

Využitie modelovania a simulácie v rámci krízového riadenia vybraného subjektu

The Use of Modeling and Simulation in the Crisis Management of
Selected Objects

Bc. Lukáš Fehér

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš FEHÉR**
Osobní číslo: **A10310**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Téma práce: **Využití modelování a simulace v rámci krizového řízení vybraného subjektu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na téma krizové řízení.
2. Pojednejte o obecných principech modelování a simulace.
3. Diskutujte o sw podpoře modelování a simulace.
4. Analyzujte současný stav využívání modelování a simulace pro podporu krizového řízení ve vybraném subjektu.
5. Navrhněte konkrétní využití modelování a simulace pro podporu krizového řízení ve vybraném subjektu na praktickém příkladě.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. SR., Zákon č. 387/2002 Zb. o řízení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu.
2. Babinec, F., Management rizika, Loss Prevention and Safety Promotion, Brno 2005.
3. BERNATÍK, Aleš. Prevence závažných havárií I. [online]. Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <http://www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/fbi/040/cs/sys/resource/PDF/skripta-PZH-I.pdf>.
4. BERNATÍK, Aleš. Prevence závažných havárií II. [online]. Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <http://www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/fbi/040/cs/sys/resource/PDF/skripta-PZH-II.pdf>.
5. HROMADA, M., Využitie modelovania v problematike ochrany kritickej infraštruktúry/The modeling use in area of Critical Infrastructure protection, In: Security Magazín, Číslo 96, 2010, ISBN ? 1210-8723

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Hromada, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

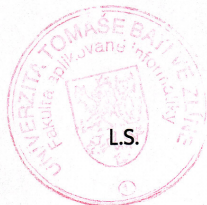
24. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

15. května 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cieľom tejto diplomovej práce je poukázať na dôležitosť informačnej podpory krízového riadenia pre riešenie mimoriadnej udalosti a pre samotnú prevenciu pred jej možným vznikom. Ďalej práca pojednáva o možnostiach softwarového riešenia modelovania a simulácie úniku nebezpečných chemických látok, ktoré ohrozujú životy, zdravie a majetok obyvateľstva, zvieratá, ako aj životné prostredie. Praktická časť skúma doterajšie využitie informačnej podpory pre modelovanie a simuláciu úniku nebezpečných látok a porovnanie existujúcej dokumentácie s výstupom vlastnej simulácie vybranej situácie vo vybranom objekte, kde následne na to bol do určitej miery optimalizovaný proces krízového riadenia municipality.

Kľúčové slová:

Krízové riadenie, analýza rizika, krízové plány a plánovanie, riadenie rizika, modelovanie, simulácia.

ABSTRACT

The main aim of this thesis is to show the importance of information support in crisis management in order to deal with an emergency situation and the possibility to prevent its occurrence. In addition, this thesis discusses the possibilities of software solution which involves modeling and simulating the release of dangerous chemicals that threaten lives, health and property of people, animals and the environment. The practical part examines the present use of information support for modeling and simulation of release of the dangerous substances and is compared to the existing documentation with the output of my own simulation in chosen situations within the selected object. Afterwards, the process of crisis management of municipality is optimized to some extent.

Keywords:

Crisis management, risk analysis, crisis plans and planning, risk management, modeling, simulation.

PodĎakovanie:

Touto cestou by som sa chcel poĎakovať všetkým, ktorí sa podieľali na vzniku tejto práce a ich cenné rady a usmernenie si veľmi vážim. V prvom rade sa chcem poĎakovať Ing. Martinovi Hromadovi Ph.D., za výborné vedenie pri písaní práce, za odborné rady a zapožičanie odbornej literatúry. Ďakujem tiež pánovi Ing. Vladimírovi Jankovičovi za cennú pomoc zo strany Oddelenia civilnej ochrany a krízového riadenia Obvodného úradu v Trenčíne. A v neposlednej rade sa chcem poĎakovať svojej rodine, priateľke a najbližším za dlhodobú podporu pri mojom štúdiu.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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 diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČASŤ	11
1 ÚVOD DO KRÍZOVÉHO RIADENIA	12
1.1 ZÁKLADNÉ POJMY	12
1.2 LEGISLATÍVA.....	15
1.2.1 Zákon o krízovom riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu.....	15
1.2.2 Zákon o integrovanom záchrannom systéme.....	17
1.2.3 Zákon o prevencii závažných priemyselných havárií.....	18
1.2.4 Zákon o štátnych hmotných rezervách.....	19
1.3 KRÍZOVÉ RIADENIE.....	20
1.4 KRÍZOVÉ PLÁNY	21
1.5 HAVÁRIE A KRÍZOVÉ PLÁNOVANIE.....	22
2 ANALÝZA A RIADENIE RIZÍK	25
2.1 JEDNOTLIVÉ PRÍSTUPY RIADENIA RIZÍK.....	26
2.1.1 Check List	26
2.1.2 Analýza What If.....	26
2.1.3 HAZOP (HAZard and OPerability Study)	27
2.1.4 Metóda Stromu udalostí – (ETA).....	28
2.1.5 Analýza Stromu porúch – (FTA).....	29
2.2 RIADENIE RIZÍK	30
2.2.1 Stanovenie rámca, kontextu	31
2.2.2 Identifikácia rizík a ich zdrojov.....	31
2.2.3 Analýza rizík.....	31
2.2.4 Vyhodnotenie rizík.....	32
2.2.5 Riadenie rizík	33
2.2.6 Monitorovanie	33
2.2.7 Informovanie.....	33
3 MODELOVANIE A SIMULÁCIA	35
3.1 MODELOVANIE.....	35
3.1.1 Modelovanie únikov a rozptylov	36
3.1.2 Modelovanie výtokov.....	37
3.1.3 Modelovanie vyparovania.....	38
3.1.4 Modelovanie expozícií a poškodení.....	38
3.1.5 Modelovanie požiarov a výbuchov	40
3.1.6 Modelovanie tlakových účinkov pri výbuchu mraku pár	42
3.2 PROGRAMY PRE MODELOVANIE NÁSLEDKOV HAVÁRIÍ	43
3.2.1 ALOHA.....	43
3.2.2 EFFECTS	44
3.2.3 Program TerEx	44

II	PRAKTICKÁ ČASŤ.....	48
4	ANALÝZA SÚČASNEJ SITUÁCIE VYUŽITIA MODELOVANIA A SIMULÁCIE V KRÍZOVOM RIADENÍ.....	49
4.1	OBVODNÝ ÚRAD TRENČÍN.....	49
4.2	VYUŽITIE MODELOVANIA A SIMULÁCIE PRE PODPORU KRÍZOVÉHO RIADENIA VYBRANÉHO OBJEKTU	50
5	MODELOVANIE MIMORIADNEJ UDALOSTI VO VYBRANOM OBJEKTE	55
5.1	VYBRANÝ PROGRAM (TEREX).....	55
5.2	VYBRANÝ OBJEKT – ZIMNÝ ŠTADIÓN PAVLA DEMITRU	56
5.2.1	Popis prostredia zimného štadióna.....	56
5.2.2	Popis nebezpečnej chemickej látky – zdroj rizika	57
5.3	WHAT – IF ANALÝZA MOŽNEJ MIMORIADNEJ UDALOSTI	59
5.4	MODELOVANIE A SIMULÁCIA ZVOLENEJ MIMORIADNEJ UDALOSTI	60
	ZÁVER	67
	ZÁVER V ANGLIČTINE	69
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	71
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	73
	ZOZNAM OBRÁZKOV	74
	ZOZNAM GRAFOV	75
	ZOZNAM TABULIEK	76
	ZOZNAM PRÍLOH	77

ÚVOD

V dnešnej dobe čelíme hrozbám rôzneho charakteru. K prírodným hrozbám, ako sú požiare, povodne, zosuvy pôdy a pod., pribudli aj hrozby priemyselných havárií či terorizmu. Prepojenie alebo naviazanie rôznych systémov a priemyselnej výroby by mohlo spôsobiť, že v prípade ohrozenia jedného systému zlyhá aj druhý a následne ďalší. Z tohto dôvodu je dnes nutné podporiť krízové riadenie a prevenciu pred vznikom mimoriadnej udalosti najmodernejšou dostupnou informačnou podporou.

Diplomová práca je delená na teoretickú a praktickú časť a jej téma bola vybraná z dôvodu poukázania dôležitosti správneho výberu a použitia informačnej podpory pre krízové riadenie, akou je modelovanie a simulácia úniku nebezpečných látok. V teoretickej časti zhrniem doterajšie poznatky ohľadne krízového riadenia, a jeho informačnej podpory v súčasnej legislatíve Slovenskej republiky. Práve v legislatívnej časti práce chcem načrtnúť hierarchiu krízových orgánov v štátnej správe a ich činnosti, ktoré sú potrebné pre prevenciu pred vznikom mimoriadnej udalosti a jej následne riadenie v prípade jej vzniku. Pre správne a hlavne dostačujúce krízové riadenie považujem za hlavné vybrať správnu metódu analýzy rizík a využitie softwarových nástrojov, ktoré po následnej analýze rizík dokážu účinne a veľmi presne namodelovať prípadné účinky mimoriadnej udalostí, ktorou môže byť únik nebezpečnej chemickej látky, jej dopad na obyvateľstvo a životné prostredie v okolí havárie. Z tohto dôvodu popíšem jednotlivé prístupy riadenia rizík, ktoré sú dnes najrozšírenejšie.

Teoretická časť práce taktiež pojednáva o všeobecných princípoch modelovania a simulácie mimoriadnych udalostí, ako sú výtoky, rozptyly, vyparovanie, expozícia a poškodenia, požiare a výbuchy a tiež tlakové účinky pri výbuchu mraku pár. V tejto kapitole uvediem tie najznámejšie softwarové nástroje, ktoré dokážu modelovať a simulovať účinky takýchto havárií.

Praktická časť práce skúma stav využívania moderných modelovacích nástrojov a informačnú podporu pri krízovom riadení. Pre túto časť práce som si vybral analyzovanie využívania takýchto nástrojov v oddelení civilnej ochrany a krízového riadenia Obvodného úradu v Trenčíne. Metódou interview zanalyzujem súčasný stav využívania informačnej podpory pre podporu krízového riadenia v prípade existujúceho modelovania vybranej mimoriadnej udalosti, porovnam tieto závery s vlastným modelovaním danej udalosti, ktoré

vykonám programom TerEx a následne zhodnotím rozdiely a v prípade potreby navrhnem určitú formu optimalizácie procesu krízového riadenia.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 ÚVOD DO KRÍZOVÉHO RIADENIA

Na subjekty, či už majú tieto subjekty súkromný charakter, teda sa jedná o súkromné firmy, výrobné závody, rôzne pracoviská a pod., alebo sa jedná o subjekty, ktoré patria do vlastníctva štátu a ich chod zabezpečuje štát, pôsobia rôzne nepriaznivé vplyvy, ktoré môžu narúšať plynulý a hlavne bezpečný chod organizácie alebo firmy. Tieto vplyvy následne vytvárajú mimoriadne situácie, ktoré je nutné riešiť ihneď, pretože môžu ohroziť zdravie a životy ľudí, zvierat a majetok, taktiež môžu významným spôsobom ovplyvniť životné prostredie.

Práve v spôsobe riadenia udalostí je zásadný rozdiel medzi obyčajným riadením a tým krízovým, nakoľko pri krízovom riadení nikdy presne nevieme, ako sa krízový stav a situácia celkovo vyvinie. Aj keď existujú rôzne metódy a softwarové aplikácie, ktoré nám dokážu predpovedať následný vývoj krízovej situácie, vždy sa môže stať, že sa krízová situácia vyvinie inak alebo aspoň s malými odchýlkami a je nutné tento stav pohotovo a účinne riešiť.

Krízové riadenie je v dnešnej dobe žiadané omnoho viac ako tomu bolo v minulosti. Tento stav je spôsobený hlavne tým, že okrem „klasických hrozieb“, ako sú napríklad povodne alebo iné mimoriadne udalosti spôsobené prírodou, vznikli aj hrozby nové, medzi ktoré jednoznačne patrí možnosť teroristického útoku alebo priemyselnej havárie. Spoločnosť je čoraz viac závislá na technológiách a technologické procesy sú navzájom rôznymi spôsobmi prepojené. Práve toto prepojenie ešte zvyšuje možnosť vzniku mimoriadnej udalosti. Jednotlivé technologické procesy spolu nie len že súvisia, ale sú na seba naviazané. Preto ak vznikne jedna mimoriadna udalosť v prvom procese, v druhom, naviazanom procese, môže vzniknúť ďalšia mimoriadna udalosť atď. Práve z dôvodu možného ohrozenia subjektu a v súvislosti s potrebou zvládnutia danej situácie, je potrebné krízové riadenie a taktiež je potrebná aj informačná podpora krízového riadenia, ktorá by krízové riadenie vhodne podporovala.

1.1 Základné pojmy

Pre lepšie pochopenie tejto predmetnej oblasti je vhodné, aby sme si definovali vybrané základné pojmy, ktoré sú v problematike krízového riadenia používané. Správne vysvetlenie jednotlivých výrazov a definícií je nenahraditeľné z toho dôvodu, aby sa predchádzalo

možným nedorozumeniam. V rôznych odborných literatúrach však môžeme nájsť viacero definícií, ktoré si teraz vysvetlíme bližšie. Niektoré výrazy alebo slovné spojenia sú definované priamo v zákonoch a tieto sú samozrejme hierarchicky najvyššie.

- **Krízové riadenie/krízový manažment** (z anglického management od *to manage* – riadiť, narábať). Ako už samotný názov napovedá, jedná sa o riadenie. Myslíme tým riadenie firmy, organizácie alebo jednoducho procesu či situácie, ktoré je potrebné v dobe samotného pôsobenia krízovej situácie riešiť. Krízový manažment má však za úlohu činnosti ako: analyzovať možné riziká, vytvárať krízové plány, robiť preventívne opatrenia a iné činnosti, ktoré majú za úlohu predvídať krízové stavy, pripravovať sa na možné riziká a v prípade vzniku takýchto udalostí správne a pohotovo konať.

Definícia krízového riadenia: „*Krízové riadenie je séria systematicky aplikovaných predvídajúcich a reaktívnych opatrení, ktoré umožňujú prevenciu, prípravu, reakciu a elimináciu tiesňových a krízových stavov.*“¹

Krízové riadenie je vymedzeným pojmom, ktorý má právny podklad v zákone 387/2002 Z. z. o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu. Zákon hovorí, že sa jedná o súhrn riadiacich činností, ktoré sa zameriavajú na analýzu a vyhodnotenie bezpečnostných rizík a ohrození a taktiež sa zaoberajú plánovaním, prevenciou, organizovaním, realizáciou a kontrolou činností vykonávaných pri príprave na krízové situácie a pri ich riešení.

- **Krízový štáb** – tento termín je opäť definovaný priamo v zákone 387/2002 Z. z. o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu, ako výkonný orgán orgánov krízového riadenia. Jeho úlohou je analyzovať riziká vzniknutej krízovej situácie a následne navrhnúť opatrenia, ktoré budú účinné na riešenie, a ktoré budú koordinovať činnosť všetkých zasahujúcich zložiek, v dobe pôsobenia krízovej situácie.

¹ MATULČÍKOVÁ, Marta a Otakar SRNA. *Krízový manažment*. 1. vyd. Bratislava: Ekonóm, 2002. ISBN 80-225-1595-7.

- **Krízová situácia** – Zákon 387/2002 Z. z. o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu definuje toto slovné spojenie ako obdobie, počas ktorého je bezprostredne ohrozená alebo narušená bezpečnosť štátu a ústavné orgány môžu po splnení podmienok, ktoré sú dané v ústavnom alebo inom zákone, vyhlásiť na riešenie takejto situácie výnimočný stav, núdzový stav alebo mimoriadnu situáciu.

Jedná sa vždy o situáciu, ktorá je vymedzená časovo a taktiež priestorovo, ktorá narušuje rovnovážny stav (spoločenský, prírodný alebo technologický). V dôsledku tohto narušenia sú ohrozené životy ľudí, životné prostredie, ekonomika alebo aj duchovné a hmotné hodnoty štátu či regiónu a jeho obyvateľov. [4]

- **Mimoriadna udalosť** – jedná sa o závažnú udalosť, ktorá je ťažko predvídateľná a priestorovo ohraničená, ktorú spôsobili prírodné živly, technická alebo technologická havária, či porucha, a ktorá výrazne ovplyvnila chod systému, ohrozuje životy a zdravie ľudí, životné prostredie a zvieratá. Táto udalosť môže byť zapríčinená aj úmyselným konaním človeka. [4]
- **Havária** – pojem havária si často spájame s dopravnou nehodou. V našej problematike sa však jedná o mimoriadnu udalosť, kedy vznikne technická alebo technologická porucha, ktorá má za následok únik nebezpečných látok do okolia. Tento únik má následne nepriaznivý alebo ničivý vplyv na životy a zdravie obyvateľov, zvieratá, majetok a životné prostredie. [4]
- **Riziko** je pojem, ktorý sa používa bežne. Jedná sa o vyjadrenie možnosti, že sa niečo stane alebo naopak nestane. V oblasti krízového riadenia sa teda jedná o vyjadrenie pravdepodobnosti narušenia objektu, firmy, systému alebo rovnovážneho stavu, a teda vyjadrenie, kedy vznikne krízová situácia alebo mimoriadna udalosť.
- **Modelovanie** – Pod týmto pojmom si predstavme proces vytvárania, konštrukcie alebo stavby modelu, ktorý predstavuje daný originál. [8]
- **Simulácia** – Ak už je vytvorený model, tak sa pristupuje k simulácii určitej udalosti na tomto modeli. Jedná sa v podstate o skúmanie, ako sa bude situácia vyvíjať a k tomu nám slúži práve model. Pri tomto procese si môžeme vyskúšať rôzne

varianty vývoja danej udalosti. Simulácia nám takisto ponúka možnosť reagovať na vzniknutú situáciu.

1.2 Legislatíva

Z hľadiska krízového riadenia štátu mimo času vojny a vojnového stavu je legislatíva veľmi dôležitá. Podľa platnej legislatívy totiž krízové orgány majú definované práva a skutočnosti, ktoré sú v legislatíve stanovené. Napríklad zákon o krízovom riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu jasne stanovuje, ktoré orgány sa považujú za orgány krízového riadenia. Stanovuje ich hierarchiu, čo je kľúčové pri riešení krízových situácií, a taktiež určuje úkony, ktoré musia v rámci svojej pôsobnosti splňovať.

Do legislatívy pre krízové riadenie je nutné zaradiť aj zákon 129/2002 Z. z. o integrovanom záchrannom systéme, ďalej zákon 261/2002 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a taktiež zákon 251/2007 Z. z., čo je úplne znenie zákona č. 82/1994 Z. z. o štátnych hmotných rezervách doplnený ďalšími právnymi predpismi.

1.2.1 Zákon o krízovom riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu

Zákon 387/2002 Z. z. o krízovom riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu je kľúčový pre prípravu krízových orgánov a pri riešení krízových situáciách. V rámci charakteru svojej práce som tiež pokladal za nutné vypísať niekoľko povinností krízových orgánov, ktoré tento zákon stanovuje.

Tento zákon sa ďalej zaoberá pôsobnosťou orgánov verejnej moci pri riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu. Ďalej upravuje všetky práva a povinnosti právnických a fyzických osôb pri príprave na krízové situácie a pri ich riešení. Taktiež vymedzuje sankcie, ktoré sú udeľované za porušenie povinností, ktoré tento zákon určuje.

§3 určuje orgány krízového riadenia nasledovne:

- a) Vláda Slovenskej republiky, bezpečnostná rada Slovenskej republiky,
- b) ministerstvá a ostatné ústredné orgány štátnej správy (ďalej len „ministerstvo“),
- c) Národná banka Slovenska,

- d) Krajský úrad,
- e) Bezpečnostná rada okresu,
- f) obec.

