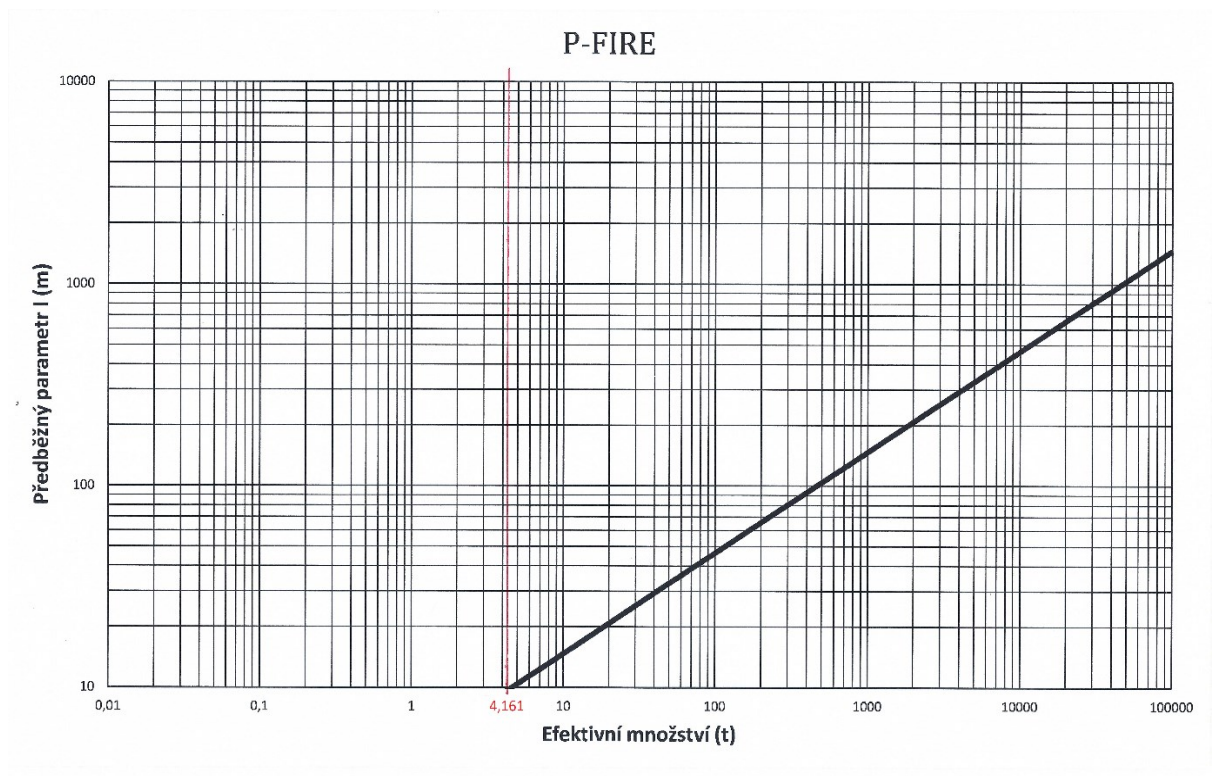
Zařízení	Nebezpečná látka	Kategorie nebezpečnosti	Maximální množství (t)	Typový scénář	Modifikační faktor	Efektivní množství (t)	Předběžný parametr l	Parametr L
Cisternový vůz	Benzín	P5a	5,548	BLEVE	0,85	4,715	150 m	150 m
				EXPL	0,035	0,19	75 m	75 m
				P-FIRE	0,75	4,161	0 m	50 m



Obrázek 8: Graf pro stanovení typového scénáře BLEVE-vlastní zpracování dle (Česko,2015)



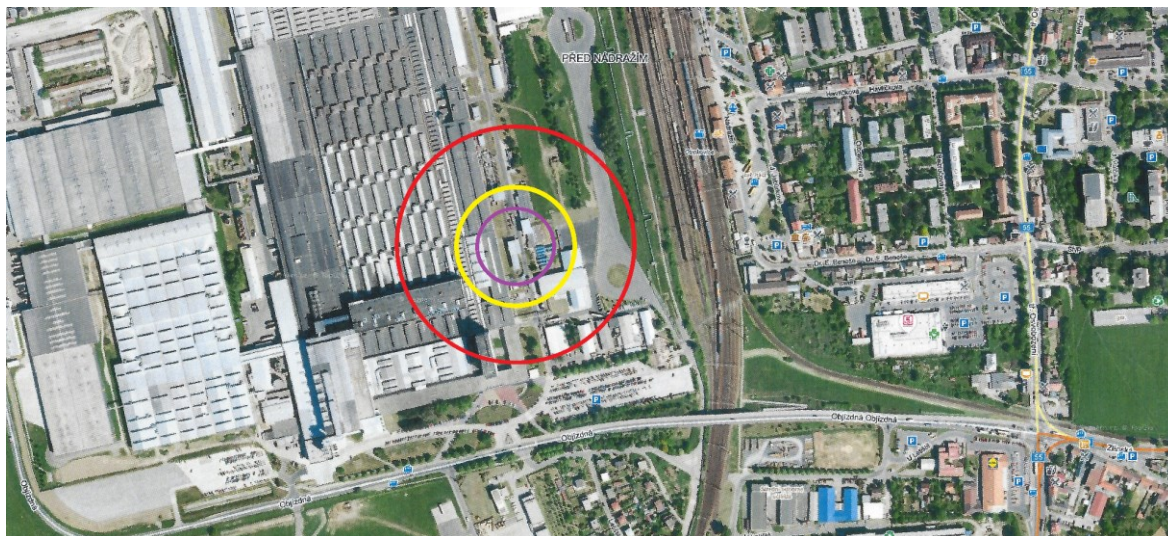
Obrázek 9: Graf pro stanovení typového scénáře EXPL-vlastní zpracování dle (Česko,2015)



Obrázek 10: Graf pro stanovení typového scénáře P-FIRE-vlastní zpracování dle (Česko,2015)

Výsledek pro typový scénář P-FIRE (požár kapalin v louži) je mimo úsečku pro stanovení předběžného parametru. V takových případech se stanovuje minimální perimetr o poloměru 50 m.

Poloměry jednotlivých typových scénářů jsou znázorněny na obrázku 11. Fialová barva patří scénáři P-FIRE a vyznačuje perimetr o poloměru 50 m, žlutá barva patří scénáři EXPL a vyznačuje poloměr působení 75 m. Největší plocha zasažení značí barva červená a popisuje scénář BLEVE o poloměru 150 m.



Obrázek 11: Zákres typových scénářů do mapy (vlastní zpracování)

8.1.1 Dílčí závěr

Tato metoda je podporou zákona č.224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, a jako taková je určena ke shromažďování informací veškerých zařízení, která mohou být svým charakterem nebezpečná pro své okolí. Je primárně určena pro stacionární zařízení (sklady, zásobníky) a produktovody. V závislosti na množství a nebezpečnosti látky jsou stanoveny tzv. korekční faktory, jejichž výsledné hodnoty zanesené do příslušného grafu stanovují předběžný parametr působení nebezpečné látky v daném scénáři.

Plusem této metody může být její přístupnost a jednoduchost. Lehce pochopitelná aplikace efektivního množství nebezpečné látky na ose x a její průmět s předem připravenou úsečkou vynese výslednou hodnotu vzdálenosti na ose y. Trochu složitějším se může potom zdát přepočítání v měřítku mapy a zakreslení výsledků do mapových podkladů, které je nutné udělat ručně.

8.2 Výpočet poloměru rozsahu dle předpisu FMV (MNO-CO-51-5)

Hlavním vztahem pro výpočet je:

$$R = 5,4 \cdot N \cdot \sqrt[3]{\frac{m^2}{d^2 v^2 k^2}} \quad (7)$$

Kde: R..... poloměr zkoumané koncentrace [km],

N..... hmotnost látky [t],

d..... expoziční součin [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{min}$],

v..... rychlost proudění větru [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],

k..... korekční faktor vertikální stálosti atmosféry.

Protože byl primárně tento výpočet určen pro určení poloměrů smrtelné a zraňující oblasti toxických látek, může dojít k situaci, že zkoumaná látka nebo směs nemusí zcela zřetelně těmito faktory ovlývat. Expoziční součin pro demonstraci tohoto způsobu zjištění zamořující oblasti bude stanoven dle bezpečnostního listu pro technický benzín a jeho hodnot DNEL. Derived No-Effect Level (DNEL) je odvozená úroveň expozice, nad kterou by neměli být lidé vystavováni. Pro účely výpočtu poloměrů zasažení budou tedy určujícími hodnotami smrtelná koncentrace, která je stanovena na $35\,000 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Druhou uvažovanou hodnotou bude inhalační hodnota pro pracovníky DNEL, tedy $5306 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ a bude popisovat perimetr zraňující koncentrace.

Nejdříve je nutné spočítat teplotně závislý korekční faktor N:

$$N = \sqrt[3]{\left(\frac{t - t_v}{t - t_v + \frac{L_v}{c_p}}\right)^2} \quad (8)$$

kde: t..... teplota v místě výronu [$^{\circ}\text{C}$],

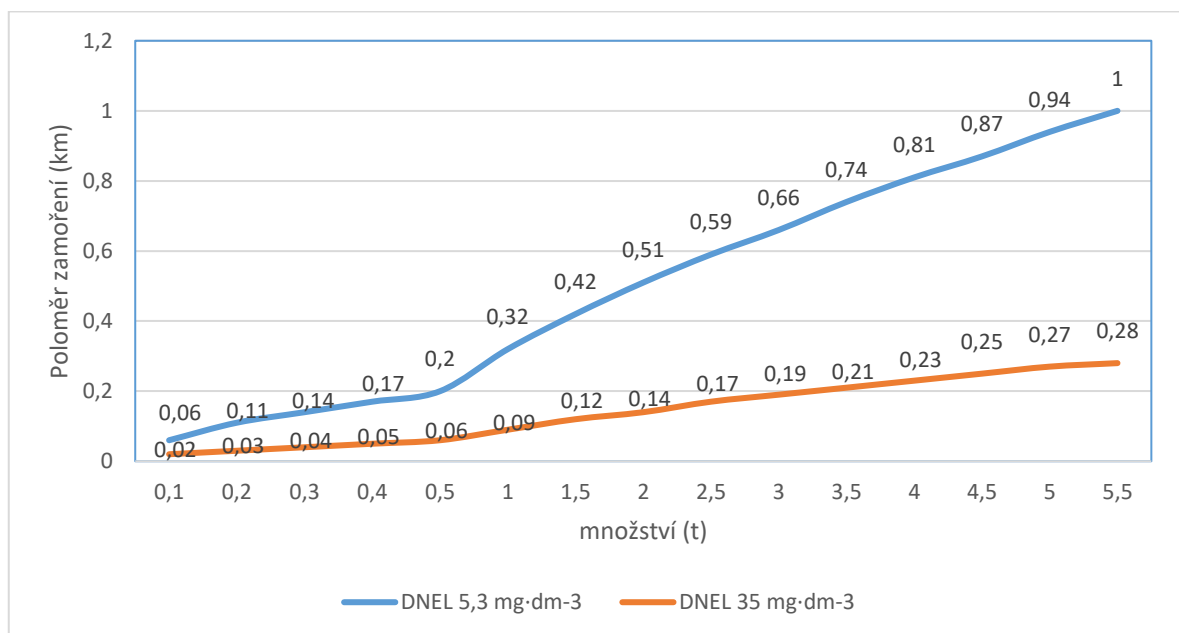
t_v teplota varu látky [$^{\circ}\text{C}$],

L_v měrné výparné teplo [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$],

c_p měrné teplo v plynné fázi [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$].

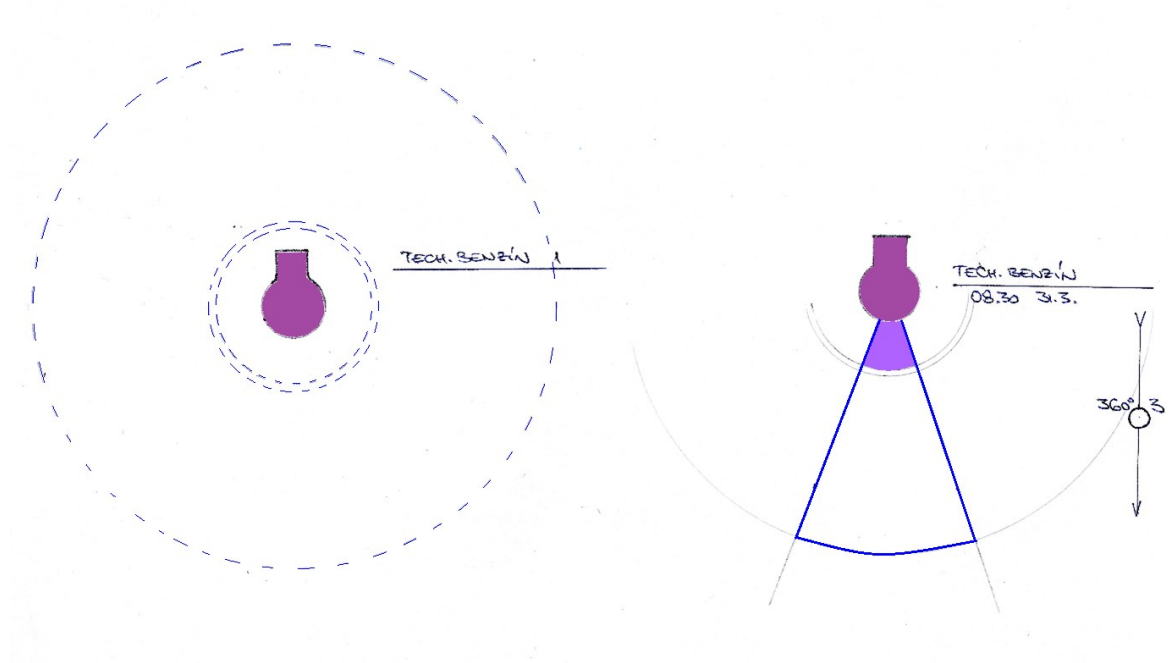
Měrné výparné teplo technického benzínu L_v je $330-400 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, měrná tepelná kapacita při teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$ je $1,65 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Dále je potřeba do vzorce dosadit hodnotu teploty varu technického benzínu $80-110 \text{ }^\circ\text{C}$. Teplota t v místě výronu je $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Z hodnot, které nejsou jednoznačně určeny, je dosazována jejich střední hodnota. Výsledná hodnota korekčního faktoru N je rovna hodnotě $0,73$.

Výsledné hodnoty poloměrů zamoření v závislosti na uniklém množství vyjadřuje následující graf.

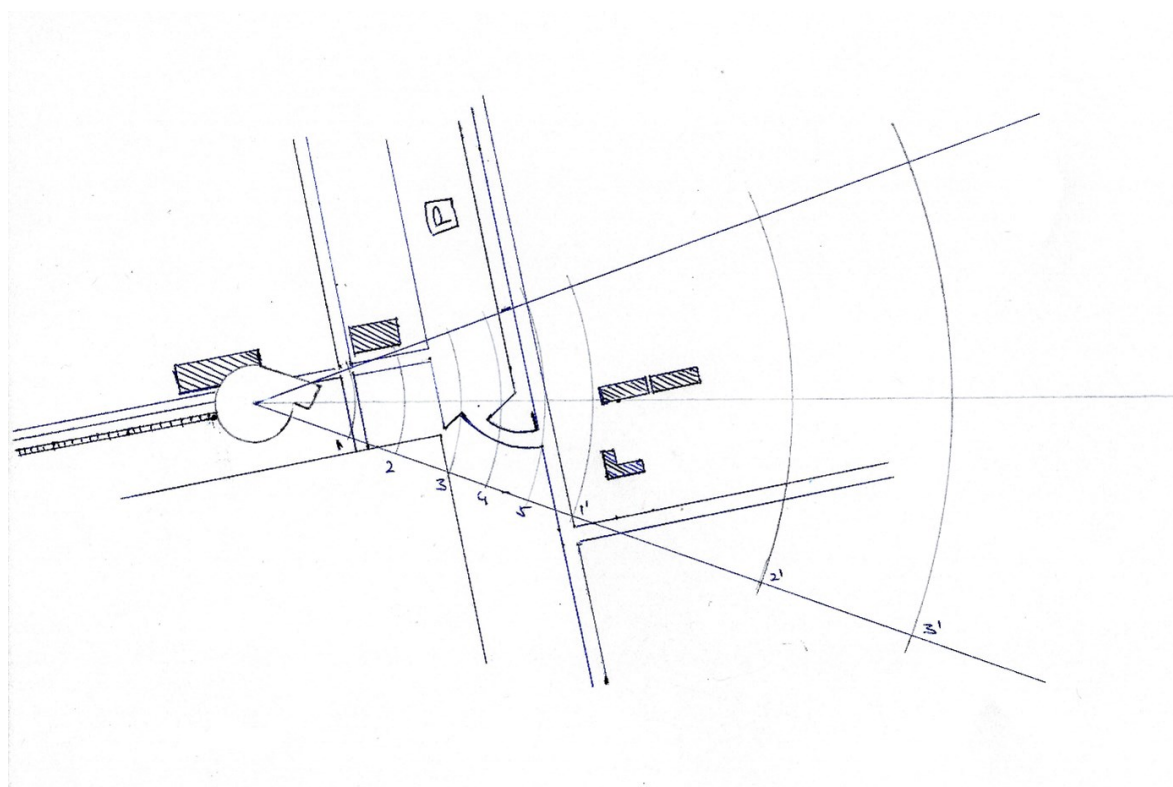


Obrázek 12: Poloměry smrtelné a zraňující koncentrace v závislosti na uniklém množství (vlastní zpracování)

Následující obrázky demonstrují způsoby zaznačení úniku nebezpečné látky. První obrázek znázorňuje celkovou potenciální oblast zamoření, kde průběh není upřesněn směrem větru. Vnitřní dvojitě čárkovaná kružnice značí hranici smrtelného zamoření, vnější kružnice pak určuje hranici zraňující koncentrace. Fialová baňka s kulatým dnem znázorňuje ostatní nebezpečné látky, které nejsou v předpisu CO-51-5 uvedeny. U druhého obrázku je zakreslena větrná růžice s úhlovým vyjádřením směru větru, číslem určujícím stabilitu atmosféry (3 – izotermie) a datum a čas úniku. Třetím obrázkem je situační zakreslení dle vypočtených poloměrů a znázornění zasažených objektů v oblasti působení. Každá kruhová výseč je označena číslem, které znázorňuje množství uniklé látky. Varianta s apostrofem navíc znázorňuje oblast se zraňujícím zamořením.



