

Možnosti využití geografických informačních systémů v oblasti hodnocení rizik

Dagmar Endlerová

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav krizového řízení
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Dagmar Endlerová**
Osobní číslo: **L15309**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Ovládání rizik**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Možnosti využití geografických informačních systémů v oblasti hodnocení rizik**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s teoretickými základy problematiky mapování rizik území ohroženého mimořádnými událostmi spojenými s únikem nebezpečných chemických látek.
2. Seznamte se s možnostmi využití geografického informačního systému pro hodnocení rizik vybraných objektů nakládajícími s nebezpečnými chemickými látkami.
3. Teoretické poznatky aplikujte na vybrané území a získané výsledky implementujte do geografického informačního systému.
4. Zhodnoťte využitelnost geografického informačního systému pro analýzu ohroženého území.

Rozsah bakalářské práce: 81

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

[1] KRÖMER, Antonín, Petr MUSIAL a Libor FOLWARCZNY. Mapování rizik. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010, 126 s. Edice SPBI Spektrum. ISBN 978-80-7385-086-9.

[2] ŠENOVSÝ, Pavel. Bezpečnost občanů a rizika v území. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015, 146 s. SPBI Spektrum. Červená řada. ISBN 978-80-7385-172-9.

[3] CHANG, Kang-Tsung. Introduction to geographic information systems. Eighth edition. New York: McGraw-Hill Education, 2016, xvi, 429. ISBN 978-981-4636-21-6.

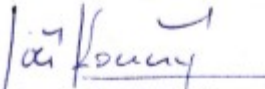
Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jakub Rak, Ph.D.
Ústav ochrany obyvatelstva
Datum zadání bakalářské práce: 3. listopadu 2017
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. května 2018

V Uherském Hradišti dne 15. listopadu 2017


doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.
děkan




Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské/diplomové 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 obhajoby¹⁾;
- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se bakalářská práce skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

V Uherském Hradišti
M. S. 2018


.....
podpis studenta

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací

(1) Vysoká škola nesystematicky zveřejňuje bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy. Vysoká škola disertační práce nezveřejňuje, byla-li již zveřejněna jiným způsobem.

(2) Bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být již nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce požítvat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

(4) Vysoká škola může odložit zveřejnění bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce nebo jejich částí, a to po dobu trvání překážky pro zveřejnění, nejdelší však na dobu 3 let. Informace o odložení zveřejnění musí být spolu s odůvodněním zveřejněna na stejném místě, kde jsou zveřejňovány bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, již se týká odklad zveřejnění podle věty první, jeden výřitek práce k uchování v ministerstvu.

2) 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je rozložena do dvou základních částí, na část teoretickou a část praktickou. V teoretické části se seznámíme s klíčovou legislativou zahrnující ochranu života, zdraví, majetku a životního prostředí, dále pak se základními pojmy analýzy a hodnocení rizika v rámci území ohroženého únikem nebezpečných látek a využitím geografického informačního systému jako nástroje pro realizaci metody mapování rizik a účinné prevence nebezpečných havárií. Praktická část je zaměřena na implementaci zjištěných hodnot do geografického informačního systému, pomocí softwarového nástroje TerExu bude odhadnut rozsah dopadů několika typů havárií s únikem nebezpečných chemických látek a data budou následně využita pro použití v geografickém informačním systému, vybraným nástrojem pro práci se získanými daty byl vybrán softwarový nástroj QGIS, následuje vypracování mapy rizik a vyhodnocení této metody pro určení míry ohrožení daného analyzovaného území.

Klíčová slova: analýza rizik, prevence, nebezpečná látka, geografický informační systém, mapování rizik.

ABSTRACT

This bachelor thesis is divided into two basic parts, the theoretical part and the practical part. In the theoretical part we will get acquainted with the key legislation covering the protection of life, health, property and the environment, as well as with the basic concepts of risk analysis and assessment within the territory threatened by leakage of hazardous substances and using the geographic information system for the implementation of the risk mapping method and the effective prevention of dangerous accidents. The practical part focuses on the implementation of detected values in the geographic information system. The TerEx software tool will estimate the extent of impacts of several types of accidents with the leakage of dangerous chemical substances and the data will subsequently be used for use in the geographic information system, the QGIS software tool was selected, followed by the development of a risk map and the evaluation of this method for determining the degree of threat to the analyzed area.

Keywords: risk analysis, prevention, dangerous substance, geographic information system, risk mapping.

Poděkování

Chtěla bych touto cestou poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Jakubu Rakovi, Ph.D., za trpělivost, ochotu, čas a odborné rady při zpracování této bakalářské práce.

Prohlášení

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

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1 LEGISLATIVA UPRAVUJÍCÍ NAKLÁDÁNÍ S NEBEZPEČNÝMI LÁTKAMI	14
1.1 MEZINÁRODNÍ PRÁVNÍ ÚPRAVA	14
1.2 PRÁVNÍ ÚPRAVA ČESKÉ REPUBLIKY V OBLASTI PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ.....	15
1.2.1 Základní právní předpis upravující oblast prevence závažných havárií	15
1.2.2 Vyhlášky a nařízení upravující oblast závažných havárií	15
1.2.3 Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů	16
1.3 DALŠÍ STRATEGICKÉ DOKUMENTY	16
2 HAVÁRIE S ÚNIKEM NEBEZPEČNÝCH LÁTEK.....	17
2.1 HAVÁRIE	17
2.2 NEBEZPEČNÉ LÁTKY.....	18
2.3 PŘÍKLADY NEJVĚTŠÍCH PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍ.....	19
3 BEZPEČNOST A PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ.....	21
3.1 KRIZOVÉ ŘÍZENÍ	21
3.1.1 Rozdělení objektů A a B	22
3.1.2 Objekty zařazené do kategorie B	22
3.1.3 Nezařazené objekty	23
3.1.3.1 Čerpací stanice pohonných hmot.....	23
3.1.3.2 Ropné produkty.....	23
3.2 KRIZOVÁ SITUACE A JEJÍ MOŽNÉ NÁSLEDKY	25
4 ANALÝZA A HODNOCENÍ RIZIK	26
4.1 ANALÝZA RIZIK DLE ZÁKONA O PREVENCI ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ.....	26
4.2 METODY ANALÝZY RIZIK	27
4.2.1 Kvantitativní metody analýzy rizik	27
4.2.2 Kvalitativní metody analýzy rizik	28
4.3 ANALÝZA A HODNOCENÍ RIZIK V KONTEXTU ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ	28
4.4 PŘÍKLADY METOD ANALÝZY A HODNOCENÍ RIZIK	29
4.4.1 ETA/FTA	29
4.4.2 FMEA.....	30
4.4.3 HAZOP	30
4.5 ŘÍZENÍ RIZIK NA ÚZEMÍ REGIONU.....	30
4.6 TYPOLOGIE NEBEZPEČÍ.....	31
4.6.1 Antropogenní a kombinované mimořádné události	32
4.7 OHROŽENÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.....	33
5 GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM.....	34

5.1	ZÁKLADNÍ FUNKCE GEOGRAFICKÉHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU	34
5.2	PRVKY GEOGRAFICKÉHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU	34
5.2.1	Vektorový datový model	35
5.2.2	Rastrový datový model	35
5.3	INFORMAČNÍ SYSTÉM PRO POTŘEBY KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ.....	35
6	MODELOVÁNÍ A SIMULACE MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ.....	37
6.1	MODELOVÁNÍ ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ	37
6.1.1	TerEx	37
6.1.2	QGIS	38
6.2	DATOVÉ MODELOVÁNÍ	38
6.2.1	Datové modelování v geografických informačních systémech	38
7	MAPOVÁNÍ RIZIK.....	40
7.1	ZÁKLADNÍ HODNOTY PRO METODU MAPOVÁNÍ RIZIK	40
7.1.1	Aktiva území a kritická infrastruktura	41
7.1.2	Nebezpečí	41
7.1.3	Zranitelnost	41
7.1.4	Riziko R	42
7.1.5	Míra rizika MR	42
7.1.6	Kumulované riziko R_{kum}	43
7.1.7	Připravenost P	44
7.1.8	Korigované riziko R_{kor}	45
7.2	MAPY RIZIK.....	45
7.3	FÁZE MAPOVÁNÍ RIZIK	45
7.3.1	Mapa nebezpečí.....	46
7.3.2	Mapa zranitelnosti	46
7.3.3	Mapa připravenosti.....	46
	Ve třetí fázi mapování rizik se hodnotí připravenost území, kterou lze vyjádřit dostupností sil a prostředků ochrany obyvatelstva [20].....	46
II	PRAKTICKÁ ČÁST	48
8	METODY A CÍLE PRÁCE.....	49
9	LOKALIZACE A CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÉHO ÚZEMÍ.....	50
9.1	OBJEKTY VYBRANÉHO ÚZEMÍ.....	56
9.1.1	Deza, a.s. ORGANIK Otrokovice.....	56
9.1.2	Barum Continental s.r.o.	57
9.1.2.1	Nebezpečné chemické látky unikající při hoření pneumatik do okolního prostředí	58
9.1.2.2	Výpočet plochy zasaženého prostoru	59
9.2	IMPLEMENTACE VYBRANÝCH OBJEKTŮ DO GIS	61
9.3	QGIS.....	62
10	MAPOVÁNÍ RIZIK VYBRANÉ OBLASTI	63

10.1	MÍRA RIZIKA DANÉHO ÚZEMÍ	63
10.2	HODNOCENÍ ZRANITELNOSTI DANÉHO ÚZEMÍ	67
10.3	STANOVENÍ PŘIPRAVENOSTI DANÉHO ÚZEMÍ	68
10.4	MAPA RIZIK.....	70
ZÁVĚR	.....	71
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	.....	72
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	.....	77
SEZNAM OBRÁZKŮ	.....	78
SEZNAM TABULEK	.....	79
SEZNAM PŘÍLOH	.....	80

ÚVOD

Prevence je důležitá nejen jako nástroj pro zvládnání předpokládaných mimořádných událostí, a minimalizace ztrát na okolním prostředí, ale i jako opatření před jejím samotným vznikem. Důsledné dodržování pravidel bezpečné práce s nebezpečnými látkami, materiály, pravidelná údržba a kontrola mají velký vliv na předcházení mimořádným událostem.

V rámci prevence je klíčová připravenost v rámci havarijních složek, předem charakterizovat jaké prostředky a síly budou nutné, pokud dojde k předem analyzované události, a díky rozšířené databázi o objektech nakládajícími s nebezpečnými látkami.

U havárií těchto objektů mluvíme jako o závažných, protože mají často katastrofální následky.

Včasnou analýzou rizik, jejich zhodnocení, vede k minimalizaci hrozeb a škod způsobených na životech, zdraví, životním prostředí a majetku.

Vlivem katastrof, ať způsobených antropogenními činiteli, přírodními vlivy nebo jejich kombinacemi těchto faktorů, mohou být vážně ohroženy veškeré přírodní a materiální složky, které nás obklopují a které jsou tak důležité pro existenci jedince. Jejich vlivem mohou vymizet veškeré přírodní, nenahraditelné složky ekosystému.

Nejdůležitějším nástrojem pro prevenci závažných havárií a minimalizaci následků, je především analýza rizik a jejich hodnocení. Pokud riziko známe a jsme schopni jej reálně ohodnotit, můžeme se na něj dostatečně připravit. Je otázka, jakou metodu pro analýzu a hodnocení rizik využijeme.

Využívání informačních technologií a informačních podpor je stále rozšiřováno ve všech možných oblastech. Jednou z oblastí, která je efektivní podporou prevence závažných havárií je právě geografický informační systém.

Cílem této práce je zhodnotit využitelnost nástrojů geografického informačního systému v oblasti analýzy a hodnocení rizik, pak možnosti rozšíření a implementace prostorových informací do databáze tohoto informačního systému.

Jako zdroj pro analýzu a hodnocení rizik je v této práci využita metoda mapování rizik.

V první části práce se s touto metodou i s prací v geografickém informačním systému seznámíme a blíže si popíšeme základní pojmy a legislativu týkající se nakládání s nebezpečnými látkami a ochranou životního prostředí.

Hodnocení výsledných dat v rámci kumulativních a synergických účinků, kdy zvýšení rizika vzniku závažné havárie a závažnosti jejich následků v důsledku blízkosti dalšího objektu nebo zařízení, v němž je umístěna nebezpečná látka.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LEGISLATIVA UPRAVUJÍCÍ NAKLÁDÁNÍ S NEBEZPEČNÝMI LÁTKAMI

Legislativní úprava je jednou z hlavních prvků prevence závažných havárií. Tato kapitola popisuje jednotlivé právní akty jak z pramenů mezinárodních, implementaci mezinárodních norem, i národní právní úpravu této problematiky.

1.1 Mezinárodní právní úprava

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU ze dne 4. července 2012 o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES (SEVESO III).

Tato směrnice stanoví pravidla pro prevenci závažných havárií, při kterých jsou přítomny nebezpečné látky, a omezení jejich následků pro lidské zdraví a životní prostředí, aby byla soudržným a účinným způsobem zajištěna vysoká úroveň ochrany v celé Unii.

SEVESO III se ohlíží do minulosti a zdůrazňuje nebezpečnost závažných havárií. Havárie jednoho objektu není jen otázkou místa samého, ale mnohdy přesahuje hranice více států. Proto je nutné, aby v rámci prevence závažných havárií a jejich následků byla zřízena opatření na ochranu života člověka a životního prostředí. Tato preventivní opatření jsou platná pro všechny evropské státy a vychází z myšlenky vzájemné spolupráce. Jedná se o jednotnou filozofii v prevenci závažných havárií států Evropského společenství.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí.