V nasledujúcich paragrafoch (§4 - §10) sa zákon podrobne venuje právam a povinnostiam jednotlivým orgánom krízového riadenia. §4 rieši povinnosti vlády, ktorá prijíma opatrenia na predchádzanie krízovým situáciám a ich riadenie. Vláda predstavuje v hierarchii najvyšší orgán krízového riadenia, a preto kontroluje ostatné orgány krízového riadenia. Zriaďuje ústredný krízový štáb, ktorý koordinuje činnosť ostatných orgánov. Vláda taktiež rozhoduje o technickej a humanitárnej pomoci zo zahraničia pri riešení krízovej situácie.

Ministerstvo, podľa §5, vedie prehľad zdrojov rizík, ktoré môžu zapríčiniť vznik krízovej situácie. Zriaďuje krízový štáb a tiež vykonáva civilné núdzové plánovanie. Rozhoduje o opatreniach, ktoré povedú k riešeniu krízovej situácie a k odstráneniu alebo k zmierneniu jej dopadov. Ostatným krízovým orgánom poskytuje na vyžiadanie podklady potrebné na plnenie ich úloh a spolupracuje s nimi.

§6 stanovuje, okrem úloh stanovených v §5, ďalšie povinnosti Ministerstvu vnútra SR, medzi ktoré patria napríklad zabezpečenie činnosti ústredného krízového štábu a organizovanie jeho odbornej prípravy. Dôležitou úlohou Ministerstva vnútra SR je kontrola plnenia plánov civilného núdzového plánovania.

Krajský úrad vo svojom obvode zriaďuje krízový štáb, koordinuje činnosť jemu podriadených orgánov pri príprave na krízové situácie a pri ich riešení a činnosť podnikateľov a civilných osôb pri civilnom núdzovom plánovaní. Vykonáva kontrolu civilného núdzového plánovania okresov a obcí. Podľa §8 je ďalej povinný plniť ustanovenia vlády a spolupracovať s vyššími ako aj s nižšími orgánmi krízového riadenia. Krajský úrad taktiež koordinuje stredisko integrovaného záchranného systému.

Okresný úrad taktiež vykonáva opatrenia na riešenie krízových situácií vo svojom obvode. Koordinuje podriadené obce pri príprave a pri riešení krízovej situácie. Tak, ako aj krajský úrad, tak aj okresný úrad vykonáva civilné núdzové plánovanie a kontroluje toto plánovanie sebe podriadeným orgánom – obciam.

Obec, ako najnižší krízový orgán, plní svoje povinnosti na svojom území. Prijíma opatrenia na riešenie krízových situácií a uskutočňuje civilné núdzové plánovanie. Vyžaduje

poskytnutie pomoci od okresného úradu a zhromažďuje osobné údaje o počte osôb a totožnosti (meno, priezvisko, miesto pobytu a rodné číslo), ktoré sa v čase krízy nachádzajú na území obce.

V mimoriadnych situáciách majú orgány krízového riadenia právomoci žiadať od právnických osôb informácie a podklady, ktoré orgány krízového riadenia potrebujú na uskutočňovania civilného núdzového plánovania (§12). Tieto orgány môžu napríklad žiadať od firiem, ktoré by mohli spôsobiť mimoriadnu udalosť, zoznam nebezpečných látok a ich množstvo, ktoré vlastnia.

Orgány krízového riadenia sa v rámci prevencie pripravujú na vznik možných mimoriadnych udalostí. Organizujú sa rôzne cvičenia, aby sa precvičili reakcie a navrhované plány na riešenie mimoriadnych udalostí. Výstupom krízových orgánov v rámci prípravy a prevencie sú hlavne krízové plány, ktoré stanovujú, akým spôsobom sa bude mimoriadna situácia riešiť.

1.2.2 Zákon o integrovanom záchrannom systéme

Pri príprave na krízové situácie a pri ich riešení sú privolávané zložky integrovaného záchranného systému (IZS). Preto je nutná zmienka o zákone 129/2002 Z. z., ktorý rieši pôsobnosť IZS a taktiež definuje, ktoré zložky patria do IZS. Napríklad každý podnik, ktorý má potenciál spôsobiť mimoriadnu udalosť, je súčasťou plánovania hasičského záchranného zboru, ktorý je jednou z hlavných zložiek IZS.

Podľa zákona 129/2002 Z. z. o integrovanom záchrannom systéme, sa IZS definuje ako koordinovaný postup všetkých jeho zložiek pri zabezpečovaní ich pripravenosti a pri vykonávaní ich činností a opatrení súvisiacich s poskytovaním pomoci v tiesni.

Medzi základné zložky IZS patria:

- Hasičský záchranný zbor a Mestský hasičský a záchranný zbor hlavného mesta SR Bratislavy,
- záchranná zdravotná služba,
- útvary Policajného zboru a letecký útvar ministerstva,
- vojenské záchranné útvary civilnej ochrany a kontrolné chemické laboratóriá civilnej ochrany,

- banská záchranná služba.

K IZS, okrem vyššie spomenutých základných zložiek, patria aj iné zložky (tzv. ostatné zložky IZS), ktoré sú privolávané v závislosti na riešení mimoriadnej situácie. K riešeniu situácie môžu byť teda privolané aj tieto zložky:

- armáda SR,
- obecné hasičské zbory,
- závodné hasičské útvary,
- závodné hasičské zbory,
- pracoviská vykonávajúce štátny dozor alebo činnosti podľa osobitných predpisov,
- horská služba a Spolok horských vodcov,
- jednotky civilnej ochrany,
- obecná polícia,
- útvary železničnej polície,
- slovenský Červený kríž,
- iné právnické a fyzické osoby, ktorých predmetom činností je poskytovanie pomoci pri ochrane života, zdravia a majetku.

Zákon o IZS ďalej upravuje pôsobnosť a úkony, ktoré musia vykonávať jeho zložky v rámci svojej prípravy, riešenia mimoriadnej situácie a taktiež riešenia po krízovej situácii.

1.2.3 Zákon o prevencii závažných priemyselných havárií

Krízové riadenie musí riešiť rôzne mimoriadne udalosti, medzi ktoré nepochybne patria priemyselné havárie a úniky nebezpečných látok, ktoré by mohli ďalej ohroziť životy, zdravie, majetok a taktiež životné prostredie. Z tohto dôvodu som považoval za nutné zmieniť sa aj o zákone 261/2002 Z. z.

Zákon 261/2002 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií upravuje podmienky a postup pri prevencii závažných priemyselných havárií v podnikoch, v ktorých sa nachádzajú vybrané nebezpečné látky. Je zameraný na prevenciu a taktiež zdolávanie

priemyselných havárií a na obmedzovanie ich následkov na životoch a zdraví ľudí, majetku a životného prostredia v prípade ich vzniku.

Tento zákon sa však nevzťahuje na vojenské objekty a zariadenia a na budovy Ministerstva vnútra SR. Taktiež neupravuje prepravu, nakladanie a vykladanie a tiež dočasné uskladnenie vybraných nebezpečných látok počas ich prepravy. Nevzťahuje sa ani na skládky odpadov.

Zo zákona vyplýva, že medzi základné povinnosti prevádzkovateľov firiem, ktoré používajú alebo skladujú nebezpečné látky, je prijímať všetky preventívne opatrenia, ktoré zabraňujú alebo potlačujú riziko vzniku závažných priemyselných havárií (ZPH). Taktiež v prípade vzniku priemyselnej havárie musia prevádzkovatelia prijímať opatrenia na jej zdolanie a obmedzenie jej následkov na životy a zdravie obyvateľstva, majetku a životného prostredia.

Veľmi dôležitý je v rámci prevencie §6 tohto zákona, ktorý nariaďuje povinnosť prevádzkovateľovi zabezpečiť hodnotenie rizika. Hodnotenie rizika spočíva hlavne v tom, že sa identifikujú nebezpečenstvá, čiže zdroje rizika, ktoré môžu vyvolať ZPH a následne pridelit' týmto zdrojom rizika odpovedajúcu hodnotu pravdepodobnosti vzniku ZPH. Na základe hodnotenia rizík sa následne vypracováva dokumentácia podľa §7 až 9, §18 a §19. Veľká dôležitosť je kladená hlavne na havarijný plán, ktorý sa vypracováva podľa §18.

Sledovanie prepravy nebezpečných látok bolo legislatívne zrušené v roku 2005, takže úrady často ani nevedia kde a akým spôsobom sa nebezpečné látky prepravujú, nakoľko to firmy nemusia ohlasovať. Z tohto dôvodu sa krízové orgány zaoberajú monitorovaním stálych zdrojov nebezpečných látok, ktoré by mohli potenciálne ohroziť zdravie a životy ľudí, zvierat, majetok a taktiež životné prostredie.

1.2.4 Zákon o štátnych hmotných rezervách

Zákon 251/2007 Z. z. je úplne znenie zákona č. 82/1994 Z. z. o štátnych hmotných rezervách, ktorý je doplnený zákonmi 169/2001 Z. z., 291/2002 Z. z., 428/2003 Z. z. a zákonom č. 240/2006 Z. z.

Tento zákon je z hľadiska riešenia mimoriadnych udalostí dôležitý hlavne v tom, že upravuje možnosť použitia štátnych hmotných rezerv v období mimoriadnej udalosti, mimoriadnej situácie a krízovej situácie, o čom pojednáva §6 o mobilizačných rezervách.

Pre neodkladnú a bezodplatnú pomoc pri záchrane životov, zdravia a majetku obyvateľov postihnutých krízovou situáciou sa využívajú aj pohotovostné rezervy (§7).

Zákon 387/2002 Z. z. o krízovom riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu sa celý venuje problematike krízového riadenia, avšak niektoré zákony spomenuté v tejto podkapitole sú natoľko rozsiahle, že v rámci krízového riadenia je dôležité len vybrať určitú časť alebo konkrétny paragraf, ktorý sa priamo vzťahuje pre riešenie krízových situácie a teda, ktorý sa vzťahuje na krízové riadenie a súvisí s predmetom mojej práce.

1.3 Krízové riadenie

Každá organizácia, nech už je súkromná alebo štátna, má svoje vedenie, ktoré je zodpovedné za chod danej organizácie a systému. Toto vedenie stanovuje celkovú politiku firmy a následne sa snaží opatreniami dosiahnuť plnenie tejto politiky. Rovnako je to aj s krízovým riadením, ktoré sa venuje situáciám, ktoré majú krízový charakter. Z hľadiska štátu je to: *„súhrn riadiacich činností orgánov krízového riadenia, ktoré sú zamerané na analýzu a vyhodnotenie bezpečnostných rizík a ohrození, plánovanie, prijímanie preventívnych opatrení, organizovanie, realizáciu a kontrolu činností vykonávaných pri príprave na krízové situácie.“*²

Krízové riadenie v štátnej správe však môžeme porovnať s krízovým riadením v súkromnom podniku. Je to dané tým, že úkony, ktoré je nutné vykonať v rámci ochrany a prevencie pred krízovou situáciou sa vykonať musia, bez ohľadu na to, či sa jedná o krízové riadenie v súkromnom podniku alebo v štátnej správe. Rozdiel vidím v tom, že krízové riadenie v štátnej správe by malo prechádzať viacstupňovou kontrolou, nakoľko orgány, ktoré sú vyššie v hierarchii kontrolujú činnosť nižších orgánov krízového riadenia tak, ako je to dané v zákone č. 387/2002 Z. z. o krízovom riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu.

² Zákon č. 387/2002 Zb. o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu.

Ako už bolo povedané, hierarchiu a jednotlivé úlohy, ktoré musia krízové orgány splniť už boli spomenuté v podkapitole legislatíva. Najvrchnejší krízový orgán je teda Vláda SR, nasledujú ministerstvá a Národná banka Slovenska. Čo sa týka plošného pôsobenia máme na Slovensku vyššie územné celky, teda kraje, ktoré sa členia na jednotlivé okresy. Z toho jasne vyplýva, že krízovými orgánmi sú ďalej krajské úrady, pod nich patria bezpečnostné rady okresu a až potom sú jednotlivé obce ako krízové orgány.

Každý zo spomenutých orgánov má teda podľa platnej legislatívy (zákon č. 387/2002 Z. z. o krízovom riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu) určité povinnosti, ktoré musí dodržiavať, ako je tvorba plánov, prevencia pred mimoriadnou udalosťou, aktualizácia krízových plánov a pod. (viz. podkapitolu 1.2.1.). Kľúčovou povinnosťou krízových orgánov je podľa môjho názoru krízové plánovanie, a preto by som sa mu chcel venovať obsiahlejšie.

1.4 Krízové plány

Tak, ako tomu je v obyčajnom manažmente, tak aj ten krízový môžeme rozdeliť na tri základné oblasti a teda na plánovanie, organizovanie a kontrolu. Najväčší dôraz by sa mal kláď na plánovanie, pretože vytvorené plány, ktoré sú funkčné a sú vytvorené odborníkmi, dokážu rýchlo a efektívne navrhovať krízovým orgánom čo sa má v danej situácii vykonať a akým spôsobom.

Vyhláška Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 385/2011 Z. z. vykonáva niektoré ustanovenia, ktoré vyplývajú zo zákona 387/2002 Z. z. o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu v znení neskorších predpisov. Táto vyhláška, zjednodušene povedané, pojednáva aj o obsahu, štruktúre, rozsahu a tiež o spôsobe aktualizácie údajových dokumentov, medzi ktoré jednoznačne patria aj krízové plány.

Štruktúru, obsah, rozsah a spôsob aktualizácie údajových dokumentov a informácií upravuje §6 spomínanej vyhlášky, v ktorom sa stanovuje, aké údaje musí obsahovať údajový dokument. Tu sa jasne hovorí o tom, že údajový dokument musí obsahovať údaje o zdroji rizika, ktoré má potenciál spôsobiť krízovú situáciu. Jedná sa hlavne množstvo nebezpečnej látky (chemickej, jadrovej, biologickej a bakteriologickej látky, výbušniny, trhaviny), o vodohospodárskom diele, o objektoch, ktoré môžu byť predmetom

teroristického útoku, drancovania alebo hromadného útoku. [15] Údajový dokument musí samozrejme obsahovať aj údaje o subjekte, ako sú jeho identifikačné údaje (názov, identifikačné číslo organizácie, adresa, bankové spojenie, telefonické alebo iné spojenie, predmet podnikania alebo činnosti) a pod.

§7, spomínanej vyhlášky, pojednáva o krízových plánoch pre subjekty, ktoré sa skladajú zo šiestich kapitol[15]:

- I. kapitola – Metodika činnosti subjektu na dosiahnutie stavu pripravenosti na vykonanie hospodárskej mobilizácie a činnosť subjektu po vzniku krízovej situácie,
- II. kapitola – Závazky subjektu na zabezpečenie vykonávania určeného opatrenia hospodárskej mobilizácie pre núdzový stav, výnimočný stav, vojnový stav alebo vojnu,
- III. kapitola – Zhodnotenie podmienok subjektu na splnenie záväzku,
- IV. kapitola – Požiadavky na splnenie záväzku,
- V. kapitola – Doplnujúce údaje a prílohy,
- VI. kapitola – Spôsob vykonania opatrení hospodárskej mobilizácie

Považoval som za nutné uviesť, čo všetko má obsahovať krízový plán subjektu, nakoľko krízové orgány, ktoré sú určené v §3 zákona 387/2002 Z. z. o krízovom riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu, majú v rámci svojej kompetencie právo žiadať náležité doklady a informácie od subjektov a právnických osôb, ktoré potrebujú na civilné núdzové plánovanie.

1.5 Havárie a krízové plánovanie

Krízové plánovanie v SR sa dá rozčleniť na obranné plánovanie, civilné núdzové plánovanie a havarijné plánovanie. V rámci krízového plánovania je teda možné spracovávať[16]:

1. Havarijný plán:
 - a) Havarijný plán subjektu, ktorý je potenciálnym ohrozovateľom okolia

- b) Havarijný plán objektu (obce, regiónu), ktorý je ohrozeným objektom na svojom území, prípadne v okolí

2. Krízový plán:

- a) Krízový plán subjektu hospodárskej mobilizácie
- b) Krízový plán záchranej jednotky
- c) Krízový plán podnikateľského subjektu

O krízovom pláne sa môžeme baviť ako o špecifickom plánovacom dokumente, ktorý rozpracováva opatrenia pre riešenie konkrétnych krízových javov, ktoré by mohli v určitých podmienkach ohroziť objekt, ktorý tieto plány vytvára. Krízový plán by sa mal spracovávať na určité obdobie, ktoré je jednoznačne vymedzené z časového a obsahového hľadiska, ale aj vymedzené z hľadiska právnych noriem. Krízový plán je dôležitým nástrojom pre riadenie v dobe krízovej situácie a v prevencii pred nimi a úlohy, ktoré sú v ňom rozpracované sú záväzné pre všetky subjekty, ktorých sa plán týka.

Krízové plánovanie všeobecne zahrňuje[16]:

- Súbor konkrétnych manažérskych činností, ktoré sú vykonávané krízovými manažermi určených subjektov. Ten má za cieľ pripraviť všetky dotknuté strany na vznik kríz, zabrániť ich nárastu, minimalizovať ich negatívny dopad na samotný subjekt a okolie a vytvoriť podmienky pre zistenie fungovania štátu a jeho občanov.
- Organizačné, personálne, ekonomické a materiálne opatrenia a zabezpečenia, a ďalšie špecifické opatrenia, ktoré majú za cieľ:
 - podieľať sa na znižovanie pravdepodobnosti vzniku kríz, ktoré môžu ohroziť bezpečnosť SR,
 - riadiť priebeh krízových javov v príznakovej fáze a tak zabrániť jej rozšíreniu,
 - získať kontrolu nad krízou, ovplyvňovať jej ďalšie smerovanie a vývoj a navrhovať prijateľné opatrenia,
 - zaistiť najvýhodnejšie riešenie vzniknutej krízy,
 - efektívne krízu riešiť s cieľom znížiť na minimum straty na ľudských životoch a zabrániť značným škodám na majetku,

- zaistiť výkonné prvky krízového riadenia a aj občanov prostriedkami, ktoré sú potrebné pre riešenie krízy počas jej existencie a počas jej priebehu.

Záverom tejto podkapitoly považujem za nutné zdôrazniť, že krízové plánovanie je veľmi špecifická činnosť. Je na mieste, aby sa táto činnosť vykonávala čo najlepšie a vhodnými odborníkmi, nakoľko od krízových plánov sa následne odvíjajú ďalšie činnosti, akými sú samozrejme prevencia pred mimoriadnou udalosťou, jej riešenie a taktiež aj vykonávanie pokrízových činností. Krízové plánovanie je jednoducho veľmi dôležitou činnosťou, na základe ktorej sa dosahuje požadovaná úroveň krízovej pripravenosti.

2 ANALÝZA A RIADENIE RIZÍK

Existujú rôzne metódy, ktoré sa využívajú pre potreby krízového riadenia v rámci analýzy rizík. Každá jedna metóda je založená na inom princípe, niektoré sú vhodné pre všetky fázy návrhu, iné sa zase dajú použiť len v určitých fázach a niektoré môžu dokonca na seba naväzovať. Správny výber použitej metódy je však kľúčový, nakoľko použitá metóda ovplyvňuje kvalitu bezpečnostného hodnotenia a celkovej štúdie alebo návrhu. Pri výbere vhodnej metódy však musíme posudzovať niekoľko faktorov, ako sú bezpochyby ciele, ku ktorým má výsledok analýzy slúžiť, kvalita vstupných dát a taktiež berieme do úvahy nároky na presnosť výsledkov.

Metódy z hľadiska spôsobu vyjadrenia používaných veličín môžeme rozdeliť na kvalitatívne a kvantitatívne.