Obrázek 13: Způsob zaznačení koncentrací (vlastní zpracování)



Obrázek 14: Výsledné zakreslení do situační mapy (vlastní zpracování)

8.2.1 Dílčí závěr

Metoda vznikla v 80. letech pro potřeby modelování úniků nebezpečných látek, které se v té době vyskytovaly na území ČSSR. Metoda je výborným pomocníkem při řešení úniků látek, na které byla původně sestrojena (chlor, amoniak, formaldehyd atd.). Při potřebě zjišťování zamořujících oblastí při úniku jiných látek, než které jsou uvedeny v příručce, však může nastat problém. Pokaždé nemusí být zaručen přístup k informacím pro dosazení potřebných veličin do rovnic.

Z dnešního pohledu se zdá být až k neuvěření, že tato instrukce už v roce 1981 obsahovala postupy pro vypracování havarijních plánů, postupy havarijních prací a způsob vyrozumění a spojení. Hlavní funkcí metody je tedy zobrazení koncentrací, které mohou mít neblahý vliv na zdraví jedince. Drobným problémem se může, stejně jako u metody 226/2015, jevit nutnost přepočítávání měřítka při zakreslování do mapového podkladu.

8.3 ALOHA

Area Locations of Hazardous Atmosphere je software pro zjišťování možných následků úniků nebezpečných látek. Zkoumanou látku pro modelování je možné vybrat z přednastavené databáze nebo „jednoduše“ na základě dostupných informací z bezpečnostních listů svépomocí jakoukoli látku do databáze uložit. Další možností je propojení programu ALOHA s databází Cameo Chemicals, která nabízí přehled bezpečnostních listů nebezpečných látek.

Výstupem je jednoduchý graf s vyznačenými smrtelnými a zraňujícími koncentracemi. Výstup lze aplikovat do GIS systémů pomocí přímého zadání koordinátů a uložení výsledku ve formátu *.kml.

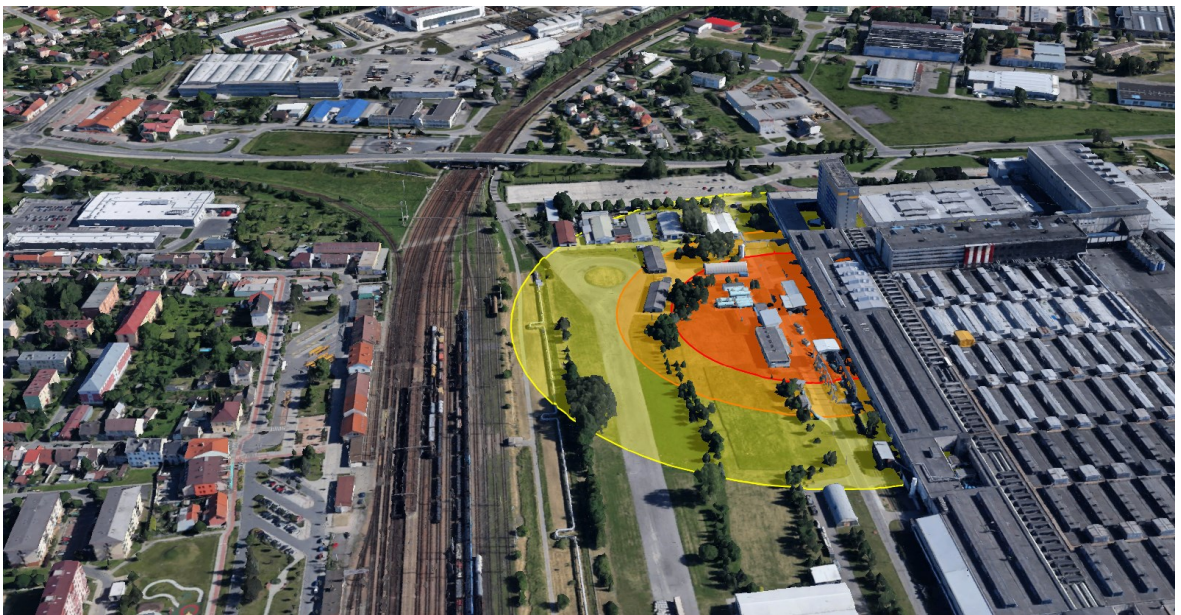
Keyhole Markup Language je založen na XML formátu a dokáže aplikovat informace do webových mapových prohlížečů (viz. obr.)

V programu se nejdříve vybere nebezpečná látka, kterou je potřeba zkoumat. Dále informace o atmosféře, rychlosti a směru větru, vlhkost, teplota, druh zemského povrchu a druh zástavby. V posledním kroku lze vybírat ze 4 druhů zdrojů úniku - přímý zdroj, louže, zásobník a potrubí.

Program ve svém výstupu poskytuje informace o rychlosti vypařování a úniku, celkové množství uniklé látky v čase, rozsahy jednotlivých zón na základě zadaných koncentrací a rozsah zón působení tepelného toku.



Obrázek 15: Zanesení modelu PUFF do mapy (Aloha, 2016)



Obrázek 16: Zanesení modelu BLEVE do mapy (Aloha, 2016)

8.3.1 Dílčí závěr

Aloha je program, který vznikl pod záštitou americké Agentury pro ochranu životního prostředí EPA a Národního úřadu pro oceán a atmosféru NOAA. Při předpokladu, že uživatel alespoň trochu ovládá anglický jazyk, je velice přívětivý. Lze modelovat úniky látek jak přímo v programové databázi obsažených, tak i ručně zadávaných parametrů. Čím více parametrů a vlastností nebezpečné látky je zadáno, tím více scénářů a informací je možno zobrazovat.

Velkým plusem je fakt, že při zadání souřadnic lze výpočty zobrazit přímo v mapovém podkladu bez nutnosti cokoli dále upravovat. Jedinou podmínkou je podpora formátu kml v mapovém softwaru. Na takto zobrazenou simulaci lze dle funkcí mapy nahlížet ze všech možných stran a úhlů. Tato funkce může uživateli poskytnout komplexnější přehled o možné situaci a vyobrazit varianty, které by z přímého horního pohledu nemusely být na první pohled zřejmé.

8.4 Výpočet IAEA TECDOC - 727

Tento výpočet vychází ze stanovených postupů příručky IAEA TECDOC – 727 a poskytuje odhady pravděpodobností a následků pro množství nebezpečné látky. Na základě dílčích zjištění bude sestavena matice rizik.

8.4.1 Odhad následků havárie na obyvatelstvo

$$C_{a,s} = A \cdot d \cdot f_A \cdot f_m \quad (9)$$

Kde: $C_{a,s}$ počet smrtelných zranění na událost,

A zasažená plocha [ha],

d hustota populace v oblasti,

f_A korekční faktor na distribuci lidí v zasažené oblasti,

f_m korekční faktor, který zahrnuje zmírnění následků.

Postup dosazování hodnot a výsledného výpočtu bude následující:

Obecně pro benziny jsou dle Přílohy č. I v příručce TECDOC stanovena referenční čísla v rozmezí 4-6. Toto referenční číslo je upřesněno v tabulce IV - Klasifikace látek dle účinku, přílohy č.I příručky TECDOC. Hodnota referenčního čísla tedy bude 6.

Tabulka č.IV (a) Seznam typových havárií - Klasifikace látek podle kategorie účinku:

Refer. číslo havárie	Typ chemické substance	Popis látkových vlastností substance	Činnost
1 2 ^a 3 4 5 ^a 6	hořlavá kapalina	tenze páry <0.3 bar při 20°C tenze páry ≥0.3 bar při 20°C	skladování v zásobníku (s jímkou) potrubí ostatní skladování v zásobníku (s jímkou) potrubí ostatní
7 8 ^a 9	hořlavý plyn	zkapalněný tlakem	železnice, silnice, nadzemní nádrž potrubí ostatní

Obrázek 17: Stanovení referenčního čísla (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Tabulka č. IV, přílohy č.I příručky TECDOC, dále podle zjištěného referenčního čísla a množství přítomné látky udává symbol B II, který bude dále určovat proměnné pro rovnici a situační zákres.

Tabulka č.IV(a) – pokračování

Refer. číslo	Množství (t)								
	0,2-1	1-5	5-10	10-50	50-200	200-1000	1000-5000	5000-10000	> 10000
1	-	-	-	-	-	AI	BI	BI	CI
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	AI	BI	CI	DII	X	X
4	-	-	-	-	-	BI	CII	CII	DII
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	BII	CII	DII	EII	X	X
7	-	AI	BI	CI	DI	EI	X	X	X

Obrázek 18: Stanovení symbolu pro referenční číslo (IAEA-TECDOC-727, 1996)

V tabulce č. V, přílohy č. I příručky TECDOC, což je tabulka maximálního dosahu a velikosti zasažené plochy vyčteme, že účinky uvažované látky budou v rozmezí 25-50 m a zasažená plocha bude velikosti 0,4 ha.

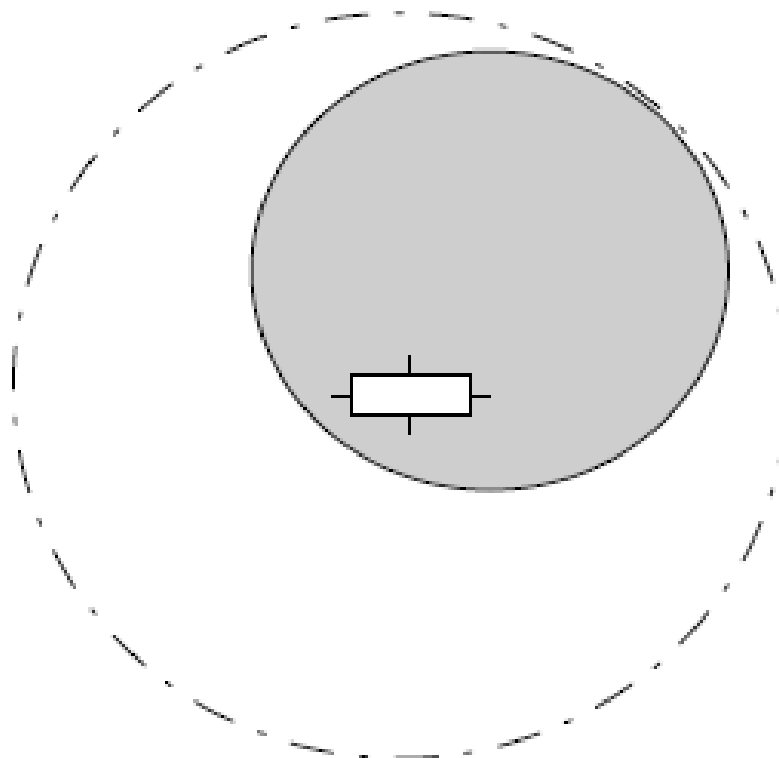
Tabulka č.V - Kategorie následků: maximální dosah a velikost zasažené plochy

Kategorie účinků na vzdálenost (m)	Velikost zasažené plochy (ha)			
	I	II	III	
A	0-25	0,2	0,1	0,02
B	25-50	0,8	0,4	0,1
C	50-100	3	1,5	0,3
D	100-200	12	6	1
E	200-500	80	40	8
F	500-1000	-	-	30
G	1000-3000	-	-	300
H	3000-10000	-	-	1000

Obrázek 19: Stanovení velikosti zasažené plochy (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Symbol římské II znamená zobrazení úniku tzv. semikruhového tvaru. Tento tvar je specifický pro oblaky vzniklé odpařováním z velké plochy.

Při odvození z výpočtu plochy kruhu $S = \pi r^2$ by se jednalo o kružnici s poloměrem ca 35 m.



Obrázek 20: Kruhový nesymetrický tvar úniku (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Tabulka č. VI, přílohy č.I příručky TECDOC, udává hustotu zalidnění v dané oblasti.

Tabulka č.VI – hustota obyvatelstva

Charakteristika oblasti	Hustota obyvatel v oblasti d [obyvatel / ha]
Zemědělská oblast	5
Jednotlivá obydlí	10
Vesnice, klidná obytná oblast	20
Obytná čtvrť / zástavba	40
Rušná obytná čtvrť	80
Centrum měst, nákupní centrum, sídliště	150

Obrázek 21: Stanovení charakteristiky oblasti (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Pro určení tohoto parametru bylo použito přibližného počtu osob v závislosti na ploše areálu.

Tedy 4500 osob na 74 ha. Hustota osob v oblasti je výpočtem stanovena na 60 osob/ha.

Korekční faktor f_A , který charakterizuje podíl zasažených objektů s výskytem osob v maximálním dosahu účinku nebezpečné látky, je rozepsán v tabulce č. VII, přílohy č. I

příručky TECDOC. Je určen atributem zasažené oblasti (římská I-III) a procentuálním vyjádřením podílu zalidněné plochy vůči celkové ploše zasažení.

Kategorie zasažené oblasti	Podíl obydlí ze zasažené plochy				
	100%	50%	20%	10%	5%
I	1	0,5	0,2	0,1	0,05
II	1	1	0,4	0,2	0,1
III	1	1	1	1	1

Obrázek 22: Stanovení hodnoty dle procentuálního zasažení (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Posledním nutným údajem dosažitelným do vztahu je zmírňující korekční faktor, který je celkem jednoznačně určen jednotlivými referenčními čísly v tabulce č. VIII, přílohy č. I příručky TECDOC.

Látky podle referenčního čísla	faktor f_m
hořlaviny (1 - 12)	1
hořlaviny (13)	0,1
výbušniny (14,15)	1
toxická kapalina (16-29,43-46)	0,05
toxické plyny (30-34,40-42)	0,1
toxické plyny (35-39)	0,05

Obrázek 23: Stanovení zmírňujícího faktoru (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Výslednou hodnotou pro odhad následků na obyvatelstvo je 9,6 tragických zranění.

8.4.2 Odhad pravděpodobnosti pro fixní zařízení

$$N_{i,s} = N_{i,s}^* + n_l + n_f + n_o + n_p \quad (10)$$

Kde: $N_{i,s}^*$ střední hodnota pravděpodobnostního čísla pro látku a aktivitu,

n_l korekční faktor plnění/stáčení,

n_f korekční faktor pro bezpečnostní systémy,

n_o korekční faktor organizačních opatření a řízení bezpečnosti,

n_p korekční faktor směru větru.

Pro zjištění pravděpodobnostního čísla $N^*_{i,s}$ pro fixní zařízení je nutné z tabulky vybrat druh činnosti na základě uvažované látky. V tomto případě se opět jedná o hořlavou kapalinu, která je dle příručky v rozsahu referenčních čísel 4-6. V případě zjišťování pravděpodobnosti pro proces nabývá pravděpodobnostní číslo $N^*_{i,s}$ hodnoty 6. Proces bude v tomto případě znamenat situaci, kdy je cisternový vůz řádně odstaven a zajištěn, a není tedy ohrožován možnými riziky spojenými s přepravou.

Látka	Referenční číslo	Aktivita / činnost	
		Skladování	Proces
Hořlavá kapalina	(1-3)	8	7
Hořlavá kapalina	(4-6)	7	6
Hořlavý plyn	(7)	6	5
Hořlavý plyn	(9)	7	6
Hořlavý plyn	(10, 11)	6	-
Hořlavý plyn	(13)	4	-
Výbušniny	(14, 15)	7	6
Toxická kapalina	(16-29)	5	4
Toxický plyn	(30-34)	6	5
Toxický plyn	(35-39)	6	-
Toxický plyn	(42)	5	4
Produkty hoření	(43-46)	3	-

Obrázek 24: Stanovení hodnoty dle aktivity (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Ze zjištění frekvence stáčení $4 \times$ ročně určuje další tabulka hodnotu parametru n_l .