Toto nařízení nahrazuje směrnice 67/548/EHS a 1999/45/ES a zavádí nové třídy a kategorie nebezpečných látek. V rámci potřeby sjednocení označování nebezpečných látek, jejich balení a klasifikace, bylo přijato toto nařízení na mezinárodní úrovni struktury Organizace spojených národů.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/35/ES ze dne 21. dubna 2004 o odpovědnosti za životní prostředí v souvislosti s prevencí a nápravou škod na životním prostředí

„Účelem této směrnice je vytvořit rámec odpovědnosti za životní prostředí založený na zásadě „znečišťovatel platí“ s cílem předcházet škodám na životním prostředí a napravit je.“

REACH – Nařízení ES č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omazování chemikálií

ADR – Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí

CLP – Nařízení ES č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnice 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006

1.2 Právní úprava České Republiky v oblasti prevence závažných havárií

1.2.1 Základní právní předpis upravující oblast prevence závažných havárií

Zákon č. 1/1993 Sb., Ústava České republiky a ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky, kde jsou deklarovány chráněné zájmy, kterými jsou životy a zdraví lidí, majetek a bezpečnost.

Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), zde je charakterizována kritická infrastruktura.

Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými látkami a chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií).

Zákon č.239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon), ve znění zákona č. 279/2013 Sb., který implementuje příslušné předpisy EU – REACH, CLP

Zákon č. 258/2000 Sb., zákon o ochraně veřejného zdraví

1.2.2 Vyhlášky a nařízení upravující oblast závažných havárií

Další platné předpisy v oblasti prevence závažných havárií.

Vyhláška č.225/2015 Sb., o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A nebo B

Vyhláška 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury

Vyhláška č. 227/2015 Sb., o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku

Vyhláška č. 228/2015 Sb., o rozsahu zpracování informace veřejnosti, hlášení o vzniku závažné havárie a konečné zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie

Vyhláška č. 229/2015 Sb., o způsobu zpracování návrhu ročního plánu kontrol a náležitostech obsahu informace o výsledku kontroly a zprávy o kontrole.

1.2.3 Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů

Ochrana obyvatelstva, pro potřeby integrovaného záchranného systému, je chápána jako „plnění úkolů civilní ochrany, zejména varování, evakuace, ukrytí a nouzové přežití obyvatelstva a další opatření k zabezpečení ochrany jeho životů, zdraví a majetku.“

1.3 Další strategické dokumenty

- **Koncepce environmentální bezpečnosti 2016-2020 s výhledem do roku 2030**

Strategickým dokumentem vedoucí k dosažení udržitelnosti životního prostředí.

- **Bezpečnostní strategie České republiky**

V roce 2015 byly zveřejněny specifické hrozby bezpečnostního prostředí v rámci České republiky.

2 HAVÁRIE S ÚNIKEM NEBEZPEČNÝCH LÁTEK

Kvalitní systém ochrany obyvatelstva je důležitou součástí života člověka. Tento systém bezpečnosti života, zdraví, životního prostředí a majetku vytváří stát a zabezpečuje minimalizaci dopadů mimořádných událostí [1].

Havárie s únikem nebezpečných látek charakterizujeme jako „mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení, v němž je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována, a která vede k bezprostřednímu nebo následnému závažnému poškození nebo ohrožení života a zdraví občanů, hospodářských zvířat, životního prostředí nebo ke škodě na majetku“ [5].

Jedná se o havárie v dopravě nebo havárie v průmyslu, které mohou způsobit velké, nevratné a rychlé škody na životním prostředí [4]. Příčinou vzniku průmyslové havárie může být následkem působení lidského faktoru, při nakládání s nebezpečnými látkami ve výrobě, skladování nebo nehodou při přepravě nebezpečné látky. Další možnou příčinou je vlivem přírodních účinků, kdy k úniku nebezpečných látek dojde vlivem povodně, větru, sesuvem půdy nebo při teroristických útocích a následkem válečných operací.

K úniku nebezpečných látek může docházet jak z mobilních zdrojů (silniční, železniční, vodní přeprava) tak ze zdrojů stacionárních, z objektů nakládajících s těmito látkami [28].

2.1 Havárie

Při závažných haváriích často dochází k úniku chemických látek. Látky unikající do okolního prostředí ohrožují svými nebezpečnými vlastnostmi život, zdraví, životní prostředí i majetek [27].

Mezi havárie s únikem chemických látek patří:

- Úniky toxických plynů

K únikům jedovatých plynů dochází při poruchách zařízení nebo odchylkách od technologického procesu. Může jít o lehké plyny nebo těžké plyny [6]. Lehké plyny zpočátku stoupají vzhůru, proto nejsou tak nebezpečné jako těžké plyny, které se šíří horizontálně a mohou být větrem zaneseny do obydlených oblastí nebo se mohou hromadit v prohlubních a tím se riziko zvyšuje [6].

- Únik toxických kapalin

K úniku jedovatých kapalin z potrubí může dojít při výrobě nebo během přepravy [6]. Následkem může být zamoření životního prostředí, poškození zdraví osob nebo i smrt.

- Výbuchy

Výbuchy můžeme charakterizovat jako náhlou mimořádnou událost s rychlou dobou průběhu a krátkou dobou trvání. Výbuchy jsou nebezpečné pro rozšíření na jiné okolní objekty, kdy dochází k domino efektu [7].

- Požáry

Požár může vzniknout při nevhodné manipulaci s otevřeným ohněm v přítomnosti hořlavého materiálu, mechanickým působením materiálů, iniciací produktů vznikajících při biologických procesech, při spalovacích procesech [6].

Zdroje rizika závažných požárů představují například:

- hořlavé látky v technologických procesech,
- sklady hořlavých látek,
- čerpací stanice,
- sklady plastických hmot,
- sklady pesticidů [6].

Požáry všeobecně ovlivňují zdraví a majetek osob i životní prostředí. Závažné jsou i lesní požáry, které mohou ohrozit i průmyslové objekty [6].

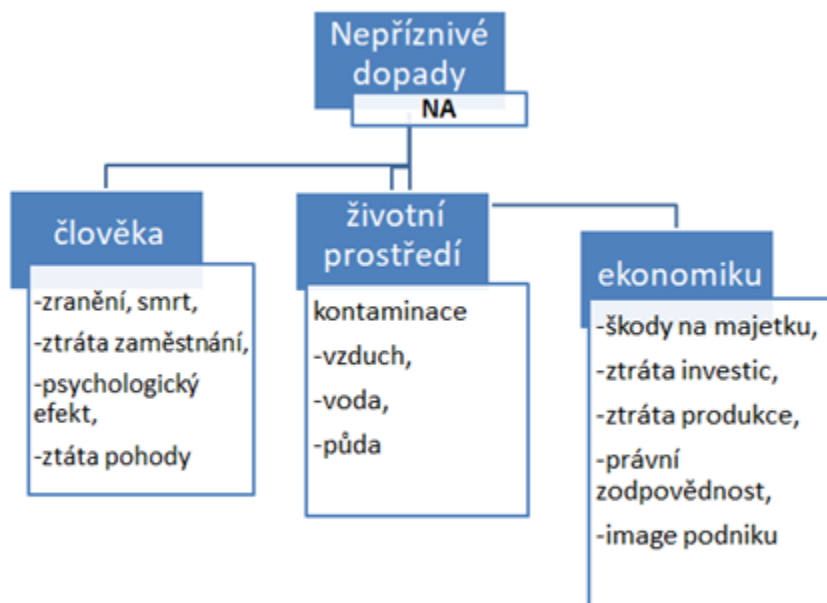
2.2 Nebezpečné látky

Nebezpečné látky se vyznačují svými nebezpečnými vlastnostmi. Tyto vlastnosti jsou například toxicita, hořlavost, výbušnost, žíravost, leptavost a další nebezpečné vlastnosti [8]. Při závažných haváriích tyto vlastnosti působí na život a zdraví osob a nežádoucím způsobem zasahují životní prostředí [28].

Informace o nebezpečných vlastnostech a účincích chemických látek, informace pro bezpečné nakládání s nimi a v případě havárie informace pro provedení zásahu, informace o ochranných prostředcích nebo poskytnutí první pomoci, je možno čerpat ze zpracovaných informačních systémů [7].

2.3 Příklady největších průmyslových havárií

Nebezpečné chemické látky pro své typické vlastnosti představují pro společnost významné riziko.[9] Předpokladem pro snížení rizika vzniku závažných havárií s únikem nebezpečných chemických látek je a minimalizaci jejich dopadů na zdraví osob a životní prostředí je především dostatečné množství správných informací pro bezpečné nakládání s těmito látkami [9].



Obrázek 1: Příklady možných nepříznivých dopadů havárií s únikem nebezpečných látek [10].

Ze všech průmyslových havárií spojených s únikem nebezpečných chemických látek v minulosti lze konstatovat, že v 95% případů bylo hlavní zavinění spojeno s působností lidského faktoru [9].

- 1974 – Flixborough, Velká Británie

Tato závažná havárie s únikem nebezpečných látek je typická především proto, že právě u ní se projevil nebezpečný synergický účinek, který může způsobit domino efekt.

- 1976 – Seveso, Itálie

Nemá na svědomí prakticky žádné lidské oběti, přesto se stala jedním z hlavních impulsů zavedení přísných preventivních a bezpečnostních opatření, která mají předcházet ničivým důsledkům průmyslových havárií [10].

- 1984 – Bhopál, Indie – je označována jako „nejzávažnější chemická havárie v historii lidstva“ [28].

Naprosté podcenění bezpečnostních prvků. Chyba lidského činitele. Neznalost a neinformovanost osob žijících poblíž výrobního podniku. Půda i voda stále obsahuje vysoké procento rtuti, olova, niklu, mědi, chromu, chlorbenzenu a dalších nebezpečných, toxických látek [10].

- 1986 – Černobyl

Tyto největší havárie jsou pokládány za jakýsi hlavní impuls k řešení prevence havárií s únikem nebezpečných látek. Člověk svou činností značně přispívá ke vzniku nebezpečných situací a to jak nevědomostí, nedbalostí a někdy až hrubým porušováním bezpečnostních předpisů [6].

3 BEZPEČNOST A PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ

Základními pojmy bezpečnosti a prevence závažných havárií, jsou krizová situace, mimořádná událost, krizové a havarijní plánování.

Do oblasti krizového a havarijního plánování spadají veškeré možné krizové situace a mimořádné události ať už způsobené přírodními živly či působením lidského faktoru. V rámci prevence závažných havárií se rozdělují objekty, které nakládají s nebezpečnými látkami a směsmi podle množství látky nebo směsi v objektu, do tří skupin – skupina A, skupina B, nezařazené objekty.

Objekty nakládající s nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi, včetně způsobu jejich zařazení do skupiny A nebo B a zpracování návrhu na zařazení a plnění obecných povinností právnických nebo podnikajících osob se řídí podle zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií (dále jen zákon) [11].

Zákon upravuje metodiku pro:

- vymezení osob a objektů, na které se zákon o prevenci závažných havárií vztahuje,
- tvorbu podkladů pro zařazení objektů do skupiny A nebo skupiny B,
- způsob zařazení objektů do skupiny A nebo skupiny B,
- způsob zpracování návrhu na jejich zařazení do skupiny A nebo skupiny B [11].

3.1 Krizové řízení

Krizové řízení je jedna z nejdůležitějších oblastí ochrany obyvatelstva [1].

Prevence jsou to opatření pro bezpečnost osob, životního prostředí a dalších hodnot.

Prevence je řízena hlavním právním předpisem a to zákonem č. 224/2015 Sb. ze dne 12. srpna 2015, o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými látkami a chemickými směsmi.

Provozovatel je povinen přijmout veškerá preventivní opatření pro zvládnutí a omezení následků na životech, zdraví, životním prostředí a majetku, a je povinen vypracovat seznam všech nebezpečných látek, které se v objektu nachází, jejich druh, množství klasifikaci, formu a poměrné množství nebezpečné látky či směsi.

Území, u kterého se dá předem předpokládat, že zde může dojít k závažné havárii s únikem nebezpečných látek, je především území „v blízkosti:

- výrobních a skladovacích objektů průmyslu a dalších ekonomických aktivit, zejména provozovatelů spadajících v ČR do skupiny A nebo B;..
- dalších podniků s přítomností nebezpečných látek v menším množství než je limit dle zákona, avšak v blízkosti zranitelných objektů; zde často analýzy a havarijní plány chybí,
- úložišť nebezpečných odpadů určených k jejich skladování před zneškodněním nebo k trvalému uložení,
- speciálním případem mimořádné události, která může vyústit v krizovou situaci, je zneužití nebezpečných chemických látek v rámci kriminálních činů, terorismu nebo sabotáží“ [2].

U zasaženého území se dá teoreticky předpokládat územní a časový rozsah působení nebezpečných látek, dle typu uniklé látky, jde-li o kapalinu, pevnou látku či plyn, jde-li o požár, výbuch, explozi výbušnin, dále záleží na množství uniklé látky, meteorologických podmínkách, charakteru území, na zranitelnosti a připravenosti zasaženého území.

3.1.1 Rozdělení objektů A a B

„Jedná se o provozovatele, jejichž podnikatelská činnost zasahuje do zpracování, používání a skladování nebezpečných chemických látek, při kterých probíhají chemické nebo fyzikální procesy“ [2].

Provozovatel objektu nakládajícího s nebezpečnými látkami, zařazeného do skupiny A nebo B, je povinen zpracovat bezpečnostní dokumentaci. V dokumentaci musí deklarovat bezpečnost manipulace a veškerého nakládání s nebezpečnými látkami a systém prevence závažné havárie. Tato dokumentace musí být pravidelně aktualizována.

Tato dokumentace podléhá procesu schválení a odbornému posouzení.

3.1.2 Objekty zařazené do kategorie B

Pro objekty zařazené do skupiny B jsou krajským úřadem stanoveny zóny havarijního plánování.

Jedna z nejdůležitějších preventivních opatření je informovanost obyvatel. Je důležité, aby osoby, nebo jejich okolí, které by mohly být zasaženy uniklou nebezpečnou látkou, jak se v takové situaci chovat. Informovaností se předchází panice a dalšímu zhoršování nastalé

nebezpečné situace. Osoby, v zóně havarijního plánování jsou informovány o případných rizicích nebezpečných látek a poučeny jak se v případě havárie chovat.