Kvalitatívne metódy³:

- Check list
- What If
- ETA – Event Tree Analysis (analýza stromu udalostí)
- Hazard and Operability Study (HAZOP)
- Safety audit – bezpečnostná kontrola
- Kombinácia What If a Check List analýz

Výhodou kvalitatívnych metód je menšia časová náročnosť a aj to, že sú jednoduchšie.[13]

Kvantitatívne metódy³:

- FTA – Fault Tree Analysis (analýza stromu porúch)
- Analýza zlyhania a ich dopadov
- Analýza spoľahlivosti ľudského činiteľa
- Analýza kvantitatívnych rizík procesu

³ Učebné texty, prednášky z predmetu Projektovanie integrovaných systémov, Ing. Jan Valoch, Ph.D.

Kvantitatívne metódy sú časovo náročné. Používajú sa v nich aj matematické výpočty rizika z frekvencie výskytu hrozieb a ich dopadov. Často vyjadrujú finančné dopady.[13]

2.1 Jednotlivé prístupy riadenia rizík

Metód, ktoré môžeme pri návrhu použiť je viacero. Ja som vypísal najčastejšie používané metódy, ktoré sa od seba odlišujú hlavne svojou náročnosťou a časom, ktorý je potrebný na ich použitie.

2.1.1 Check List

Ako samotný názov hovorí, jedná sa vlastne o akýsi kontrolný zoznam (Check List), podľa ktorého postupne kontrolujeme uvedené „položky“ zoznamu. Týmto zoznamom sa vlastne overuje skutočný stav systému. V prvom rade sa stanovujú podmienky a opatrenia, ktoré musí organizácia splňovať. Sú to určité charakteristiky, ktoré musia splňovať jednotlivé prvky systému. Následne sa vytvorí kontrolný zoznam, kde sú stanovené kontrolné otázky. Podľa týchto otázok sa systematicky kontroluje celý systém a všetky skutočnosti, ktoré môžu mať vplyv na zlyhanie systému, vznik nebezpečnej udalosti a taktiež aj potenciálny dopad ich zlyhania. Tieto kontrolné zoznamy môžu mať rôznu štruktúru od tých najjednoduchších, kde sa len odškrtať, či je splnená požiadavka, až po zložité formuláre. Ich výhoda je tá, že túto metódu môžu vykonávať aj menej skúsenejší pracovníci, nakoľko sa jedná o akési „mechanické“ posudzovanie reálneho stavu. Kvalita kontrolného zoznamu však závisí na jeho autorovi, a teda by ich mali zostavovať pracovníci, ktorí sú skúsenejší a majú prax. Je takisto nutné, aby sa tieto zoznamy po určitej dobe aktualizovali.[9]

2.1.2 Analýza What If

Analýza What If (Čo ak) sa zaoberá skúmaním možných situácií, ktoré sa môžu vyskytnúť v organizácii a v procese samotnom. Je to metóda, v ktorej sa využíva brainstorming, kde odborníci, ktorí sú dobre oboznámení so skúmaným procesom, pojednávajú o situáciách a reagujú na položené otázky: Čo sa stane ak...? Táto metóda je založená na základe takýchto otázok od odborníkov, ktorí týmto spôsobom predkladajú možné problémy, ktoré môžu v procese nastať. Jedná sa hlavne o rôzne poruchy a pod. Následne sa hľadajú riešenia a vytvárajú sa protiopatrenia, aby tieto možné situácie nemohli nastať.

Keďže metóda vychádza z dotazov od tímu odborníkov, je nutné, aby títo pracovníci boli skúsení a tvoriví. Jedná sa v podstate o intuitívne odhaľovanie rôznych možností, ktoré môžu nastať. Táto metóda hodnotenia rizík patrí medzi obľúbené metódy, nakoľko nie je časovo náročná. [9]

V podstate sa skladá z dvoch fáz [9]:

Prvá fáza metódy What if spočíva v tom, že sa zhromažďujú všetky dostupné materiály. Tieto materiály slúžia tímu odborníkov na to, aby sa dostatočne oboznámili s procesom, ktorý je skúmaný. Vhodné je samozrejme aj vizuálne oboznámenie s budovou, kde sa skúmaný proces realizuje, teda napríklad sklad, kde sa uskladňujú nebezpečné látky alebo výroba, pri ktorej sa tieto látky používajú a pod.

Druhá fáza spočíva na tom, že sa tím pracovníkov podrobne oboznámi s tým, ako celý proces funguje a taktiež sú popísané už fungujúce bezpečnostné opatrenia. Dôležitým bodom druhej fázy je zostavovanie samotných otázok: Čo sa stane ak..? Tím sa snaží dostatočne zodpovedať všetky nastolené otázky a predkladajú sa konkrétne riešenia, ktoré majú zabrániť tomu, aby ku krízovým situáciám došlo.

Pri zostavovaní jednotlivých návrhov, a taktiež samotných otázok, sa môže vychádzať z iných analýz, ktoré boli vykonané v minulosti. Taktiež sa narába s praxou, ktorú krízoví manažéri počas svojej pracovnej činnosti nazbierali. Títo pracovníci jednoducho riešia určité možnosti. Jedná sa o možnosti vzniku nebezpečných situácií, ich následné riešenie, ale taktiež samotná prevencia, ktorá má za úlohu zabrániť a predchádzať nebezpečným situáciám. Výstupom samotnej analýzy by teda mali byť riešenia, ktoré majú za úlohu znížiť možné riziká.

2.1.3 HAZOP (HAZard and OPerability Study)

Analýza HAZOP patrí medzi kvalitatívne metódy bezpečnostných analýz. V preklade to znamená analýza ohrozenia a funkčnosti.

Postup štúdie metódou HAZOP je možné popísať týmito štyrmi krokmi[9]:

1. Popis účelu subsystému
2. Popis odchýlky od požadovanej funkcie
3. Nájdenie príčiny, ktorá vedie k popísanej odchýlky

4. Stanovenie možných následkov a doporučených zásahov

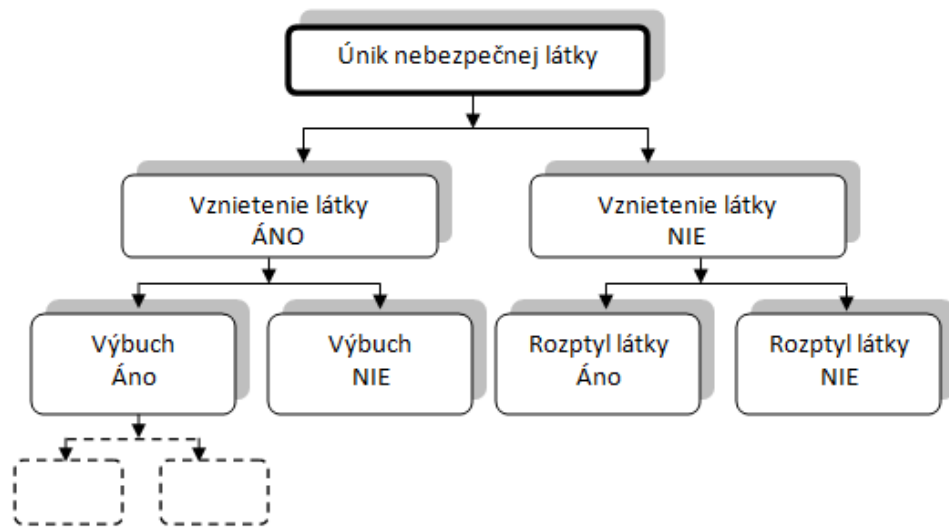
Ako je vidno, v postupe metódy HAZOP sa začína vždy popisom systému, ktorý je predmetom skúmania a riešenia (k čomu slúži, aká je jeho dôležitosť a pod.). Následne sa určí, aký je vlastne nežiaduci stav daného systému. Čiže sa definuje odchýlka systému. Avšak táto odchýlka nevznikne z ničoho nič. Musí existovať podnet, na základe ktorého odchýlka vznikne. Tento podnet sa musí nájsť a teda sa pristupuje k bodu 3. Záverom je popísanie nasledujúceho stavu, ktorý nastane po vzniku nežiaduceho stavu, teda aké sú možné následky. Výsledkom celej metódy je stanovenie toho, čo sa musí urobiť a zabezpečiť, aby sa predišlo k nežiaducemu stavu systému.

Príklad: Je potrebné, aby sa miestnosť, v ktorej sú uskladnené nebezpečné látky, zabezpečila klimatizáciou, ktorá by udržiavala stálu teplotu. Logicky je potom nežiaduci stav ten, že klimatizácia nebude fungovať a v miestnosti sa nebezpečne zvýši teplota. Určia sa však možnosti, ktoré povedú k tomuto stavu a následne sa stanovujú opatrenia, aby k nemu nedošlo.

Je to v podstate metóda brainstormingu, nakoľko skupina odborníkov systematicky skúma daný systém, vyhodnocuje možné odchýlky od žiadaného stavu a navrhuje riešenie. Systém sa však neskúma ako celok, ale rozloží sa na menšie celky – subsystémy. Rozdelenie celého systému na subsystémy je omnoho výhodnejšie, nakoľko riešenie je omnoho detailnejšie. Odhalia sa tak všetky teoretické cesty, ktoré by viedli k nežiaducemu stavu – k odchýlke. Veľkou výhodou tejto metódy je aj to, že sa dá použiť na rôzne problémy a taktiež v rôznej fáze návrhu a vývoja.

2.1.4 Metóda Stromu udalostí – (ETA)

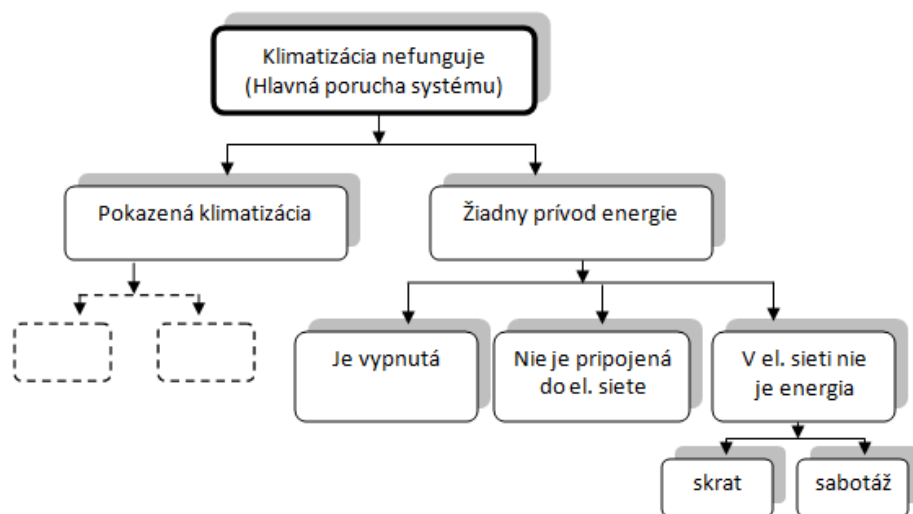
Metóda stromu udalosti (ETA – Event Tree Analysis) je indukčná metóda, ktorú môže vykonávať jeden analytik, no zväčša sa preferuje možnosť dvoch až štyroch analytikov. Táto metóda graficky (formou stromu), obr.1., znázorňuje možné logické následky stanovenej udalosti, resp. ako sa táto udalosť bude ďalej šíriť a čo sa bude diať. Pracuje sa však len s bezporuchovými alebo poruchovými stavmi – napríklad: nastane výbuch? Odpoveď je buď áno alebo nie, ak je odpoveď áno, tak čo bude nasledovať ďalej atď. Výsledky tejto analýzy poslúžia analytikom k záveru a k stanoveniu doporučených opatrení, ktoré by znížili dopady stanovenej prvotnej udalosti. [5]



Obr. 1: Metóda stromu udalostí

2.1.5 Analýza Stromu porúch – (FTA)

Jedná sa o deduktívnu metóda, ktorá postupne odhaľuje všetky možnosti, ktoré by mohli viesť k vzniku hlavnej poruche systému. Oproti metóde ETA sa postupuje od vrcholovej udalosti (hlavná porucha systému) a vytvára sa tak určité grafické zobrazenie možných menších porúch alebo zlyhaní, ktoré viedli k hlavnej poruche (obr.2). Skúmame tu samozrejme aj možné ľudské chyby, ktoré môžu mať negatívny vplyv na funkčnosť systému. Táto metóda je náročná na čas a nehodí sa pre prvotné fázy projektovania. Aj keď sa hodí aj na rozsiahlejšie systémy, práve rozsiahlosť tohto systému zvyšuje jej náročnosť. [5]



Obr. 2: Príklad analýzy stromu porúch.

Spomenuté metody sa od seba líšia nie len spôsobom vykonania, ale hlavne svojou náročnosťou a výstupnými dátami. Medzi tie jednoduchšie metódy môžeme zaradiť napríklad Check List. Pri tejto metóde sa totiž nemusia vyžadovať detailné znalosti bezpečnostnej analýzy. Jednoducho, podľa vytvoreného zoznamu, sa skontrolujú jednotlivé položky a zapíše sa ich aktuálny stav, teda či splňujú stanovený štandard. Omnoho detailnejšie výsledky a dôkladnejšie preverenie však zaručujú náročnejšie metódy, ako napríklad HAZOP, ktoré sú náročnejšie nie len na prevedenie, ale aj na čas. Výber použitej metódy teda závisí na tom s akými dátami chceme pracovať a k akým výsledkom sa chceme dopracovať. Výber vhodnej metódy ovplyvňuje aj doba, v ktorej sa nachádzame pri bezpečnostnom návrhu. Niektoré metódy sa totiž používajú v rannej fáze a niektoré sa dajú použiť v akejkoľvek fáze návrhu. V tabuľke č. 1 môžeme vidieť využitie metód v rôznych fázach procesu.

Tabuľka 1. Využitie metód [5]

	Check List	What if	HAZOP	ETA	FTA
Výskum a vývoj	-	+	-	-	-
Koncepčný návrh	+	+	-	-	-
Poloprevádzka	+	+	+	+	+
Detailný návrh	+	+	+	+	+
Montáž	+	+	-	-	-
Bezpečná prevádzka	+	+	+	+	+
Rozvoj/modifikácia	+	+	+	+	+
Vyšetrovanie metód	-	+	+	+	+
Preverenie	+	+	-	-	-

- zriedka využívané metódy alebo nevhodné

+ bežne využívané metódy

2.2 Riadenie rizík

Jedná sa o viacero činností, ktoré na seba nadväzujú. Tieto činnosti sú špecifické v tom, že by ich mali vykonávať odborníci, teda odborný tím. Riadenie rizík môžeme rozdeliť na tieto funkcie[9]:

1. Stanovenia rámca, kontextu
2. Identifikácia rizík a ich zdrojov

3. Analýza rizík
4. Vyhodnotenie rizík
5. Riadenie rizík
6. Monitorovanie
7. Informovanie

Týchto sedem funkcií riadenia rizík si bližšie vysvetlíme v nasledujúcich podkapitolách.

2.2.1 Stanovenie rámca, kontextu

Pred tým, než pristúpime k samotnému vyhľadávaniu potenciálnych zdrojov, si musíme stanoviť, aký objekt alebo systém budeme vlastne posudzovať. Môže to byť napríklad konkrétny proces, stroj alebo látka a pod. Taktiež by sme si mali jasne stanoviť v akom kontexte budeme tento objekt posudzovať, čiže buď to bude systémové zlyhanie, nehoda, alebo únik atď. Tu sa však nesmieme zamerať len na bežné príčiny, ale musíme rátať aj s mimoriadnymi udalosťami, ktoré by mohli vzniknúť.

2.2.2 Identifikácia rizík a ich zdrojov

Od identifikácie rizík sa odvíja v podstate všetko, nakoľko opatrenia sa vykonávajú vždy pre konkrétne riziko, ktoré sa odhalí. Cieľom tohto kroku riadenia rizík je to, že sa snažíme nájsť možné riziká ešte pred tým, než prerastú do problému. Týmito rizikami sú samozrejme hlavne tie, ktoré by mohli ohroziť zdravie a životy ľudí, majetok a životné prostredia. Možné zdroje rizika môžeme odhaľovať rôznymi metódami, ako napríklad Check List, metóda What if, Analýza stromu porúch a pod. Najznámejšie metódy sú bližšie popísané v kapitole 2.

Pre lepšie odhaľovanie možných zdrojov je vhodné, ak sa vytvorí akási databáza, ktorá by zahŕňala mimoriadne udalosti, ktoré boli spôsobené v minulosti. Tu by boli samozrejme uvedené zdroje a ako akým spôsobom udalosti vznikli. [9]

2.2.3 Analýza rizík

Po vyhľadaní zdrojov rizík sa vykonáva ich následná analýza. Jedná sa o vyhodnocovanie získaných poznatkov, ktoré nám bližšie popisujú jednotlivé riziká. V tejto fáze narábame

s rizikami z rôznych pohľadov. Analytickým spôsobom skúmame objavené riziká a snažíme sa určiť pravdepodobnosť vzniku rizika a taktiež jeho frekvenciu. V tejto časti je vhodné určitým vybraným spôsobom (kvalitatívne alebo kvantitatívne) ohodnotiť alebo priradiť k jednotlivým rizikám ich závažnosť. Myslím tým vytvoriť určitý rebríček rizík od tých najneprijateľnejších až po tie prijateľné, resp. neškodné. Tento rebríček by ukazoval, ktoré riziká musíme riešiť skôr, pretože je jasné, že nie všetky odhalené zdroje rizík budú pre nás predstavovať rovnaké ohrozenie.

Analýzu rizík však môžeme brať aj z pohľadu následkov. Jedná sa o to, že následky jednotlivých rizík môžu byť rôzne. Rozdeliť ich môžeme napríklad na[9]:

- Zanedbateľné – bez poškodenia zdravia a bez finančnej straty
- Malé – je nutné ošetrovanie v rámci prvej pomoci, no únik je zlikvidovaný vlastnými prostriedkami, malé finančné straty
- Stredné – zranenie vyžaduje ošetrovanie lekárom a na zvládnutie mimoriadnej udalosti je nutná externá pomoc, vysoké finančné straty
- Závažné – zranenie je vážne s následkom dlhšieho liečenia, havária presahujúca hranice podniku
- Katastrofické – smrteľné úrazy, toxický únik, mimoriadne finančné straty.

Podobne si môžeme vytvoriť rebríček pravdepodobnosti vzniku rizika. Ten, kto vykonáva analýzu rizík si sám môže zvoliť ako rozdelí jednotlivé stupne. Môže vytvoriť slovné kategórie, ako tomu je vyššie na príklade, ale takisto si môže zvoliť očíslovanie. Aj počet týchto stupňov je len na zhotoviteľovi. Vždy však treba jasne pomenovať jednotlivé stupne.

2.2.4 Vyhodnotenie rizík

Predchádzajúce úkony vlastne vedú k požadovanému záveru, teda k vyhodnoteniu. Samotné vyhodnotenie je výstup analýzy rizík. Jedná sa v podstate o vyjadrenie miery rizika. Zistíme tak, ktoré riziko je pre nás prijateľné, a ktoré nie. Dobré je, ak sa zvolí určitá hranica, ktorá bude jasne určovať, ktoré riziko je prijateľné, a ktoré nie. Všetko, čo je pod touto hranicou pre nás nemusí byť dôležité, avšak aj naďalej je nutné tieto riziká sledovať. Naopak, všetko, čo je nad touto hranicou sa musí bezodkladne riešiť. Prioritne by sme sa teda mali zaoberať rizikom, ktoré bolo vyhodnotenú ako najneprijateľnejšie. Po vyhodnotení

rizik sa pristupuje k ich riadení, ktoré má za úlohu hlavne eliminovať dané riziko alebo aspoň znížiť jeho mieru rizika na prijateľnú úroveň.