Frekvence plnění/stáčení ² (za rok)	Parametr
1-10	+0.5
10-50	0
50-200	-1
200-500	-1.5
500-2000	-2

Obrázek 25: Frekvence stáčení (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Stáčírna železniční vlečky u objektu SO 148 je otevřena do prostranství a není vybavena ani požární stěnou ani sprinklerovým zařízením. Parametr bezpečnostního systému n_f bude tedy roven nule.

Tabulka č. XI. Korekce pravděpodobnostního čísla (n_f) pro hořlaviny

Látka (referenční číslo)	bezpečnostní opatření počet tlakových lahví sprinklerový systém	Parametr
Hořlavý plyn (7, 13)	sprinklerový systém	+0.5
Hořlavý plyn (10)	dvojitý plášť	+1
Hořlavý plyn (13)	požární stěna	+1
	sprinklerový systém	+0.5
	5-50 uskladněných lahví	+1
	50-500 uskladněných lahví	0
	> 500 uskladněných lahví	-1

Obrázek 26: Korekce dle požárního zabezpečení (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Dalším faktorem, potřebným k výpočtu pravděpodobnosti havárie na fixním zařízení, je korekční pravděpodobnostní číslo bezpečnostního řízení n_o . Zahrnuje celkový pohled na přítomnost a zvládání bezpečnostního managementu. Dále uvažuje s údaji o stáří provozu, prováděných údržbách, vypracované dokumentaci a postupech nebo zda existuje z hlediska připravenosti na mimořádnou situaci nějaký výcvik obsluhy a ostatních zaměstnanců nebo je aplikováno havarijní plánování apod. Tento faktor je zadáván na základě subjektivního vyjádření hodnotitele. Mělo by však platit, že čím více zmiňovaných položek v oblasti bezpečnostního managementu je aplikováno, tím vyšší by měla být hodnota tohoto faktoru. Pro účely tohoto výpočtu byla dosazena hodnota +0,5.

nadprůměrné provozní zkušenosti/praxe	+0.5
průměrné provozní zkušenosti/praxe	0
podprůměrné provozní zkušenosti/praxe	-0.5
špatné provozní zkušenosti/praxe	-1
neexistující provozní zkušenosti/praxe	-1.5

Obrázek 27: Korekční faktor na řízení bezpečnosti (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Posledním ovlivňujícím faktorem pro tento výpočet zahrnuje procentuální vyjádření velikosti plochy, kde se nacházejí lidé vůči celkově zasažené ploše. Na základě předchozího zjištění je kategorie zasažené plochy určena jako II s 20 % zasažené plochy s výskytem osob.

kategorie zasažené plochy	Část zasažené plochy v (%) , kde žijí lidé				
	100%	50%	20%	10%	5%
I	0	0	0	0	0
II	0	+0.5	+0.5	+0.5	+0.5
III	0	+0.5	+0.5	+1	+1.5

Obrázek 28: Korekční faktor směru větru vůči osídlené oblasti (IAEA-TECDOC-727, 1996)

$$N_{i,s} = 6 + 0,5 + 0 + 0,5 + 0,5 = 7,5$$

Výsledná hodnota pravděpodobnosti pro havárii na fixním zařízení je 7,5.

8.4.3 Odhad pravděpodobnosti velké havárie při přepravě nebezpečného materiálu

$$N_{t,s} = N_{t,s}^* + n_c + n_{td} + n_p \quad (11)$$

Kde: $N_{t,s}$ střední hodnota pravděpodobnostního čísla pro přepravu substance,
 n_c korekční faktor, který započítává podmínky během přepravy,
 n_{td} korekční faktor hustoty přepravy,
 n_p korekční faktor polohy obydlených oblastí v zasažené oblasti.

Výpočet opět vychází z referenčního čísla. Pro benzíny je to číslo 6. Z tabulky č. XV, přílohy č. I příručky TECDOC, na základě přístupných informací zjistíme, že pro referenční číslo 6 a přepravu po železnici se $N_{t,s}^*$ rovná hodnotě 9,5.

Látka	(referenční číslo)	přeprava			
		silnice	železnice	vodní cesta ^b	potrubí
hořlavá kapalina	(2)				6
hořlavá kapalina	(5)				5
hořlavá kapalina	(6)	8.5	9.5	8 10 ^c	
hořlavý plyn	(7)	9.5	10.5		
hořlavý plyn	(8)				6
hořlavý plyn	(9)			11	
hořlavý plyn	(11)			10	
hořlavý plyn	(12)				6
výbušniny	(14)	9	10	9	
toxická kapalina	(19, 23, 27)	7.5	8.5		
toxická kapalina	(20, 24, 28)			7 9 ^c	
toxický plyn	(31, 32)	9.5	10.5	10	
toxický plyn	(36, 37)			9	6
toxický plyn	(40, 41, 42)				5 ^d

Obrázek 29: Hodnoty pravděpodobnostních čísel pro přepravu (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Tabulka č. XVII, přílohy č. I příručky TECDOC udává hodnoty, které lze dosadit za parametr pro bezpečnostní podmínky přepravy n_c . V uvažovaném případě se jedná o železniční vlečku. Hodnota pro n_c je tedy -1.

běžná železniční trať železniční vlečka ^d seřadovací nádraží	nádraží ve svahu (se svážnou)	-
	provoz s lokomotivami a volně se pohybujícími vagóny	-1
	provoz, kde vagóny jsou spojeny s lokomotivou	-3
	projezdící vagóny ve špatném stavu ^e	-3
	seřadovací nádraží ve špatném stavu ^f	-2
		-1

Obrázek 30: Korekce pravděpodobnostního čísla podle druhu dopravy (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Dalším parametrem pro výpočet je korekce pravděpodobnostního čísla n_{td} . Ten opět získáme z tabulky, tentokrát č. XVIII, přílohy č. I příručky TECDOC.

Počet vozidel přepravovaných za rok	Parametr (n_{td})
10 – 50	- 1.5
50 – 200	- 2
200 – 500	- 2.5
500 – 2000	- 3
2000 – 5000	-3.5
5000 – 20000	-4

Obrázek 31: Četnost přepravy za rok (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Stejně jako u výpočtu smrtelných následků na událost ($C_{a,s}$), tak i tady je zapotřebí zohledňovat poměr zasažené oblasti jako celku a zasažených budov s výskytem osob. Poslední proměnnou určuje tabulka č. XIX, přílohy č. I příručky TECDOC. Tedy v závislosti na kategorii zasažené oblasti, kterou určuje referenční číslo (v tomto případě II) a zasažené plochy s výskytem osob, se určí korekční hodnota. Zde se uvažuje 20 % zasažené osídlené plochy, tudíž hodnota + 0,5.

Kategorie zasažené oblasti	Část zasažené plochy v %, kde žijí lidé				
	100%	50%	20%	10%	5%
I	0	0	0	0	0
II	0	+ 0.5	+ 0.5	+ 0.5	+ 0.5
III	0	+ 0.5	+ 0.5	+ 1	+ 1.5

Obrázek 32: Hodnoty faktorů dle postižené plochy (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Zjištěné hodnoty se dosadí do vzorce a výsledek se dle tabulky č. XX přílohy č. I příručky TECDOC, převede na pravděpodobnost výskytu P.

$$N_{t,s} = 9,5 + (-1) + (-1,5) + 0,5 = 7,5$$

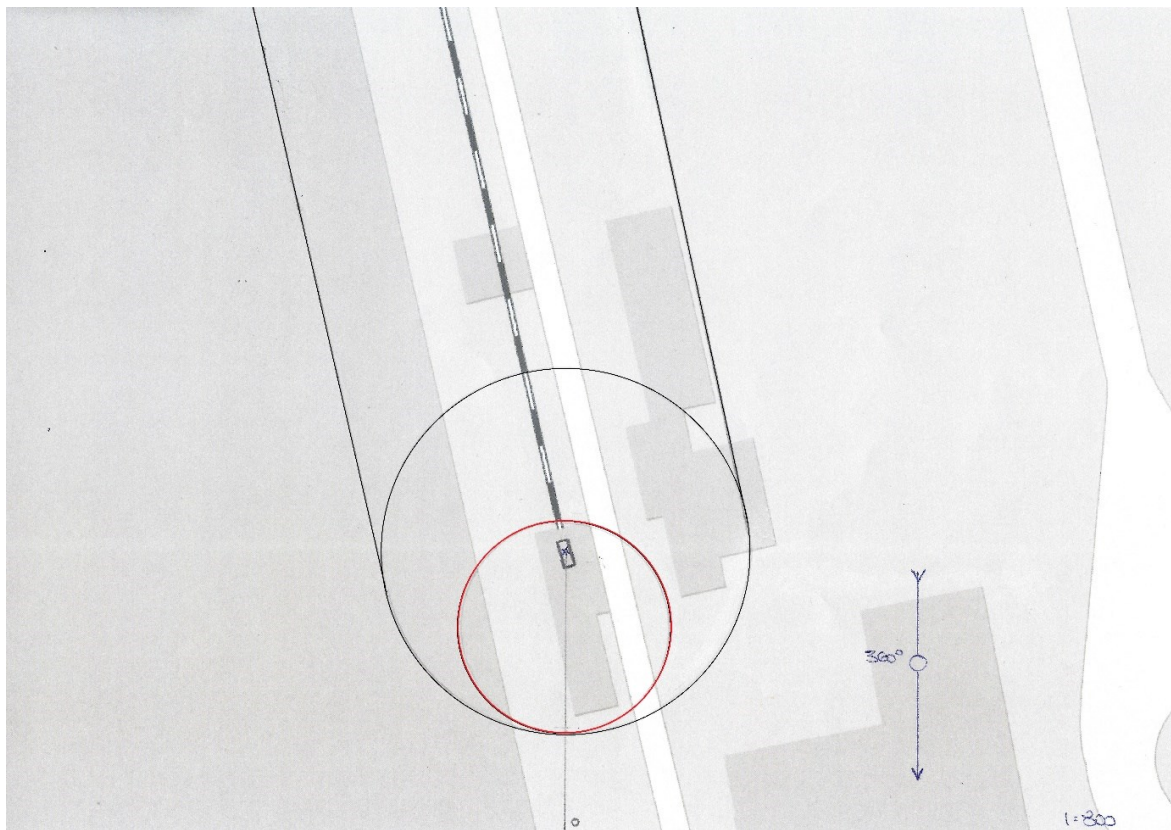
N	P	N	P	N	P
0	$1 \cdot 10^0$	5	$1 \cdot 10^{-5}$	10	$1 \cdot 10^{-10}$
0.5	$3 \cdot 10^{-1}$	5.5	$3 \cdot 10^{-6}$	10.5	$3 \cdot 10^{-11}$
1	$1 \cdot 10^{-1}$	6	$1 \cdot 10^{-6}$	11	$1 \cdot 10^{-11}$
1.5	$3 \cdot 10^{-2}$	6.5	$3 \cdot 10^{-7}$	11.5	$3 \cdot 10^{-12}$
2	$1 \cdot 10^{-2}$	7	$1 \cdot 10^{-7}$	12	$1 \cdot 10^{-12}$
2.5	$3 \cdot 10^{-3}$	7.5	$3 \cdot 10^{-8}$	12.5	$3 \cdot 10^{-13}$
3	$1 \cdot 10^{-3}$	8	$1 \cdot 10^{-8}$	13	$1 \cdot 10^{-13}$
3.5	$3 \cdot 10^{-4}$	8.5	$3 \cdot 10^{-9}$	13.5	$3 \cdot 10^{-14}$
4	$1 \cdot 10^{-4}$	9	$1 \cdot 10^{-9}$	14	$1 \cdot 10^{-14}$
4.5	$3 \cdot 10^{-5}$	9.5	$3 \cdot 10^{-10}$	14.5	$3 \cdot 10^{-15}$

Obrázek 33: Přepočítání pravděpodobnostního čísla N na pravděpodobnost výskytu P (IAEA-TECDOC-727, 1996)

Přepočítání hodnoty N na hodnotu P lze rovněž získat ze vztahu:

$$N = |\log_{10} P| \quad (12)$$

V praxi to znamená, že pro hodnotu $N = 7,5$ je hodnota $P = 3 \cdot 10^{-8}$. Máme tedy zjištěnu hodnotu pro fatální účinky na osoby a pravděpodobnost vzniku mimořádné události a na základě těchto informací můžeme sestavit matici rizik.



Obrázek 34: Zákres rozsahu působení (vlastní zpracování)

8.4.4 Sestavení matice rizik

Na základě zjištěných podkladů lze sestavit matici rizik a určit hranice přijatelnosti. Záleží ale vždy na pohledu hodnotitele, jaké rozsahy ve vztazích pravděpodobnosti a důsledku zvolí.

Tabulka 4: Matice rizik (vlastní zpracování)

	N = 9	N = 8,5	N = 8	N = 7,5
D\P	10^{-9}	$3 \cdot 10^{-9}$	10^{-8}	$3 \cdot 10^{-8}$
0-10	$N_{i,s} +$ pož.stěna + sprinkler	$N_{t,s}$ vozidlo $N_{i,s} +$ pož.stěna	$N_{i,s} +$ sprinkler	$N_{t,s}$ $N_{i,s}$
11-20				
21-30				
31 a více				

Matice rizik (Risk Matrix) je rozdělena do tří zón, přičemž červená zóna je oblastí s nepřijatelnou mírou rizika. Výsledná hodnota v této oblasti by si vyžádala okamžité odstavení přepravního vozidla nebo systému, dokud by nedošlo k nápravě na přijatelnou mez. Znamená to přijetí opatření ke snížení pravděpodobnosti vzniku mimořádné události nebo snížení počtu potenciálně ohrožených obyvatel. Takového snížení se dá dosáhnout snížením přepravovaného množství nebezpečné látky, volbou jiné trasy nebo dopravního prostředku, přepracováním bezpečnostního managementu nebo výstavbou protipožárních zařízení nebo např. přetlakových systémů pro odvod par.

Zelenou zónou je naopak oblast s určitou mírou přijatelnosti. Této zóny by bylo přímo dosaženo změnou dopravního prostředku nebo vybudováním požárních zabezpečovacích systémů.

8.4.5 Dílčí závěr

Výsledné hodnoty pravděpodobnosti vzniku mimořádné události jsou jak u transportu, tak u fixního zařízení totožné. Jednou z možností snížení hodnoty pravděpodobnosti vzniku mimořádné události v rámci přepravy nebezpečné látky se dle příručky jeví například změna dopravního prostředku z železničního na silniční. Toto faktum bude zároveň platit pouze tehdy, když bude dodrženo kritérium bezpečné přepravy. Jedná se o přepravní trasy, které jsou s nízkou nebo žádnou hustotou přepravy. Což podmínky v rámci podnikového areálu do jisté míry umožňují.

Z hlediska snížení pravděpodobnosti u fixních zařízení lze konstatovat, že může být sníženo až o 1,5 bodu na hodnotu $1 \cdot 10^{-9}$. V praxi by to znamenalo vybudování požární stěny kolem stáčekého stanoviště a zároveň vybavení sprinklerovým stabilním hasicím zařízením.

Metoda napomáhá už od roku 1996 ke zjišťování rizik spojených s přepravou a skladováním nebezpečných látek. Stanovuje pravděpodobnosti vzniku závažných havárií a určuje priority, kterými lze tyto pravděpodobnosti snižovat. Není uživatelsky nějak náročná a napomáhá k pochopení možných rizik při únicích nebezpečných látek. Referenční číslo každé látky je stanoveno pouze tabulkově a nepočítá s vlivy počasí a okolního prostředí.

8.5 TerEx

Software Terroristic Expert je prognostickým programem firmy T-Soft, který slouží k vyhodnocování úniků nebezpečných látek a nástražných systémů. Je využitelný velitelem zásahu přímo v místě zásahu nebo také jako východisko pro analýzu rizik v rámci

havarijního plánování. Program je schopen nabídnout uživateli vyhodnocení na základě 4 možných havarijních situací. Hlavní modelové situace programu TerEx:

- TOXI vyhodnocuje oblast působení toxické látky na základě množství a koncentrace.
- UVCE popisuje dosah rázové vlny vyvolané výbuchem směsi se vzduchem.
 - PLUME modeluje dlouhodobý únik plynu nebo vroucí kapaliny
 - PUFF modeluje jednorázový únik plynu nebo vroucí kapaliny.
- FLASH FIRE zakresluje ohrožení v důsledku působení hoření látky.
 - BLEVE modeluje výbuch par vroucí kapaliny.
 - JET FIRE znamená déletrvajícím únikem kapaliny nebo plynu pod vysokým tlakem.
 - POOL FIRE modeluje požár rozlité kapaliny.
- TEROR vyhodnocuje dopady detonace výbušnin.