Zóna havarijního plánování je „území v okolí objektu, ve kterém jsou uplatňovány požadavky ochrany obyvatelstva a požadavky územního rozvoje z hlediska havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu“ [2].

3.1.3 Nezařazené objekty

Nezařazené objekty jsou objekty podlimitními, které nakládají s nebezpečnou chemickou látkou nebo směsí, ale nedosahují limitu nebezpečnosti dle zákona o prevenci závažných havárií.

3.1.3.1 Čerpací stanice pohonných hmot

Čerpací stanice pohonných hmot jsou jedním z objektů, který nakládají s nebezpečnými chemickými látkami. Nebezpečné chemické látky, v podobě pohonných hmot a mazacích olejů, skladovány a prodávány. V rámci jejich provozu jsou používány i další nebezpečné chemické látky a jejich směsi [13]. Pohonné hmoty jsou skladovány ve skladovacích nádržích.

3.1.3.2 Ropné produkty

Ropa je hlavní surovinou pro výrobu motorových paliv a mazacích olejů [13]. Při manipulaci s ropnými produkty jsou kladeny z hlediska bezpečnosti vysoké nároky. Ropné produkty jsou klasifikovány jako nebezpečné chemické látky, většinou hořlavé nebo vysoce hořlavé a často nebezpečné pro životní prostředí [13]. Úkony, které jsou nejrizikovější v rámci manipulace s látkami, s kterými se uvnitř areálu těchto podniků pracuje, jsou doprava, přeprava, nakládka a vykládka během dopravy.

„Ropné produkty představují vážné nebezpečí pro ovzduší, vodu a půdu, možnost jejich požáru a výbuchu ohrožuje zdraví a životy osob, ale i značné majetkové hodnoty“ [13]. Hlavním nebezpečím v rámci provozu čerpacích stanic je to, že se z velké části nachází v bezprostřední blízkosti dopravních tras a osídlených zón.

Nebezpečné chemické látky, se kterými je nakládáno v rámci provozu čerpacích stanic pohonných hmot:

- automobilový benzín – směs kapalných uhlovodíků, hořlavá kapalina I.třídy nebezpečnosti, bod vzplanutí pod 0°C,
- motorová nafta – směs kapalných uhlovodíků, hořlavá kapalina III. Třídy nebezpečnosti s bodem vzplanutí nad 55°C,
- bionafta – směsné palivo druhé generace (směs motorové nafty a methylesterů řepkového oleje v poměru 2:1). Z ekologického hlediska je výhodou bionafty omezené množství kouřových zplodin při jejím spalování a biologická odbouratelnost je maximálně do 21 dní [13],
- plynná paliva – zkapalněné ropné plyny-LPG a zemní plyn-NG. LPG (propanbutan) i NG (methan) jsou extrémě hořlavé látky s bodem vzplanutí pod 0°C, „z kapalných formy se snadno odpařují a ve směsi se vzduchem mají velmi široké rozmezí výbušnosti“ [13].

Nádrže pohonných hmot jsou skladovány v dvouplášťových ocelových nádržích podzemí na betonových deskách do pískového lože, aby se vyloučilo mechanické poškození těchto nádrží. Vnější izolací jsou nádrže chráněny před vnější korozi. Automaticky je kontrolována i těsnost těchto nádrží [13].

Výdej pohonných hmot a systém plnění zařízení je pokládáno podzemní potrubí. Potrubí sací – ke stojanům a potrubí stáčecí – do nádrží. Jsou také chráněna před mechanickým narušením a jsou kontrolovány těsnosti meziplášťového prostoru. Při plnění nádrží i tankování vozidel jsou odsávány a odváděny zpět uhlovodíkové plyny do podzemní nádrže.

Vzhledem k těmto technickým zajištěním se předpokládá, že provoz čerpacích stanic je dostatečně bezpečný. Přesto stále dochází k závažným haváriím, kdy na vině bylo nedostatečné bezpečnostní zajištění při samotné výstavbě a nedostatky při údržbách či kontrolách zařízení čerpacích stanic [13].

Čerpací stanice pohonných hmot jsou zařazeny mezi technologická zařízení s nebezpečím výbuchu. Jsou to „zařízení na výrobu, dopravu, skladování hořlavých plynů a kapalin, kde mohou vznikat nebezpečné plyny a páry – zejména výrobně technická zařízení, technologické celky složené z nádrží a propojovacích potrubí“ [13].

Dalšími nebezpečnými objekty, nezařazených podlimitních objektů jsou například plavecké bazény nebo zimní stadiony, kde je skladováno a užíváno velké množství nebezpečných

látek, jako chlor a amoniak. Tyto objekty se tradičně nachází v těsné blízkosti osídlené zóny a uniky těchto nebezpečných látek do okolního prostředí nejsou výjimkou.

3.2 Krizová situace a její možné následky

Krizovou situaci mohou vyvolat zdroje rizika, jako jsou nebezpečné látky a jejich směsi. A to buď samostatně nebo jako důsledek domino efektu či synergických vlivů. Dle zákona 224/2015 ze dne 12. srpna 2015 o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi, se havárie „projevují únikem chemické látky nebo směsi, za nekontrolovaných podmínek ve stacionárním zařízení a jejími současnými nebo následnými fyzikálně-chemickými účinky jako jsou požár a výbuch nebo biologickými jako jsou toxicita a ekotoxicita a další účinky na zdraví.“ Až do krizové situace může prerůst únik chemických látek ze stacionárního zdroje nebezpečí při velkém rozsahu, kdy dojde k uvolnění energie, například při požáru či výbuchu při ztrátě integrity zařízení v objektu a chemikálie pak působí svými nebezpečnými vlastnostmi na chráněné zájmy, osoby, životní prostředí.

4 ANALÝZA A HODNOCENÍ RIZIK

Havarijní a krizové plánování bezprostředně vychází z analýzy rizik. Analýza umožňuje předem identifikovat zdroje rizika a klasifikovat je dle závažnosti, zvážit důsledky a hodnotit daná rizika [18].

Bezpečnost je obecně zaměřena především na ochranu občanů před možnými hrozbami takovým způsobem, který je v souladu s dlouhodobým vývojem a rozvojem lidské společnosti [15]. Na bezpečnost je nutno pohlížet v komplexním pojetí, jako tzv. na integrální bezpečnost.[15] Toto chápeme jako „veškerá opatření a činnosti přijímané vůči škodlivým jevům spojených s vazbami a toky v systému, který představuje sledovaná entita, tj. území, správní celek, podnik apod. Tato opatření nejsou realizována izolovaně, ale společně – tedy integrovaně, aby byl podpořen synergický efekt ochranných investic“ [17]. Jednou z nejdůležitějších částí hodnocení je určení přijatelnosti rizika a to posouzení společenské přijatelnosti rizik [15]. Území může být zasaženo různými událostmi, jako jsou přírodní katastrofy, antropogenní události nebo kombinací mimořádných událostí [15]. Proto jsou stále vyvíjeny nové moderní metody analýzy rizik, pro co nejdřívejší hodnocení rizik [15]. Vývoj hodnocení rizik je proces, ve kterém se identifikuje pravděpodobnost vzniku nebezpečné situace, úroveň závažnosti a rozhodování o dalších opatřeních pro minimalizaci následků [4].

Řízení rizik je nástrojem pro rozšiřování teoretického poznání bezpečnostní problematiky regionu a jeho zasazení do kontextu procesního řízení a zvyšování účinnosti procesu hodnocení rizik [15].

Analýza rizik je výchozím bodem v procesu ochrany důležitých přírodních hodnot v krizovém a havarijním plánování [12]. Analýza rizik se skládá z několika fází – identifikace, klasifikace, analýza příčin a následků a hodnocení rizika [12]. V rámci procesu Řízení rizik je hlavní správně a včas identifikovat rizika. Pokud nejsou rizika identifikována, nemůžeme je ani analyzovat [18].

4.1 Analýza rizik dle zákona o prevenci závažných havárií

Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií (dále jen zákon) určuje posouzení rizik, které obsahuje:

- identifikaci zdrojů rizik

- přehled nebezpečných chemických látek, se kterými se v objektu nakládá a jejich bezpečnostní listy,
- identifikace a výběr zdrojů rizik pro podrobnou analýzu,
- popis vybraných zdrojů rizik,
- mapové zobrazení jejich umístění v objektu
- analýzu rizik
 - analýza příčin a podmínek pro možnou iniciaci události závažné havárie
 - přehled iniciačních událostí a podmínek uvnitř a v okolí objektu s potenciálem způsobení škody
 - sestavení možných scénářů závažných havárií, včetně odhadů následků a jejich grafické znázornění,
 - sestavení míry skupinového rizika identifikovaných scénářů závažných havárií
 - výsledky a postup posouzení vlivu lidského činitele – spolehlivost, chybování, selhání, ..
- hodnocení rizik
 - hodnocení přijatelnosti rizika, srovnání odhadovaných hodnot a přijatelných hodnot rizika
 - celkové hodnocení a přijatelného rizika objektu [19].

4.2 Metody analýzy rizik

„Analýza rizik je ve své podstatě multikriteriálním hodnocením parametrů našeho okolí.“ [18]. Metody analýzy rizik můžeme rozdělit do dvou metod a to na kvantitativní a kvalitativní metody. Výběr metody je závislý na dostupnosti dat.

4.2.1 Kvantitativní metody analýzy rizik

„Princip kvantitativní analýzy rizik je založen na dvou základních krocích, tj. pravděpodobnosti výskytu jevu a pravděpodobnosti ztráty hodnoty“ [18]. Metoda využívá pouze relativní hodnoty pravděpodobnosti.

4.2.2 Kvalitativní metody analýzy rizik

Pro stanovení hlavních hodnot a stupně nebezpečnosti rizik se využívá častěji kvalitativních metod. Kvalitativní metody pracují s daty zohledňujícími následky jevu a ztrát užitných hodnot [18].

Proces analýzy a hodnocení je soustavný systém postupů pro posuzování pravděpodobnosti vzniku rizikového jevu, jeho samotné existence, povahy jevu a míry jeho závažnosti [16].

4.3 Analýza a hodnocení rizik v kontextu závažných havárií

V rámci závažných havárií je analýza a hodnocení rizik důležitým nástrojem pro poznání rizika samého a tak identifikovat prvotní příčinu nepříznivých situací a minimalizovat tak škody napáchané závažnou havárií. „Analýza a hodnocení rizik závažné havárie je vypracována s ohledem na pravděpodobnost vzniku závažné havárie a jejích možných dopadů s využitím kvalitativních a kvantitativních analytických metod“ [16].

Jednou z povinností provozovatele objektu zařazeného do skupiny A nebo B je „vyhotovení posouzení rizik závažné havárie“ [2]. Toto posouzení je bráno jako podklad pro zpracování bezpečnostního programu nebo bezpečnostní zprávy [2].

Toto posouzení rizik musí obsahovat identifikaci zdrojů rizik, analýzu a hodnocení rizik. Provozovatel objektu nakládajícího s nebezpečnými látkami zařazeného do skupiny A „zpracuje na základě posouzení rizik závažné havárie bezpečnostní program“ [2], provozovatel objektu zařazeného do skupiny B „zpracuje na základě posouzení rizik závažné havárie bezpečnostní zprávu“ [2].

Scénářem rozumíme „vlastní popis rozvoje závažné havárie, popis rozvoje příčinných a následných, na sebe navazujících a vedle sebe i poslopně probíhajících událostí, a to buď spontánně probíhajících anebo probíhajících jako činnost lidí, které mají za účel zvládnout průběh závažné havárie“ [2].

Riziko chápeme jako „pravděpodobnost vzniku nežádoucího specifického účinku, ke kterému dojde během určité doby nebo za určitých okolností“ [2].

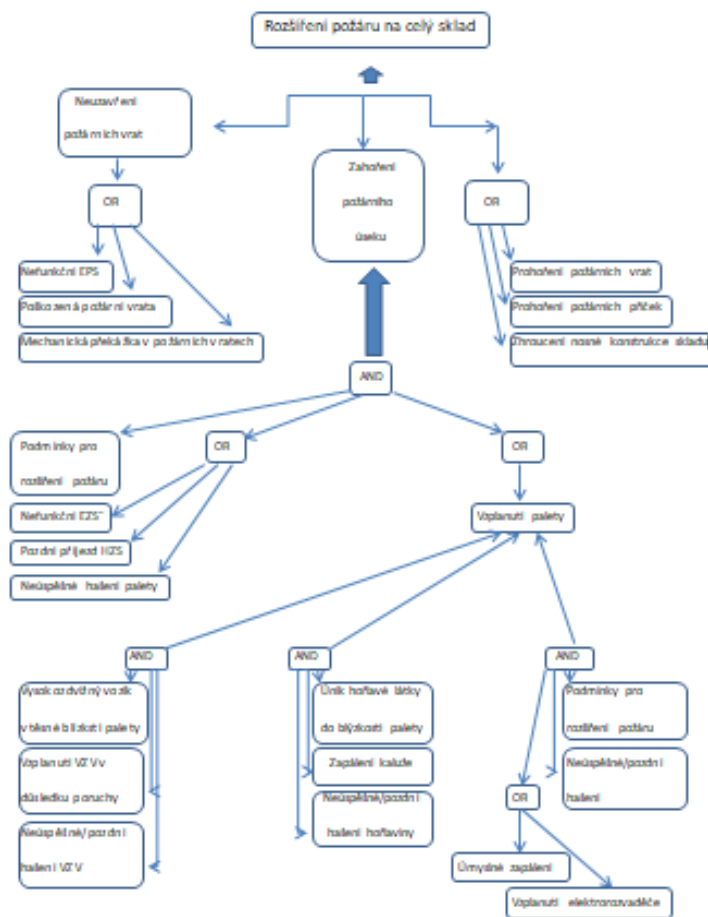
Zdroj rizika „je vlastnost nebezpečné látky nebo fyzická či fyzikální situace vyvolávající možnost vzniku závažné havárie“ [2].