2.2.5 Riadenie rizík

Riadením rizík dokážeme dosiahnuť stanovený cieľ, ktorým je úplne eliminovanie možnej hrozby, ktorá vyplýva z identifikovaného rizika. Ak sa tento stav nedá dosiahnuť, je nutné prijať aspoň také opatrenia, ktorými by sme sa k tomuto žiadanému stavu priblížili čo najbližšie. Cieľom tejto činnosti by teda malo byť:

- eliminovanie zdroja rizika,
- obmedziť možný vznik nebezpečenstva,
- zvládnutie rizika,
- lokalizovať a zmierňovať škody.

Vyššie uvedené ciele však nesmieme brať tak, že stačí, ak bude splnený len jeden alebo tak, že len tá najvyššia priorita je najžiadanejšia. Ani ten najbezpečnejší projekt totiž nie je zárukou toho, že sa v určitom okamžiku nemôže stať havária alebo iná mimoriadna udalosť. Preto v momente, kedy nie je možné celkovo odstrániť zdroj rizika, je na mieste prijať opatrenia, ktoré by viedli k jeho zvládnutiu, potlačeniu alebo zredukovaní.[9]

2.2.6 Monitorovanie

Celý proces riadenia rizik nemôže byť len jednorazová udalosť. Musí sa vykonávať neustále, pretože vždy sa môže objaviť nové riziko, ktoré bude ohrozovať celý sledovaný proces. Preto aj monitorovanie je veľmi dôležitou súčasťou riadenia rizik. Musíme mať neustály prehľad o možných rizikách a dohľad nad tým, či sa prijaté opatrenia na ich zníženie premietli do praxe. Úlohou monitorovania je takisto dokumentácia vykonaných auditov a analýz.

2.2.7 Informovanie

Aj po prijatí všetkých opatrení existuje ešte možnosť, že sa objavené riziká nepodarilo eliminovať úplne. O tejto variante, ako aj o všetkých úkonoch by bolo preto vhodné informovať všetky dotknuté objekty a subjekty, ktorých sa to týka.

Riadenie rizík je veľmi podstatnou náplňou krízového riadenia. Charakteristické pre túto činnosť je to, že sa vykonáva v dobe, kedy ešte nevznikla mimoriadna udalosť. Z toho je zrejmé, že podstata krízového riadenia nie je dôležitá len v období, kedy sa rieši vzniknutá krízová situácia. Dalo by sa povedať, že práve preventívne opatrenia sú rozhodujúce pre krízový manažment, nakoľko odhalenie všetkých potenciálnych rizík a ich zdrojov a následné prijatie vhodných opatrení, prispieva k dosiahnutiu požadovaného bezpečného stavu systému.

3 MODELOVANIE A SIMULÁCIA

Modelovanie a simulácia sú úzko späté pojmy, pretože jedno bez druhého by nemalo pre krízové riadenie veľký význam. Je to spôsobené tým, že ak chceme simulovať určité podmienky musíme mať najprv k dispozícii model, na ktorom sa budú dať tieto podmienky simulovať. Modely v podstate môžu byť dvoch prevedení. Buď sa jedná o konkrétny fyzický model, ktorý bude verne kopírovať daný objekt alebo priestor, alebo sa jedná o model ako program. Pre potreby krízového riadenia sa používajú práve softwarové nástroje, ktoré dokážu verne simulovať zadané udalosti. Poznáme rôzne modely, resp. programy, ktoré pracujú na rôznych fyzikálnych podmienkach. Jedná sa v podstate o matematické modely, ktoré nám na základe zadaných vstupných hodnôt dokážu vypočítať ako rýchlo, a ktorým smerom sa bude nebezpečná látka alebo oheň, mrak a pod., šíriť. Takisto nám buď v textovej alebo v grafickej forme ukážu, akú veľkú oblasť havária zasiahne a v akej sile. Dôvodom, prečo sa kladie na modelovanie čoraz väčší dôraz je hlavne v tom, že priemyselné havárie, či už sú menšieho alebo väčšieho rozsahu, dokážu ohroziť zdravie a životy ľudí, zvierat, majetok a taktiež majú aj katastrofálne následky pre životné prostredie. Z tohto dôvodu považujem za kľúčovú informačnú podporu krízového riadenia, ktorá môže efektívnejšie pomôcť k zvládnutiu mimoriadnej udalosti.

3.1 Modelovanie

Modelovanie konkrétnej situácie je veľmi žiadané, nakoľko výsledky modelovania prinášajú rôzne poznatky, ktoré sa potom dajú využiť pri plánovaní a pod. Aj keď realita sa v konečnom dôsledku môže odzrkadľovať inak, dnešné technológie a programy dokážu modelovať mimoriadne udalosti naozaj verne.

Dopady na životné prostredie môžu byť rôzne[3]:

- dopady na osoby,
- dopady na hospodárske zvieratá,
- dopady na okolité životné prostredie,
- sociálne – ekonomické dopady.

Samozrejme, prvoradá je ochrana životov a zdravie ľudí, takže dopady na osoby by sa mali skúmať skutočne poctivo a detailne. Jednak sa jedná o zdravie a životy ľudí, ktorí sú

najbližšie k zdroju, teda zamestnancov a ďalej sa samozrejme jedná o ľudí v najbližšom okolí samotného podniku. To, akú veľkú oblasť popripade evakuovať, stanovuje jednoznačne závažnosť celej havárie, teda spôsob úniku nebezpečnej látky, jej množstvo a takisto jej zaťaženie pre človeka.

Ďalej sa samozrejme riešia konkrétne dopady, ako sú [3]:

- toxické dopady z inhalácie a vystavenia vplyvu toxických látok,
- dopady tepelnej radiácie,
- dopady tlakovej vlny, ktorú spôsobí výbuch horľavých a výbušných látok,
- letiace trosky, teda mechanické úlomky, či celé časti, ktoré výbuch vrhne do okolia.
- dopady karcinogénnych látok, ktoré pri dlhšom alebo krátkom, ale účinnom pôsobení na človeka vyvolávajú karcinómy.

Modelovanie však môže stanoviť presné dopady. Takéto modelovanie sa môže zameriavať na rôzne mimoriadne udalosti.

Modelovanie teda môžeme rozdeľovať podľa toho, čo sa ide modelovať:

- modelovanie únikov rozptylov,
- modelovanie výtokov,
- modelovanie vyparovania,
- modelovanie expozícií,
- modelovanie požiarov a výbuchov,
- modelovanie tlakových účinkov pri výbuchu mraku pár a iné.

3.1.1 Modelovanie únikov a rozptylov

Modelovanie únikov a rozptylov nebezpečných látok je dôležité z toho pohľadu, že od rýchlosti šírenia nebezpečnej látky závisia veľmi dôležité rozhodnutia. Nebezpečné látky sú skladované a prevážané v rôznych podmienkach a skupenstvách a aj ten najmenší únik do okolia môže prerásť do veľmi nebezpečnej mimoriadnej udalosti. Je to spôsobené tým, že hneď po presiaknutí alebo úniku nebezpečnej látky táto látka začína reagovať so svojim

okolím a to v závislosti so svojimi vlastnosťami a samozrejme aj v závislosti od podmienok v okolí.[14]

Publikácia „Yellow book“ (CPR 14E) popisuje a formuluje modelovanie únikov a rozptylov. Predovšetkým sa jedná o [3]:

- únik výtokom a rozstrekom,
- vyparovanie kaluže,
- rozptyl mraku pár,
- výbuch mraku pár,
- tepelný tok spôsobený požiarimi,
- poškodenie nádob a iné.

3.1.2 Modelovanie výtokov

Často sa v zjednodušených podmienkach pre modelovanie výtokov kvapalín využíva Bernoulliho rovnica⁴. Presnejšie modelovanie samozrejme závisí od rôznych skutočností, z nich veľmi dôležité je skupenstvo látky, teda či je látka v kvapalnej, plynnej, či dvojfázovej forme. Veľmi podstatné poznatky sú samozrejme aj o okolí a jeho podmienkach, v ktorých dochádza k úniku nebezpečnej látky[3].

Vzorec, ktorý je príkladom vypočítania rýchlosti úniku kvapaliny[3]:

$$\dot{m}_l = C_d \cdot A \cdot d \cdot \sqrt{\frac{2(p - p_a)}{d} + 2gH}$$

\dot{m}_l hmotnostná rýchlosť úniku kvapaliny (kg/s)

C_d únikový koeficient

A plocha otvoru (m²)

⁴ Bernoulliho rovnica hovorí, že pri ustálenom prúde ideálnej kvapaliny je súčet kinetickej energie objemovej jednotky a tlaku všade rovnaký.

d	hustota kvapaliny (kg/m^3)
p	absolútny skladovací tlak (N/m^2)
p_a	absolútny tlak okolia (N/m^2)
g	gravitačné zrýchlenie (m/s^2)
H	výška hladiny nad únikovým otvorom (m)

3.1.3 Modelovanie vyparovania

Pri modelovaní vyparovania je nutné poznamenať, že všetky modely vyparovania vychádzajú z termodynamických zákonov. Najväčší dôraz tu je kladený na spôsob prenosu tepla do kaluže a do úvahy sa berie to, či sa jedná o prenos z pôdy, vzduchu, vanúceho vetra, alebo či sa uplatňuje teplo fázovej premeny v dôsledku prehriatej kvapaliny. Hmotnostná rýchlosť vyparovania je v prípade, že sa jedná o prenos tepla z pôdy alebo zo vzduchu, daná energetickou rovnováhou. O energetickú rovnováhu hovoríme vtedy, keď sa celkový tepelný tok zo vzduchu a podkladu využíva na zahrievanie a vyparovanie látky. Ak chceme použiť model vyparovania, musíme definovať premenné, ktoré sú vyjadrené výpočtami výtokových modelov a musíme tiež definovať meteorologické podmienky.[3]

3.1.4 Modelovanie expozícií a poškodení

Veľmi dôležitou časťou pre krízové riadenie je stanovenie miery poškodenia, resp. následkov, ktoré nastanú po úniku nebezpečnej látky. Tieto následky sa v prvom rade vzťahujú na expozíciu obyvateľstva⁵ a to hlavne na smrteľné účinky uniknutej látky.

Ak chceme vypočítať individuálne alebo celospoločenské riziko, musíme do vzorca zahrnúť pravdepodobnosť úmrtia osoby vzhľadom na danú expozíciu. Táto pravdepodobnosť sa vypočíta vďaka probitovej funkcii, definovanej ako druh modelovej závislosti, teda expozičnej dávky a reakcie na ňu. Závislosť expozičnej dávky a odpovede je vyjadrený rovnicou. [6]

⁵ Expozícia – vystavenie obyvateľstva k nebezpečnej látke

Pravdepodobnosť úmrtia v dôsledku expozície toxickým mrakom P_E a podielom ľudí zasiahnutých vo vnútri a mimo budovy $F_{E,in}$ a $F_{E,out}$ je vyjadrená vzťahom [3]:

$$P_E = f(a,b,n;C,t)$$

$$F_{E,in} = 0,1 \times P_E$$

$$F_{E,out} = P_E$$

Kde:

P_E pravdepodobnosť fatálneho zranenia pri koncentrácii C a expozície po dobu t (vzhľadnuc na skutočnosť, že na zasiahnutej ploche sa predpokladá 100% fatálnych zranení, platí $F_{E,in} = 0,1$, a $F_{E,out} = 1$)

$f(a,b,n;C,t)$ probitová funkcia pre expozíciu toxických látok

$F_{E,in}$ počet fatálnych zranení vo vnútri budov

$F_{E,out}$ počet fatálnych zranení mimo budov

P_E vypočítame pomocou probitovej funkcie – následok toxickéj expozície, ktorá je daná vzťahom [3]:

$$P_R = a + b + \ln(C^n \times t)$$

Kde:

P_R hodnota probitu odpovedajúca pravdepodobnosti úmrtia

a, b, n konštanty popisujúce toxicitu látky

C koncentrácia (mg/m^3)

t doba expozície (min.)

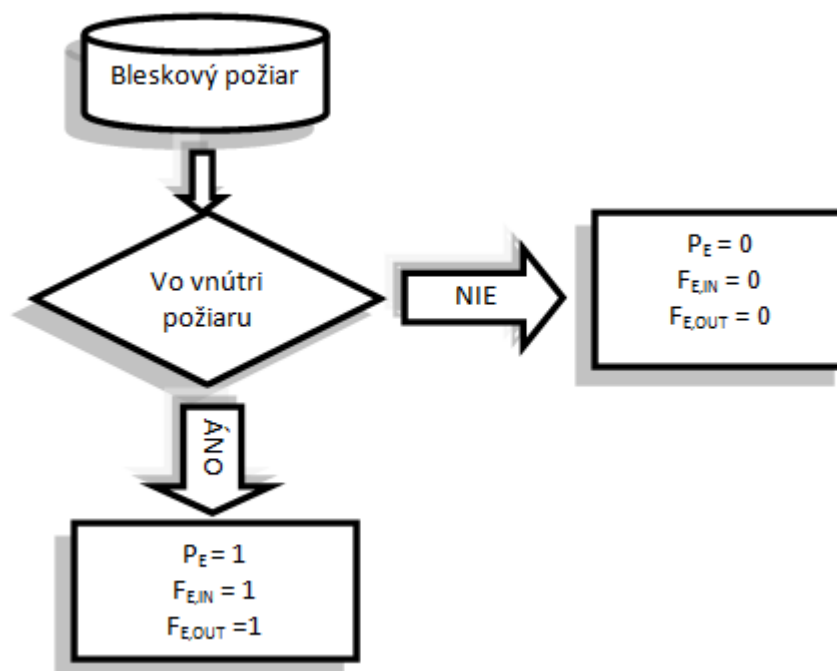
Nakoľko je toxická koncentrácia vo vnútri budovy nižšia než je koncentrácia mimo budovy pri priechodu mraku okolím, tak pobyt vo vnútri budovy toxickú dávku redukuje. Tento vplyv je vyjadrený faktorom 0,1 pre podiel obyvateľstva – myslí sa obyvateľstvo, ktoré zahynie vo vnútri budovy. Stanovenie probitu je významné z toho dôvodu, že probit vlastne umožňuje stanoviť koncentráciu, ktorá je schopná pri určitej dobe vyvolať očakávané následky (často priam fatálne). Modely rozptylu potom dokážu svojimi prepočtami stanoviť veľkosť a dokonca aj tvar oblasti, ktorá bude zasiahnutá. Vďaka probitu stanovenej

koncentrácie sa potom stanovia hranice oblasti, v ktorej je vysoká pravdepodobnosť fatálneho poranenia okolitého obyvateľstva.[3]

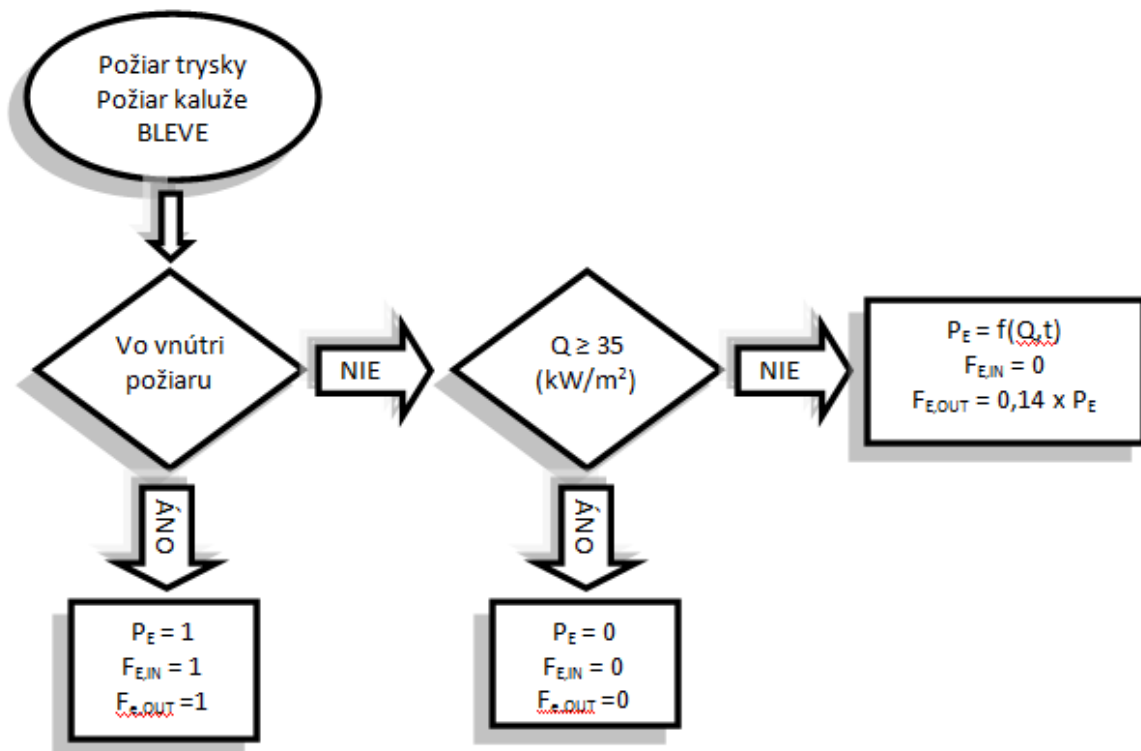
3.1.5 Modelovanie požiarov a výbuchov

Táto problematika zahrňuje predovšetkým modelovanie zapálenia, horenia, prechodu z deflagrácie na detonáciu, tepelnú radiáciu a pretlak v čele rázovej vlny.[3]

Na nasledujúcom obrázku (obr.3) je schematicky zobrazená pravdepodobnosť úmrtia následkom požiaru typu Flash fire – bleskový požiar (P_E), a podielom zasiahnutých ľudí vo vnútri a mimo budov ($F_{E,in}$ a $F_{E,out}$). Na ďalšom obrázku (obr.4) sú zobrazené pravdepodobnosti úmrtia spôsobenými udalosťami typu BLEVE, Jet Fire (požiar trysky) a Pool fire (požiar kaluže) a to opäť vo vnútri a mimo budovy $F_{E,in}$ a $F_{E,out}$.



Obr. 3.: Pravdepodobnosť úmrtia obyvateľstva požiarom typu Flash fire [3].



Obr. 4: Pravdepodobnosť úmrtia obyvateľstva požiarom typ trysky, kaluže, BELEVE[3].