8.5.1 Model PUFF

Havarijním modelem PUFF je u technického benzínu myšlen pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku. Pro modelování byly zvoleny tyto parametry:

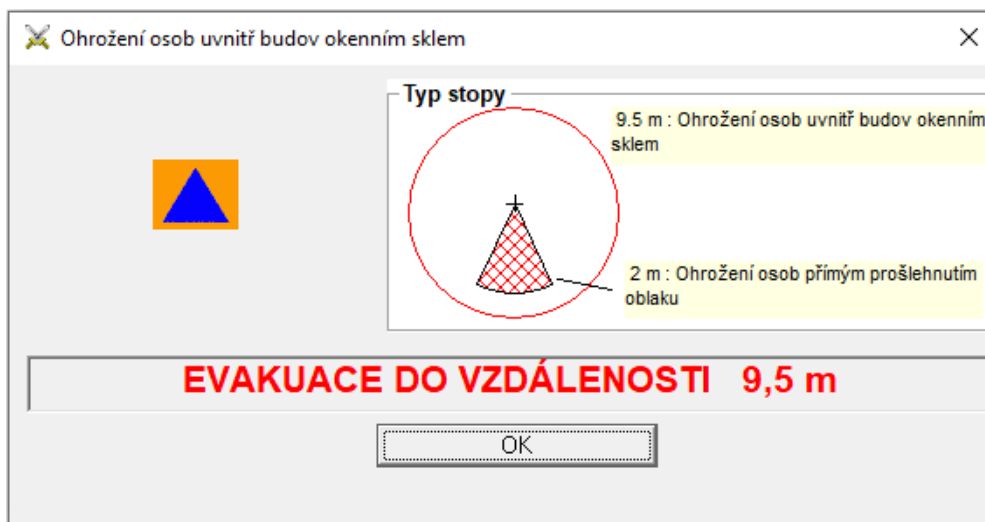
- Látka: Benzín technický.
- Teplota kapaliny v louži: 10 °C.
- Plocha louže kapaliny: 100 m².
- Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2,7 m·s⁻¹.
- Pokrytí oblohy oblaky: 100 %.
- Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer.
- Typ atmosférické stálosti: D – izotermie.
- Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha.

Výstupy programu TerEx:

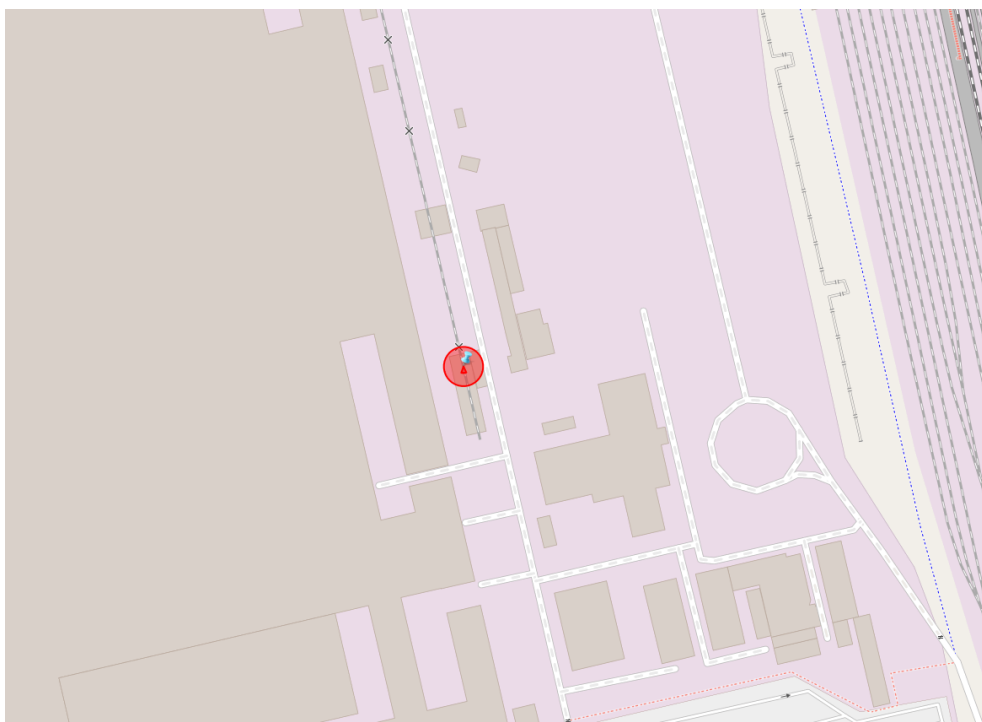
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku: 2 m.
- Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním: 5,5 m.

- Závažné poškození budov: 4,5 m.
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem: 9,5 m.

V této situaci je namodelován jednorázový únik technického benzínu a jeho pomalý odpar do okolí. Při modelování úniku o ploše $S = 100 \text{ m}^2$, by byl průměr louže $r \approx 5,65 \text{ m}$. Rychlost výtoku látky byla stanovena na 20 l za vteřinu při plném otevření průtokového hrdla, což by při průměrné výšce louže 0,5 mm znamenalo únik 500 l kapaliny po dobu 25 vteřin.



Obrázek 35: Výsledek zadaných parametrů – PUFF (TerEx, 2016)



Obrázek 36: Zákres PUFF do mapového podkladu (TerEx, 2016)

Výsledek udává perimetr ohrožení osob do vzdálenosti 9,5 m. Nevychází však z toxikologické vlastnosti technického benzínu, nýbrž udává možnost ohrožení osob prošlehnutím výparů a poranění okenním sklem.

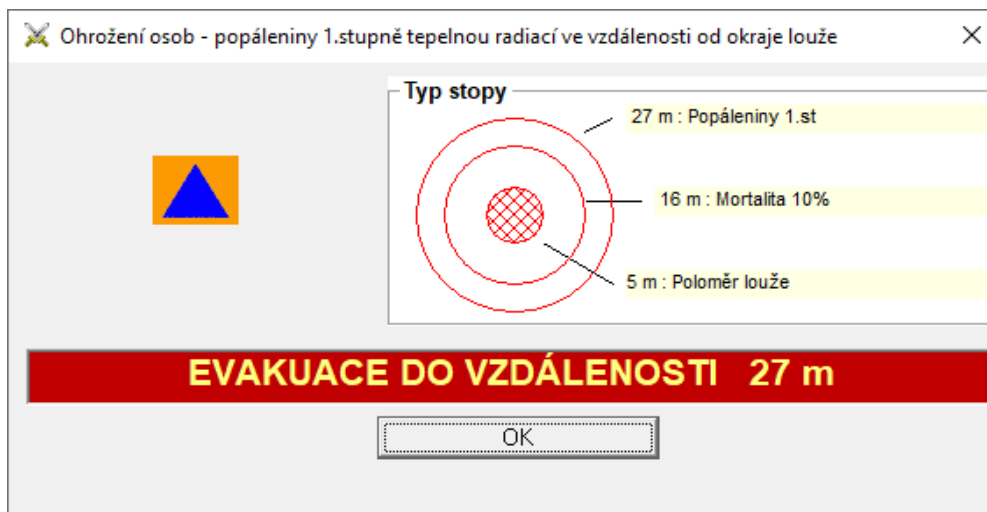
8.5.2 Model FLASH FIRE – POOL FIRE

Havarijní model POOL FIRE u technického benzínu znamená hoření louže kapaliny nebo vroucí kapaliny. Pro modelování byly zvoleny tyto parametry:

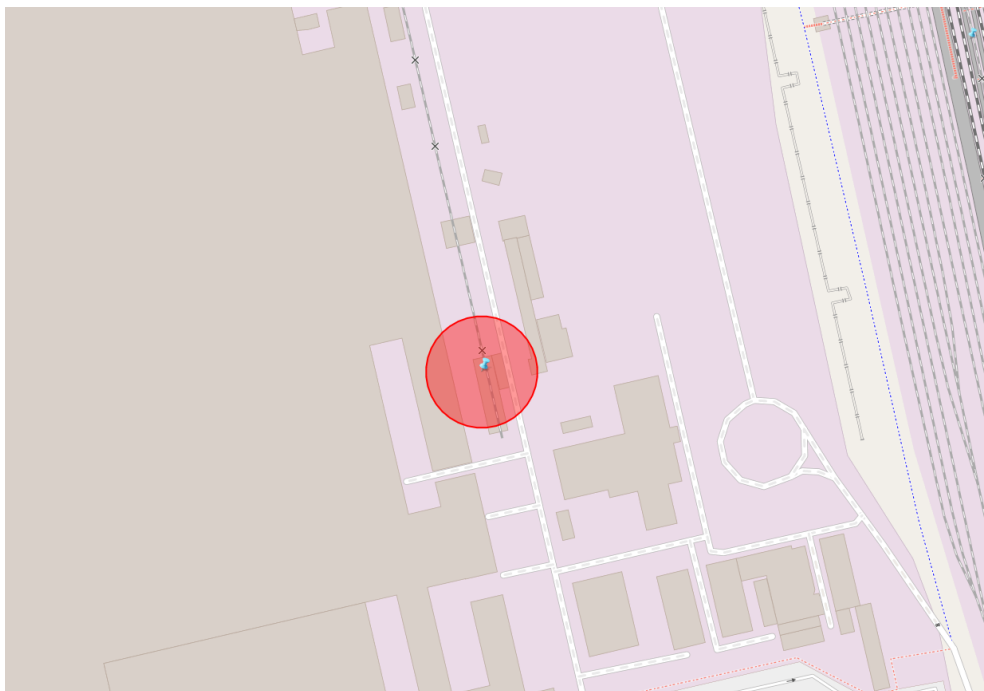
- Látka: Benzín technický.
- Poloměr louže: 5 m.

Výstupy programu TerEx:

- Popáleniny 1. stupně: 27 m.
- 10% mortalita: 16 m.
- 50% mortalita: 14 m.
- Zápal suchého dřeva: 8 m.
- Narušení pevnosti oceli: 5 m.



Obrázek 37: Výsledek zadaných parametrů - POOL FIRE (TerEx, 2016)



Obrázek 38: Zákres POOL FIRE do mapového podkladu (TerEx, 2016)

Výsledkem pro model Pool Fire na louži o poloměru 5 m je 10% úmrtnost v okruhu 16 m od středu louže. Do 27 m by hrozily osobám popáleniny 1. stupně.

8.5.3 Model FLASH FIRE – BLEVE

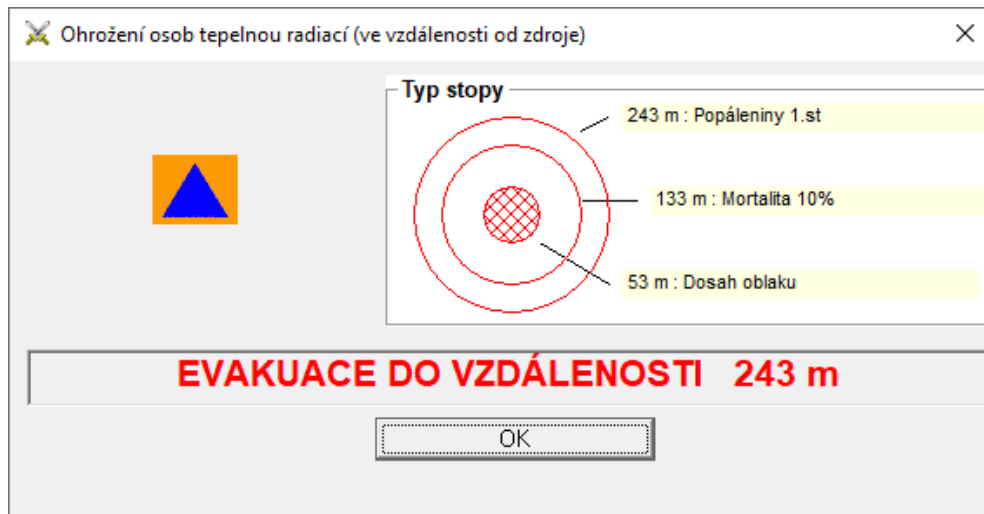
Havarijní model BLEVE je simulace ohrožení nádrže plošným požárem. Pro modelování byly zvoleny tyto parametry:

- Látka: Benzín technický.
- Obsah zásobníku: 43 800 kg.
- Využití zásobníku: 13 %, 5548 kg.

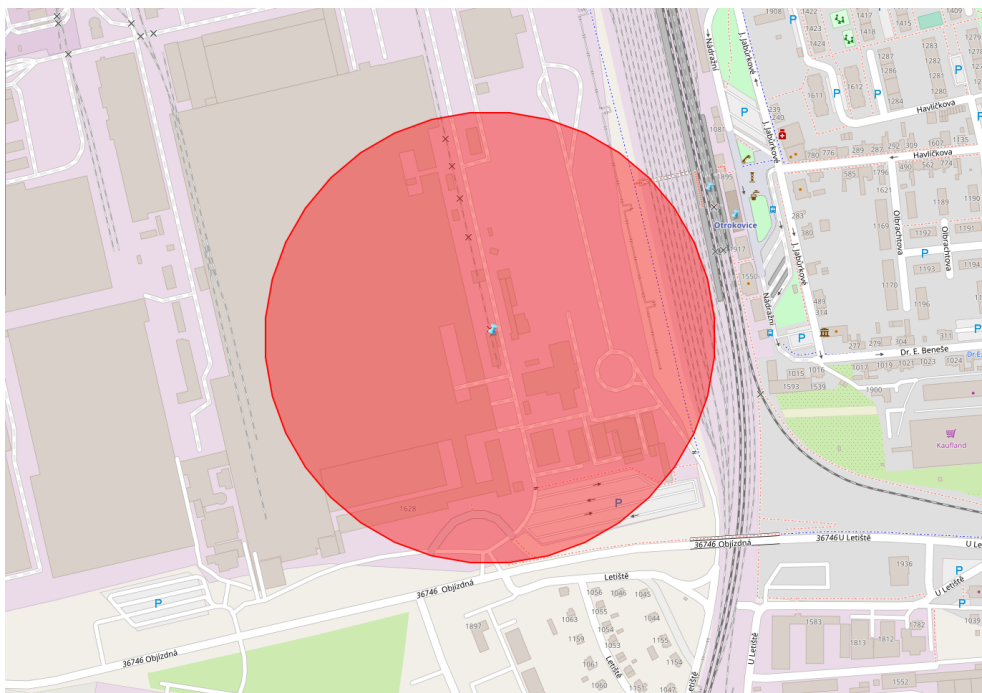
Výstupy programu TerEx:

- Dosah oblaku: 53 m.
- Trvání oblaku: 7,73 s.
- Popáleniny 1.stupně: 243 m.
- 10% mortalita: 133 m.
- 50% mortalita: 103 m.
- Zápal suchého dřeva: 53 m.

- Narušení pevnosti oceli: 53 m.



Obrázek 39: Výsledek zadaných parametrů - BLEVE (TerEx, 2016)



Obrázek 40: Zákres BLEVE do mapového podkladu (TerEx, 2016)

Výsledkem modelu BLEVE je rozsah oblaku 53 m. V tomto okruhu hrozí zápal suchého dřeva a narušení ocelových konstrukcí. 10% úmrtnost je stanovena okruhu 133 m od stáčiště cisteren. Do 243 m by hrozily osobám popáleniny 1. stupně.

Vyznačený perimetr o poloměru 243 m znamená plochu o rozloze 18,5 ha. Při použití informace hustoty osídlení z postupu IAEA TEC-DOC, je předpokládán výskyt mezi 500 – 1100 osobami.

8.5.4 Dílčí závěr

Teroristický expert je narozdíl od programu Aloha zpoplatněný. Poskytuje české, slovenské a anglické jazykové rozhraní. Databáze je velmi rozsáhlá, leč ve zkoušené verzi nelze přidávat nové látky či stávajícím nějak upravovat jejich vlastnosti. O vybrané látce je možno si v záložkovém systému dialogového okna prohlédnout veškeré dostupné informace o látce, jako základní parametry, přístupné havarijní modely, fyzikální vlastnosti. Popisuje také jakým způsobem poskytovat první pomoc nebo jaké hasební prostředky lze na danou látku použít. Je zde uvedeno i značení pro přepravu (UN, Kemler, Hazchem), na druhou stranu se ve verzi 3.1.1 vyskytují staré piktogramy tříd nebezpečnosti. Na rozdíl od programu Aloha dokáže zakreslovat do mapy i vzdálenosti menší než 10 metrů.

Program TerEx se stal východiskem pro tuto práci a na základě zjištěných skutečností byla sestavena tematická cvičení pro Hasičský záchranný sbor podniku, v jehož působnosti se daná látka vyskytuje.