4.4 Příklady metod analýzy a hodnocení rizik

Metod pro analýzu a hodnocení rizik pro průmyslové celky, stroje a zařízení je spousta. Výběr metody závisí na různých faktorech, množství analyzovaných dat, požadavcích na výsledné hodnoty a podobně. V následujících podkapitolách si uvedeme několik příkladu metod analýzy a hodnocení nebezpečí a poruch technologických celků a procesů.

4.4.1 ETA/FTA

ETA – Event Tree Analysys, analytická metoda pro identifikaci potencionálních následků různých událostí, které mohou nastat s určitou pravděpodobností a iniciací těchto událostí.



Obrázek 2: Strom poruch – analýza [21].

FTA – Fault Tree Analysis, systematika vyhledávání příčin, podmínek a potenciálních iniciací nebezpečí a rizik až ke konečnému výskytu nežádoucího stavu.

Příklad analýzy rizik pomocí metody FTA viz obrázek 2.

4.4.2 FMEA

FMEA - Failure Modes and Effects Analysis, metoda identifikace možných poruch strojů a zařízení, technologických procesů a systémů. Tato metoda analyzuje rizikovost technologických systémů, vytypovávání problémů, které mohou nastat, jasně specifikovat možná nebezpečí, jaká je pravděpodobnost jejich vzniku, možnosti dopadů a velikost následků a případné návrhy řešení.

4.4.3 HAZOP

HAZOP - Hazard and Operability Study, patří mezi metody identifikace, analýzy a hodnocení rizik a nebezpečí technologických zařízení, které se nejčastěji používají. Metoda využívá váhu specifických slov pravděpodobnosti výskytu nebezpečí.

4.5 Řízení rizik na území regionu

Principem pro řešení krizové situace je především prevence, připravenost a včasná reakce. V současné době je součástí každého podniku zavedeno řízení rizik, pro včasnou identifikaci rizik [15]. Řízení rizik umožňuje identifikovat potencionální hrozby a tím minimalizovat dopady nežádoucích situací. Řízení rizik je proces neustálého zdokonalování a poznávání potencionálních hrozeb, jejich kontrolou a navrhováním řešení vhodných bezpečnostních opatření [15].

„Riziko z pohledu technického lze chápat jako pravděpodobnost vzniku škody, tj. ohrožení lidského zdraví a životů, životního prostředí, majetkových a kulturních hodnot“ [18].

Riziko pro analýzu rizik území můžeme definovat jako hrozbu a zranitelnost území. V rámci hodnocení rizik na daném území můžeme postup shrnout do několika fází.

V první fázi je nutno nejprve identifikovat zdroje rizika a navrhnout možné scénáře. Další fází je hodnocení následků těchto rizik a jejich pravděpodobnosti vzniku a v poslední fázi stanovit riziko, riziko konkretizovat [15].

4.6 Typologie nebezpečí

Nebezpečí mohou představovat určitou budoucí hrozbu s potenciálem způsobit škodu [15]. Každé nebezpečí může mít odlišný původ, může jít o nebezpečí například způsobená činností člověka nebo přírodními účinky. „Každé nebezpečí je charakterizováno svým umístěním, intenzitou frekvencí a pravděpodobností výskytu. Nebezpečná situace je výskytem přírodní nebo člověkem indukovaný fenomén v určitém místě, v průběhu určitého časového úseku v důsledku existence nebezpečí“ [15].

Pro nebezpečí můžeme použít následující rozdělení [15]:

- Naturogenní nebezpečí – představuje přírodní proces, s potenciálem způsobit svou silou škody na životech osob, majetku a životním prostředí.
- Biologická nebezpečí – proces organického původu, šíření nebo přenášení biologického materiálu, patogenních mikroorganismů, bioaktivních a toxických látek.
- Environmentální nebezpečí – procesy životního prostředí, která vznikají přirozeně, jako například zemětřesení nebo větrné bouře, nebo činností člověka, například při úniku nebezpečných látek do okolního prostředí.
- Geologická nebezpečí – procesy, které probíhají pod zemským povrchem, může jít například o proces sesuvu půdy nebo vulkanickou činnost.
- Hydro-meteorologická nebezpečí – atmosférické procesy. Tyto mohou být krupobití, tornáda.
- Antropogenní nebezpečí – tato nebezpečí jsou způsobena lidskou činností, včetně poruch systémů, technologická a sociální nebezpečí.
- Socio-naturogenní nebezpečí – představuje kombinaci nebezpečí přírodních a antropogenních.
- Technologická nebezpečí – jsou způsobena zejména od technologických a průmyslových činností. Do této kategorie patří zejména nehody na pracovištích, znečišťování životního prostředí průmyslovou činností člověka, nehody v průmyslové oblasti. Tato nebezpečí mohou vznikat přímým selháním člověka, lidské technologie nebo mohou být vyvolány přírodními procesy [15].

Pro potřeby této bakalářské práce si dále popíšeme některé antropogenní mimořádné události, události způsobené lidskou činností.

4.6.1 Antropogenní a kombinované mimořádné události

Antropogenní mimořádné události jsou důsledkem lidské činnosti. Jsou spojeny s využitím výrobních technologií. Jedná se především o požáry, výbuchy, uvolňováním toxických látek do okolního prostředí a často se jedná o kumulaci těchto jevů [6].

Kombinované mimořádné události zahrnují přírodní mimořádné události vyvolané dlouhodobou nebo krátkodobou činností člověka a technologické události vyvolané stupňováním přírodního katastrofického jevu.

- Technologické hrozby

Tyto hrozby nejsou založeny na lidském úmyslu. Jedná se zejména o havárie způsobené technologických zařízení, mechanickými poruchami nebo nedbalostí [15]. „Mezi technologické hrozby jsou řazeny např. havárie s únikem nebezpečných látek, radiační havárie, zvláštní povodně způsobené narušením vodních děl nebo velké dopravní nehody (letecké, námořní, železniční nebo silniční)“ [15].

- Havárie při nakládání s nebezpečnými látkami

Havárie, které vznikají při přepravování, skladování nebo jinou manipulací s nebezpečnými látkami. Tyto havárie jsou způsobeny například při ztrátě kontroly nad činnostmi souvisejícími s nakládáním s nebezpečnou látkou a mohou zanechat dopady na životech osob, jejich zdraví, majetku i životním prostředí [15].

- Průmyslové havárie

Průmyslové havárie jsou spojeny se selháním procesu v průmyslových objektech. Má destruktivní účinek a může dojít k úniku nebezpečné látky, ke vznícení nebo vzniku tlakové vlny způsobené výbuchem s rozletem trosk a úlomků materiálu [15].

- Radiační havárie

Havárie, která „má za následek nepřípustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo nepřípustné ozáření fyzických osob a jejichž následky vyžadují naléhavá opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí“ [15].

Negativní projevy mimořádných událostí chápeme jako destruktivními účinky, které můžeme rozdělit do několika skupin:

- fyzikální

fyzikální destruktivní účinky se dělí podle nositele energie na mechanické (tlaková zatížení nebo vibrace), tepelné účinky (požáry, vedra, mrazy), elektromagnetické (statická elektřina, atmosférické výboje) [6].

- chemické

Chemické destruktivní účinky jsou typické pro svou agresivitu vůči přírodním i technickým látkám a jedovatostí pro živé organizmy [6].

- biologické

biologické destruktivní účinky můžeme chápat jako původce nákaz a epidemií [6].

Destruktivní následky jsou z hlediska druhu a rozsahu značně proměnlivé.

4.7 Ohrožení životního prostředí

Ohrožení životního prostředí můžeme také klasifikovat do několika kategorií:

- akutní ohrožení životního prostředí,
- potenciál k bioakumulaci,
- degradace organických sloučenin,
- chronické ohrožení životního prostředí [9].

Pro komplexní hodnocení dopadů havárie s únikem nebezpečné chemické látky na životní prostředí, je třeba provést kvantitativní posouzení rizik. Každou havárii, která způsobí zhoršení stavu životního prostředí, je nutné posuzovat jako ekologickou havárii [9]. Ekosystém je potřeba obnovit v takovém rozsahu, aby bylo dosaženo ekologické stability a rovnováhy postiženého území.

5 GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM

Geoinformatika, je vědní disciplínou, která zahrnuje poznatky z geografie a informatiky. Jedná se o metodu aplikace informací získaných o zemském povrchu a prostorových vztazích mezi objekty, které se na něm nacházejí, spolu s využitím informačních systémů a informačních podpor. Geografický informační systém je technologie, která nám umožňuje digitální mapování, lokalizovat geografické prvky, analyzovat vzory, jako jsou cesty, řeky, směry, uchovávat informace v databázi [22]. Geografický informační systém umožňuje shromažďovat, analyzovat a pracovat s prostorovými daty, vytvářet nové mapy a datové vrstvy, měřit vzdálenosti a zadávat další dotazy, simulovat a modelovat [22]. Tento informační systém je využitelný pro mnohá odvětví, v podnikání, v armádě, plánování města, pro potřeby IZS, katastrální úřady, krizové a havarijní plánování, které spadají do oblasti této práce.

5.1 Základní funkce geografického informačního systému

Pro správné využívání geografického informačního systému je nutné znát, co vše umožňuje.

- sběr geografických dat,
- správa geografických dat,
- analytické zpracování,
- prezentace dat **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

Geografický informační systém je využíván v mnoha oblastech, jako je inženýrství ochrany, územní plánování, armádní plánování, strategické plánování. Tyto mapy slouží pro pochopení geografického kontextu [24].

5.2 Prvky geografického informačního systému

Geografický informační systém pracuje s geografickými daty, kterými popisuje reálný svět, jeho objekty a prostorové vztahy mezi nimi [25].

Skládá se z následujících prvků:

- geografických dat - geodat

Tato data pokrývají umístění prostorových prvků. Pokud chceme lokalizovat prostorové znaky na povrchu Země, můžeme použít geografický nebo plánovaný souřadný systém.

Prostorová data jsou základními prvky každého prostředí. V rámci geografických informačních systémů se jedná o tři základní formy:

- bod,
- linie,
- polygon.

Geografický souřadný systém je vyjádřen v zeměpisné délce a šířce a je promítán v souřadném systému souřadnicemi x a y . Geografický informační systém je tvořen daty vektorovými nebo rastrovými [26].

5.2.1 Vektorový datový model

Vektor využívá body, čáry a polygony, které reprezentují prostorové znaky s jednoznačnou prostorovou polohou a hranicemi, jako jsou toky, pozemky nebo vegetace [26].

5.2.2 Rastrový datový model

Rastrový datový model využívá síťové a mřížkové zobrazení buněk, které reprezentují prostorové znaky. Bodové znaky jsou vyjádřeny jednotlivými buňkami, čárovými znaky, sekvencí sousedních buněk a polygonovými znaky sousedních buněk. Hodnota atributu odpovídá atributu prostorové funkce v buňce [26].

- průzkumu dat,

získávání dat je obvykle prvním krokem při realizaci projektu geografického informačního systému [26],

- analýzy dat,

prostorová data, jsou základní data.

5.3 Informační systém pro potřeby krizového řízení

Orgány krizového řízení a havarijního plánování musí rychle a efektivně pracovat s velkým množstvím informací, které je nutno shromažďovat, ověřovat, třídit, aktualizovat a dále analyzovat, proto je nutné mít k dispozici odpovídající možnosti výpočetní techniky.

Geografický informační systém se vyvinul jako podpora rozhodovacího procesu a zařízení pro správu informací pro všechny aspekty řízení katastrof [24]. Pro potřeby prevence a podpory připravenosti na mimořádné události je efektivní řešení digitalizace krizových

plánů v rámci geografického informačního systému jako propojení geografických, textových a dalších dat.

Hlavními úkoly Krizového řízení je analyzovat a hodnotit intenzitu mimořádných událostí, popis jejich možných průběhů a posoudit důsledky těchto událostí, následně přijmout nejvhodnější variantu řešení pro zvládnutí krizové situace a minimalizovat její dopady. Mapy jsou důležité proto, že názorně poukazují na to, co se děje při katastrofě a kdy se tak děje [24].

Krizového řízení je povinno zabezpečit připravenost na mimořádné události a vytvořit podmínky pro adekvátní reakci při zjištění mimořádné události a přijmout preventivní opatření.

6 MODELOVÁNÍ A SIMULACE MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ

Jako prevence mimořádných událostí jako jsou právě havárie s únikem nebezpečných látek, jsou často v rámci geografických informačních systémů využívány různé softwarové nástroje pro analýzu rizik a řešení těchto závažných havárií. Tyto nástroje jsou určeny pro modelování a simulace těchto mimořádných událostí [14]. Modelování je zjednodušené zobrazování skutečnosti – modelu, který využíváme pro aplikaci řešení problému, analyzování požadavků na strukturu dat, která pak zadáváme do informačního systému [25].

„V současné době se jedná o matematické modely, které jsou schopny na základě zadaných vstupních hodnot vypočítat, jak rychle a kterým směrem se bude nebezpečná látka šířit. Stejně tak nám buď v textové anebo v grafické formě ukáže, jak velkou oblast havárie zasáhne a v jaké síle. Důvodem, proč se klade na modelování průmyslových havárií čím dál větší důraz je, že mohou ohrozit zdraví a životy lidí, zvířat, majetek a taktéž mají katastrofální následky pro životní prostředí“ [23].

Důležitým pojmem pro práci s daty gis jsou datové modely gis. Datový model gis lze považovat za způsob, kterým jsou prezentovány jevy v zeměpisných měřících. Dvě nejběžnější formy datových modelů v gis jsou vektor a rastr [24].

Simulace událostí je napodobení skutečného chování systému, procesu nebo stavu [25].