Pravdepodobnosť úmrtia obyvateľstva následkom expozície tepelnou radiáciou sa počíta pomocou probitovej funkcie. Tá je daná vzťahom[3]:

$$P_r = -36,38 + 2,56 \times \ln(Q^{4/3} \times t)$$

Kde:

P_r probitová funkcia zodpovedajúca pravdepodobnosti úmrtia

Q tepelná radiácia ($W \cdot m^{-2}$)

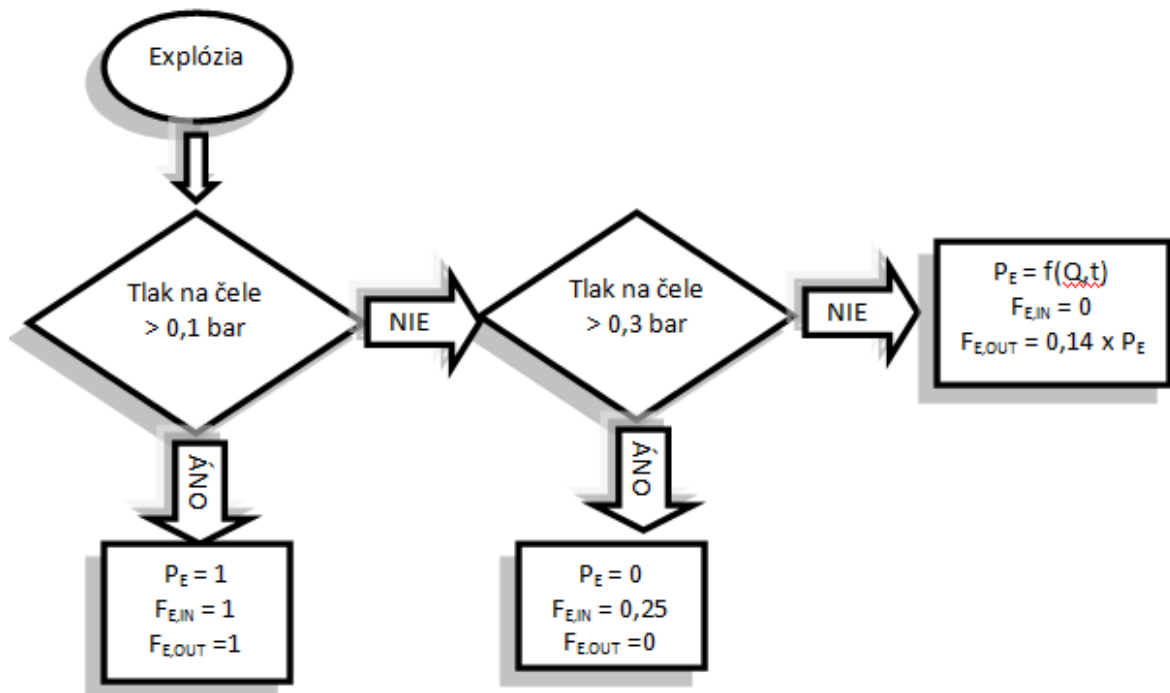
t doba expozície (s)

Doba trvania požiaru sa rovná dobe vystavenia – expozície. Pri výpočtoch sa doba expozície stanovuje na maximálne 20 sekúnd. Je predpoklad, že pokiaľ nie je budova zapálená, tak ľudia, ktorí sú v budove, sú chránení pred tepelnou radiáciou. Budova sa zapáli ak teplota presiahne 35 kW/m^2 , čo je prahová hodnota pre zapálenie budov. Predpoklad, že ľudia, ktorí sú vo vnútri budovy, zahynú vtedy, ak budova horí. Z toho $F_{E,IN} = 1$, pokiaľ tepelná radiácia Q prekročí prahovú hodnotu pre zapálenie budov a $F_{E,IN} = 0$, pokiaľ je Q nižšia ako uvedená prahová hodnota. V prípade výpočtu spoločenského rizika, teda rizika okolitej spoločnosti, sa predpokladá, že ľudia sú chránení pred tepelnou

radiáciou svojim odevom dovedty, ak tento odev nie je zapálený. Ochrana odevom znižuje úmrtnosť o faktor 0,14 pri porovnávaní s absenciou ochrany odevom. Hraničná hodnota, pri ktorej sa odev vznieti, je stanovená takisto na 35 kW/m^2 . Ak odev pri tejto hodnote začne horieť, tak ľudia zahynú a to $F_{E,out} = 1$, pokiaľ tepelná radiácia Q prekročí 35 kW/m^2 a $F_{E,out} = 0$ pokiaľ je tepelná radiácia Q nižšia [3].

3.1.6 Modelovanie tlakových účinkov pri výbuchu mraku pár

Pravdepodobnosť úmrtia spôsobeného následkom explózie (P_E) a podielu ľudí zasiahnutých vo vnútri alebo mimo budovy $F_{E,in}$ a $F_{E,out}$ je schematicky znázornený na obrázku 5. Hodnoty, ktoré sú uvedené, platia len pre explóziu mraku pár a nedajú sa použiť pre explóziu výbušnín, pretože tu sú určité rozdiely v dobe trvania tlakovej vlny [3].



Obr. 5: Pravdepodobnosť úmrtia následkom explózie [3].

Je dôležité povedať, že výsledky jedného modelovania môžu fungovať ako vstupné hodnoty pre iné modelovanie. Je to dané hlavne tým, že jedna havária, alebo mimoriadna udalosť, môže spôsobiť, teda prerásť do inej mimoriadnej udalosti, ktorá by ani nevznikla, ak by sa

nestala prvá, iniciačná mimoriadna udalosť. Takisto, napríklad, ak chceme použiť model vyparovania, musíme zadať najprv hodnoty, ktoré sa vypočítali pri modeli výtokov.

3.2 Programy pre modelovanie následkov havárií

Dnes existuje celá rada softwarových nástrojov, ktoré dokážu na základe zadaných podmienok detailne modelovať úniky nebezpečných látok, výbuchy a taktiež ďalšie možné šírenie týchto a podobných mimoriadnych udalostí. Tými najznámejšími sú ALOHA, RPM Comp, SAFETI, PHAST, EFFECTS, DAMAGE, TerEx, ROZEX a pod.[6]

Niektoré tieto programy sú voľne dostupné na internete, ako je napríklad program ALOHA, no niektoré sú komerčné programy od významných spoločností, ktoré sa zaoberajú analýzou rizík a sú dostupné len po zakúpení.

Jedná sa o programy, ktoré svojou funkciou výborným spôsobom podporujú oblasť krízového riadenia.

3.2.1 ALOHA

Program ALOHA je voľne dostupným programom, ktorý zisťuje následky pri úniku nebezpečných látok. Bol vyvinutý americkou spoločnosťou pre ochranu prírody (US EPA) a je len v anglickej verzii. Súčasťou programu je databáza najčastejších používaných nebezpečných látok a ich parametrov. Na vyhodnotenie pohybu nebezpečných látok, vypustených do ovzdušia, používa tento program sériu rovníc Gaussovho rozdelenia. Pre správnu funkciu programu musíme vždy v tom istom poradí zadávať nasledujúce vstupné informácie[6]:

- dáta o polohe stanoviska (názov miesta, štát, typ zástavby),
- informácie o uniknutej látke (ako už bolo spomenuté program obsahuje databázu chemických látok, vrátane ich fyzikálnych a chemických vlastností),

- informácie o stavu atmosféry (trieda stability teplotného zvrstvenia ovzdušia podľa Pasquillovej stupnice⁶, sila vetru, teplota vzduchu, oblačnosť a pod.),
- informácie o zdroji úniku – možno zadať 4 druhy zdrojov a ich parametre (priamy zdroj, kaluž, zásobník, potrubie).

Výsledkom, ktorý je schopný program ALOHA ponúknuť, je text, ale aj grafická podoba, ktorá zobrazuje stopu oblaku nebezpečnej látky o zadanej koncentrácii, dávku a výdatnosť zdroja. Tento program však má aj isté obmedzenia, ako je napríklad to, že program pracuje s nízkymi rýchlosťami vetra, stabilnými atmosférickými podmienkami a iné. [6]

3.2.2 EFFECTS

Jedná sa o uznávaný holandský program, ktorý kombinuje dva uznávané modely Pre výpočet fyzikálnych efektov pre úniku nebezpečných látok – EFFECTS a DAMAGE. Prejavy havárií, ako sú tlaková vlna, tepelná žiarenie, koncentrácia látky umožňuje metóda EFFECTS. Metóda DAMAGE zase umožňuje konkretizovať následky havárii (napríklad úmrtnosť ľudí, popáleniny, poškodenia pľúc a pod. Výhoda spojenia týchto dvoch modelov je zahrnutie komplexných výpočtov od iniciačných fyzikálnych efektov až po následky havárií. Výsledky dostávame opäť v dvoch formách a to buď v textovej forme alebo graficky.[6]

3.2.3 Program TerEx

TerEx je skratkou slovného spojenia „teroristický expert“. Jedná sa o špeciálny software, ktorý rýchlo a spoľahlivo vyhodnocuje teroristické útoky prostredníctvom priemyselných, horľavých, výbušných a toxických látok. Program obsahuje aj modul pre výpočet hlavných otravných (bojových) látok.

Je vyvinutý na tvorenie prognóz dopadov a následkov pôsobenia nebezpečných látok alebo výbušných systémov a otravných látok. Svoju funkciu nadväzuje na geografický informačný

⁶ Pasquill rozdelil atmosférické turbulencie do šiestich tried stability A, B, C, D, E a F; pričom trieda A predstavuje najviac nestabilnú, resp. najviac turbulentnú triedu a trieda F predstavuje najstabilnejšiu resp. najmenej turbulentnú triedu.

system, nakoľko výsledky priamo zobrazí na mapách. TerEx je predovšetkým určený pre operatívne použitie jednotkami IZS pri zásahu, pre rýchle určenie rozsahu ohrozenia a realizáciu následných opatrení na ochranu obyvateľov. Rovnako je aj vhodný pre analýzu rizík pri plánovaní a preventívnej činnosti.

Predpoveď a prognóza dopadov je zameraná na ten najhorší variant, takže TerEx je teda založený na konzervatívnej prognóze, čo v praxi znamená, že výsledky zodpovedajú podmienkam, pri ktorých dôjde k dopadom a následkom pre okolie v maximálnej možnej miere. [17]

TerEx ponúka možnosť vyhodnotenia piatich základných havarijných situácií[17]:

- a) Modely typu TOXI – tieto modely po zadaní koncentrácie konkrétnej toxikkej látky vyhodnotia dosah a tvar oblaku,
- b) Modely typu UVCE – vyhodnotia dosah pôsobenia vzdušnej rázovej vlny, spôsobenej detonáciou zmesi látky so vzduchom pre modely s jednotlivými druhmi havárií,
 - Pri modely PLUME to je dlhotrvajúci únik plynu do oblaku, dlhotrvajúci únik variacej kvapaliny s rýchlym odparom do oblaku a pomalý odpar kvapaliny z mláky do oblaku,
 - Pri modely PUFF to je jednorazový únik plynu do oblaku a jednorazový únik variacej kvapaliny s rýchlym odparom do oblaku.
- c) Modely typu FLASH FIRE – tieto modely vyhodnocujú veľkosť priestoru ohrozenia osôb plamennou zónou – efekt Flash Fire:
 - BLEVE – dlhotrvajúci masívny únik plošným požiarom,
 - JET FIRE – dlhotrvajúci masívny únik plynu so zahorením,
 - POOL FIRE – horenie mláky kvapaliny alebo vriacej kvapaliny.
- d) Model typu TEROR – vyhodnocuje možné dopady detonácie nástražných systémov, založených na kondenzovanej fáze, použité s cieľom ohrozenia okolia detonáciou.
- e) Model typu POISON – vyhodnocuje dosah a tvar oblaku (zamorený priestor) po použití hlavných otravných látok

Program TerEx sa ďalej vyznačuje vysokým komfortom, nakoľko ovládanie je jednoduché a parametre je možné vyberať z ponúk. Obsahuje aj pomocník (sprievodcu), ktorý umožňuje dosiahnuť kvalitné výsledky aj iným a nie len odborníkom, ktorí sú v danom obore chémie, chemického inžinierstva a pyrotechniky špecialistami. Sprievodca funguje na princípe postupnej voľby havarijného modelu s využitím základných dostupných informácií o havárii. Užívateľ je teda za pomoci jednoduchých krokov postupne vedený k nastaveniu parametrov, na základe ktorých je presný a jednoznačný výsledok.[17]

Význam modelovania a simulácie je z hľadiska informačnej podpory krízového riadenia nezastupiteľná. Je však nutné si uvedomiť, že programy, ktoré sa na túto funkciu využívajú pracujú len s tými skutočnosťami, ktoré im zadáme. Ak sa teda pracovník, ktorý má na starosti obsluhu podobného programu a má za úlohu vyhodnotiť dáta, pomýli, vzniká určitá odchýlka inak presnej simulácie, ktorá môže byť v konečnom dôsledku neprijateľná až fatálna. Naďalej je teda nutné, aby sa na celkovom rozhodovaní podieľali skúsení odborníci, ktorí dokážu v rýchlosti reagovať na nový vývin mimoriadnej udalosti.

Teoretická časť nám priblížila fungovanie krízových orgánov v štátnej správe, ktoré sú zodpovedné za aktualizáciu krízových dokumentov a iných úkonov a v prípade vzniku mimoriadnej udalosti jej riešenie. Tieto úkony, ktoré sú spojené hlavne s prevenciou pred mimoriadnou udalosťou sú dané v spomenutej legislatíve, teda v zákone 387/2002 Z. z. o krízovom riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu a zákon 261/2002 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií.

V teoretickej časti som považoval za nutné objasniť krízové riadenie ako také a samozrejme aj celkový proces riadenia rizík, ktorý sa skladá zo siedmich dôležitých častí, ktorými sú stanovenie kontextu, identifikácia zdrojov rizík, ich analýza, vyhodnotenie, riadenie, monitorovanie a informovanie. Tieto úkony navzájom súvisia a nadväzujú na seba, čo prispieva ku komplexnej prevencii, ktorá je azda najdôležitejšia v krízovom riadení.

Pre účelné krízové riadenie považujem za nutnú informačnú podporu v podobe softwarových systémov, ktoré by dokázali jednoznačne modelovať a simulovať mimoriadne

situácie. Musíme si však dávať pozor s akými dátami v nich pracujeme, pretože od presnosti zadávaných údajov závisí aj výstup týchto programov.

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

4 ANALÝZA SÚČASNEJ SITUÁCIE VYUŽITIA MODELOVANIA A SIMULÁCIE V KRÍZOVOM RIADENÍ

Nasledujúca kapitola pojednáva o súčasnom stave využívania modelovania a simulácie, ako informačnej podpory krízového riadenia a plánovania vo vybranom objekte. Ako vhodný objekt pre svoju praktickú časť som si vybral Zimný štadión Pavla Demitru v Trenčíne, pretože pre chladiace účely využívajú nebezpečnú látku amoniak technický, ktorého únik by vážne ohrozil životy a zdravie obyvateľstva, zvieratá a životné prostredie. Analýzu súčasného stavu som vykonal metódou interview, teda rozhovoru. Na moje otázky mi odpovedal pán Ing. Vladimír Jankovič z oddelenia civilnej ochrany a krízového riadenia Obvodného úradu v Trenčíne (ďalej len obvodný úrad), ktorý mi poskytoval potrebné informácie.

4.1 Obvodný úrad Trenčín

Mojou úlohou bolo počas interview zistiť, či oddelenie civilnej ochrany a krízového riadenia využíva informačnú podporu pre účely krízového riadenia. Zistil som skutočnosť, že v súčasnej dobe legislatíva dostatočne neupravuje používanie modelovacích programov. Toto zhodnotenie podporuje fakt, že vo vyhláške 533/2006 Z. z. o podrobnostiach o ochrane obyvateľstva pred účinkami nebezpečných látok, sa „akceptuje“ pri vyhodnotení používať program podľa prílohy 1., kde je ustanovené, aké vstupné a výstupné údaje musí program obsahovať.[18] No nie je nariadené používanie takéhoto softwaru, čo značí, že využívanie programov, ktoré dokážu modelovať a simulovať únik nebezpečných látok a iných aspektov mimoriadnych udalostí, je dobrovoľné. Vo vyhláške je stanovené, že objekty, ktoré sú stanovené ako zdroj hrozieb, si musia vypočítať zónu ohrozenia sami a v podstate je jedno ako prídu k výsledku. Oddelenie civilnej ochrany a krízového riadenia v Trenčíne na požiadanie spolupracuje s týmito objektmi, ktorým v rámci svojich možností pomôže napríklad aj vypočítať zónu ohrozenia.

Oddelenie krízového riadenia v Trenčíne však používa pre účely plánovania a hlavne kontrolu skutočností poskytnutých od objektov vhodný software, ktorý majú k dispozícii.

V prvom rade využívajú geografický informačný systém ArcView GIS 3.3, ktorý však momentálne nie je dostatočne aktualizovaný, nakoľko od roku 2005 obvodný úrad nespupracuje s firmou, ktorá vykonávala aktualizáciu.

Pre podporu krízového riadenia však využívajú aj modelovací nástroj ALOHA, ktorý je stručne popísaný v podkapitole 4.2.1. Tento program je voľne šíriteľný v anglickom jazyku a obvodný úrad ho využíva dobrovoľne z vlastnej iniciatívy, nakoľko, ako som už povedal, legislatíva nenariaďuje využívanie takéhoto softwaru. Po zadaní vstupných informácií, ako sú informácie o uniknutej látke (druh chemickej látky, jej množstvo a skupenstvo látky), stavu atmosféry a informácie o zdroji úniku, získame textové údaje a grafické znázornenie stopy oblaku nebezpečnej látky. Program nám na základe vstupných údajov vypočíta zóny ohrozenia. V spojení geografického systému, kde sú k dispozícii aj letecké mapy väčších miest, následne môžu zakresliť vypočítané zóny priamo do mapy.

Výsledky modelovania a simulácie sú uchovávané v počítači a na ich základe sa potom aktualizujú potrebné dokumenty, ktoré musí krízový orgán zhotovovať a uchovávať. Výstupy zo spomenutých programov tiež prispievajú k účinnejšiemu krízovému riadeniu a podľa pána Jankoviča má takáto činnosť jednoznačne opodstatnenie.

Na otázku, či sa modelovanie a simulácia využíva aktívne pri úniku nebezpečných látok, pán Jankovič odpovedal, že by sa tak malo diať, avšak za jeho dlhoročného pôsobenia na danom oddelení nevznikla takáto závažná mimoriadna udalosť, ktorá by si to vyžadovala. Svoj význam má však takáto informačná podpora krízového riadenia pri rôznych cvičeniach, ktoré sa vykonávajú ako prevencia pred mimoriadnymi udalosťami.

Vďaka nástroju ALOHA môže obvodný úrad kontrolovať krízové plánovanie, ktoré si musia subjekty, ktoré sú potenciálnym zdrojom rizika, sami zhotovovať. Ak sa zistí nehoda, napríklad pri vypočítaní zóny ohrozenia, daný subjekt sa upozorní na túto skutočnosť.

4.2 Využitie modelovania a simulácie pre podporu krízového riadenia vybraného objektu

Ako už bolo spomenuté v kapitole 1.2, ktorá sa venuje legislatíve, krízové orgány nie sú od roku 2005 informované o preprave nebezpečných látok. Preto aj oddelenie civilnej ochrany a krízového riadenia prejavilo záujem o modelovanie a simuláciu úniku nebezpečnej látky zo stáleho zdroja ohrozenia. Ako už bolo povedané, pre modelovanie úniku nebezpečnej látky som si vybral Zimný štadión Pavla Demitru v Trenčíne, ktorý potrebuje pre svoju prevádzku chemickú látku Amoniak.

Na základe informácií, ktoré mám k dispozícii z oddelenia civilnej ochrany a krízového riadenia v Trenčíne, môžem zhodnotiť, že bolo realizované modelovanie a simulácie v rámci informačnej podpory krízového riadenia. S podporou programu ALOHA majú kompetentné orgány k dispozícii potrebné informácie, ktoré tento program ponúka na svojom výstupe.

Vďaka informáciám, ktoré má oddelenie civilnej ochrany a krízového riadenia v Trenčíne k dispozícii od vybraného objektu boli získané textové dáta, ktoré sú zobrazené na nasledujúcich obrázkoch. Na obrázku č. 6. je zobrazený textový výstup programu ALOHA, konkrétne: chemické dáta Amoniaku, atmosférické dáta, dáta o rozmeroch nádrže s látkou, množstve látky a spôsobu jej úniku.

Sú tu zobrazené aj tri zóny ohrozenia a to červená zóna, ktorá siaha do vzdialenosti 612 metrov, oranžová zóna s dosahom 876 m a žltá zóna, ktorá siaha až do vzdialenosti 1 200 m od zdroja úniku.