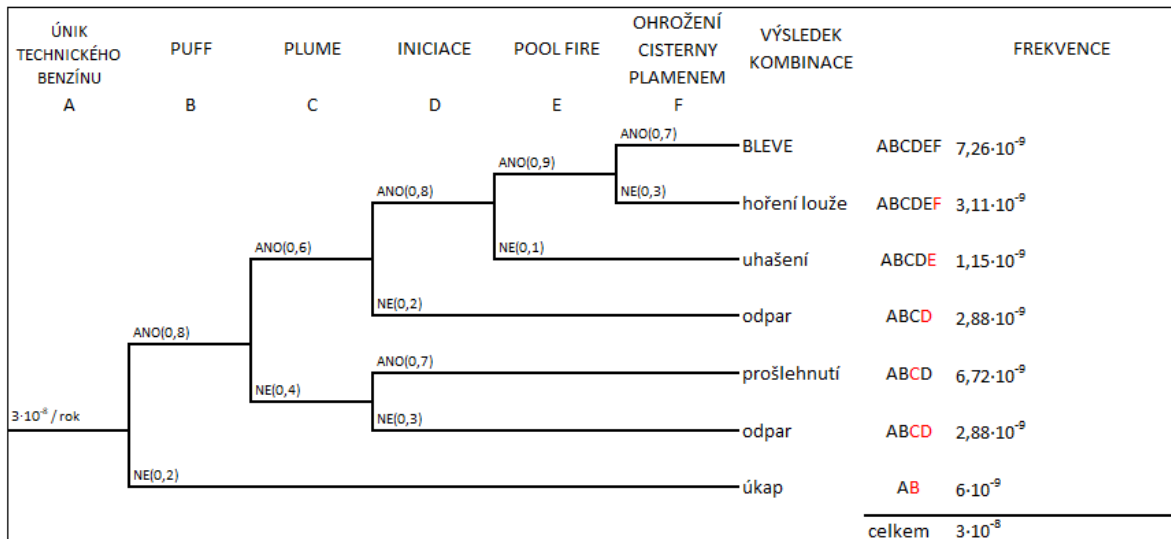
8.6 ETA, FTA

Kapitola popisuje využití podkladů z metody IAEA TECDOC – 727 a softwaru TerEx, ke sestavení diagramů ETA a FTA.

Z dosud získaných informací lze sestavit grafické metody ETA a FTA. Ze zjištění četnosti havárie na zařízení stanovené metodou IAEA TECDOC – 727 lze stanovit základ stromu událostí (ETA). Jeho jednotlivými stupni budou postupné scénáře v posloupnosti takové důležitosti, jak ji nastínil program TerEx. Je tedy stanoveno, že k úniku technického benzínu může dojít s pravděpodobností $3 \cdot 10^{-8}$ za rok.

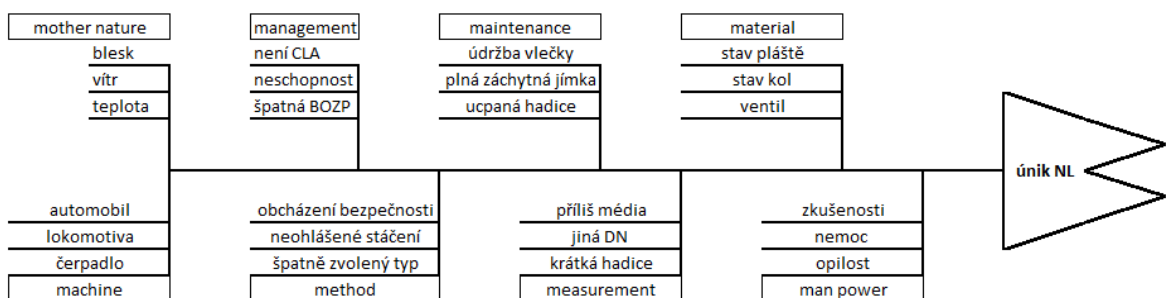
Prvním rozvětvením stromu událostí bude scénář PUFF, kde je uvažován jednorázový (vteřinový) únik média. Pokud tedy k jednorázovému úniku dojde, je v dalším kroku uvažováno, zda tento svou dobou trvání nepřechází do déle trvajícího úniku (řádově minuty). Protože se jedná o hořlavou kapalinu je v dalším větvení řešena otázka iniciace. Pokud by došlo k iniciaci a proces už by byl ve stádiu takovém, že by rozlitá kapalina tvořila louži, mohlo by při ohrožení zásobníku plameny docházet až ke scénáři BLEVE (výbuch par vroucí kapaliny). V každém rameni stromu je určena procentuální pravděpodobnost, zda daný jev vznikne či nikoliv. Výsledná pravděpodobnost vzniku každého jevu, je určena postupným vynásobením hodnot na každém větvení s hodnotou celkové pravděpodobnosti úniku technického benzínu. Nejpravděpodobnějšími scénáři se jeví možnost BLEVE

($7,26 \cdot 10^{-9}$), tedy událost s největšími potenciálními následky a možnost iniciace v modelu jednorázového úniku PUFF ($6,72 \cdot 10^{-9}$), kde by došlo k prošlehnutí odpařované kapaliny. Nejméně pravděpodobným se naopak zdá uhašení hořící louže POOL FIRE ($1,15 \cdot 10^{-9}$).



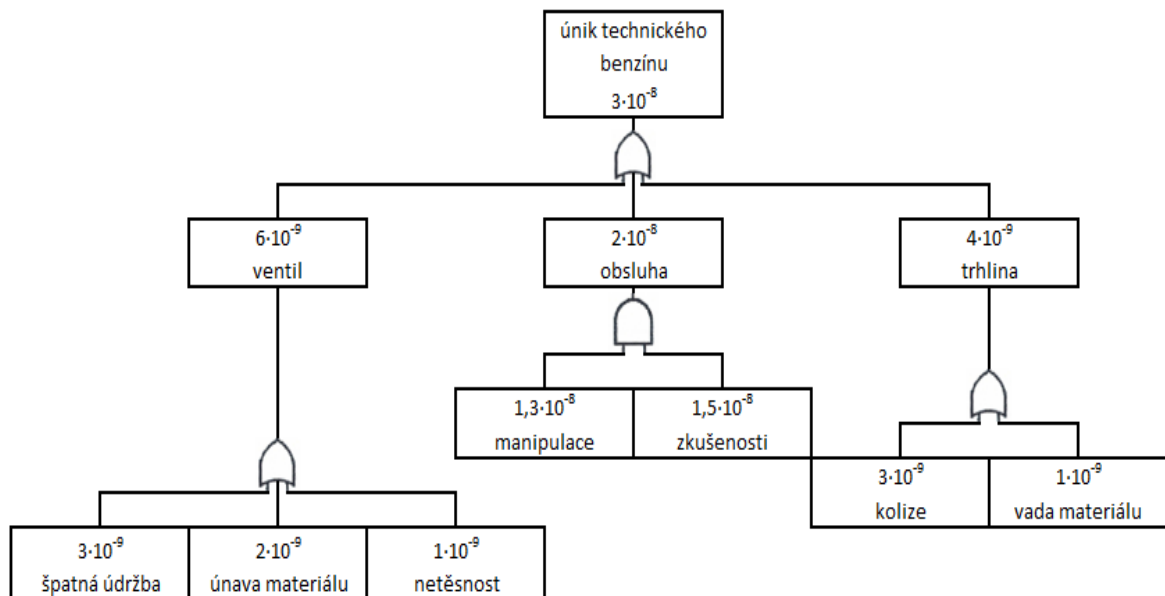
Obrázek 41. Příklad metody ETA (vlastní zpracování)

Tak jako větvím jsou protipólem kořeny, tak i ETA má svůj protipól v metodě FTA. Jde o podobnou grafickou metodu, která ale naopak od stanovení výsledků stanovuje příčiny. Tyto jednotlivé příčiny se postupně spojují do vrcholového bodu, kterým je v tomto případě uvažovaný únik technického benzínu. Podkladem pro příčiny úniku nebezpečné látky může být jednoduchá metoda Ishikawova diagramu.



Obrázek 42: Zjednodušené vyobrazení Ishikawa (vlastní zpracování)

Zjednodušený diagram rybí kosti, jak se také diagramu Ishikawa říká, slouží jako podklad pro sestavení větví stromu poruch, které mohou vyústit ve vrcholovou událost. Výhodou je známost hodnoty vrcholového pravděpodobnostního čísla, díky kterému lze lépe rozdělovat hodnoty jednotlivých uzlů a hodnoty příčin. Příčiny v grafu byly vybrány z Ishikawova diagramu metodou Fullerových trojúhelníků. V této metodě posuzovatel postupně porovnává dvojice kritérií mezi sebou a z každé takové dvojice vybere vždy to důležitější kritérium. Takto dokáže každému členu stanovit jeho váhu.



Obrázek 43: Příklad metody FTA (vlastní zpracování)

8.6.1 Dílčí závěr

Počáteční událost grafu ETA vychází ze stanovení pravděpodobnosti úniku technického benzínu metodou TECDOC. Pravděpodobnost úniku technického benzínu ve zkoumaném prostředí je tedy $3 \cdot 10^{-8}$ za rok. Z tohoto základu vychází i metoda ETA, kde v každém stupni jsou stanoveny scénáře dle důležitosti, až po nejhorší možnou událost, kterou je ohrožení nádrže probíhajícím požárem a celkové vzplanutí cisterny. Nejpravděpodobnější možností byl stanoven právě scénář BLEVE, s vypočtenou pravděpodobností $7,26 \cdot 10^{-9}$ událostí za rok, který je dle zjištění v programu TerEx nejvýraznějším, co se projevů na okolní budovy a osoby týče. Naopak nejméně pravděpodobnou se vyjevila možnost uhašení hořící louže, ke které může dojít s pravděpodobností $1,15 \cdot 10^{-9}$ za rok. Oba protipóly grafu ETA však poukazují na jednu skutečnost, a sice, že je velice žádoucí považovat o možnosti přítomnosti jednotek požární ochrany, které v tomto případě zaštiťuje HZS podniku. Přítomností jednotky by sice nedošlo ke snížení pravděpodobnosti vzniku mimořádné události, ale její přítomností by byla zajištěna okamžitá možná reakce, ať už z pohledu poskytnutí první předlékařské pomoci, tak i z pohledu požárního zásahu v rané fázi rozvoje požáru.

Opačnou stranou metody ETA je FTA. Tato metoda rovněž využívá údaj o pravděpodobnosti úniku technického benzínu, tento údaj je ale v tomto případě znázorněn ve vrcholu diagramu. Svým pojetím se FTA snaží sestavovat možné příčiny, které by mohly napomoci nebo i samostatně zavinit únik nebezpečné látky. Výchozí body byly sestaveny

metodou Ishikawa a následně vybrány ty nejpravděpodobnější pomocí jednoduchého párového srovnávání pomocí Fullerových trojúhelníků. Nelze samozřejmě opomenout ani fakt, který byl zmíněn v podkapitole 3.4 Rizika přepravy nebezpečných věcí. Literatura z této oblasti uvádí až 85% pravděpodobnost, že bude havárie způsobena lidským faktorem. Z tohoto důvodu byla zvolena pravděpodobnost pro zavinění nehody obsluhou na hodnotu $2 \cdot 10^{-8}$, přičemž by muselo dojít ke vzájemnému působení faktoru manipulace a faktoru zkušenosti. Dalším významným faktorem bylo zvoleno poškození cisterny - trhlina. Se svojí pravděpodobností $4 \cdot 10^{-9}$ uvažuje jako nejvíce možnou variantu vadu materiálu nebo kolizi. Posledním významným faktorem je možnost poškozeného ventilu (pravděpodobnost $6 \cdot 10^{-9}$), přičemž nejvýznamnějšími jevy byly vyhodnoceny špatná údržba, únava materiálu a netěsnost ventilu. Možnost poškození cisterny nebo poškození ventilu je spíše otázkou pro dopravce nebo provozovatele cisternového vozu, tudíž je nutné se soustředit na možnost pochybení lidského faktoru. Z tohoto důvodu bude sestaven jednoduchý Checklist, který bude jakýmsi vodítkem postupných kroků pro obsluhu, a který by zároveň mohl implementovat i zajišťování sil a prostředků HZS podniku pro podporu při stáčení.

Metody FTA a ETA jsou svým provedením a jednoduchostí velice nápomocné pro zpracování přehledu možných příčin a důsledků, které jsou s únikem spojeny. Metodu ETA je nutné sestavovat ve správném chronologickém pořadí, protože by jinak nemusela dávat smysl a zkreslovat tak výsledky. U metody FTA je zase nutnost použít jednotlivé typy hradel tak, aby mohly i nezávislé osobě poskytnout okamžitý přehled nad příčinami. Metody jsou založeny na brainstormingu, tudíž je lepší účast většího počtu posuzujících osob. Při sestavování těchto diagramů je také doporučováno nahlížet ze širšího spektra, kde mohou být podkryty i možnosti, které nemusejí být na první pohled patrné.

9 HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR PODNIKU

Tato kapitola popisuje statistiky výjezdů na ropné havárie, obecné seznámení s plánem cvičení a aplikaci zjištěných informací do scénářů tematických cvičení HZS podniku.

9.1 Statistiky výjezdů

Tato podkapitola se věnuje statistikám výjezdů HZSp XY za období 2016-2020 (2021) a četnosti výjezdů týkajících se zásahu na přítomnost nebezpečné nebo neznámé látky. Takovéto ohlášení probíhá nejčastěji přes systém elektrické požární signalizace (EPS). Z hlediska zkoumané problematiky jsou to ale hlavně výjezdy na ohlášení na tísňovou linku dohledového centra HZS podniku nebo na ohlašovně požáru u velitelů směn.

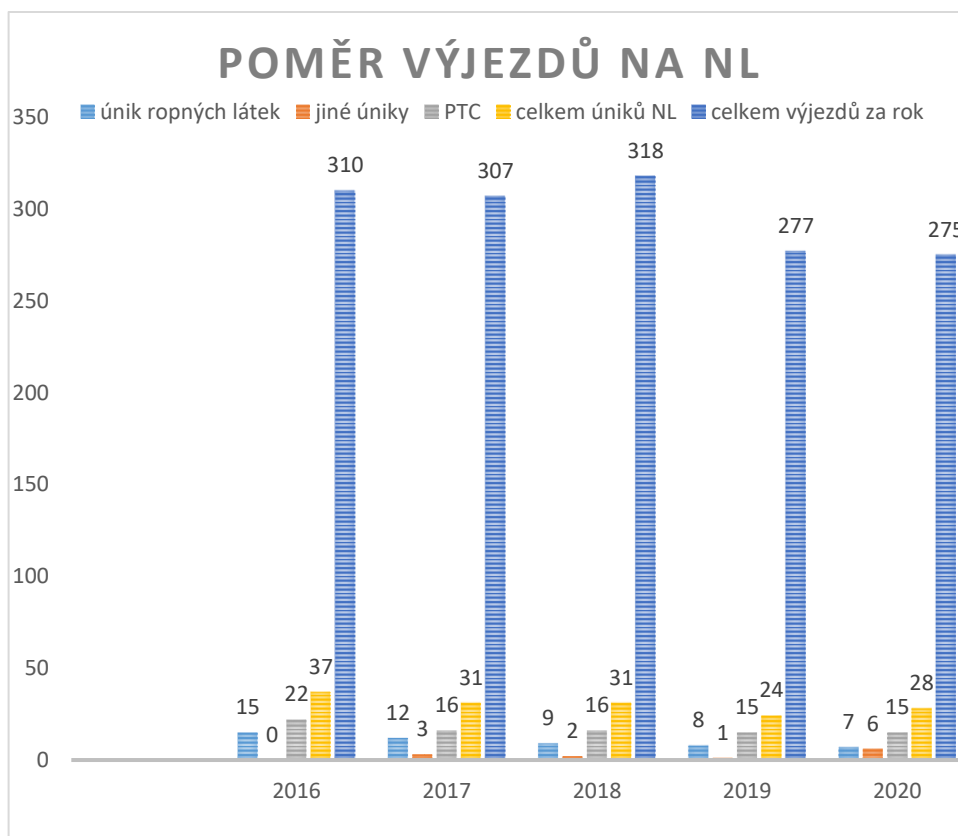
V roce 2016 zaznamenala jednotka požární ochrany (JPO) celkově 310 výjezdů k nahlášené mimořádné události. 37 z toho se týkalo ohlášení nežádoucího úniku/úkapu nebezpečných látek. V 15 případech přišlo přímo na likvidaci úniku ropných látek a ve 22 případech se jednalo o tzv. prověřovací taktické cvičení, kterým velitel čtyř nebo velitel jednotky prověřuje akceschopnost zasahujících hasičů. Průměrně se tak jednalo o zhruba 3 zásahy na únik NL za měsíc.

V roce 2017 se počet výjezdů vyšplhal na číslo 307, 31 z toho se týkalo úniků nebezpečných látek a 12 přímo látek ropných. Prověřovacích taktických cvičení v tomto roce bylo 16. V tomto roce se ale objevují i jiné úniky než ropných látek, a to úniky kyseliny z akumulátorového prostoru vysokozdvizných vozíků, celkem v počtu 3 zásahů. Průměr pro tento rok spadl na 2,58 výjezdů na NL za měsíc.

Rok 2018 přináší zase nárůst v počtu výjezdů a zastavuje se na čísle 318. Celkem 31 zásahů na úniky je rozděleno následovně. Prověřovací taktická cvičení 16, úniky ropných látek 9 a jiné úniky 2. V rámci kategorie jiných úniků se jednalo o únik speciální postřikové hmoty na pláště a v jednom případě nález neznámé látky v nádobě. Měsíční průměrná hodnota se udržela na 2,58.

V roce 2019 došlo k celkovému poklesu výjezdů na finální hodnotu 277. Dochází také k poklesu průměrné hodnoty na rovné 2 výjezdy měsíčně při celkové hodnotě 24 výjezdů ročně. Požární taktické cvičení se drží na 15, ropných zásahů je 8. S otevřením nové technologie se začíná objevovat nový fenomén, a to únik dusíku, jakožto ochranné atmosféry pro tiskárnu lamel z hliníkového prášku. Tento rok k tomuto „novému“ druhu úniku došlo jednou.