6.1 Modelování závažných havárií

Příkladem softwarového nástroje, který pracuje na základě geografických informačních systémů je například Terex a QGIS, které jsou využity i pro praktickou část této práce.

6.1.1 TerEx

Je softwarový nástroj využívající geografický informační systém, který obsahuje databázi chemických látek a je schopen okamžitě vyhodnocovat dopady nebezpečných látek **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** „TerEx je nástroj pro rychlou prognózu dopadů a následků působení nebezpečných látek nebo výbušných systémů“ [6]. V programu je možno modelovat závažné havárie, což přispívá k řešení rychlého zásahu a možnosti prevence a připravenosti území **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Je využíván pro krizové a havarijní plánování.

Program Terex pracuje na bázi modulů, které jsou zaměřeny na chemické látky, výbušné systémy a otravné látky a počítá i s klimatickými podmínkami **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Jedná se o prognostický softwarový nástroj, pro řešení dopadů a následných působení nebezpečných chemických látek, popřípadě výbušných zařízení. Zobrazuje výsledné hodnoty na mapách, je to nástroj geografického informačního systému [21].

TerEx obsahuje širokou databázi různých nebezpečných chemických látek a jsou zde dostupné i informace o těchto látkách, jejich značení, balení, zásady bezpečné manipulace, příznaky zasažení i první pomoc při kontaminaci.

V praktické části této práce jsou umístěny příklady vyhodnocování vstupních dat do programu TerEx a implementovány do softwarového nástroje informačních geografických systémů – QGISu.

6.1.2 QGIS

QGIS je volně dostupný geografický informační systém s minimálními požadavky na náročnost hardwarových komponent. Využití tohoto programu je vhodné jak pro širokou veřejnost, tak pro komerční využití. Práce s tímto softwarovým nástrojem je popsána v praktické části této práce.

6.2 Datové modelování

Datový model je zachycení části reality, kterou chceme analyzovat a uchovávat potřebné informace. Datový model je výslednou hodnotou datového modelování, která „definuje formát a strukturu dat v IS a určuje vzájemné vztahy jednotlivých datových prvků. Představuje proces návrhu struktury a datového uspořádání s cílem popisu reálných objektů pomocí objektů datových – modelovaných“ [25].

6.2.1 Datové modelování v geografických informačních systémech

Geografický informační systém pracuje s geodaty a jimi popisuje danou část reality, její podobu, vzájemný prostorový vztah objektů a procesy, které v ní probíhají [25].

Důležité informace, kterými musí disponovat geodata je prostor, popisná – atributová data a čas.

Prostorová informace popisuje „prostorový vztah objektu k zemskému povrchu. Jedná se o základní informace využívané k práci v GIS“ [25]. Jedná se o tvar objektu, jeho velikost a

vztah objektu k ostatním objektům. Atributem chápeme vlastnosti objektu jako je jeho kapacita nebo teplota. Jako časovou informaci můžeme využít dobu vzniku objektu, jeho čas úpravy či čas poslední aktualizace stavu [25].

Tvorba dat, využitelných pro geografické informační systémy, musí mít digitální podobu. Nejčastěji využívané jsou rastrové a vektorové datové modely, kdy rastr „popisuje prostor jako celek“ [25] a využívá tvary typu čtverce, trojúhelník a hexagonální typ. Vektor využívá objektů jako je bod, linie, polygon nebo polyhedron [25].

7 MAPOVÁNÍ RIZIK

Území, obyvatelstvo i infrastrukturu je třeba brát jako vzájemně provázané prvky systému [15]. Metoda mapování rizik vznikla pro potřeby Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje v rámci doporučené metodiky Evropské unie pro potřeby analýzy území s různou mírou ohrožení [20]. Tato práce se z velké části opírá právě o výsledek práce tohoto záchranného sboru a jeho výslednou publikací „Mapování rizik“ autorů Krömer, Musial, Folwarczny.

Mapování rizik můžeme chápat jako proces identifikace určitého území s různou úrovní rizika [20]. „Při mapování rizik je prováděna interakce projevů různých typů nebezpečí se zranitelností území a s úrovní připravenosti území“ [20].

Technologie geografického informačního systému jsou základní složkou pro mapování rizik s využitím dalších analýz, jako jsou analýzy statistických a numerických ukazatelů [20].

Statistické a numerické analýzy zpřesňují realizaci výsledných hodnocení úrovní rizik a tato data jsou zadávána do geografického informačního systému. Pro metodu mapování rizik je důležitá existence takových dat, pro která může být vytvořena vrstva v geografickém informačním systému.

Pro hodnocení rizik území ohrožených závažnou havárií s únikem nebezpečných látek ze stacionárního zdroje je právě tato metoda vhodná, pro zmapování území, chráněných hodnot, pro rychlou orientaci, přístupnost dat a vyhodnocení potencionálních zátěží na životní prostředí pro minimalizaci rizik samotného vzniku mimořádné události, tak pro efektivní likvidaci škod a následků těchto událostí a to zejména pro složky krizového řízení a havarijního plánování [20].

Výsledné hodnoty jsou prezentovány na speciálních mapách „mapy rizik“.

7.1 Základní hodnoty pro metodu mapování rizik

Pro hodnocení metodou mapování rizik jsou charakteristické tři termíny, a to riziko, nebezpečí a zranitelnost. Mimo tyto hlavní hodnoty dále charakterizujeme další veličiny, a to míra rizika, kumulované nebezpečí, připravenost a korigované riziko [14].

7.1.1 Aktiva území a kritická infrastruktura

Aktiva na analyzovaném území, jsou jeho chráněné zájmy. Zejména jde o životy a zdraví osob, udržitelný stav životního prostředí a majetkové hodnoty jako dopravní cesty, budovy, pozemky, stroje, zařízení a jiné majetkové hodnoty.

Kritická infrastruktura jsou výrobní a nevýrobní systémy a služby. Narušení těchto služeb by vážně poznamenalo chod a bezpečnost státu, ekonomickou stability, veřejnou správu a zabezpečení základních životních standardů a potřeb obyvatel. Do kritické infrastruktury můžeme zařadit dopravní a technické procesy a systémy, veřejná prostranství, stavby, dodávky energií, plynulost dopravy, atd.

7.1.2 Nebezpečí

Nebezpečí, pro potřeby této bakalářské práce, chápeme jako vlastnost objektu, která může mít za následek ohrožení života, zdraví, životního prostředí či majetku. „Pochází-li nebezpečí z konkrétního zdroje (např. podnik skladující nebezpečnou látku), je nebezpečí vlastností zdroje. Mimořádná událost (MU) je aktivované nebezpečí“ [20].

Nebezpečí je také možno chápat jako událost s potenciální schopností poškodit chráněné zájmy, způsobit ztrátu na životě, zdraví, majetkových hodnot nebo narušit sociální, ekonomické a životní prostředí [15]. Nebezpečí je v této analýze rizik kvantifikovanou veličinou, která je charakterizována úrovní pravděpodobnosti, že určitá událost nastane. Tato pravděpodobnost je označována jako „míra rizika“ [20].

7.1.3 Zranitelnost

Zranitelnost můžeme charakterizovat jako náchylnost systému ke vzniku škody [15]. Zranitelností označujeme vlastnost analyzovaného území reagovat na negativní vlivy způsobené různou úrovní ohrožení. Jevy, které mohou způsobit v rámci mimořádných událostí škodu, chápeme jako ničivou sílu ohrožující dané území, nebo jeho části, a jsou schopny vyvolávat synergické účinky a kumulaci dopadů na systém a za určitých podmínek mohou způsobit narušení jeho funkce [15].

7.1.4 Riziko R

Riziko je charakterizováno jako součin kvantifikovaných vyjádření úrovně nebezpečí a schopností na tato nebezpečí reagovat, tedy nebezpečí a zranitelnosti.

V rámci hodnocení vyplývá matematický vztah určených hodnot, kdy

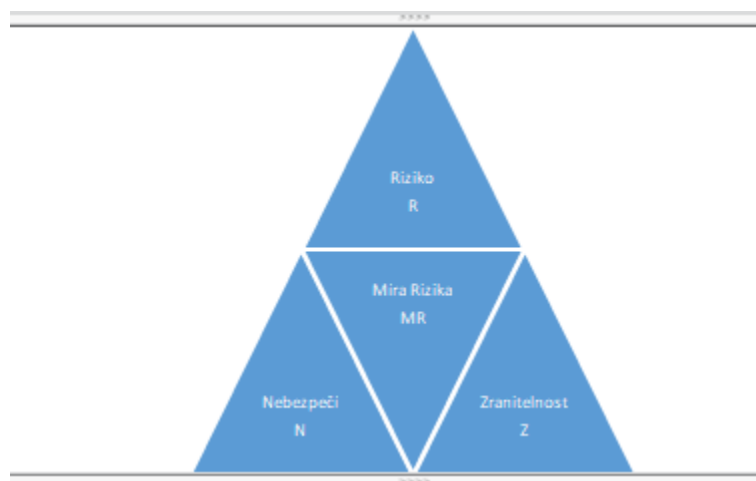
$$R = N \times Z$$

Kde: R ... riziko,

N ... nebezpečí,

Z ... zranitelnost území [20].

„Riziko je v podstatě určitým nebezpečím, neúspěchem, škodou a ztrátou v jednání člověka. Je spojené s dějem, činností člověka, neurčitostí se stavem prostředí nebo ohraničené soustavy v daném prostředí“ [3].



Obrázek 3: Vztah pro hodnoty mapování rizik [15].

Riziko můžeme chápat jako aktivované nebezpečí.

7.1.5 Míra rizika MR

Nebezpečí je v této analýze rizik kvantifikovanou veličinou, která je charakterizována úrovní pravděpodobnosti, že určitá událost nastane. Tato pravděpodobnost je označována jako „míra rizika“. Míra rizika představuje hodnotové vyjádření nebezpečí.

Z hodnocení vyplývá matematický vztah

$$R = MR \times Z$$

Kde: R... riziko,

MR... míra rizika,

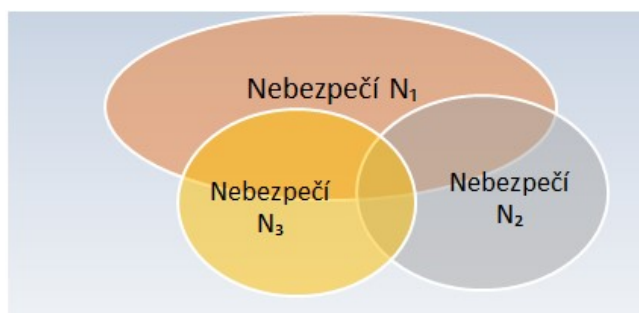
Z... zranitelnost území [20].

Míra rizika vynásobená zranitelností území definuje riziko, nebezpečí.

7.1.6 Kumulované riziko R_{kum}

Nebezpečí na analyzovaném území bývá jen zřídka jedině, hodnoty dalších typů nebezpečí se mohou v určitých oblastech překrývat a tím je nutno tyto hodnoty sčítat a tak výsledná úroveň rizika roste podle množství součtů hodnot nebezpečí v každé oblasti. Tento součet se nazývá „kumulované riziko“ [20].

Na následujícím obrázku je zobrazen příklad kumulovaného rizika.



Obrázek 4: Kumulované nebezpečí [20].

Místa překrytí různých typů nebezpečí můžeme vyjádřit součtem jejich hodnot.

$$R_{kum} = N_1 + N_2$$

$$R_{kum} = N_1 + N_2 + N_3$$

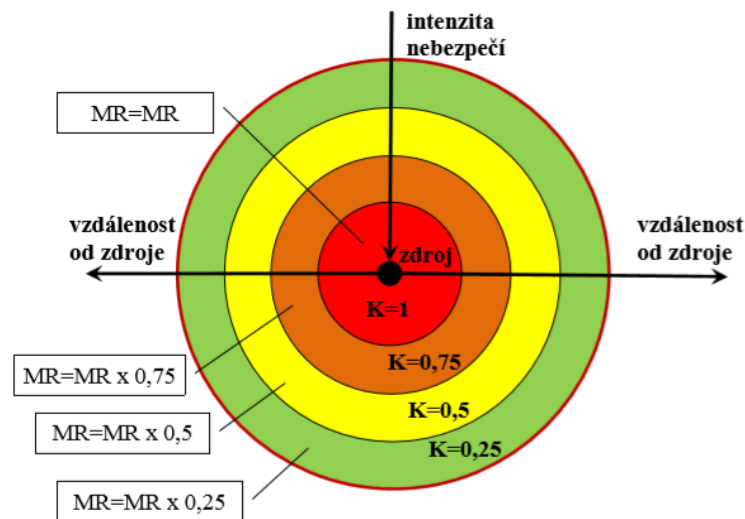
$$R_{kum} = N_2 + N_3$$

$$R_{kum} = N_1 + N_3$$

Každá část zkoumaného prostoru má rozdílnou intenzitu nebezpečnosti. Podle Krömera, je vhodné pro identifikaci intenzity působení nebezpečí vyjádřit pomocí hodnoty **K**, koeficientu intenzity nebezpečí.

U hrozeb, které pochází od určitého objektu, ze stacionárního bodu, je míra rizika největší právě v daném bodě a s narůstající vzdáleností se postupně snižuje. „V oblastech přilehlých ke zdroji je zpravidla ohrožení vyvolané aktivací nebezpečí intenzivnější, než ve vzdálenějších oblastech“ [20].

Hodnota koeficientu intenzity je podle Krömera dána hodnotou $K=1$ nebo $K \leq 1$, přičemž vyšší hodnota znamená nejvyšší stupeň nebezpečí.



Obrázek 5: Vyjádření intenzity nebezpečí – koeficienty $K \leq 1$ [20].

Dál Krömer uvádí čtyřstupňové vyjádření koeficientu $K = \{1, 0,75, 0,5, 0,25\}$.