Text Summary

ALOHA® 5.4.1



```
CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: AMMONIA                      Molecular Weight: 17.03 g/mol
  ERPG-1: 25 ppm      ERPG-2: 150 ppm      ERPG-3: 750 ppm
  IDLH: 300 ppm      LEL: 160000 ppm      UEL: 250000 ppm
  Ambient Boiling Point: -33.8° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 1 meters/second from NW at 3 meters
  Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 5 tenths
  Air Temperature: 19° C                  Stability Class: B
  No Inversion Height                     Relative Humidity: 50%

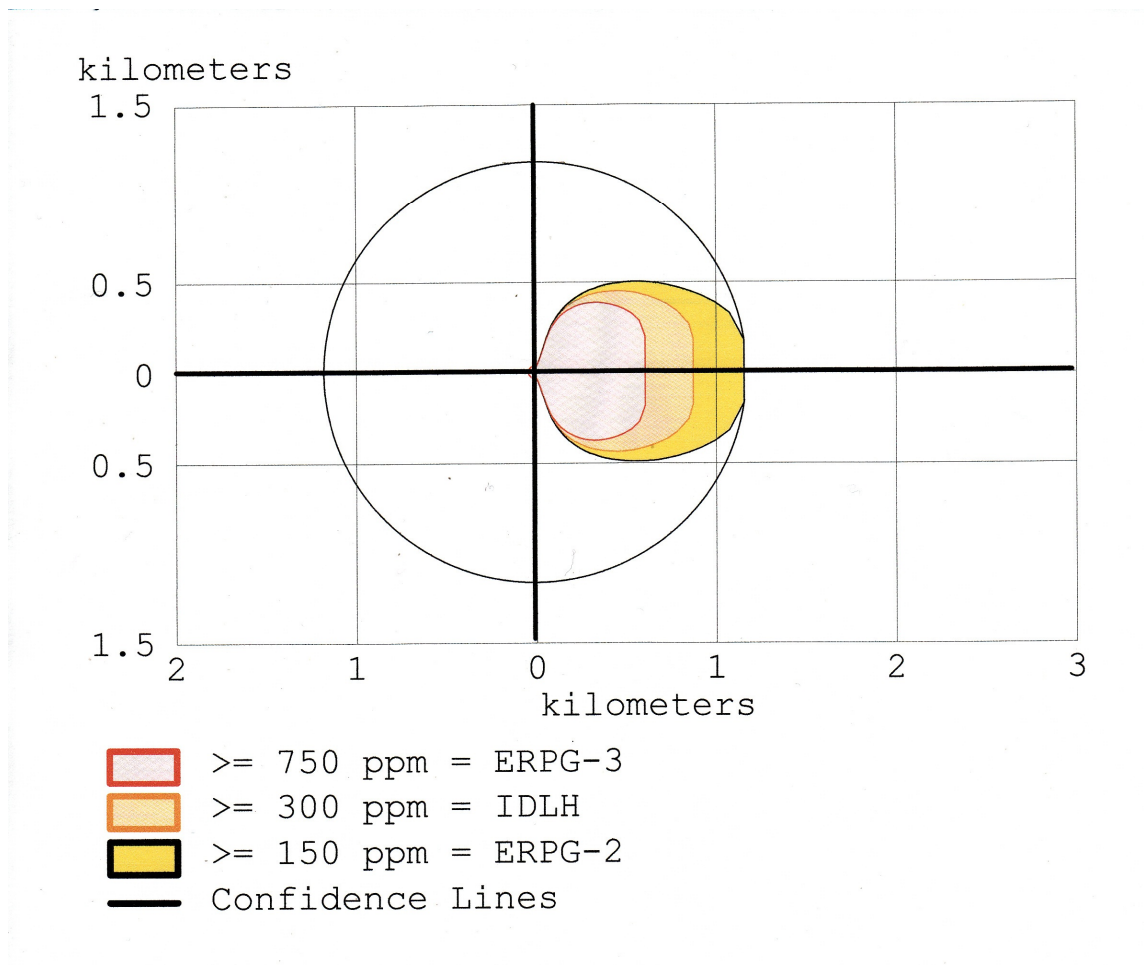
SOURCE STRENGTH:
  Leak from hole in horizontal cylindrical tank
  Flammable chemical escaping from tank (not burning)
  Tank Diameter: 1.1 meters      Tank Length: 4.21 meters
  Tank Volume: 4,001 liters
  Tank contains liquid          Internal Temperature: -10° C
  Chemical Mass in Tank: 1.91 tons      Tank is 66% full
  Circular Opening Diameter: 3.81 centimeters
  Opening is 0.1 meters from tank bottom
  Release Duration: 3 minutes
  Max Average Sustained Release Rate: 659 kilograms/min
  (averaged over a minute or more)
  Total Amount Released: 1,652 kilograms
  Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase
  flow).
```

THREAT ZONE:

```
Model Run: Heavy Gas
Red   : 612 meters --- (750 ppm = ERPG-3)
Orange: 876 meters --- (300 ppm = IDLH)
Yellow: 1.2 kilometers --- (150 ppm = ERPG-2)
```

Obr. 6: Textový výstup modelovacieho nástroja ALOHA.

V Obr.6 môžeme vidieť, že atmosférické podmienky boli zvolené takto: severozápadný vietor má rýchlosť 1m/s, do úvahy sa bral vietor vo výške 3 m nad zemou, teplota vzduchu = 19°C, bez inverzie atď. Dôležité informácie však obsahuje časť Source Strength, kde sú zobrazené dáta o sile zdroja úniku nebezpečnej látky. Zadať totiž musíme množstvo látky, objem nádrže, veľkosť otvoru, cez ktorý látka uniká a pod.



Obr. 7: Grafické zobrazenie vypočítaných zón ohrozenia programom Aloha.

Tri zóny ohrozenia nám zobrazujú rôzne stupne, ktoré ohrozujú životy a zdravie obyvateľov. Tieto zóny sú zobrazené v grafickom výstupe programu (Obr.7.).

Zaujímavé však je, že príloha 1 vyhlášky 533/2006 Z. z., ktorá má podľa spomínanej tejto vyhlášky stanovovať aké má mať program vstupné parametre, sa vôbec nezmieňuje o množstve látky (viz. príloha PI).

Na základe zistených skutočností teda môžeme vidieť, že oddelenie civilnej ochrany a krízového plánovania v Trenčíne aktívne využíva program modelovania a simulácie pri príprave na mimoriadne udalosti, čo môžem zhodnotiť iba kladne, nakoľko takáto informačná podpora, pri krízovom riadení, je veľmi významná. Na základe takýchto výstupov môžu pracovníci krízového orgánu zefektívniť samotný proces krízového riadenia a riešenia krízovej situácie po vzniknutí mimoriadnej udalosti.

5 MODELOVANIE MIMORIADNEJ UDALOSTI VO VYBRANOM OBJEKTE

Nasledujúca kapitola sa bude zaoberať konkrétnym únikom nebezpečnej látky stáleho zdroja rizika. Podľa zistených informácií o nebezpečnej látke a jej množstve v danom objekte budeme následne modelovať jej únik. Výsledkom modelovania a simulácie bude vstup z programu TerEx, ktorý sa následne porovná s doterajším modelovaním, ktoré bolo uskutočnené v programe Aloha.

5.1 Vybraný program (TerEx)

Pre praktickú časť a samotné modelovanie úniku nebezpečnej látky vo vybranom objekte, som si zvolil program TerEx, ktorý má Univerzita Tomáša Baťu k dispozícii. Program TerEx je stručne popísaný už v kapitole zaoberajúcej sa modelovaním a simuláciou, a to konkrétne v podkapitole 4.2.3. Výhodou tohto programu je aj to, že je to veľmi efektívny nástroj na modelovanie a simuláciu možných teroristických útokov pomocou chemických, priemyselných, výbušných a horľavých látok.

Vybrať si môžeme z piatich ponúkaných situáciách, ktoré si pre lepšiu orientáciu ešte raz vypíšeme:

- Model TOXI
- Model UVCE
- Model FLASH FIRE
- Model TEROR
- Model POSION

Model TOXI, ako už jeho názov napovedá, vyhodnocuje možný dosah toxickej látky. UVCE zase predstavuje model, ktorý vyhodnocuje dosah vzdušnej rázovej vlny vzniknutej pri výbuchu zmesi so vzduchom, a to buď pri dlhotrvajúcom úniku plynu do oblaku (PLUME) alebo pri jednorazovom úniku plynu do oblaku (PUFF). Naproti tomu model FLASH FIRE modeluje účinky požiarov a teda veľkosť zóny zasiahnutej požiarom, v ktorej sú ľudia v ohrození. Model TEROR modeluje účinky výbušných systémov, ktoré boli

skonštruované za účelom ohrozenia výbuchom (nástražné nálože). No a posledný model POISON vyhodnocuje dosah a tvar oblaku pri použití otravnej látky.

Za veľkú výhodu tohto programu považujem hlavne jeho jednoduchosť. Pri použití sprievodcu môže tento program, pre vyhodnocovanie rôznych mimoriadnych udalostí spôsobených teroristickým útok, využívať aj osoba, ktorá nie je expertov v danej problematike. Stačí jednoducho vyberať prvky z ponuky, ktorú má TerEx k dispozícii.

Opäť veľkou výhodou je, že program TerEx poskytuje výsledok aj pri nedostatku presných vstupných informácií. Musíme si však uvedomiť, že programy, nech už je to TerEx, Aloha alebo iný program pre modelovanie a simuláciu, pracujú len s tými dátami, ktoré do nich vložíme. Ak teda vložíme chybný údaj (napr. množstvo látky), tak je jasné, že výsledky budú skreslené. Navzdory tomuto faktu môžeme tvrdiť, že dnešné programy sú schopné pomerne presne simulovať a modelovať zadané mimoriadne situácie. Pre potreby krízového riadenia tak máme k dispozícii výbornú programovú podporu, ktorú považujem za významnú v rámci danej problematiky.

5.2 Vybraný objekt – Zimný štadión Pavla Demitru

Voľba pre účely modelovania a simulácie úniku nebezpečnej látky padla na zimný štadión Pavla Demitru v Trenčíne. Je to z toho dôvodu, že tento objekt využíva pre potreby chladiaceho zariadenia nebezpečnú látku Amoniak.

5.2.1 Popis prostredia zimného štadióna

Zimný štadión Pavla Demitru v Trenčíne som si vybral aj z dôvodu jeho polohy. Nachádza sa Považskej ulici č. 37 v Trenčíne v mestskej časti Sihot' a jedná sa o miesto pôsobenia extraligového hokejového klubu Dukla Trenčín.

Zimný štadión je umiestnený v rovinatej mestskej časti Sihot' a v jeho bezprostrednej blízkosti sa nachádza množstvo obytných panelových domov. Nakoľko sa jedná o staršiu časť Trenčína, v tejto lokalite bývajú prevažne starší občania, ktorých môžeme zaradiť do rizikovej skupiny obyvateľov z hľadiska ich zníženej mobility a citlivosti organizmu.

Približne 240 metrov južne od chladiaceho zariadenia zimného štadióna je umiestnená aj základná škola, ktorá patrí medzi väčšie základné školy v meste Trenčín. 7. Základná škola na Hodžovej ulici pozostáva z dvoch stupňov. Budova prvého stupňa základnej školy

(triedy 1. až 4. ročník.) je situovaná bližšie k zimnému štadiónu (cca 240 m) a druhý stupeň, s triedami piatych až deviatich tried, sa nachádza približne 430 metrov zimného štadióna.

Iba približne 100 metrov severozápadne od chladiaceho zariadenia zimného štadióna sa nachádza aj vodná elektrárňa, ktorej činnosť by, v prípade možnej evakuácie ako následku úniku veľkého množstva nebezpečnej látky, bola ohrozená.

5.2.2 Popis nebezpečnej chemickej látky – zdroj rizika

Zdrojom rizika je chemická látka amoniak (NH_3), ktorá sa na zimnom štadióne využíva ako chladiace médium pre ľadovú plochu. Jeho chemický názov je amoniak technický alebo aj ammonia. Jedná sa o bezfarebnú toxickú, horľavú a pri určitých koncentráciách aj výbušnú látku, ktorá má charakteristický štiplavý až dráždivý zápach. Vo vode je veľmi dobre rozpustný a dráždi horné dýchacie cesty, čo je jeho typickým prejavom a upozornením. V prípade kvapalnej formy sa jedná o leptavú látku, ktorá je nebezpečná pre pokožku, sliznicu a oči.

Technický popis:

Amoniak technický sa vyskytuje buď ako stlačený alebo skvapalnený plyn. V prípade výtoky jeho kvapalnej formy sa však veľmi rýchlo mení do plynnej fázy. Pri rozpínaní plynnej fázy amoniaku sa môžu tvoriť hmly.

Účinky na zdravie:

Pri nadýchnutí pôsobí na horné dýchacie cesty žieravo, zapríčiňuje kašeľ, nedostatočné dýchanie, bolesť hlavy a nevoľnosť. V prípade požitia tejto chemickej látky môže vyvolať popáleniny v oblasti úst, hrdla a žalúdka, opäť môže vyvolať aj bolesti hlavy a nevoľnosť. Pri priamom kontakte s pokožkou môže vyvolať bolesť, podráždenie a v konečnom dôsledku aj popáleniny. Cez pokožku sa môže dostať aj priamo do organizmu. V dôsledku kontaktu s očami zapríčiňuje zhoršenie zraku, sčervenanie oka až porušenie očného tkaniva a dokonca až slepotu. Pri opakovanom kontakte s touto látkou môže mať amoniak pre ľudí chronické účinky a to: poškodenie oka, pečene, ľadvín alebo pľúc a pri kontakte s pokožkou aj dermatitídu.

Toxické účinky amoniaku pre jednotlivé koncentráte [19]:

- koncentrácia 5 ppm je zmyslovo zistiteľná
- 8 hod. pobyt bez následkov zaručuje ešte koncentrácia 30 ppm

- asi hodinu pri koncentraci 216 ppm
- polhodinový pobyt v koncentracii 2 160 ppm je životu nebezpečný
- koncentracie nad 4 300 ppm usmrcujú behom niekoľkých minút
- koncentracie nad 10 000 ppm poškadzujú priamo pokožku. Ani použitie izolačného dýchacieho prístroja nie je bezpečné

-

Fyzikálne a chemické vlastnosti [19]:

Všeobecné informácie:

Vzhľad:	plyn pri 20°C
Farba:	bezfarebný
Zápach:	penikavý, ostrý, silne dráždivý

Dôležité zdravotné, bezpečnostné a environmentálne informácie:

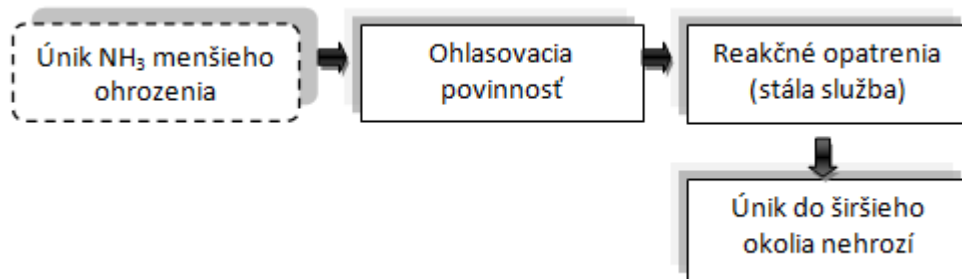
Teplota tuhnutia:	- 77,7°C
Teplota varu:	-33,3°C
Kritická teplota:	132°C
Kritický tlak:	11,72 MPa
Teplota vznietenia:	630°C
Medze výbušnosti:	dolná: 15% (v/v), horná: 28% (v/v)
Hustota (0°C, 101,325 kPa):	638 kg.m ⁻³
Hustota (-33°C, 101,325 kPa):	681,4 kg.m ⁻³
Tenzia pár pri 21°C:	8,825.10 ⁵ N/m ²
Rozpustnosť vo vode:	286,8 g/l
Hustota pár:	0,6 kg.m ⁻³
Molekulová hmotnosť:	17,0304 kg/kmol

Ďalšie informácie

Výhrevnosť:	18,63 MJ/kg
-------------	-------------

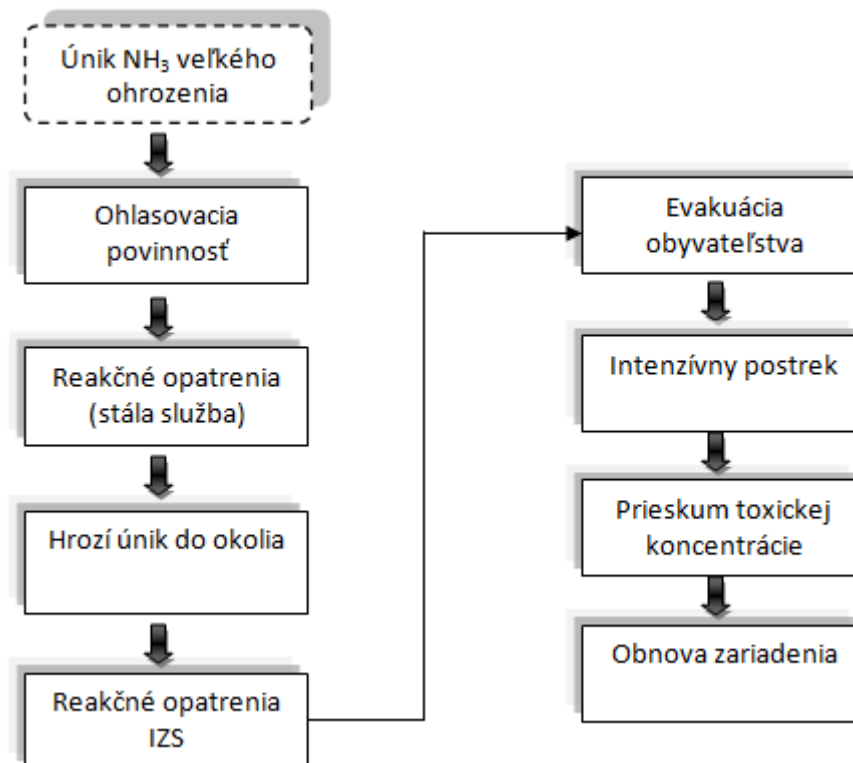
5.3 What – if analýza možnej mimoriadnej udalosti

Pre stanovenie rizika ohrozenia vzniknutou mimoriadnou udalosťou som použil metódu „What – if“.



Obr. 8: Únik NH₃ menšieho rozsahu (netesnosti apod.)

Z diagramu (Obr. 8) vyplýva, že pri rýchlej reakcii stálej služby, ktorá pôsobí na ZŠ, pri úniku malého rozsahu, únik do okolia nehrozí. Aby sa predišlo ďalšiemu ohrozeniu, je nutné vykonať potrebné kroky akými sú: vypnutie zariadenia a prívodu elektrickej energie do strojovne, uzavrieť tlakové nádoby, použiť tlakovú vodu na vykonanie intenzívneho postreku priestoru a vykonať opravu zariadenia.



Obr. 9: Únik NH₃ veľkého rozsahu ohrozenia.

Z diagramu (Obr. 9) vyplýva, že pri úniku veľkého rozsahu sú privolané zložky IZS, ktoré vykonávajú potrebné úkony a reakčné opatrenia, aby sa zabránilo ohrozeniu okolia ZŠ.

Pri vykonávaní záchranných prác, stálou službou ZŠ, je nutné používať predpísané ochranné pomôcky a vykonávať jednotlivé úkony vo dvojiciach pri zapnutom havarijnom odvetrávaní.

5.4 Modelovanie a simulácia zvolenej mimoriadnej udalosti

Pre modelovanie a simuláciu v modelovacom programe TerEx som si zvolil za mimoriadnu udalosť významný únik chemickej látky amoniaku technického, ktorý sa používa ako chladiace médium na zimnom štadióne Pavla Demitru v Trenčíne.

Ako vstupné hodnoty som si zvolil rovnaké, ako boli zvolené pri modelovaní pomocou programu Aloha. Je to z toho dôvodu, že chcem spresniť vypočítané zóny ohrozenia. Toto spresnenie je vďaka kvalitnejšiemu programu TerEx, ktorý využijem pre účely modelovania a simulácie úniku zvolenej nebezpečnej látky ďalej len NL.