Rok 2020 znamená, co do počtu celkových výjezdů, to samé jako rok předešlý, tedy 277 výjezdů. Celkový počet výjezdů k únikům se lehce zvedl na hodnotu 28, 15 z toho bylo cvičení, 6 úniků ropných látek a 7 jiných úniků. Počet výjezdů na únik dusíku se zvýšil na 3, o zbytek se postaraly úniky kyseliny z baterie vysokozdvihných vozíků a jeden nález neznámé tekutiny.



Obrázek 44: Statistika výjezdů (vlastní zpracování)

9.2 Dílčí závěr

Pokles trendu úniků ropných látek lze vysvětlit působením více faktorů. Jedním z možných faktorů je skutečnost, že od roku 2018 jsou stěžejní provoz, kde se dá předpokládat únik ropných látek, povinny se zabezpečovat zásobou sorbentů pro ropné látky. Z toho vyplývá, že malé úniky si řeší samotné provoz na místě události a JPO podniku na takovéto menší úniky ani nepovolávají. Mnohdy ani nechtějí v časové tísně řešit papírování a problémy s výjezdem jednotky spojené a prostě si odklidí odpad svépomocí. Druhým aspektem by se mohlo nabízet větší obezřetnost a uvědomělost zaměstnanců při nakládání s těmito látkami. Na druhou stranu situace a politika zaměstnanosti v této době tuto skutečnost spíše vyvrací, neboť se ve výrobě objevuje značné množství zaměstnanců cizí národnosti, kteří na základě svých zvyklostí nemusí regule společnosti zprvu dobře chápat.

Na základě analýz a poznatků z předešlých kapitol se jako nejefektivnější jeví příprava jednotek HZS podniku, jakožto složky preventivní i represivní. Svojí přítomností by JPO napomohla ke snížení pravděpodobnosti úniku a zároveň, pokud by už k úniku došlo, by byla schopna takovou hrozbu podchytit už v raném stádiu a tím minimalizovat případné škody jak na životech, tak i na majetku společnosti. Proto byly pro jednotlivá zjištění navrhnutы scénáře prověřovacích cvičení, aby bylo dosaženo ještě lepší připravenosti zaujatých subjektů.

9.3 Obecný plán cvičení

1. Účel cvičení

Předmětem cvičení je nácvik činnosti JPO při řešení úniku nebezpečné látky a činnosti spojené s poskytnutím předlékařské pomoci postiženým osobám.

2. Cíle cvičení

Cíle cvičení budou stanoveny pro více úrovní řízení.

- Prověření činnosti obsluhy dohledového centra.
 - o Funkčnost telefonního spojení a systému EPS,
 - o schopnosti dispečera vytižít tísňový hovor,
 - o schopnosti dispečera ovládat koncové prvky varování v ohrožených objektech.
- Prověření činnosti velitele zásahu.
 - o Schopnosti zjištění situace v místě a schopnosti rozhodování,
 - o schopnosti zadávání úkolů a jejich relevantnost,
 - o komunikace s DC, popř. s ostatními jednotkami IZS,
 - o komunikace a spolupráce s osobami místa znalými.
- Prověření akceschopnosti zasahujících hasičů.
 - o Schopnost plnit úkoly dle zadání VZ,
 - o orientace ve věcných prostředcích pro zdolávání MU,
 - o ověření znalosti dané problematiky,
 - o ověření práce ve ztížených podmínkách (DT, OPCH...).

3. Zúčastněné jednotky

HZSp XY: IVECO CAS 10/1 000/100/L1R, posádkou 1+3, volací znak FEA 12.

VW TRANSPORTER SANITA, posádkou 1+1, volací znak FEA 19.

TATRA 815 CAS 32/8000/800/S3R, posádkou 1+1, volací znak FEA 15.

Dále dle nutnosti JPO I Otrokovice, JPO III Otrokovice, JPO V Otrokovice-Kvítkovice a další složky.

4. Etapy cvičení

Nejprve bude teoreticky na učebně prostor stanice HZSp XY (SO 117), za použití plánů objektu a dostupné dokumentace, určen zevrubný postup při zásahu. Poté proběhne simulace zásahu v místě zásahu se zaměřením na prováděné činnosti. Průběh cvičení kontrolují na svých úrovních operátor DC, VZ a velitel stanice (respektive ředitel oddělení).

9.3.1 Scénář PUFF

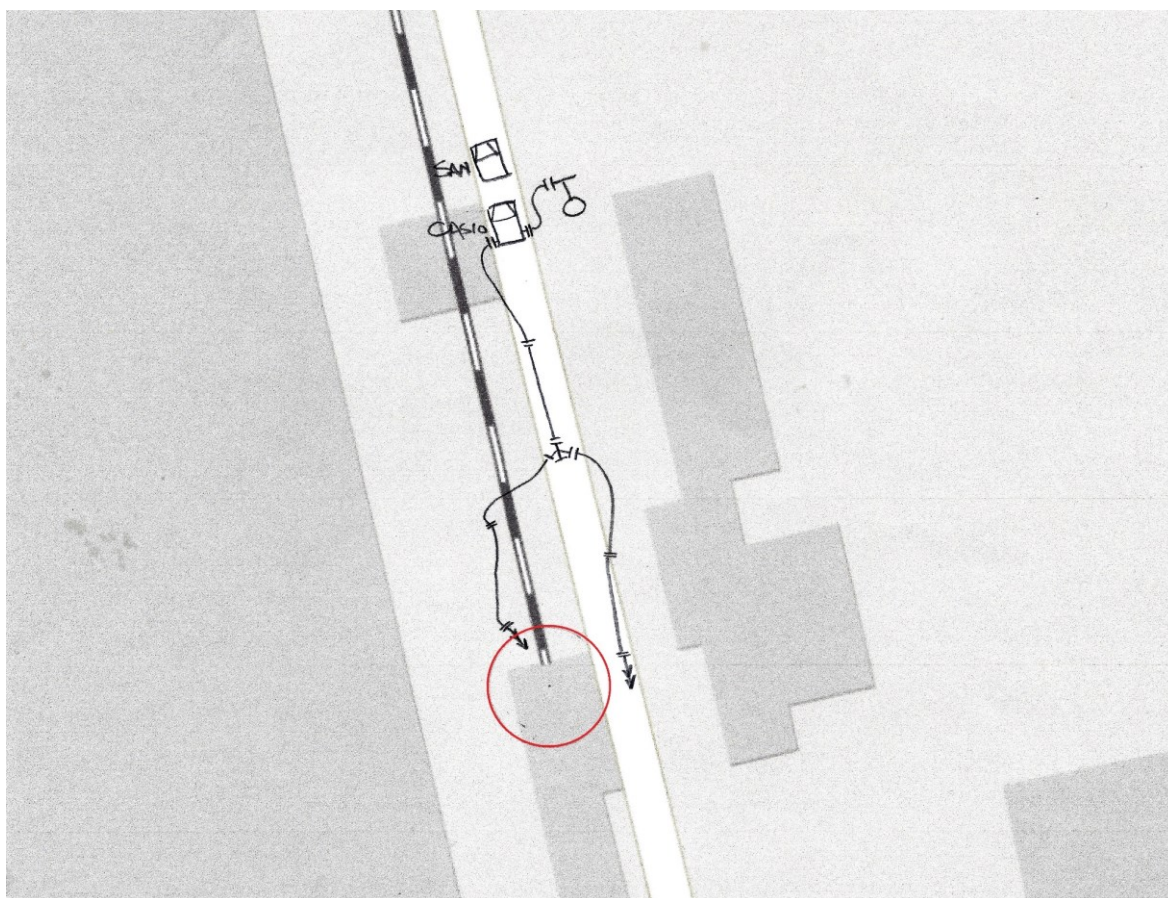
Z kolejového vozidla unikl technický benzín při jeho přečerpávání. Kapalina převážně vytekla do zachytné jímky, nicméně se dostala i mimo jímku a roztéká se po komunikaci. Obsluha únik zastavila a zajistila kanalizační vpust' magnetickou ucpávkou. Spolupracovníci z nedalekého objektu (SO 148) pomohli postižené osobě se svlečením potřísněného oděvu a omytím postižených částí těla. U postiženého však došlo k silnému nadýchání se výparů těžké látky. Pracovníci SO 148 zavolali na dohledové centrum HZS podniku. Jeden zůstává s postiženým, další dva zabraňují v bezpečné vzdálenosti 50 m vjezdu dopravních prostředků do místa úniku.

Zúčastněné osoby: 1 pracovník obsluhy stáčení cisterny, 3 pracovníci z objektu SO 148.

Tabulka 5: Průběh cvičení PUFF (vlastní zpracování)

8:32	tísňové volání na DC, vytížení hovoru
8:33	vyhlášení poplachu, odeslání varovné zprávy do podnikového rozhlasu systémem VOX
8:34	výjezd jednotek: 1. výjezd IVECO CAS 10, zdravotnický výjezd VW SANITA
8:35	příjezd na místo, zajištění postižené osoby + poskytnutí kyslíkové terapie
8:36	proveden průzkum VZ + č.1, strojník + č.2 zajišťují chystají hadicové vedení
8:38	roztažení útočného vedení VZ+č.1+č.2, kladení těžké pěny na louži
8:38	strojník+VZ zajišťuje přívodní vedení z hydrantu u budovy SO 148
8:40	posádka SANITA uvědomuje závodního lékaře o nutnosti poskytnutí péče postiženému, odvoz k lékaři

8:42	aplikace posypového sorbentu, VZ informuje ČOV o možném úniku NL do kanalizační sítě
9:00	úklid znečištěného sorbentu
9:05	úklid věcných prostředků, odjezd na stanici
9:06	příjezd na stanici, vozidlo IVECO CAS 10 připraveno k výjezdu
9:10	příjezd na stanici, vozidlo VW SANITA připraveno k výjezdu



Obrázek 45: Situační zakres scénáře PUFF (vlastní zpracování)

9.3.2 Scénář POOL FIRE

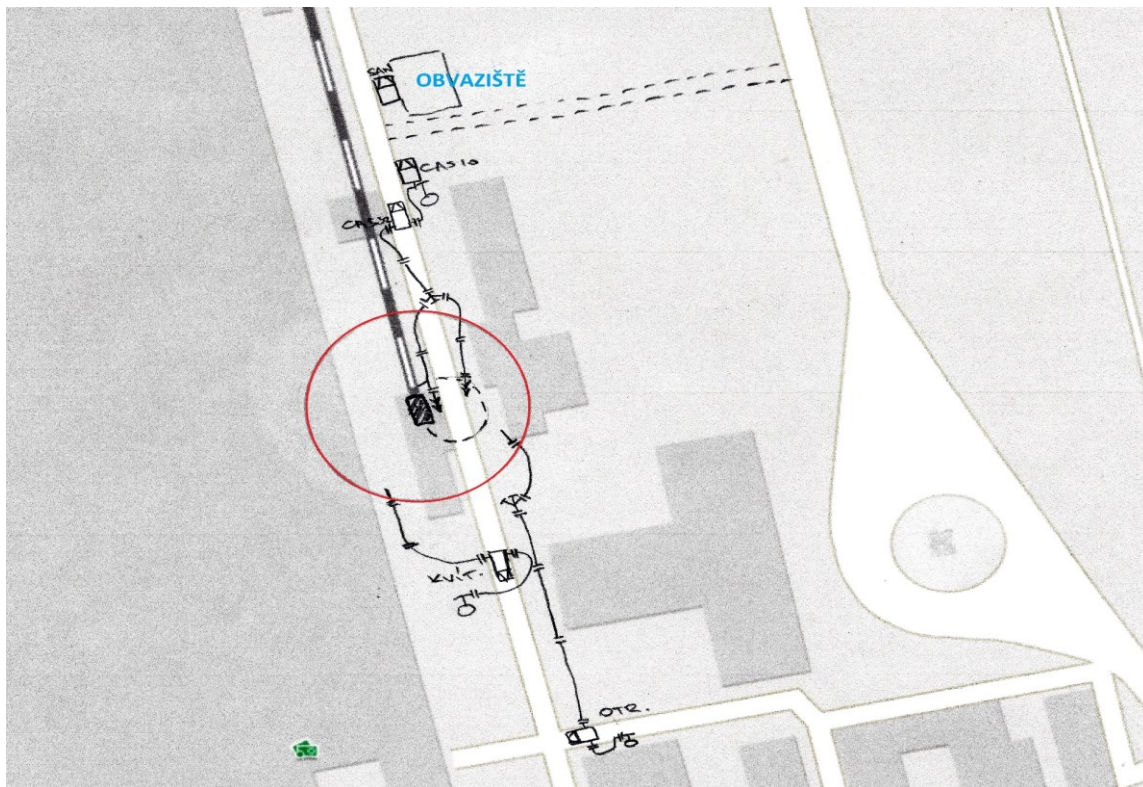
Z kolejového vozidla unikl technický benzín při jeho přečerpávání. Kapalina převážně vytekla do zachytné jímky, nicméně se dostala i mimo jímku a roztéká se po komunikaci. Obsluha únik zastavila a zajistila kanalizační vpust' magnetickou ucpávkou. Od projíždějícího vozidla došlo k iniciaci rozlité hořlavé kapaliny. Obsluha stáčiště a pracovníci SO 148 se snaží oheň uhasit přítomnými hasicími přístroji. Plameny se nepodařilo uhasit a ohrožují zbylý obsah cisterny. V místě zůstává i hořící vozidlo. Pracovník SO 148 zavolal

na DC HZS podniku. Všichni přítomní samovolně opouštějí místo a mají drobné popáleniny z tepelného působení požáru.

Zúčastněné osoby: 1 pracovník obsluhy stáčení cisterny, 3 pracovníci z objektu SO 148, 2 osoby z automobilu.

Tabulka 6: Průběh cvičení POOL FIRE (vlastní zpracování)

8:32	tísňové volání na DC, vytížení hovoru
8:33	vyhlášení poplachu, odeslání varovné zprávy do podnikového rozhlasu systémem VOX
8:34	výjezd jednotek: 1. výjezd IVECO CAS 10, 2. výjezd TATRA CAS 32, zdravotnický výjezd VW SANITA
8:35	příjezd na místo, zajištění postižených osob + ošetření popálenin
8:36	proveden průzkum VZ+č.1, č.2+č.3+č.4+strojník chystání útočného vedení z TATRA CAS 32
8:36	VZ vyžaduje přes DC síly a prostředky pro pomoc při zásahu
8:38	roztážení útočného vedení č.1+č.2, kladení těžké pěny k vagonu
8:38	roztážení útočného vedení č.3+č.4, kladení těžké pěny na louži
8:40	posádka SANITA uvědomuje ZZS o přítomnosti popálených osob, společný odvoz
8:46	příjezd JSDHO Otrokovice-Kvítkovice, rozvinutí útočného vedení k ochlazování budovy SO 105
8:47	příjezd JSDHO Otrokovice, rozvinutí útočného vedení k ochlazování budovy SO 148
8:50	VZ hlásí lokalizaci požáru, informuje ČOV o přítomnosti hasební vody v kanalizaci
9:00	VZ hlásí likvidaci požáru, informován správce železniční vlečky o odtažení vagonu
9:30	odtažení vagonu mimo stáčiště, úklid věcných prostředků
9:35	vizuální kontrola VZ+č.1+č.2, odjezd pomocných jednotek
9:40	příjezd na stanici, vozidlo VW SANITA připraveno k výjezdu
9:45	příjezd na stanici, vozidlo TATRA CAS připraveno k výjezdu
10:00	předání požářiště správci stáčiště
10:00	kontrola odtažené cisterny, další kontroly v 30 minutových intervalech



Obrázek 46: Situační zakres scénáře POOL FIRE (vlastní zpracování)

9.3.3 Scénář BLEVE

Z kolejového vozidla uniká technický benzín. Kapalina vytéká částečně do záchytné jímky, částečně na místní komunikaci. Obsluha nedokáže únik zastavit a od projíždějícího vozidla dochází k iniciaci. Obsluha stáčiště a pracovníci objektu SO 148 se hasicími přístroji snaží oheň uhasit. Pracovník SO 148 zavolal na DC HZS podniku a informuje o nekontrolovaném úniku hořlavé kapaliny a jejím požáru v plném rozvinutí. Oheň přímo ohrožuje cisternu. Obsluha stáčiště má popáleniny II. stupně, pracovníci SO 148 utrpěli lehké popáleniny a eskortují pracovníka stáčiště mimo tepelné působení plamenů. Další zaměstnanci z přilehlých objektů kontaktují DC o vzniku požáru.

Obsluha DC vysílá varovnou zprávu systémem VOX do celozávodního rozhlasu o místě výskytu požářiště. Apel na objekty SO 105 – výroba lan, SO 103 – lisovna a konfekce, SO 102 – válcovna, SO 103 – HTC, SO 106 – laboratoře + IT, SO 107 – zdravotnické středisko, SO 100 – administrativní budova, SO 164 – svářečská škola, SO 173 – sklad nákupu, SO 170 – dílna, SO 169 – montovna, SO 167 – elektroinstalace, SO 126 – sklad hořlavin, SO 148 – sklad mazadel, SO 226 – sklad chemikálií, SO 125 sklad technických plynů, SO 155 – čerpací stanice LPG. Předpokládá se samovolná evakuace většiny osob vyskytujících se v dotčených objektech. Je informován krizový štáb podniku pomocí sms systému VOX.