Mapování rizik je důležitá součást preventivních opatření vůči mimořádným událostem, která můžeme kvalifikovat, kvantifikovat a určit možnosti ošetření a přípravy.

7.1.7 Přípravenost **P**

Přípravenost je hodnota, která je určena schopností nasazení lidských a materiálních složek pro prevenci mimořádné události, tak pro její likvidaci. Přípravenost je další kvantitativní

hodnotou, která snižuje dopady těchto nepříznivých událostí. Odolnost systému představuje schopnost zajištění fungování infrastruktury a ovlivňuje schopnost systému vrátit se do stabilizovaného stavu po působení mimořádné události [15].

7.1.8 Korigované riziko R_{kor}

„Připravenost (P) je měřítkem snížení rizika. Získáme tak korigované riziko (R_{kor}), tedy riziko snížené o úroveň připravenosti“ [20].

Z těchto dalších hodnot vyplývá matematický vztah korigovaného rizika:

$$R_{kor} = \frac{R_{kum}}{P} = \frac{MR_{kum} \times Z}{P}$$

Synergie je efekt, kdy je výsledek společného působení dvou nebo více složek větší než součet efektů.

7.2 Mapy rizik

Mapy rizik jsou nástrojem identifikace složení a úrovně ohrožení každé části analyzovaného území. Tyto mapy jsou zdrojem pro analýzu ohrožení objektů, a dalších chráněných hodnot a nesou veškeré informace o možném zatížení území hrozbami [20]. Geografický informační systém také umožňuje propojit různé textové databáze.

Výsledné hodnoty nebezpečí a zranitelnosti je na datové vrstvě mapy rizik prezentováno zejména barevnou škálou podle úrovně rizika, čímž zobrazuje nejvyšší úroveň možných rizik a dopadů i ty méně závažné.

Mapování rizik je rozděleno do několika fází.

7.3 Fáze mapování rizik

Tato metoda analýzy rizik umožňuje vyhodnotit území s různou úrovní nebezpečí potenciálního vzniku mimořádné události, kvalifikovat a kvantifikovat rizika, a prezentovat jejich hodnocení na speciálních mapách. Tyto mapy rizik zobrazují možné předpoklady škod a dopadů mimořádné události na analyzovaném území [15].

Jednotlivými fázemi mapování rizik, je právě tvorba map.

Sloučením map nebezpečí, zranitelnosti a připravenosti vznikne mapa rizik a tak získáme ucelený přehled o potencionálních rizicích na analyzovaném území [30].

7.3.1 Mapa nebezpečí

První fází mapování rizik je tvorba mapy nebezpečí [20]. Podkladem pro vytvoření mapy nebezpečí je identifikace jednotlivých typů rizik analyzované oblasti a určení jejich hodnoty míry rizika.

7.3.2 Mapa zranitelnosti

Pod pojmem zranitelnost chápeme jako určitá náchylnost systému ke vzniku určité škody, v našem případě se jedná o zranitelnost objektu, území, organizace, společnosti i státu [15]. Druhou fází mapování rizik je vytvoření mapy zranitelnosti území. Podkladem je identifikace jednotlivých prvků zranitelnosti, jejich významnost. Podle Krömera je i zde vhodné vyjádření intenzity zranitelnosti pomocí koeficientu intenzity zranitelnosti v rozsahu ≤ 1 , kdy hodnota =1 se přiřadí území, kde je zranitelnost daného prvku nejvyšší.

Tabulka 1: Míra rizika území, vyjádřena pomocí škály barev [20].

Rozsah hodnot	Barva	Vyjádření rizika
>0,6	Červená	Velmi vysoké
0,6 – 0,5	Oranžová	Vysoké
0,4 – 0,3	Žlutá	Střední
0,2 – 0,1	Lehce zelená	Nízké
<0,1	Temně zelená	Velmi nízké

Propojením mapy zranitelnosti a mapy nebezpečí vzniká mapa kumulovaného rizika.

7.3.3 Mapa připravenosti

Ve třetí fází mapování rizik se hodnotí připravenost území, kterou lze vyjádřit dostupností sil a prostředků ochrany obyvatelstva [20].

Tematické mapy jsou poměrně snadno vytvářeny pomocí nástrojů geografického informačního systému [24].

Při vytváření tematických nebo jiných mapových typů s mapou v GIS je velmi důležitý návrh mapy, který zajistí, že namapované údaje nebudou chybně interpretovány nebo nesprávně vykládány.[24] Díky vytváření kvalitních map a jejich porozuměním jsou důležitou podporou činností spojených s řízením nebezpečných havárií. Analýza odkazuje na použití GIS pro zkoumání geograficky nebo prostorově orientovaných otázek nebo problémů. Důležitým bodem v tomto ohledu je, že software GIS obsahuje metody nebo nástroje určené k tomu, aby pomohly porozumět prostorovým vzorům nebo procesům. Řízení havárií a katastrof je vhodné pro poskytnutí konkrétních příkladů analýzy GIS kvůli zásadní prostorové povaze katastrof [24].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 METODY A CÍLE PRÁCE

Území zvolené pro tuto práci, možnosti využití geografických informačních systémů v rámci hodnocení rizik a využití analytických možností SW nástrojů, TerEx a QGIS, jsem se zaměřila na průmyslovou oblast města Otrokovice, kde se nachází hned dva stacionární potenciální zdroje havárie s únikem nebezpečných látek a několik desítek podlimitních – nezařazených objektů, které jsou v blízkosti objektů zařazených do skupiny A, a kde se teoreticky mohou vyskytovat rizika podléhající synergii a kde může kumulovat nebezpečí.

Cílem této práce je názorně ukázat možnosti využití geografických informačních systémů v oblasti hodnocení rizik, pomocí analytických metod jako je systematické pozorování potenciálních rizikových jevů, pro relevantní objasnění principů a zákonitostí ochrany obyvatelstva a havarijního plánování, experimentování s modely vytvořenými pomocí SW nástrojů pro modelování TerEx a QGIS a následné vyhodnocení rizik vybrané části území na mapovém základě.

9 LOKALIZACE A CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÉHO ÚZEMÍ

Pro praktickou část této práce jsem vybrala město Otrokovice, které se nachází v západní části Zlínského kraje. Otrokovice jsou právem prezentovány jako průmyslové sídlo.



Obrázek 6: Příklad zobrazení katastru města Otrokovice na mapovém podkladu [31].

Otrokovice jsou významnou průmyslovou oblastí, to ovšem nese i svá rizika pro osoby žijící poblíž této průmyslové zóny, tak i pro okolní obce.

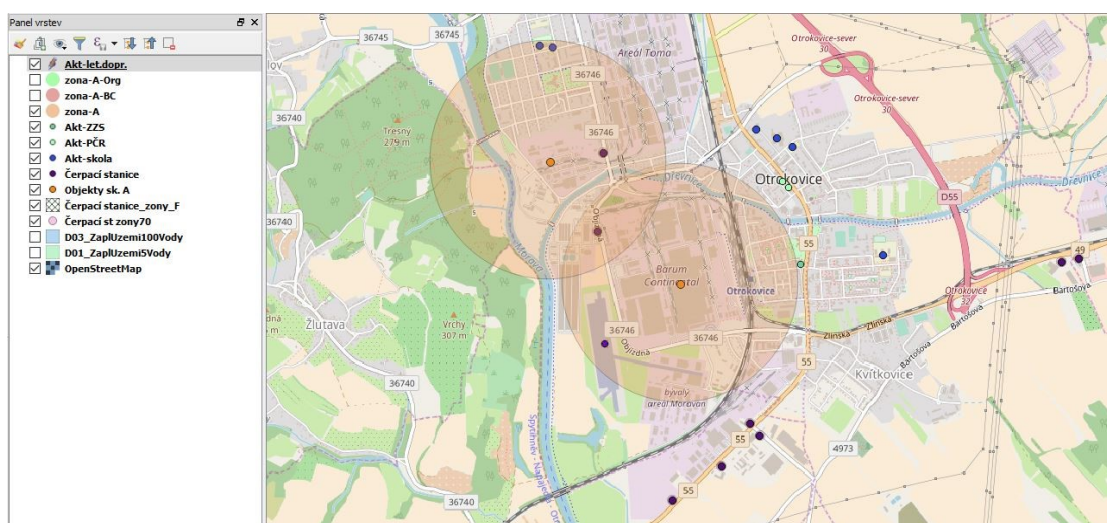
Město Otrokovice jsou důležitou dopravní tepnou, jak silniční, tak železniční.

Na území města se nacházejí silnice I., II. a III. třídy a navazuje zde rychlostní silnice R55, která dále navazuje na dálniční úsek D1. Železniční stanice města Otrokovice je součástí hlavního dálkového železničního tahu mezi městy Břeclav a Přerov i jako významný bod spojení vnitrostátní, tak mezinárodní dopravy. Město je propojeno jednokolejnou železnici na s městem Zlín, Vizovice.

Tabulka 2: Souhrnné informace – město Otrokovice [31].

Souhrnné informace - město Otrokovice	
Kraj	Zlínský
Status	Město
Okres	Zlín
Katastrální plocha (ha)	1960
Počet obyvatel	18009
Zeměpisné souřadnice	17° 32' 22" E , 49° 12' 34" N
Nadmořská výška (m nad m.)	190
Kód obce	CZ0724585599

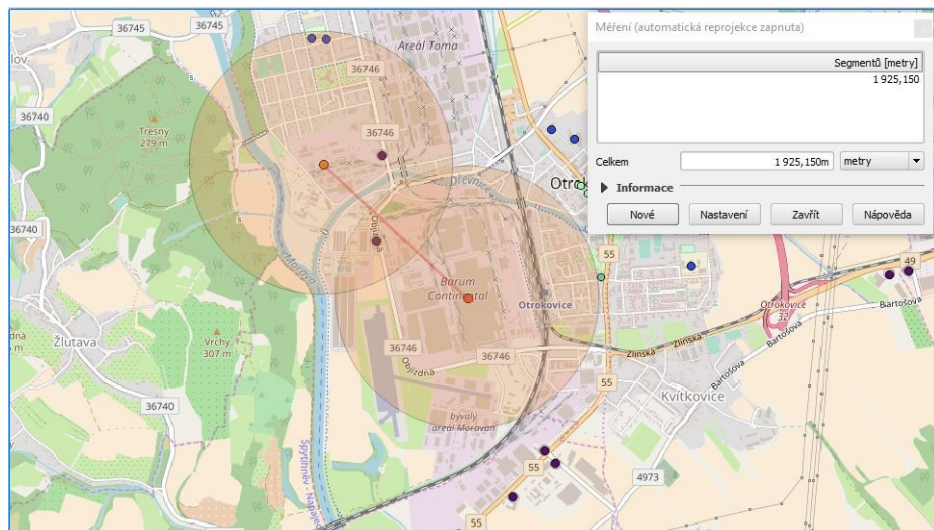
Městem protéká řeka Morava, která se nachází poblíž průmyslové zóny, a Dřevnice, v těsné blízkosti osídlené části obce.



Obrázek 7: Příklad zobrazení objektů na mapovém podkladu v programu QGIS;
Zdroj-vlastní

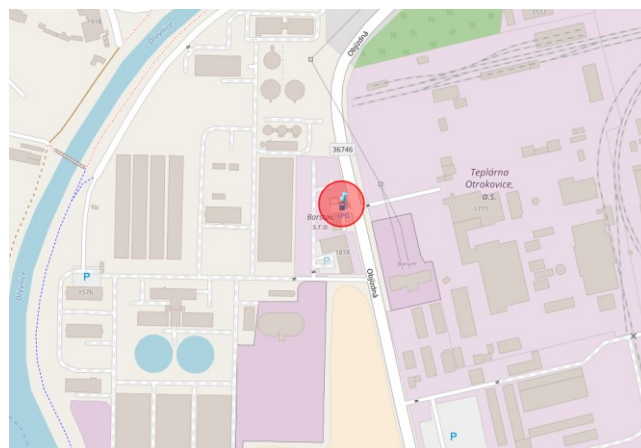
V severní části obce je rybník Štěrkoviště.

V obci Otrokovice se nachází dva objekty zařazené dle zákona č.240/2015 do skupiny A.



Obrázek 8: Vzdálenost objektů zařazených dle zákona do skupiny A, zobrazení v programu QGIS; Zdroj-vlastní

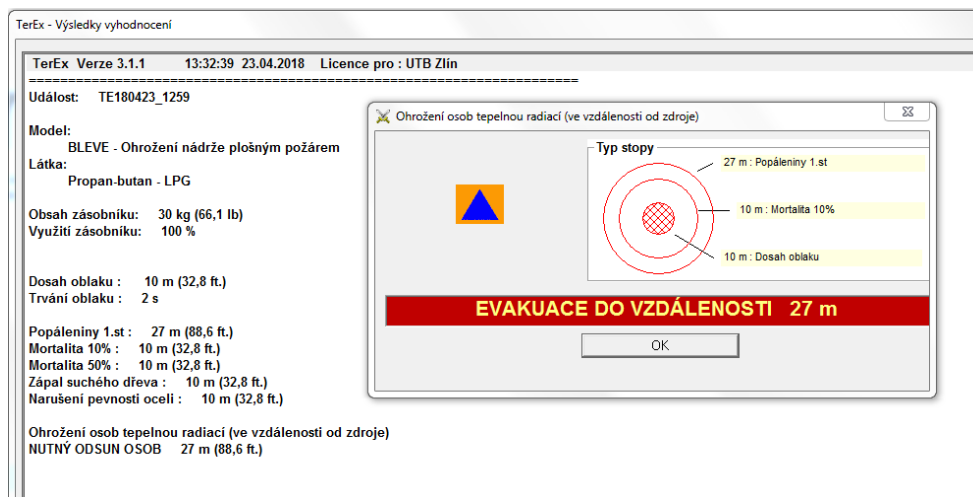
Tyto objekty jsou od sebe vzdáleny necelé dva kilometry.