Vstupné údaje pre dlho trvajúci únik NL:

Teplota kvapaliny v zariadení: -10 °C

Pretlak v havarovanom zariadení: 100,00 kPa

Priemer únikového otvoru: 0,0381 m

Výška hladiny kvapaliny v zariadení: 1 m

Rýchlosť vetra v prízemnej vrstve: 1 m/s

Pokrytie oblohy mrakmi: 0 %

Doba vzniku a priebehu havárie: Noc, ráno alebo večer

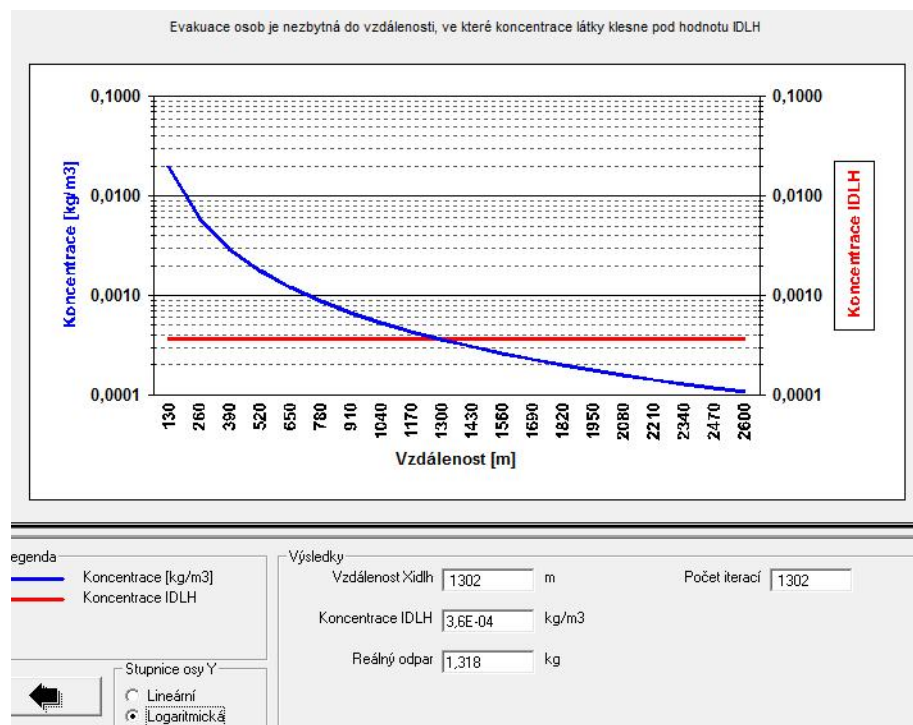
Typ atmosférické stálosti: F – inverzia

Na obr. 10 je výstup programu TerEx, na ktorom sú vidno jednotlivé zóny ohrozenia únikom NL. Vďaka programu je možné zakresliť tieto zóny priamo do Google Maps, kde krížik v žltom štvorčeku predstavuje miesto mimoriadnej udalosti. Najväčší okruh predstavuje zónu **1950 m**, kde je doporučený prieskum toxické koncentrácie. Priestor v smere vetra, vyznačený výraznejšou modrou, je zóna **1300 m** od miesta úniku, kde sa odporúča nutná evakuácia osôb, z dôvodu ohrozenia osôb toxickou látkou. Červená zóna predstavuje priame zasiahnutie oblakom. Nutná evakuácia osôb je z toho dôvodu stanovená

na 47 m od miesta úniku. Kým koncentrácia chemickej látky neklesne pod úroveň IDHL, je nutná evakuácia osôb až do príslušnej vzdialenosti, kedy sa tak stane. Klesanie koncentrácie v závislosti od vzdialenosti od miesta úniku NL zobrazuje graf 1. Červená vodorovná priamka zobrazuje hodnotu koncentrácie IDHL a modrá klesajúca priamka zobrazuje hodnotu poklesu koncentrácie v závislosti od vzdialenosti.



Obr. 10.: Dlho trvajúci únik NL



Graf 1: Nutná evakuácia osôb do vzdialenosti, v ktorej koncentrácia látky klesne pod hodnotu IDHL

Nakoľko je podľa výpočtov nutná evakuácia až do vzdialenosti 1300 m od miesta úniku, môžeme konštatovať, že ohrozené budú okrem najbližších budov a osôb v nich žijúcich aj Hotel Magnus, ktorý leží v bezprostrednej blízkosti štadióna, budovy základnej školy, „malý“ zimný štadión MG Ring a taktiež aj veľká časť priemyselnej zóny a okrajová časť vojenských kasární. Vo veľkom ohrození je však aj vodná elektrárňa, ktorá je umiestnená severozápadne od zimného štadióna, kde by vykonanie evakuácie bolo rozhodne na mieste.

Textový výstup modelovania je zobrazený na obrázku nižšie.

Model:	PLUME - Déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka:	Amoniak
Teplota kapaliny v zařízení	-10 °C
Přetlak v havarovaném zařízení	100,00 kPa
Průměr únikového otvoru	0,0381 m
Výška hladiny kapaliny v zařízení	1 m
Rychlost větru v přízemní vrstvě:	1 m/s
Pokrytí oblohy mraky	0 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti :	F - inverze
Ohrožení osob toxickou látkou	
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	1300 m (4270 ft.)
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku	1950 m (6410 ft.)
Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku	
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	47 m (154 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním	
NUTNÝ ODSUN OSOB	93,5 m (307 ft.)
Závažné poškození budov	
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	73,5 m (241 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem	
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI	147 m (481 ft.)

Obr. 11: Textový výstup programu TerEx s vypočítanými zónami ohrozenia.

V prílohe PII sú umiestnené výsledky modelovania dlhšie trvajúceho úniku NL v jednotlivých ročných obdobiach. Toto modelovanie malo za cieľ odhaliť možné odchýlky, ktoré by mohli nastať v prípade zmeny ročného obdobia. Zmeny v jednotlivých obdobia sa však od seba nelíšili.

Vstupné údaje pre jednorazový únik NL:

Teplota kvapaliny v zariadení: -10 °C

Celkové uniknuté množstvo kvapaliny: 1643 kg

Rýchlosť vetra v prízemnej vrstve: 1 m/s

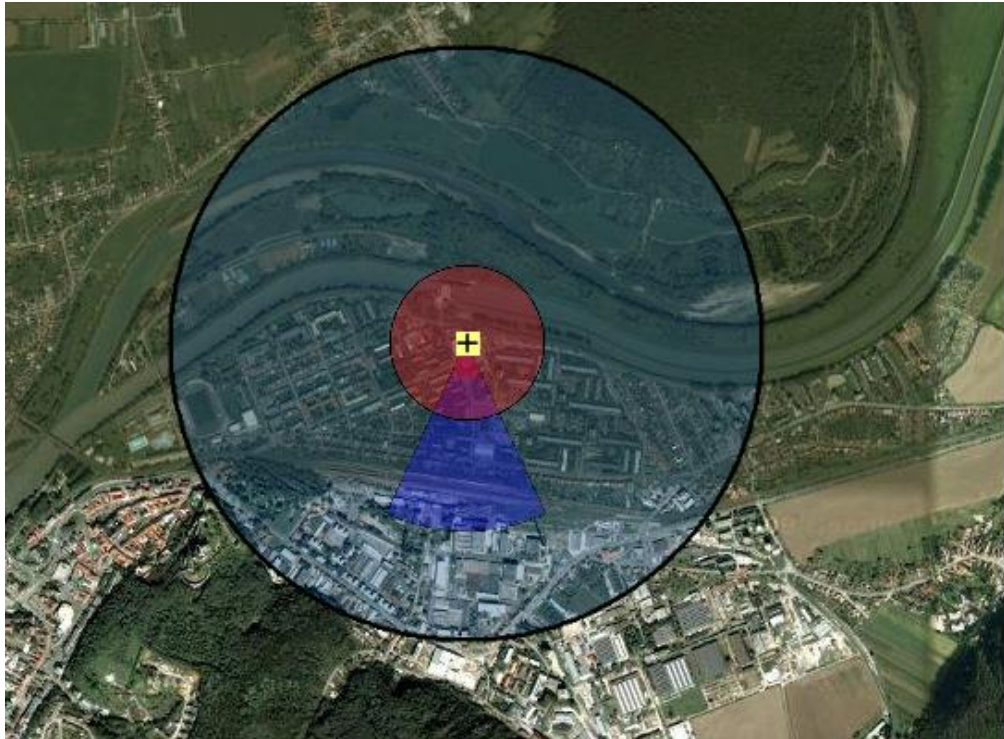
Pokrytie oblohy mrakmi: 0 %

Doba vzniku a priebehu havárie: Noc, ráno alebo večer

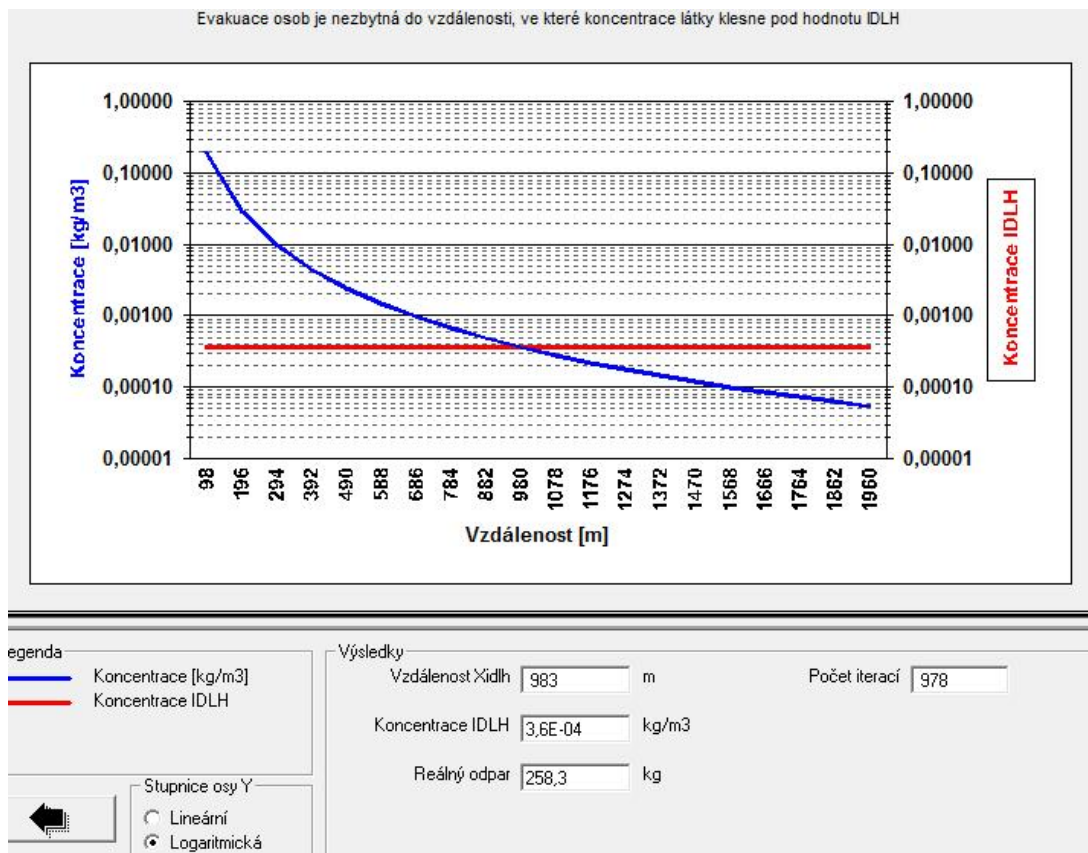
Typ atmosférickej stálosti : A – konvekcia

Obrázok 12., predstavuje mapový výstup modelovania jednorazového úniku NL. Už na prvý pohľad sú zrejmé podstatné rozdiely jednotlivých zón. Doporučený prieskum toxického koncentrácie je stanovený na zónu 983 m od miesta úniku. Nutná evakuácia osôb je do vzdialenosti **627 m** po smere vetra (modrý kruhový výsek). Táto oblasť zasahuje obytné bytové domy, časť budov základnej školy, zimný štadión MG Ring, avšak oproti dlhšie trvajúcemu úniku vypočítaná zóna 627 metrov zasahuje len minimálnu časť priemyselnej zóny. Nutná evakuácia osôb v dôsledku priamym zasiahnutím oblakom je v tomto prípade stanovená na vzdialenosť **121 m**. Táto zóna ohrozenia je na obrázku vyznačená červenou farbou a zasahuje opäť najbližšie stojace obytné domy, hotel Magnus, ale taktiež aj vodnú elektrárňu a to v plnom rozsahu.

Pokles nutnej evakuácie v závislosti od vzdialenosti od miesta úniku NL je vyznačený na grafe č. 2., kde modrá klesajúca krivka zobrazuje výšku koncentrácie a červená vodorovná priamka zobrazuje kritickú hodnotu koncentrácie IDLH.



Obr. 12.: Jednorazový únik NL



Graf 2: Nutná evakuácia osôb do vzdialenosti, v ktorej koncentrácia látky klesne pod hodnotu IDHL

Model:
PUFF - Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka:
Amoniak

Teplota kapaliny v zařízení -10 °C
Celkové uniklé množství kapaliny 1643 kg
Rychlost větru v přízemní vrstvě: 1 m/s
Pokrytí oblohy mraky 0 %
Doba vzniku a průběhu havárie Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti : F - inverze

Ohrožení osob toxickou látkou
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 627 m (2060 ft.)
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku 983 m (3230 ft.)

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 121 m (397 ft.)

Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 183 m (600 ft.)

Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 155 m (509 ft.)

Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 256 m (840 ft.)

Obr. 13: Textový výstup programu TerEx s vypočítanými zónami ohrozenia.

Obrázok 13 zobrazuje textový výstup modelovania jednorazového úniku NL, kde sú možno vidieť vypočítané jednotlivé zóny, ktoré sú v mapovom zobrazení (obr.12).

Pre porovnanie bolo vykonané aj modelovanie jednorazového úniku NL v jednotlivých ročných obdobiach, kde sa opäť neprejavili žiadne zmeny vo výpočtoch. Mapové výstupy modelovania úniku amoniaku zo Zimného štadióna Pavla Demitru sú zobrazené v prílohe PIII.

Záverom praktickej časti by som chcel hlavne vyzdvihnúť vlastnosti programu TerEx, ktorý poskytuje presnejšie výstupy pre modelovanie a simuláciu únikov nebezpečných látok. Priame zakreslenie ohrozených zón do mapového výstupu považujem kľúčový pre rýchle a efektívne evakuovanie okolia úniku nebezpečnej látky. Preto môžem skonštatovať, že nasimulované mapové výstupy, ktoré sú uvedené v tejto kapitole sú presnejšie ako v existujúcej dokumentácii, kedy sa vypočítaná zóna zakresľovala do leteckých máp, ktoré má odbor civilnej ochrany a krízového riadenia v Trenčíne k dispozícii. Zakreslenie vypočítanej ochrannej zóny programom Aloha je znázornené v prílohe PIV.

Okrem presnejšieho mapového zobrazenia ohrozených zón poskytuje program TerEx aj rozsiahlejší textový výpis, kde sú podrobne rozpísané vzdialenosti jednotlivých zón ohrozenia. Pri každej zóne je okrem vzdialenosti aj doporučená činnosť, ako je nutná evakuácia, doporučená evakuácia alebo doporučený prieskum toxikkej koncentrácie (obr. 11 a obr. 13).

Podrobnejšie výstupy, sú v rámci informačnej podpory v krízovom riadení skutočne nevyhnutné, pretože sa pri riešení podobnej mimoriadnej udalosti, ktorá bola modelovaná, musí nevyhnutne určiť zóna, ktorá ohrozuje životy, zdravie a majetok obyvateľstva.

ZÁVER

Hlavným cieľom tejto práce je podať priamy pohľad na využiteľnosť softwarových nástrojov pre podporu krízového riadenia v oblasti modelovania a simulácie. Z analýzy dostupnej literatúry je zrejmé, že prevencia vzniku mimoriadnej udalosti je najdôležitejšia časť krízového riadenia. Preto podpora daného procesu podobnými softwarovými nástrojmi, akým je napríklad program TerEx, ktoré by dokázali presne vypočítať veľkosť územia, zasiahnutého v prípade úniku nebezpečnej látky, je nezastupiteľná.

V teoretickej časti som sa zaoberal krízovým riadením ako takým a legislatívnym usmernením, ktoré ukladá práva a povinnosti krízovým orgánom v štátnej správe a podnikom, ktoré sú potenciálnym zdrojom rizika. Veľký dôraz, v rámci krízového riadenia, kladiem aj na správne vybratie vhodného prístupu riadenia rizík, ktoré popisujem v druhej kapitole. V tretej kapitole som sa venoval všeobecným princípom modelovania a simulácie dopadov mimoriadnych udalostí, akými môžu byť úniky nebezpečných chemických látok, ktoré ohrozujú životy a zdravie obyvateľov, majetok, zvieratá a životné prostredie. V tejto kapitole sú stručne popísané aj najznámejšie softwarové nástroje pre modelovanie a simulácií následkov mimoriadnych udalostí.

Priamy prínos má práca v praktickej časti, kde som na základe konkrétnej spoločenskej objednávky modeloval únik amoniaku technického z chladiaceho zariadenia Zimného štadióna Pavla Demitru v Trenčíne. Nakoľko oddelenie civilnej ochrany a krízového riadenia v Trenčíne disponuje dokumentáciou, ktorá zaznamenáva modelovanie tejto mimoriadnej udalosti, výsledky mojej práce slúžia pre spresnenie tejto dokumentácie, pretože pôvodné modelovanie bolo vykonané na voľne stiahnuteľnom softwarovom nástroji ALOHA, ktorého schopnosti a možnosti sú v určitých stránkach limitované. Pre účely modelovania som použil softwarový nástroj TerEx, ktorý dokáže podrobnejšie určiť ohrozené zóny, ku ktorým odporučí aj následné opatrenia, ktoré sú vypísané v jeho textovom výstupe aj s jednotlivými vzdialenosťami ohrozených zón. Pôvodná dokumentácia obsahuje aj zakreslenie ohrozených zón do leteckej mapy mesta Trenčín, avšak toto zakreslenie nebolo vykonané priamo v modelovacom programe, čo môže spôsobiť nepresnosti. Vďaka TerEx-u boli jednotlivé zóny ohrozenia zakreslené priamo pri samotnom modelovaní a je tu zrejmý aj smer priameho šírenia oblaku, čo prispieva k ešte väčšej presnosti a detailnosti krízovej dokumentácie. Na základe tohto podrobnejšieho

modelovania sa môžu, v prípade vzniku modelovanej mimoriadnej udalosti, krízové orgány účinnejšie a rýchlejšie rozhodnúť, akú veľkú oblasť od miesta úniku nebezpečnej látky evakuujú a zabezpečia. Simulovanie rovnakej mimoriadnej udalosti v rôznom ročnom období, jednoznačne ukázalo, že následky sa nemenia a nezáleží teda na období, v ktorom únik látky vznikne. Nakoľko sa posledná aktualizácia vykonala v minulom roku, tak moja vlastná modelácia slúži aj ako aktualizácia existujúcej dokumentácie, ktorú má oddelenie civilnej ochrany a krízového riadenia v Trenčíne k dispozícii.

Aj keď je ľudský činiteľ pri krízovom riadení nezastupiteľný, informačná podpora krízového riadenia je nenahraditeľná v tom, že na jej základe sa môžu krízové orgány riadiť a predvídať tak mimoriadnu udalosť a optimalizovať celkový proces riadenia.

ZÁVER V ANGLIČTINE

The main objective of this thesis is to provide a direct view of the usability of software tools for the support of crisis management in modeling and simulation. The analysis of the available literature has apparently shown that the prevention of an emergency situation is the most important part of crisis management. Therefore, the support of the given process with the similar software tools, such as TerEx programme that could exactly calculate the size of the area affected by the leak of the dangerous substance, is irreplaceable.