Obsluha DC vysílá jednotku HZS podniku s informací o požáru hořlavé kapaliny a jejím nekontrolovaném úniku a možném výskytu osob postižených popálením. První výjezd IVECO CAS 10, 1+3, druhý výjezd TATRA CAS 32, 1+1, zdravotnický výjezd v hasičských zásahových oblecích, 1+1. VZ po příjezdu a provedení průzkumu zjišťuje rozsah tepelného působení až ke skladu objektu SO 105 a žádá prostřednictvím KOPIS vyhlášení II. stupně poplachu a vyslání odpovídajících sil a prostředků. Současně jsou dle podnikových směrnic aktivovány zálohy z ostatních směn, které díky znalosti podniku budou využity jakožto vedoucí průzkumných a menších zásahových skupin.

Samotná jednotka HZS podniku mezitím provádí ochlazování objektů SO 155 a SO 125 – sklady technických plynů, a vynášení lahví mimo ohrožený prostor. Dále postup směrem k ohnisku požáru, chlazení a hašení SO 126 – sklad hořlavin a SO 148 – sklad mazadel. Další linie postupu je chlazení a hašení ohniska požáru – stáčiště.

Velitel zásahu zřizuje štáb velitele zásahu v bezpečné vzdálenosti severně od místa požáru. Rozděluje prostor na tři sektory a dle charakteru budov i na úsekové oddíly.

Sektor „A“ – tento sektor je ohraničen obvodovou stěnou budovy SO 105 na západní straně a „poloměrem tepelného působení“ v západním směru až po železniční stanici Otrokovice. Pro efektivnější zákrok je sektor rozdělen na dva úseky.

1. úsek: SO 155, SO 125 – sklady technických plynů, SO 126 – sklad hořlavin, SO 148 – sklad mazadel, prostor stáčiště.

2. úsek: SO 164 – svářečská škola, SO 173 – sklad nákupu, SO 170 – dílna, SO 169 – montovna, SO 167 – elektroinstalace, SO 226 – sklad chemikálií, prostor stáčiště.

První jednotky PO, které dorazí jsou usměrněny VZ na jih od požáru. Úkolem těchto jednotek je vytvoření vodní clony za účelem ochlazování vozidel na parkovišti, ochlazování, popř. hašení budov SO 164, SO 173, SO 170, SO 169, SO 167 a SO 226. Zvláštní opatrnost je potřeba věnovat budově SO 164 a SO 226. V Objektu SO 164 se s největší pravděpodobností vyskytují tlakové láhve s acetylénem. Tyto láhve je potřeba ochlazovat před možnými účinky požáru a vynášet je do bezpečné vzdálenosti. SO 226 je skladem chemikálií a je vybaven polostabilním hasicím zařízením, kde je v závislosti na situaci nutné zajistit zdroj hasební vody nebo ochlazování budovy před působením plamenů. Dalším postupem je vytvoření podporného proudu těžké pěny jednotce HZS podniku, a to z jižní strany stáčiště.

Velitel zásahu kontaktuje přednostu železniční stanice a prostřednictvím KOPIS informuje o skutečnosti možného ohrožení trakčního vedení operační středisko Správy železniční dopravní cesty (SŽDC). Dále je potřeba informovat městskou policii Otrokovice z důvodu zabránění vstupu ze železniční stanice směrem k podniku, hlavně se jedná o železniční podchod a stezku vedoucí kolem areálu z jeho východní strany.

Obsluha DC informuje VZ o skutečnosti spouštění sprinklerového hašení v částech SO 105 – výroba lan. Z důvodu zvýšené spotřeby vody VZ zásahu informuje energodispečink o nutnosti aktivace velkokapacitních čerpadel SO – 182 u řeky Moravy. Místa pro plnění cisteren jsou u SO 223 a SO 163 – strojovny SHZ.

Sektor „B“ – tento sektor je ohraničen na východě obvodovou stěnou SO 105 – výroba lan a SO 103 – konfekce. V tomto sektoru bude hlavní činností průzkum provozu a jednotlivých kanceláří a skladů z důvodu možných nálezů zraněných osob a drobných požárů. V SO 105 se navíc předpokládá nález zraněných osob působením tříštění skla a přímého působení tepla. Objekty jsou vybaveny sprinklerovým hasicím zařízením. Nalezené osoby je potřeba vyvádět, popř. vynášet směrem na sever, kde by u objektu SO 108 – byl zřízen prostor obvazistě a třídění raněných.

1. úsek: SO 105 – výroba lan.

2. úsek: SO 103 – lisovna a konfekce.

Sektor „C“ – tento sektor je tvořen objekty SO 107 – zdravotnické středisko, SO 100 – administrativní budova, SO 102 – válcovna, SO 103 – HTC, SO 106 – laboratoře + IT. V tomto sektoru bude převažující činností průzkum za účelem zjištění přítomnosti osob. Sektor je z důvodu přítomnosti výškových budov potřeba rozdělit na více úseků.

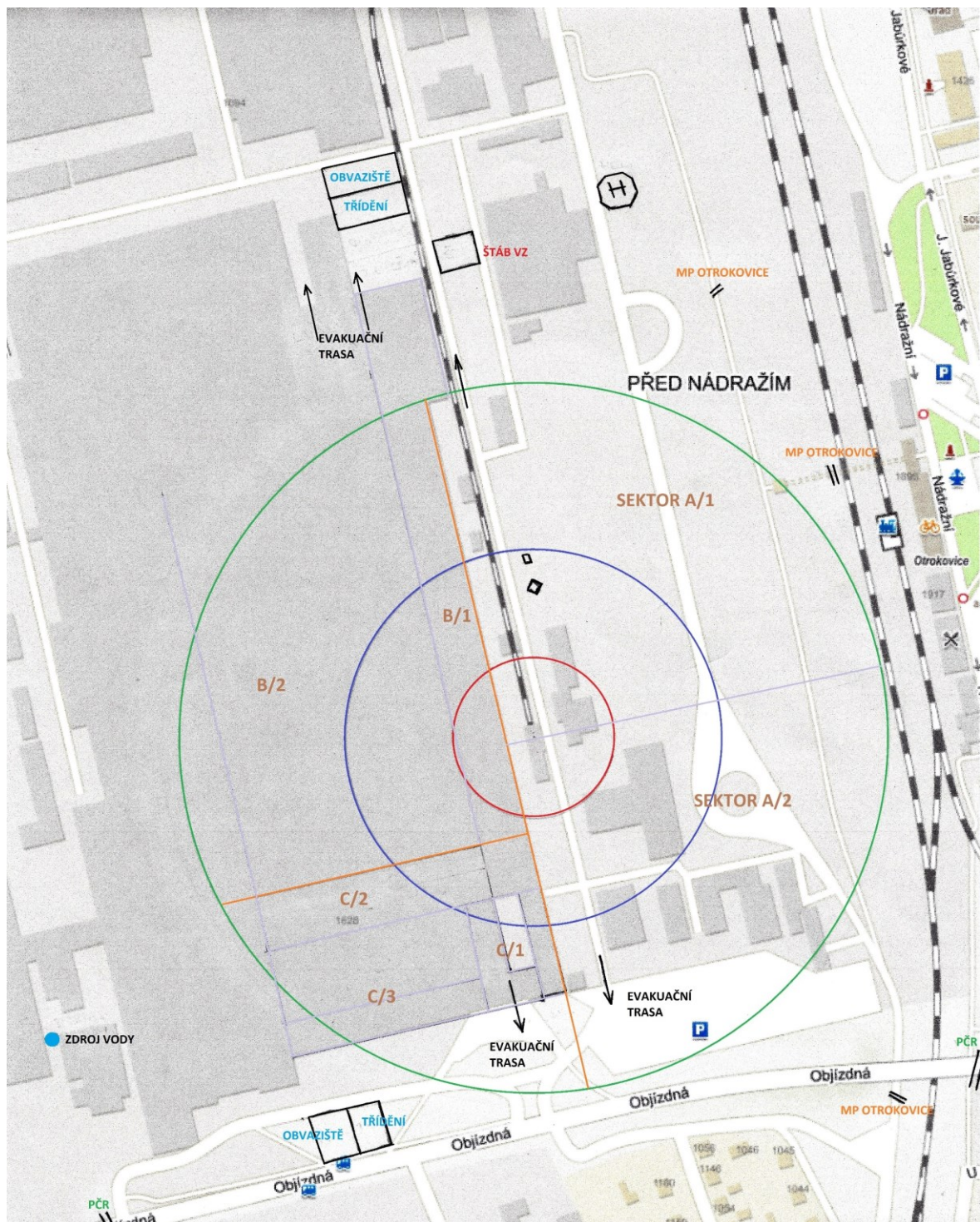
1. úsek: SO 107 – zdravotnické středisko, dvoupodlažní kancelářská budova + SO 100 – administrativní budova, třináctipodlažní kancelářská budova.

2. úsek: SO 102 – válcovna, osmipodlažní výrobní budova.

3. úsek: SO 103 – HTC + SO 106 – laboratoře + IT, třípodlažní kancelářská budova.

Na ulici Objízdna, která lemuje areál z jižní strany, bude zřízeno obvazistě a místo pro třídění osob. Uzavření této ulice zajišťují příslušníci PČR tak, aby nedošlo k omezování projíždějících cisternových vozů, které by za účelem doplnění vody využívaly zdroj u objektu SO 163 – strojovna SHZ. Taky by tímto byla zajištěna příjezdová a odjezdová

cesta zdravotnické záchranné služby. Na zkušební dráze u SO 124 je zřízen prostor pro heliport. VZ informuje ČOV o přítomnosti hasící směsi v kanalizaci.



Obrázek 47: Zákres možného rozvržení sektorů (vlastní zpracování)

Jednotlivé kružnice značí přehled výstupů z programu TerEx při úniku technického benzínu. Od nejmenší, kterou je zaznačen rozsah oblaku o poloměru 53 m, přes kružnici vyznačující 10% úmrtnost, až po vymezení zóny tepelné radiace a možnosti vzniku popálenin 1. stupně.

Hnědé linky určují hranice jednotlivých sektorů a šedé linky potom hranice rozdělení sektorů na úseky.

9.3.4 Dílčí závěr

Byla identifikována řada rizik spojených s možným vznikem úniku technického benzínu a díky modelovacím programům a metodám byly také určeny možné rozsahy působení nebezpečné látky a s tím spojené následky. Nejlepším doporučením se jeví možnost, dalo by se říct spíše povinnost, přítomnosti JPO HZS podniku přímo při stáčení. Z hlediska logistiky a represe je jednodušším a také finančně jistě méně nákladným řešením možnost přímé reakce a připravenosti při procesu stáčení přímo v místě. Jedná se tedy o preventivní krok, který by svou jednoduchostí dokázal předejít ztrátám na životech a poškození majetku společnosti.

Z pohledu členů JPO se jedná o podobné zajištění asistence jako například při provádění požárně nebezpečných prací kdekoli jinde v závodě. Sestavení taktických cvičení na únik technického benzínu a jejich provádění v místě taktéž napomohlo k lepšímu pochopení možné mimořádné události a vlastně i nebezpečných vlastností této látky. Grafické výstupy z modelovacích programů jsou pro členy jednotky pochopitelnější, než pouhé konstatování, že je benzín hořlavou kapalinou 1. třídy. Názorné představení rozsahů poškození při úniku dané masy média tuto skutečnost jenom podpořilo.

Z pohledu obsluhy stáčiště je samozřejmě výchozí jejich zkušenost a účast na pravidelných školeních o bezpečnosti práce. Obsluze, jakožto jednomu z primárních faktorů ovlivnitelnosti úniku, lze doporučit dodržování základních hygienických zvyklostí a zásad při manipulaci s nebezpečnými látkami. Dále by pro obsluhu mohl být přínosný sestavený Check List dotazník, který by napomohl snížit pravděpodobnost vzniku MU.

Tabulka 7: Příklad CLA (vlastní zpracování)

		A	N	N/A
Obsluha	Je vůz řádně zabrzděn?			
	Je vůz zaklínován?			
	Je odpojen od tažného vozu?			
	Je zkontrolována záchytná jímka?			
	Funkčnost ventilů produktovodu?			
	Uzemnění?			
	Vyloučeny iniciační zdroje?			
	Nevykazují brzdy vagonu přehřátí?			
	Jsou rozmístěny zákazové značky?			
	Je povolána asistence HZSp?			
JPO HZSp	Je řádně ustaveno vozidlo?			
	Jednotka v zásahových oblecích?			
	DT v pohotovosti?			
	Hasební prostředky-voda?			
	Hasební prostředky-pěna?			
	Hasební prostředky-prášek?			
	Vozidlo připojeno ke zdroji vody?			
	Zdroj vody funkční?			
	Zdroj vody odkalen?			
Obsluha	Kontrola celistovosti stáčecí hadice?			
	Kontrola příruby stáčecí hadice?			
	Kontrola vypouštěcího hrdla vagonu?			
	Zapojena stáčecí hadice na vagon?			
	Zkouška pevnosti zapojené hadice?			

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala problematikou úniku nebezpečné látky v podniku. V tomto případě úniku technického benzínu z cisternového vozu na železniční vlečce. Práce nejdříve ve své teoretické části poukazuje na legislativní oporu v oblasti prevence závažných havárií a její vývoj na základě nehodových událostí ve světě. Také probírá možné účinky látek na organismus a životní prostředí.

Cílem práce bylo vytvořit celistvý pohled na rizika a možné následky, které mohou ohrožovat stáčení a transport technického benzínu v podniku. Za tímto účelem byly použity metody pro stanovení následků pomocí příručky IAEA-TECDOC-727 a modelovacího softwaru TerEx. Díky metodě TECDOC byly zjištěny možné následky úniku nebezpečné látky na obyvatelstvo a určeny pravděpodobnosti vzniku havárie, jak při transportu, tak i při stáčení. Výsledkem bylo zjištění možnosti zranění až 10 osob při pravděpodobnosti $3 \cdot 10^{-8}$. Tyto dílčí údaje byly pro lepší pochopení zaneseny do matice rizik, kde byly nastíněny možné kroky ke snížení četnosti výskytu úniků nebezpečné látky a tím pádem i navýšení možnosti záchrany lidských životů. Z metody TECDOC bylo zjištěno, že zásadním krokem ke zmírnění následků by bylo vybudování požární stěny v místě stáčení, nejlépe doplněné sprinklerovým hasicím zařízením. Takové zařízení by mělo být aktivováno buďto samotnou obsluhou v případě zjištění nežádoucích jevů, nebo na dálku pomocí elektrické požární signalizace. V případě vybudování požární stěny by, z hlediska tvorby hořlavých par a výbušných koncentrací, bylo adekvátním řešením zbudování odsávacího systému, který by dokázal odvádět tyto páry mimo potenciální zdroje iniciace.

Další výstupy a závěry poskytl modelovací program TerEx, který svým nastavením nabídl namodelování 3 možných scénářů spojených s unikem technického benzínu. Ze zjištěných rozsahů účinků látky dle jednotlivých scénářů byla navržena a vypracována taktická cvičení ke zvýšení připravenosti jednotky požární ochrany HZS podniku.

Z poznatků získaných z metod TECDOC a TerEx byly vypracovány metody pro stanovení pravděpodobnosti. Pro model ETA byl stanoven grafický podklad, kde byly znázorněny možnosti výsledných událostí. Pro každou možnost byla na základě výpočtu stanovena pravděpodobnost. Jako nejpravděpodobnější byly určeny možnosti, kde dojde k iniciaci a k hoření louže až po celkové vzplanutí cisterny.

Ze zjištěné pravděpodobnosti dle TECDOC a z výsledků metody Ishikawa pro identifikaci rizik byl sestaven graf ETA. Tato metoda vyzdvihuje nejpravděpodobnější rizika, která mohou při stáčení nastat a jejichž působením by k úniku nebezpečné látky mohlo dojít.

Ze získaných závěrů byla sestavena CLA tabulka, která by svými jednoduchými body mohla napomoci k větší kontrole nad prováděnou činností. Tabulka také počítá s variantou přítomnosti jednoty HZS podniku při stáčení, aby byl lépe zajištěn dohled nad prováděnými operacemi a případný pohotový zásah z jejich strany.

Přínosem této práce bylo zjištění a názorná ukázka možných rozsahů působení nebezpečné látky při jejím úniku a možné iniciaci. Byla přijata opatření nejen v četnosti prováděných cvičení na úniky těchto druhů látek, ale také v možném provádění asistencí při samotném stáčení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BALOG, Karol a Ivana BARTLOVÁ, 1998. *Základy toxikologie*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. ISBN 8086111296.

BARTLOVÁ, Ivana, 2012. *Vývoj v oblasti nebezpečných látek a přípravků*. 2., rozš. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788073851125.

BARTLOVÁ, Ivana, 2017. *Prevence a připravenost na závažné havárie*. 2. vydání. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788073851842.

BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG, 2007. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788073850050.

BARTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK, 2003. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. ISBN 80-86634-30-2.