Obrázek 9: Stanice LPG, která se nachází v těsné blízkosti objektů, zařazených dle zákona, do kategorie A; Zdroj-vlastní

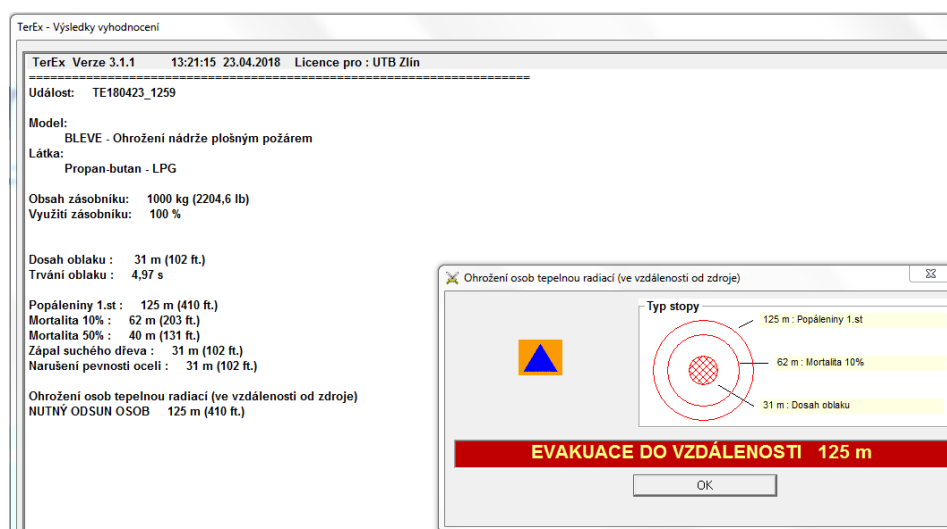
Mezi těmi to dvěma nadlimitními podniky se nachází řada nezařazených objektů dle zákona a mimo jiné i dvě čerpací stanice a stanice LPG.

Nebezpečná blízkost objektů, které nakládají s chemickými látkami a směsmi může mít při případném požáru nádrží, či výbuchu lahví s chemickými látkami pod tlakem, vážné následky na okolní prostředí.



Obrázek 10: Vyhodnocení ohrožení stanicí LPG v programu TerEx, obsah zásobníku 30kg; Zdroj-vlastní.

K uvolnění nebezpečné látky a k projevům účinků na chráněné zájmy, může dojít v rámci ztráty integrity zařízení.



Obrázek 11: Vyhodnocení ohrožení v programu TerEx, obsah zásobníku 1000kg.; Zdroj: Vlastní.

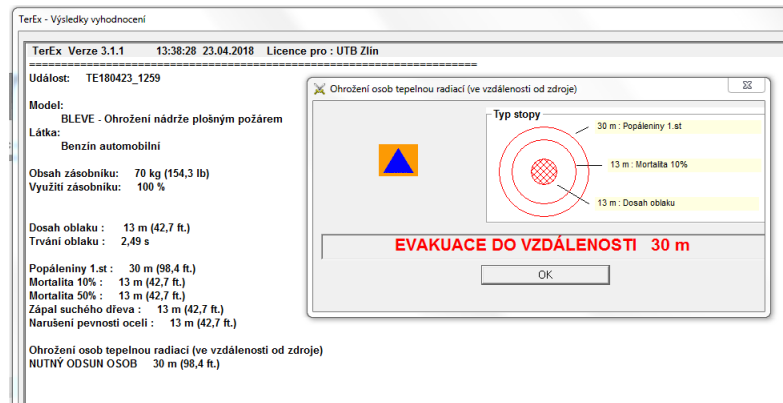
V rámci analýzy možností geografického informačního systému v oblasti hodnocení rizik jsem zadala vstupní údaje pro jeden z objektů skupiny A (Barum Continental s.r.o.) a podle výpočtu v SW TerEx implementovala výsledné hodnoty možných zasažených zón do SW QGIS pro oba objekty skupiny A (Barum Continental s.r.o. a Deza Organic).



Obrázek 12: Výpočet zóny ohrožené havárií objektem zařazeným do skupiny A

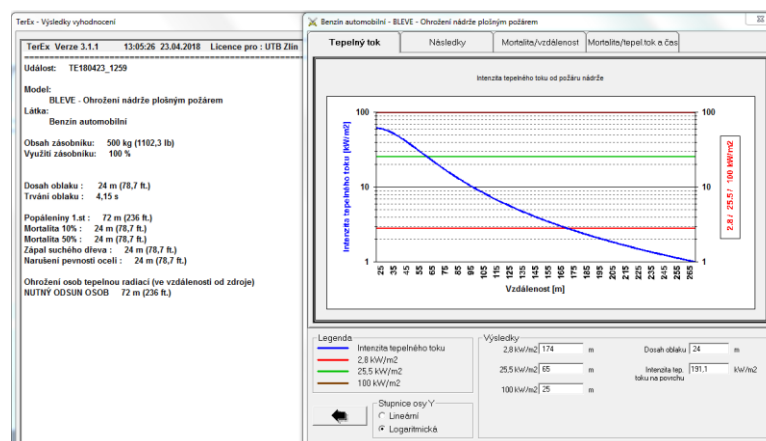
Dalšími nebezpečnými zónami jsou oblasti kolem čerpacích stanic pohonných hmot. Tyto objekty spadají dle zákona do objektů podlimitních, tudíž nezařazených.

Problém těchto stacionárních zdrojů rizik je to, že se nacházejí často v osídlených oblastech a poblíž hlavních cest. Pokud by došlo k výbuchu s rozletem pevných částic či plošnému požáru nádrží, může dojít nejen k velkému narušení dopravní infrastruktury, ale také k ohrožení životů a zdraví osob žijících poblíž těchto objektů nebo těch osob, které se v době havárie v okolí objektu nacházejí.



Obrázek 13: Vyhodnocení ohrožení v programu TerEx, havárie nádrže o obsahu 70kg; Zdroj-vlastní

Dalším problémem je samozřejmě skladování a další manipulace s obrovským množstvím látek, nebezpečných pro životní prostředí, schopných dlouhodobě kontaminovat ovzduší, vodu i půdu ve svém okolí. Ve větších městech a na hlavních dopravních tazích se často stanice s pohonnými hmotami nachází v nebezpečné blízkosti. V případě, že u jedné z těchto nedobře umístěných objektů dojde k havárii, může v důsledku nedostatečné vzdálenosti mezi objekty dojít k domino efektu a synergii následků.



Obrázek 14: Vyhodnocení ohrožení v programu TerEx, havárie nádrže o obsahu 500kg; Zdroj-vlastní

V praktické části je v SW TerExu vyhodnocena malá havárie i havárie velká a výsledky jsou zobrazeny v SW QGIS. Je to z toho důvodu, že rozsah poškozené plochy může být daleko větší. Jedna nádrž pro skladování pohonných hmot má objem 250m³.

9.1 Objekty vybraného území

Objekty, které budou následně zařazovány a zobrazovány do geografického informačního systému jsou objekty stacionárního zdroje nebezpečí, popřípadě objekty těmito zdroji nebezpečí ohroženými – chráněné zájmy, a objekty složek IZS, které zabezpečují připravenost území na krizové stavy.

V následujících podkapitolách budou popsány hlavní rysy objektů zařazených, dle zákona 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, do skupiny A, jako objekty s nejvyšším potenciálem nebezpečnosti pro vybranou oblast.

9.1.1 Deza, a.s. ORGANIK Otrokovice

Podnik DEZA a.s. je výrobním podnikem, zpracovatelem surového dehtu a benzolu. Zabývá se výrobou organických látek určených pro následné chemické využití [32]. Vysoká roční zpracovatelská kapacita produktů řadí tento podnik mezi významné ve světě ve svém oboru. DEZA a.s., je společnost se sídlem ve městě Valašské Meziříčí, ale jeden z provozů je umístěn ve městě Otrokovice.

Chemikálií, vyráběných tímto podnikem, je celá řada a uplatňují se v mnoha průmyslových odvětvích. Podnik DEZA a.s. se prezentuje svým ohledem na životní prostředí a bezpečnostními standardy, které v podniku uplatňuje. V rámci environmentální politiky společnosti patří vytváření zdraví neškodných a bezpečných pracovních podmínek, prevence havárií a snižování znečišťování [32].

Podnik DEZA a.s. je potencionálním zdrojem rizik, jako je požár, výbuch a únik toxických látek do životního prostředí. Výroba, na kterou se podnik orientuje, znamená nakládat s velkým množstvím ohrožujících látek.

Pro výrobu esterů používá vysoce hořlavé kapalné látky a látky nebezpečné pro životní prostředí. Tyto látky jsou jednotlivě skladovány v cisternách. Jejich množství se celkem pohybuje kolem 180 tun.

Pro výrobu anthrachinonu využívá sypkých látek nebezpečných pro životní prostředí v celkovém množství 100 tun.

Podnik se dále prezentuje svým vědomím si toho, jaký vliv na životní prostředí má nebo může mít výroba chemikálií [32].

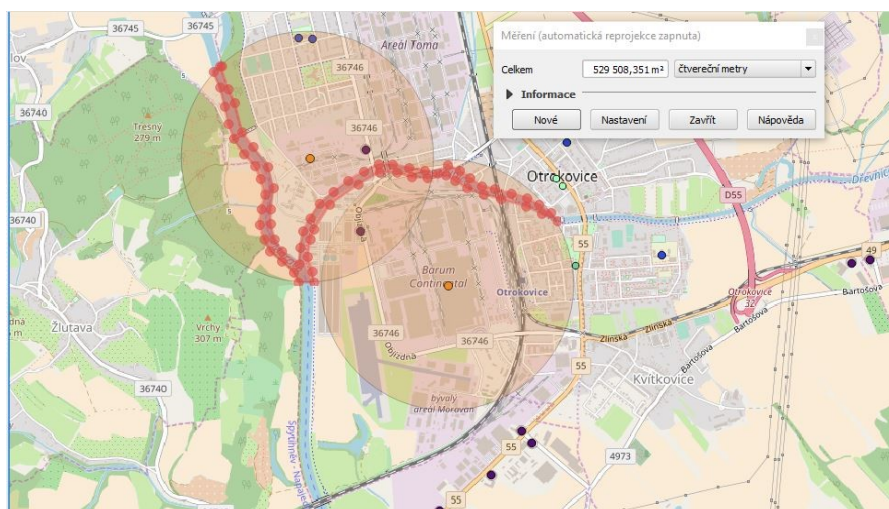
Podnik DEZA, a.s. je pro svou potencionální nebezpečnost zařazen mezi objekty, zařazené dle zákona 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, do skupiny stacionárního zdroje nebezpečí A.

9.1.2 Barum Continental s.r.o.

Tento podnik patří mezi největší výrobce pneumatik, pláště pro osobní, nákladní, průmyslová a zemědělská vozidla, v Evropě.

Výroba je procesem zpracování kaučukových směsí [21]. Hotové výrobky – pneumatiky jsou dále skladovány v jednopodlažní nepodsklepené skladovací hale s železobetonovou nosnou konstrukcí obdélníkového tvaru [21].

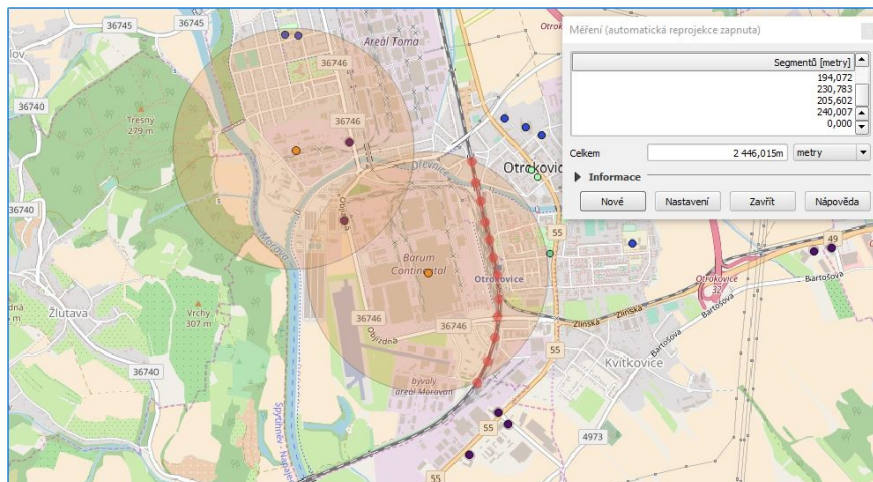
Otázkou je, co vzniká při hoření pneumatiky, čím může ohrozit požár takového průmyslového objektu své okolí. Pryž hoří nažloutlým, silně kouřícím plamenem, takže vzniká hustý černý dým velmi silného zápachu.



Obrázek 15: Výpočet ohrožené vodní plochy kontaminací zplodin při hoření nebezpečných látek; Zdroj-vlastní

Bod vzplanutí tohoto materiálu je asi 290°C a bod vznícení kolem 400°C. Z toho vyplývá, že zapálit sklad pneumatik není zase tak jednoduché, nicméně působením určitých faktorů k němu v minulosti několikrát došlo na různých místech, takže o reálnou hrozbu rozhodně jde. Varujícím je i fakt, že rychlost šíření požáru je přibližně 2m/min [21].

Při procesu spalování pneumatik vniká velké množství nebezpečných a silně toxických zplodin, které unikají do širokého okolí.