In the theoretical part, I have dealt with crisis management as such and the legislative guidelines given by the rights and obligations of emergency authorities and companies that are a potential source of risk. Within crisis management, I have put a large emphasis on the right choice of an appropriate approach to the risk management which is discussed in the second chapter. In the third chapter I paid more attention to the general principles of modeling and simulation of the effects of emergencies, such as leaks of dangerous chemicals that threaten lives and health of people, property, animals and the environment. The most popular software tools for modeling and simulations of the effects of emergencies have been briefly described in this chapter.

The direct contribution of this thesis is in its practical part, in which I have based on a particular formal order modeled a leak of the technical ammonia from the refrigeration equipment of Pavol Demitra Ice Hockey Stadium which is situated in Trenčín. Since the department of civil protection and crisis management in Trenčín has documentation that records the modeling of this emergency, the results of my thesis are being used for the specification of this documentation, and the original modeling was done on a free downloadable software tool called ALOHA, even though its abilities and the possibilities are limited in certain aspects. For modeling purposes, I used the TerEx software tool that can identify in more details the endangered zones, to which it recommends also a follow-up provision which is listed in its text output together with the different distances of the endangered zones. The original documentation also includes drawings of the endangered zones into the aviation map of the city of Trenčín, however this drawing was not done directly in the modeling programme, since it may cause some inaccuracies. Thanks to the TerEx the individual endangered zones were drawn directly during the modeling itself, and we can see a clear direction of a spreading cloud, which contributes to even greater

accuracy and details of crisis documentation. Based on this more detailed modeling, in case of a modeled emergency, the emergency authorities can effectively decide on the size of the area around the place of leak of the dangerous substance that should be evacuated to a safe place faster. Simulation of the same emergency in different seasons has clearly showed that the effects do not change and therefore the period in which the leak occurs doesn't matter. Since the last update was done last year, my own modeling serves as an update of the existing documentation which is at the disposal of the department of civil protection and crisis management in Trenčín.

Although the human factor in crisis management is irreplaceable, information support of crisis management is indispensable for its basis on which the emergency authorities can anticipate and manage such emergency, and optimize the overall management process.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] SR., Zákon č. 387/2002 Zb. o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu.
- [2] Babinec, F., Management rizika, Loss Prevention and Safety Promotion, Brno 2005.
- [3] HROMADA, M., Využitie modelovania v problematike ochrany kritickej infraštruktúry/The modeling use in area of Critical Infrastructure protection, In: Security Magazín, Číslo 96, 2010, ISBN ? 1210-8723
- [4] ŠIMÁK, Ladislav. *Terminologický slovník krízového riadenia*. Žilina: FŠI ŽU, 2005. ISBN 80-88829-75-5.
- [5] BERNATÍK, Aleš. Prevence závažných havárií I. [online]. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW:<http://www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/fbi/040/cs/sys/resource/PDF/skripta-PZH-I.pdf>.
- [6] BERNATÍK, Aleš. Prevence závažných havárií II. [online]. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW:<http://www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/fbi/040/cs/sys/resource/PDF/skripta-PZH-II.pdf>.
- [7] HORÁK, Rudolf. *Průvodce krizovým plánováním pro veřejnou správu*. 1. vyd. Praha: Linde Praha, 2011. ISBN 978-80-7201-827-7.
- [8] RYBÁR, Mikuláš. *Modelovanie a simulácia vo vojenstve*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľská a informačná, Ministerstvo obrany Slovenskej republiky, 2000. ISBN 80-88842-34-4.
- [9] PALEČEK, Miloš. *Prevence rizik*. 1. vyd. Praha: Oeconomica, 2006. ISBN 80-245-1117-7.
- [10] SR., Zákon č. 129/2002 Zb. o integrovanom záchrannom systéme.
- [11] SR., Zákon č. 261/2002 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií.

- [12] SR., Zákon č. 251/2007 Z. z. je úplne znenie zákona č. 82/1994 Z. z. o štátnych hmotných rezervách, ktorý je doplnený zákonmi 169/2001 Z. z., 291/2002 Z. z., 428/2003 Z. z. a zákonom č. 240/2006 Z. z.
- [13] Učebné texty, prednášky z predmetu Projektovanie integrovaných systémov, Ing. Jan Valouch.
- [14] Methods for Calculation of Physical Effects, Part 1,2 (Yellow book)(1997)
- [15] Vyhláška Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 385/2011 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenie zákona č. 179/2011 Z. z. o hospodárskej mobilizácii a o zmene a doplnení zákona č. 387/2002 Z. z. o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu v znení neskorších predpisov.
- [16] HORÁK, Rudolf. *Průvodce krizovým plánováním pro veřejnou správu : [prevence řešení mimořádných krizových situací]*. Praha: Linde Praha, 2011. 456 s. ISBN 978-80-7201-827-7.
- [17] ŠOVČÍKOVÁ, Ľubica. *Závažné priemyselné havárie a ich následky* [online]. Žilina, 2005[cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://fsi.uniza.sk/kpi/dokumenty/zph.pdf>.
- [18] Vyhláška Ministerstva vnútra Slovenskej republiky 533/2006 Z. z. o podrobnostiach o ochrane obyvateľstva pred účinkami nebezpečných látok (zmena :445/2007 Z. z.).
- [19] BARTOLEN, Oliver. *Hodnotenie rizika prevádzky ZŠ HK Dukla Trenčín*. Trenčín, 2005.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

ETA	Event Tree Analysis Analýza stromu udalostí
FTA	Fault Tree Analysis – analýza stromu porúch
HAZOP	Hazard and Operability Study – analýza ohrozenia a funkčnosti
IDHL	Immediately Dangerous to Life or Health
IZS	Integrovaný záchranný systém
NL	Nebezpečná látka
NH ₃	Amoniak
PLUME	Dlhotrvajúci únik plynu do oblaku
PUFF	Jednorazový únik plynu do oblaku
TerEx	Teroristický expert
ZPH	Závažná priemyselná havária
ZŠ	Zimný štadión

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1: Metóda stromu udalostí	29
Obr. 2: Príklad analýzy stromu porúch.	29
Obr. 3.: Pravdepodobnosť úmrtia obyvateľstva požiarom typu Flash fire [3].	40
Obr. 4: Pravdepodobnosť úmrtia obyvateľstva požiarom typ trysky, kaluže, BELEVE[3].	41
Obr. 5: Pravdepodobnosť úmrtia následkom explózie [3].	42
Obr. 6: Textový výstup modelovacieho nástroja ALOHA.....	52
Obr. 7: Grafické zobrazenie vypočítaných zón ohrozenia programom Aloha.....	53
Obr. 8: Únik NH ₃ menšieho rozsahu (netesnosti apod.).....	59
Obr. 9: Únik NH ₃ veľkého rozsahu ohrozenia.	59
Obr. 10.: Dlho trvajúci únik NL	61
Obr. 11: Textový výstup programu TerEx s vypočítanými zónami ohrozenia.....	62
Obr. 12.: Jednorazový únik NL.....	64
Obr. 13: Textový výstup programu TerEx s vypočítanými zónami ohrozenia.....	65
Obr. 14. Zóny ohrozenia – jar	80
Obr. 15. Zóny ohrozenia – leto	80
Obr. 16. Zóny ohrozenia – jeseň	80
Obr. 17. Zóny ohrozenia – zima.....	80
Obr. 18: Zóny ohrozenia – jar	81
Obr. 19: Zóny ohrozenia – leto	81
Obr. 20: Zóny ohrozenia – jeseň	81
Obr. 21: Zóny ohrozenia – zima.....	81

ZOZNAM GRAFOV

Graf 1: Nutná evakuácia osôb do vzdialenosti, v ktorej koncentrácia látky klesne pod hodnotu IDHL.....	61
Graf 2: Nutná evakuácia osôb do vzdialenosti, v ktorej koncentrácia látky klesne pod hodnotu IDHL.....	64

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1. Využitie metód [5].....	30
------------------------------------	----

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č. 1 k vyhláške Ministerstva vnútra SR 533/2006 Z. z.....	78
Príloha č. 2 Zóny ohrozenia pre dlho trvajúci únik.....	80
Príloha č. 3 Zóny ohrozenia pre jednorazový únik.....	81
Príloha č. 4 Pásma ohrozenia.....	82
CD ROM	

PRÍLOHA P I: PRÍLOHA K VYHLÁŠKE 533/2006 Z. Z.

Príloha č. 1 k vyhláške Ministerstva vnútra SR 533/2006 Z. z.

Parametre hodnotiaceho programu na modelovanie vyhodnotenia oblasti ohrozenia pri úniku chemických nebezpečných látok

1. Parametre na výpočet vzdialeností

- a) výstup v prehľadnej textovej podobe a v grafickej podobe minimálne v rozmere 2D,
- b) dĺžka a šírka stopy účinkov plynného mraku, výparov, aerosólu a pod.,
- c) riešenie pre jednorazové aj kontinuálne úniky minimálne počas 60 minút.

2. Vstupné parametre

- a) rýchlosť vetra v m/s alebo km/h,
- b) smer vetra v uhlových stupňoch,
- c) vertikálna stabilita ovzdušia (minimálne inverzia, izotermia, konvekcia),
- d) teplota ovzdušia v stupňoch Celzia,
- e) výška merania meteorologických parametrov v metroch nad terénom,
- f) charakter zástavby územia (mesto, obec, les, rovný terén),
- g) charakter počasia (oblačnosť, dážď, sneženie),
- h) technologické podmienky úniku a charakter hodnoteného zariadenia, z ktorého chemická nebezpečná látka uniká; ak sa zdroj nachádza v budove koeficient prestupu do voľného ovzdušia alebo koeficient zoslabenia budovy v percentách (alebo 100 = hodnota 1).

3. Výstupné parametre

a) koncentračné limity pre danú koncentračnú izočiaru koncentrácie v ppm alebo mg/m³

1. hodnota okamžitého nebezpečenstva pre život a zdravie nechránených osôb,
2. najvyšší prípustný expozičný limit hraničný,
3. najvyšší prípustný expozičný limit priemerný,
4. prípadne senzorická hodnota, t.j. zistiteľná koncentrácia čuchovými orgánmi,

b) výpočet oblasti ohrozenia v prípade chemických látok, ktoré majú výbušné vlastnosti podľa

1. koncentračnej hodnoty dolnej medze výbušnosti,
2. koncentračnej hodnoty hornej medze výbušnosti.
3. hodnoty tlakovej vlny na okolie v kPa,
4. prípadne oblasti účinkov a následkov výbuchu.

4. Všeobecné parametre

a) výpočet koncentrácie v ľubovoľnom priestore stopy mraku, najmä so zreteľom na dôležité objekty v priestore, napr. školy, nemocnice, štátne inštitúcie a pod.,

b) výpočet odhadu koncentrácie v ovzduší a v budove,

c) výpočet odhadu celkovej získanej dávky (odhad množstva prijatej látky vdýchnutím za stanovený čas),

d) použitie jednotiek podľa sústavy SI.

PRÍLOHA P II: ZÓNY OHROZENIA PRE DLHŠIE TRVAJÚCI ÚNIK

Ohrozenie osôb toxickou látkou:

NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 152 m (499 ft.)

Doporučení prieskum toxickej koncentrácie do vzdialenosti od miesta úniku 296 m (971 ft.)

Ohrozenie osôb priamym zasiahnutím oblaku:

NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 41 m (135 ft.)

Ohrozenie osôb mimo budovy závažným poranením:

NUTNÝ ODSUN OSOB 109 m (356 ft.)

Závažné poškodenie budov:

NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 80,5 m (264 ft.)

Ohrozenie osôb vo vnútri budov okenným sklom

DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 182 m (595 ft.)

Ako je vidno ročné obdobie nemá vplyv na výpočet ohrozených zón a výstup z programu TerEx (údaje popísané vyššie) platia pre všetky štyri ročné obdobia.



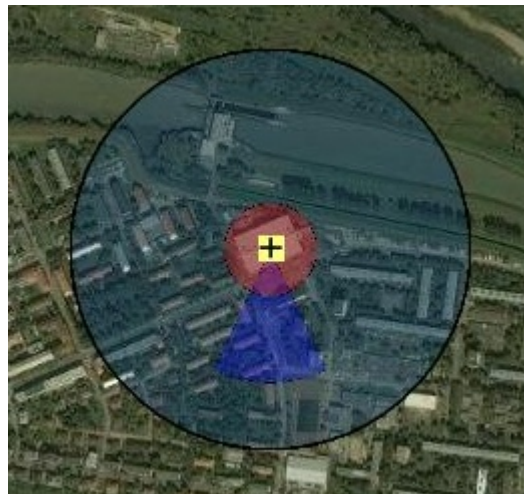
Obr. 14. Zóny ohrozenia – jar



Obr. 16. Zóny ohrozenia – jeseň



Obr. 15. Zóny ohrozenia – leto



Obr. 17. Zóny ohrozenia – zima

PRÍLOHA P III: ZÓNY OHROZENIA PRE JEDNORAZOVÝ ÚNIK

Ohrozenie osôb toxickou látkou:

NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 627 m (2060 ft.)

Doporučení prieskum toxickej koncentrácie do vzdialenosti od miesta úniku 983 m (3230 ft.)

Ohrozenie osôb priamym zasiahnutím oblaku:

NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 121 m (397 ft.)

Ohrozenie osôb mimo budovy závažným poranením:

NUTNÝ ODSUN OSOB 183 m (600 ft.)

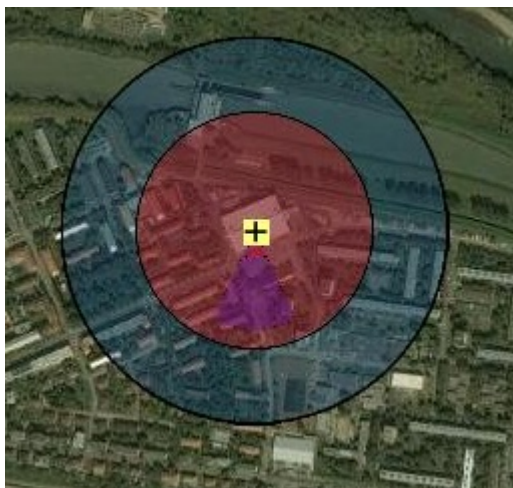
Závažné poškodenie budov:

NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 155 m (509 ft.)

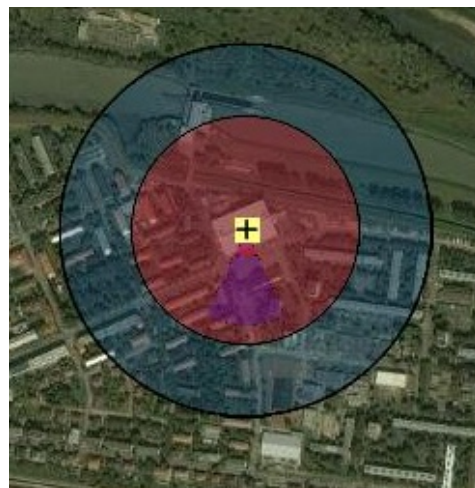
Ohrozenie osôb vo vnútri budov okenným sklom

DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 256 m (840 ft.)

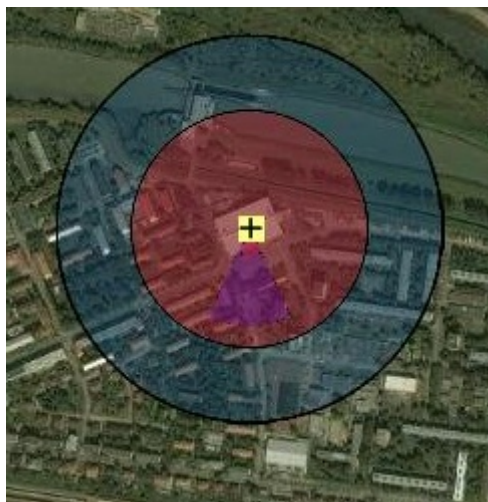
Opäť môžeme na modelovaní pozorovať, že ročné obdobia výraznejšie nepôsobia na charakter úniku nebezpečnej látky.



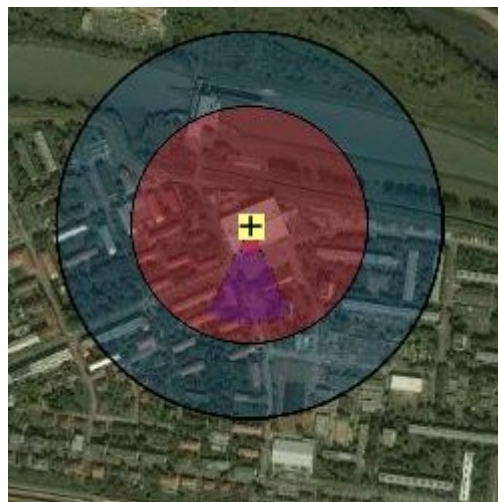
Obr. 18: Zóny ohrozenia – jar



Obr. 20: Zóny ohrozenia – jeseň

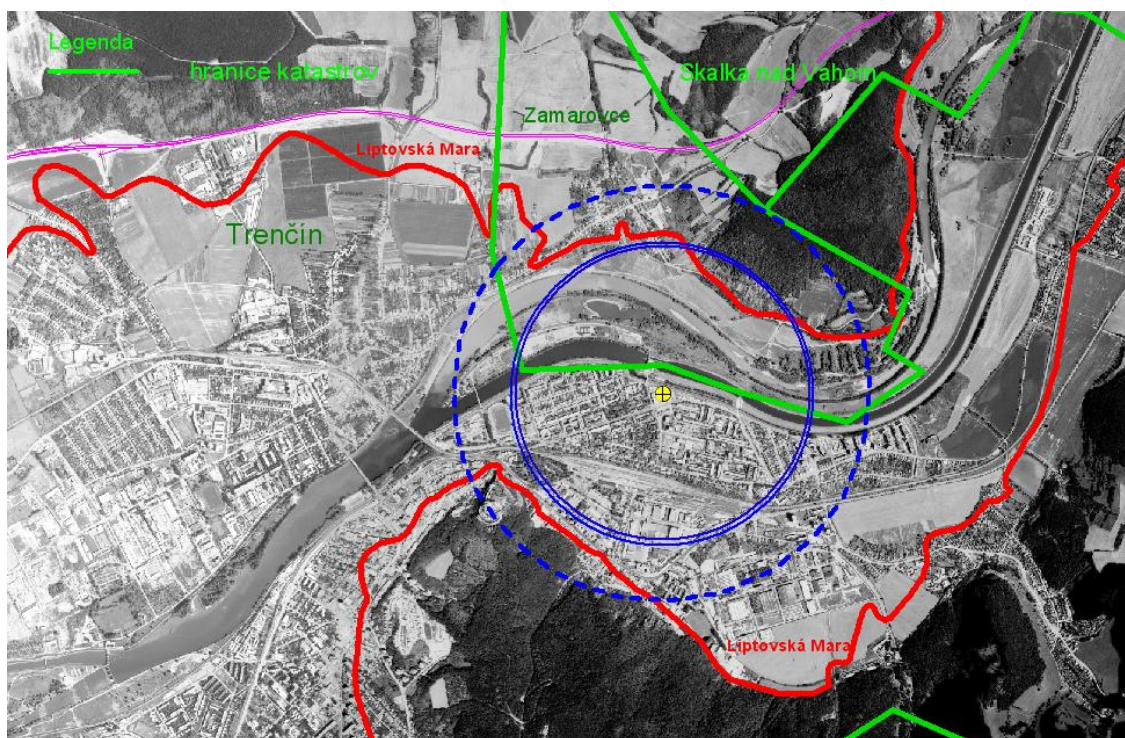


Obr. 19: Zóny ohrozenia – leto



Obr. 21: Zóny ohrozenia – zima

PRÍLOHA P IV: PÁSMA OHROZENIA



Modré kružnice zobrazujú jednotlivé pásma ohrozenia, ktoré boli vypočítané programom Aloha.

Mape je červenou farbou zakreslené území, ktoré je v ohrození mimoriadnou udalosťou (záplavou), ktorá môže nastať vo vodnom diele Liptovská Mara.

Zelenou čiarou sú zakreslená hranice katastru.