HASÍK, Juljo, 2009. *Příručka hasiče samaritána: První pomoc trochu jinak*. Nové Město nad Metují: Hasiči.

IAEA-TECDOC-727: Zkrácená příručka pro klasifikaci a prioritizaci rizik velkých havárií v procesním a příbuzném průmyslu, 1996. Vienna: IAEA. ISSN 1011-4289.

KROUPA, Miroslav a Milan ŘÍHA, 2010. *Průmyslové havárie*. 2. vyd. Praha: Armex. Skripta pro střední a vyšší odborné školy. ISBN 9788086795874.

KUBÁTOVÁ, Hana, 2018. *Průmyslová toxikologie a životní prostředí*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-210-8.

MÁLEK, Zdeněk a Miroslav TOMEK, 2011. *Logistika přeprav nebezpečných věcí*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788074541315.

MAŠEK, Ivan, Otakar J. MIKA a Miloš ZEMAN, 2006. *Prevence závažných průmyslových havárií*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická. ISBN 80-214-3336-1.

POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL, 2017. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie*. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. ISBN 9788072514670.

PROCHÁZKOVÁ, Dana et al., 2019. *Terminologický slovník pro inženýrské disciplíny pracující s riziky v systémovém pojetí*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 9788076230002.

ŘEHÁK, David, Bohumír MARTÍNEK a Petra LEGIERSKÁ, 2015. *Ochrana obyvatelstva v kontextu aktuálních bezpečnostních hrozeb*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788073851699.

SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA, 2009. *Prevence nehod a havárií*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce. ISBN 978-80-86973-73-9.

ŠENOVSKÝ, Michail, 2007. *Nebezpečné látky II. 2.*, aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788086634470.

ŠENOVSKÝ, Pavel, 2015. *Bezpečnost občanů a rizika v území*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788073851729.

VĚŽNÍKOVÁ, Hana, 2019. *Transport nebezpečných věcí*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788073852177.

Internetové zdroje:

ADR Dangerous Goods: UN 3295, 2021. *ADR Dangerous Goods* [online]. England: Copyright © Magnus Vikhög [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <http://adrdangerousgoods.com/eng/substances/0002607/un3295-hydrocarbons-liquid-n-o-s/>

BENEŠOVÁ, Petra a Kateřina KOZMOVÁ, 2012. Povodně roku 2002 vyplavily i Spolanu Neratovice. Lidí ohrožoval únik chlóru. *Irozhlas.cz* [online]. © 1997-2020 Český rozhlas [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/povodne-roku-2002-vyplavily-i-spolanu-neratovice-lidi-ohrozoval-unik-chloru_201208150300_kpracharova

CIGÁNKOVÁ, Simona, 2013. Z havarovaného práškovacího letadla unikly do požární nádrže v obci Žlunice závadné látky. *Česká inspekce životního prostředí* [online]. © 2004 - 2016 ČIŽP [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <http://www.cizp.cz/Z-havarovaneho-praskovaciho-letadla-unikly-do-pozarni-nadrze-v-obci-Zlunice-zavadne-latky.html>

ČESKO, 2000. Zákon č. 258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258#Top>

ČESKO, 2001a. Zákon č. 185/2001 Sb. Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#Top>

ČESKO, 2001b. Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254?text=nebezpe%C4%8Dn#Top>

ČESKO, 2006. Zákon č. 262/2006 Sb. Zákon zákoník práce. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262#Top>

ČESKO, 2011. Zákon č. 350/2011 Sb. Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-350#Top>

ČESKO, 2015. Vyhláška č. 226/2015 Sb. *Vyhláška o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-226>

DE, S. et al., 2020. Chronic respiratory morbidity in the Bhopal gas disaster cohorts: a time-trend analysis of cross-sectional data (1986–2016). *Public Health* [online]. **186**, 20-27 [cit. 2020-11-11]. ISSN 00333506. Dostupné z: doi:10.1016/j.puhe.2020.06.043.

DECHY, Nicolas et al., 2004. First lessons of the Toulouse ammonium nitrate disaster, 21st September 2001, AZF plant, France. *Journal of Hazardous Materials* [online]. **111**(1-3), 131-138 [cit. 2020-11-11]. ISSN 03043894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2004.02.039

EMARS: Major Accident Reporting System, 2020. *European Commission* [online]. Bruxelles: © European Union, 1995-2020 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/statistics/statistics>

GRIEVINK, L. et al., 2007. A longitudinal comparative study of the physical and mental health problems of affected residents of the firework disaster Enschede, The Netherlands. *Public Health* [online]. **121**(5), 367-374 [cit. 2020-11-11]. ISSN 00333506. Dostupné z: doi:10.1016/j.puhe.2006.09.025.

Havarijní únik kyanidů z Lučebních závodů Draslovka a.s. Kolín - náprava závadného stavu podle zákona o vodách., 2006. *Česká inspekce životního prostředí* [online]. © 2004 - 2016 ČIŽP [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <http://www.cizp.cz/Havarijni-unik-kyanidu-z-Lucebnich-zavodu-Draslovka-a-s-Kolin-naprava-zavadneho-stavu-podle-zakona-o-vodach.html>

HØISET, S et al., 2000. Flixborough revisited — an explosion simulation approach. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 77(1-3), 1-9 [cit. 2020-11-11]. ISSN 03043894. Dostupné z: doi:10.1016/S0304-3894(00)00197-7.

Horizontal Cylindrical Segment: Větrná růžice, 2021. *WolframMathWorld: The web's most extensive mathematics resource* [online]. Oxfordshire: © 1999-2021 Wolfram Research [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://mathworld.wolfram.com/HorizontalCylindricalSegment.html>

Katalog železničních nákladních vozů ČD Cargo, a.s., 2020. *ČD Cargo* [online]. Praha: Copyright © ČD Cargo [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.cdcargo.cz/katalog-nakladnich-vozu>

KŘEŠŤANOVÁ, Zuzana, 2000. Ze štvanického stadionu unikl čpavek. *Idnes.cz* [online]. © 1999–2020 MAFRA [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/ze-stvanickeho-stadionu-unikl-cpavek.A000806155656praha_dky

Na Kaplicku se zhroutila věž s jedovatým hnojivem, 2009. *Česká inspekce životního prostředí* [online]. © 2004 - 2016 ČIŽP [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <http://www.cizp.cz/Na-Kaplicku-se-zhroutila-vez-s-jedovaty-m-hnojivem.html>

NERIN, C. et al., 2014. Seveso Disaster and the European Seveso Directives. *Encyclopedia of Toxicology* [online]. Elsevier, s. 244-247 [cit. 2020-11-11]. ISBN 9780123864550. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-386454-3.00461-9.

OMELKA, Jakub, 2019. Šest měsíců po požáru v Čepřu se nic nezměnilo. *Kroměřížský deník.cz* [online]. © VLTAVA LABE MEDIA a.s., 2005 - 2020 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://kromerizsky.denik.cz/pozary/sest-mesicu-po-nehode-se-nic-nezmenilo-20190326.html>

Podnebí Otrokovice: Větrná růžice, 2020. *Meteoblue: Weather close to you* [online]. Basel: © 2006 - 2021 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z:

https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/otrokovice_%c4%8cesko_3068690

PROCHÁZKOVÁ, Ivana, 2012. Ustálený tok skutečných kapalin. *Střední škola průmyslová a umělecká* [online]. Opava: Copyright ©2021 SŠPU Opava [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/MEC_III_hydrodynamika_a_termomechanika/VY_32_INOVACE_G-21-05.pdf

Příklady významných vodohospodářských havárií od r. 1964, 2016. *Česká inspekce životního prostředí* [online]. © 2004 - 2016 ČIŽP [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: cizp.cz/Havarie-na-vodach

Safety Data Sheets - TOTAL Marketing & Services: 30061, 2020. *TOTAL* [online]. Praha: © Total - 2021 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://sdstotalms.total.com/TotalPullWebsite/en?ProductName=solane&ProductCode=&Supplier=&Language=AllLanguages&Country=Czech+Republic&show=0>

Sbírka československých vojenských předpisů po roce 1945, 2014. In: *VOJENSKÝ ÚSTŘEDNÍ ARCHIV* [online]. Praha: © 2009 - 2010 Vojenský ústřední archiv [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: http://www.vuapraha.cz/sites/default/files/inventare/4_cs_armada_po_roce_1945/sbirka_ceskoslovenskych_vojenskych_predpisu_po_roce_1945_1.dil.pdf

Seznamy H-vět a P-vět podle nařízení CLP, 2020. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. © Copyright 2005 - 2020 MPO [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/chemicke-latky-a-smesi/clp-klasifikace-oznacovani-a-baleni/seznamy-h-vet-a-p-vet-podle-narizeni-clp--58129/>

URQUIETA, Emmanuel a Joseph VARON, 2014. Mexico City's Petroleos Mexicanos Explosion: Disaster Management and Air Medical Transport. *Air Medical Journal* [online]. **33**(6), 309-313 [cit. 2020-11-11]. ISSN 1067991X. Dostupné z: doi:10.1016/j.amj.2014.07.004.

Vektor nebezpečné piktogramy, 2021. *Fotky&Foto* [online]. Praha: Copyright © Golden Empressa [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: [https://fotky-foto.cz/fotobanka/nebezpecne-piktogramy-zbozi-znacky\(4-10166728\)/](https://fotky-foto.cz/fotobanka/nebezpecne-piktogramy-zbozi-znacky(4-10166728)/)

Výstražné symboly nebezpečnosti CLP, 2020. *MSDS Europe: The real alternative of the SDS software* [online]. Budapest: ToxInfo Kft. [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.msds-europe.com/cs/vystrazne-symbol-nebezpecnosti/>

WEHLAND, F et al., 2002. The dam breakage of Baia Mare—a pilot study of magnetic screening. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* [online]. **27**(25-31), 1371-1376 [cit. 2020-11-11]. ISSN 14747065. Dostupné z: doi:10.1016/S1474-7065(02)00121-3.

Ostatní zdroje:

EPA, NOAA. Aloha 5.4.7 [software]. September 2016 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <http://https://www.epa.gov/comeo/aloha-software/>. Požadavky na systém: Win 7, Win 8, Win 10; velikost 7,33 MB.

T-Soft. TerEx 3.1.1 [software]. 2016 [cit. 2021-03-31]. Licence pro UTB Zlín.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADN	Evropská dohoda o vnitrozemské vodní přepravě nebezpečných věcí.
ADR	Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí.
CO	Oxid uhelnatý, Civilní obrana.
DC	Dohledové centrum.
DN	Diameter Nominal.
DNEL	Derived No-Effect Level.
DT	Dýchací technika.
EPA	Environmental Protection Agency.
EPS	Elektrická požární signalizace.
ETA	Event Tree Analysis.
FTA	Fault Tree Analysis.
GHS	Globálně harmonizovaný systém.
GIS	Geografický informační systém.
HZSp	Hasičský záchranný sbor podniku.
ICAO TI	Technické instrukce pro bezpečnou leteckou přepravu nebezpečných věcí.
IZS	Integrovaný záchranný systém.
JPO	Jednotka požární ochrany.
KML	Keyhole Markup Language.
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu.
MU	Mimořádná událost.
MV	Ministerstvo vnitra.
MŽP	Ministerstvo životního prostředí.
NL	Nebezpečná látka.
NNE	Severoseverovýchod.
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration.

NO _x	Oxidy dusíku.
OPCH	Oblek ochranný protichemický.
PEL	Přípustný expoziční limit.
PO	Právnícká osoba.
PFO	Podnikající fyzická osoba.
RfD	Referenční dávka.
RID	Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí.
S	Jih.
SO	Stavební objekt.
VZ	Velitel zásahu.
XML	Extensible Markup Language.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Četnost havárií - vlastní zpracování dle (EMARS, 2020).....	16
Obrázek 2: Symboly nebezpečnosti (Seznamy H-vět a P-vět podle nařízení CLP, 2020) ..	29
Obrázek 3: Piktogramy nebezpečných věcí (Vektor nebezpečné piktogramy, 2021).....	37
Obrázek 4: Výstražná tabulka (ADR Dangerous Goods, 2021).....	37
Obrázek 5: Piktogramy nebezpečných vlastností (Výstražné symboly nebezpečnosti CLP, 2020).....	47
Obrázek 6: Větrná růžice (Podnebí Otrokovice, 2020)	50
Obrázek 7: Výtokové součinitele v závislosti na tvaru hrdla (Procházková, 2012).....	55
Obrázek 8: Graf pro stanovení typového scénáře BLEVE-vlastní zpracování dle (Česko,2015).....	57
Obrázek 9: Graf pro stanovení typového scénáře EXPL-vlastní zpracování dle (Česko,2015)	57
Obrázek 10: Graf pro stanovení typového scénáře P-FIRE-vlastní zpracování dle (Česko,2015).....	58
Obrázek 11: Zákres typových scénářů do mapy (vlastní zpracování)	59
Obrázek 12: Poloměry smrtelné a zraňující koncentrace v závislosti na uniklém množství (vlastní zpracování).....	61
Obrázek 13: Způsob zaznačení koncentrací (vlastní zpracování)	62
Obrázek 14: Výsledné zakreslení do situační mapy (vlastní zpracování)	62
Obrázek 15: Zanesení modelu PUFF do mapy (Aloha, 2016)	64
Obrázek 16: Zanesení modelu BLEVE do mapy (Aloha, 2016)	64
Obrázek 17: Stanovení referenčního čísla (IAEA-TECDOC-727, 1996)	66
Obrázek 18: Stanovení symbolu pro referenční číslo (IAEA-TECDOC-727, 1996).....	66
Obrázek 19: Stanovení velikosti zasažené plochy (IAEA-TECDOC-727, 1996).....	66
Obrázek 20: Kruhový nesymetrický tvar úniku (IAEA-TECDOC-727, 1996).....	67
Obrázek 21: Stanovení charakteristiky oblasti (IAEA-TECDOC-727, 1996)	67
Obrázek 22: Stanovení hodnoty dle procentuálního zasažení (IAEA-TECDOC-727, 1996)	68
Obrázek 23: Stanovení zmírňujícího faktoru (IAEA-TECDOC-727, 1996).....	68
Obrázek 24: Stanovení hodnoty dle aktivity (IAEA-TECDOC-727, 1996).....	69
Obrázek 25: Frekvence stáčení (IAEA-TECDOC-727, 1996).....	69
Obrázek 26: Korekce dle požárního zabezpečení (IAEA-TECDOC-727, 1996).....	70
Obrázek 27: Korekční faktor na řízení bezpečnosti (IAEA-TECDOC-727, 1996).....	70
Obrázek 28: Korekční faktor směru větru vůči osídlené oblasti (IAEA-TECDOC-727, 1996)	70

Obrázek 29: Hodnoty pravděpodobnostních čísel pro přepravu (IAEA-TECDOC-727, 1996)	71
Obrázek 30: Korekce pravděpodobnostního čísla podle druhu dopravy (IAEA-TECDOC-727, 1996)	72
Obrázek 31: Četnost přepravy za rok (IAEA-TECDOC-727, 1996).....	72
Obrázek 32: Hodnoty faktorů dle postižené plochy (IAEA-TECDOC-727, 1996)	72
Obrázek 33: Přepočet pravděpodobnostního čísla N na pravděpodobnost výskytu P (IAEA-TECDOC-727, 1996).....	73
Obrázek 34: Zákres rozsahu působení (vlastní zpracování)	74
Obrázek 35: Výsledek zadaných parametrů – PUFF (TerEx, 2016)	77
Obrázek 36: Zákres PUFF do mapového podkladu (TerEx, 2016)	77
Obrázek 37: Výsledek zadaných parametrů - POOL FIRE (TerEx, 2016)	78
Obrázek 38: Zákres POOL FIRE do mapového podkladu (TerEx, 2016).....	79
Obrázek 39: Výsledek zadaných parametrů - BLEVE (TerEx, 2016)	80
Obrázek 40: Zákres BLEVE do mapového podkladu (TerEx, 2016).....	80
Obrázek 41. Příklad metody ETA (vlastní zpracování).....	82
Obrázek 42: Zjednodušené vyobrazení Ishikawa (vlastní zpracování)	82
Obrázek 43: Příklad metody FTA (vlastní zpracování).....	83
Obrázek 44: Statistika výjezdů (vlastní zpracování)	86
Obrázek 45: Situační zákres scénáře PUFF (vlastní zpracování)	89
Obrázek 46: Situační zákres scénáře POOL FIRE (vlastní zpracování)	91
Obrázek 47: Zákres možného rozvržení sektorů (vlastní zpracování)	94

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Průměrné teploty - vlastní zpracování dle (Podnebí Otrokovice, 2020)	50
Tabulka 2: Závislost rychlosti větru a oblačnosti na stálosti atmosféry-vlastní zpracování dle (Bartlová a Pešák, 2003)	52
Tabulka 3: Výpočet parametrů-vlastní zpracování dle (Česko,2015)	56
Tabulka 4: Matice rizik (vlastní zpracování)	74
Tabulka 5: Průběh cvičení PUFF (vlastní zpracování)	88
Tabulka 6: Průběh cvičení POOL FIRE (vlastní zpracování)	90
Tabulka 7: Příklad CLA (vlastní zpracování)	96