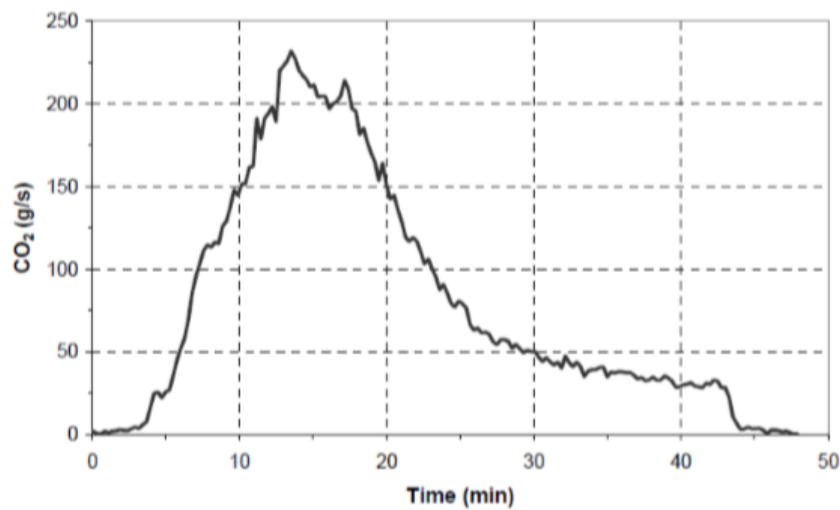
Obrázek 16: Výpočet ohrožené plochy železničního spoje;

Zdroj-vlastní

Dokonce i hašení těchto materiálů může dojít k silné kontaminaci půdy a vody z toho důvodu, že při hoření dochází ke vzniku jakési olejovité hmoty, směsi ropných látek – pyrolytického oleje, při hašení požáru se tento olej dostává do půdy a okolních vod a tím tyto složky dlouhodobě kontaminuje.

9.1.2.1 Nebezpečné chemické látky unikající při hoření pneumatik do okolního prostředí

Zplodiny, které unikají při hoření pneumatik do okolí, jsou nebezpečné, toxické a karcinogenní látky. Z největší části se zplodiny skládají z oxidu uhlíku – oxid uhelnatý, a ze sazí.



Obrázek 17: Koncentrace CO₂ - únik nebezpečné chemické látky do okolí [21].

Dalšími toxickými látkami vznikajícími při spalování pneumatik jsou benzen(a)styren, oxid siřičitý, další siřené deriváty, oxidy kovů-olovo, hořčík, zinek.

9.1.2.2 Výpočet plochy zasaženého prostoru

Při výpočtech ohrožených ploch unikajícími zplodinami jsem vycházela z hodnot, teoretického množství, možného zahoření skladovaného materiálu za těchto předpokládaných hodnot:

- počet skladovaného materiálu – max. 800000 kusů pneumatik,
- váha jednoho kusu pneumatiky – cca 8,5Kg,
- váha skladovaného materiálu - při maximálním počtu skladovaných kusů max 6800000 Kg,
- počet požárních úseků – šest,
- množství materiálu skladované v jednom požárním úsek – cca 1700000 kusů pneumatik [21].

Následující zasažená plocha byla vyhodnocena programem TerEx při hoření 1000 000 pneumatik.



Obrázek 18: Doporučená evakuační zóna v programu TerEx [21].

Zadané hodnoty:

Rychlost větru v přízemní vrstvě: 1,7m/s

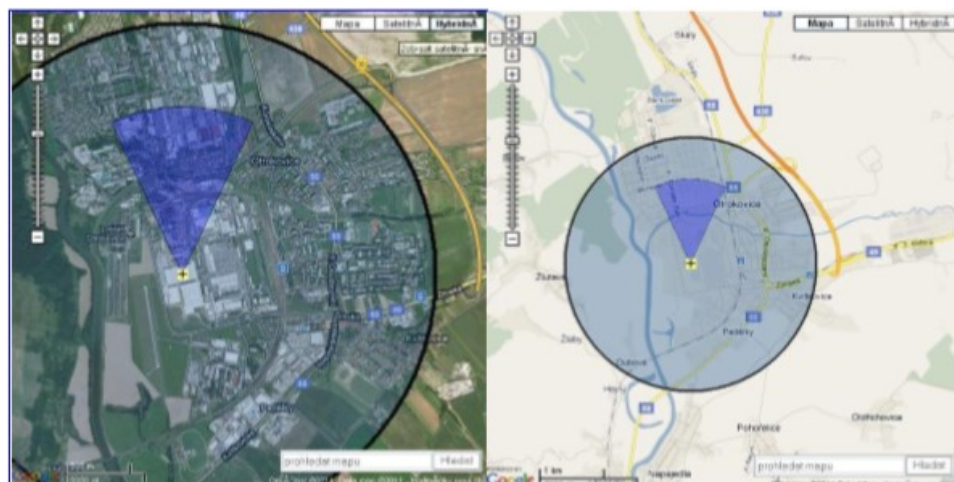
Pokrytí oblohy oblaky: 87,5%

Doba vzniku: Den-zima

Stálost atmosféry: Izotermie

Typ povrchu: Průmyslová plocha [21].

Zadané hodnoty- výsledné zobrazení v programu – zasažená oblast ve vzdálenosti 1290m od objektu - zdroje havárie a kontaminovaná aktiva dle zadaného směru větru.

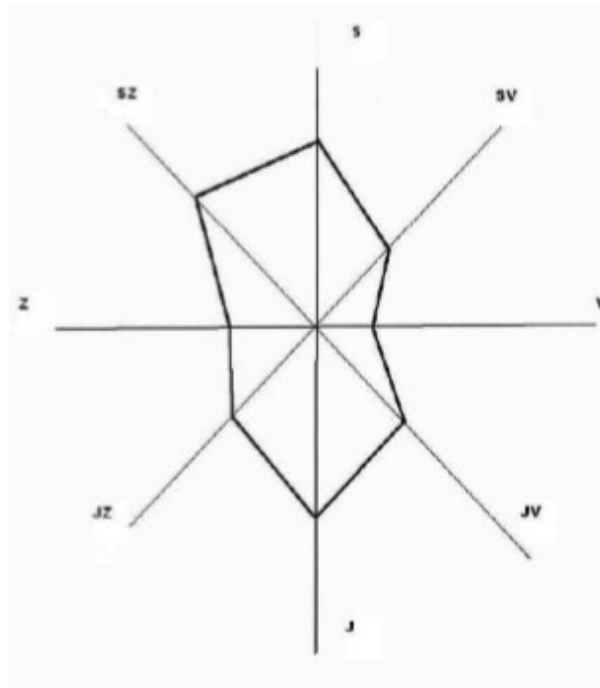


Obrázek 19: TerEx – zasažená plocha – Jižní vítr [21].

Zadané hodnoty- výsledné zobrazení v programu – zasažená oblast ve vzdálenosti 1290m od objektu - zdroje havárie a kontaminovaná aktiva dle zadaného směru větru.

9.2 Implementace vybraných objektů do GIS

Jedním z nejdůležitějších prvků, nutných pro správné a účinné hodnocení rizik, je atmosférická stabilita. Ze stálosti prostředí můžeme určovat směr a rychlost šíření ohně a vznikajících nebezpečných chemických látek od zdroje havárie do jejího okolí.



Obrázek 20: Větrná růžice
ORP Otrokovice [21].

Rychlost větru také ovlivňuje dobu vystavení nebezpečnou látkou – čím vyšší je rychlost větru, tím se zužuje oblak nebezpečných plynů a nebezpečné chemické látky, které vznikají při hoření, se dostávají rychleji od bodu zdroje havárie. Směr větru určuje zasažený prostor [21].

9.3 QGIS

QGIS je jedním Open Source produktů, pro práci s geodaty. Pro tuto práci byla využita verze 2.18.



Obrázek 21: Verze QGIS; Zdroj-vlastní

V praktické části při tvorbě jednotlivých map je využíván vektorový model, který definuje jednotlivé geografické prvky v rámci základních geometrických prvků, především objektů bezrozměrných, jako bodů s definovanou polohou a objekty jednorozměrné jako linie s konečnou délkou a nulovou plochou.

10 MAPOVÁNÍ RIZIK VYBRANÉ OBLASTI

Pro metodu mapování rizik je nutno vycházet z předem vypracovaných analýz možných nebezpečí a hrozeb, ale i seznamů aktiv území a složek, které plní podstatu připravenosti reakce na nepříznivé stavy.

Typy nebezpečí:

- živelní pohromy – povodeň, sněhová kalamita, vysoká a nízká teplota, vichřice, námrazy, obtížná vedra a sucha, sesuvy půdy, znečištění životního prostředí, mimořádně rozsáhlé požáry, virová onemocnění, epidemie, epizootie
- havárie na technologických zařízeních – narušení vodních děl, únik nebezpečných látek při havárii přepravní cisterny na silnici, havárie objektu nakládajícího s nebezpečnými chemickými látkami dle zákona, narušení dodávek el. energie a plynu, narušení dodávek ropy, narušení surovinové bezpečnosti,
- terorismus – nutná příprava v ohrožených místech – nákupní centra, nádraží, školy, místa soustředění obyvatel, společenské akce, sportovní akce

Při práci s geodaty a tvorbě jednotlivých map metoda mapování rizik využívá všeobecné informace o objektech, z těchto informací definujeme oblast zranitelnosti, míru rizika daného území a jeho připravenost na krizové situace.

10.1 Míra rizika daného území

Míra rizika představuje hodnotové vyjádření pravděpodobnosti, že nastane některý z předpokládaných negativních stavů. Příklad stanovení hodnocení míry rizika viz tabulka 3.

Tabulka 3: Příklad hodnotového vyjádření míry rizika;

Zdroj-vlastní

MAPA NEBEZPEČÍ		
nebezpečí	vrstva v GIS	MÍRA RIZIKA
požár	mapa nebezpečí zvýšené pravděpodobnosti vzniku požáru	670
povodeň	mapy zón povodňových oblastí	720
únik NCHL	mapy zón objektů zařazených/nezařazených	630
epidemie/epizootie	mapa nebezpečí nákazy	250
silniční havárie	silniční síť	720
letecká havárie	lokalizace letišť	120
železniční havárie	železniční síť	400
radiační havárie	mapa zón ZIZ	120

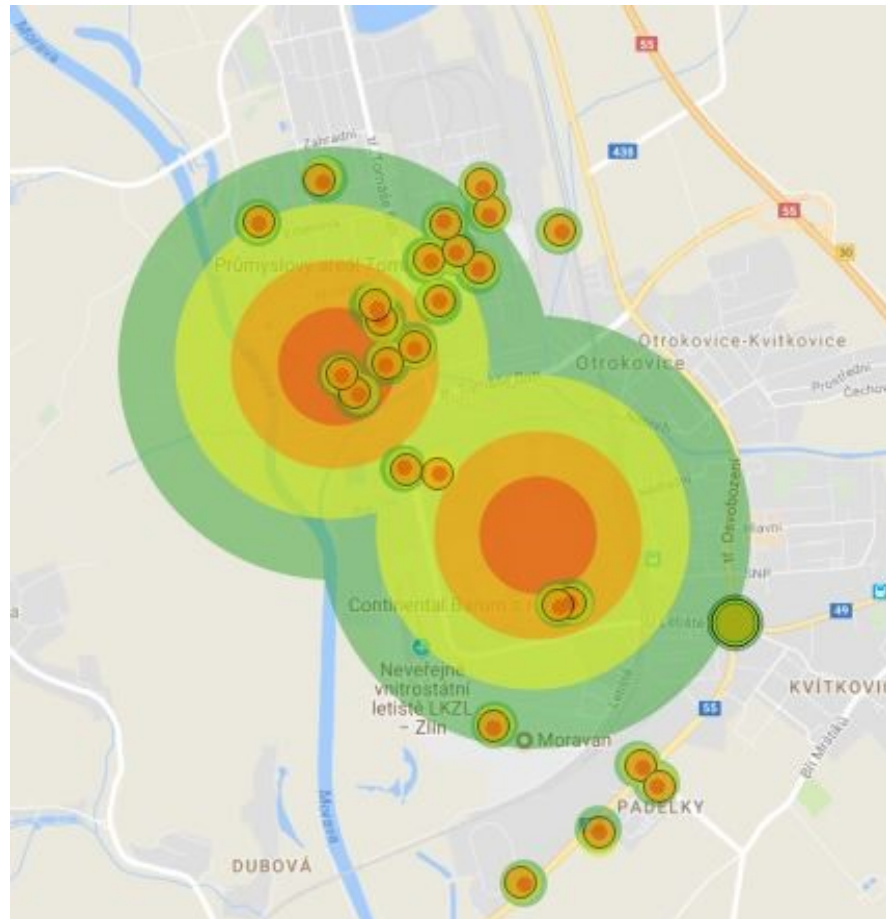
Data získaná při typování rizik na daném území využijeme pro tvorbu mapy nebezpečí. Jednotlivé typy nebezpečí jsou postupně zadávány do vlastní datové vrstvy.



Obrázek 22: Mapa nebezpečí – průmyslové podniky, povodňová oblast; Zdroj-vlastní

Obrázek 23 je příkladem mapy nebezpečí, která znázorňuje průmyslovou a povodňovou oblast daného území. V oblasti jsou znázorněna místa s potenciálem možného vzniku havárie s únikem nebezpečných látek, u kterých jsou charakteristická rizika, jako je požár, výbuch či únik toxických látek do životního prostředí. Jedná se především o dva podniky zařazené dle zákona o prevenci závažných havárií do skupiny A, výrobní a skladovací objekty průmyslu a ekonomických aktivit a dalších podniků, které nakládají s nebezpečnými látkami v menším množství, nezařazené podniky, které však mohou ohrozit zranitelné objekty ve svém okolí.

Zóny míry rizika vybraných objektů, dle koeficientů nebezpečí, jsou znázorněny na obrázku 24.



Obrázek 23: Zóny míry rizik vybraných průmyslových objektů dle stanovení koeficientu nebezpečnosti $K \leq 1$; Zdroj-vlastní

Koeficient značí různou intenzitu působení zdroje nebezpečí, kdy $K=1$ je oblast nejvyššího rizika.

Dalšími vytypovanými prvky nebezpečí, u kterých je jsme stanovili míru rizika, jsou rizika dopravních nehod. Tento typ nebezpečí je znázorněn na obrázku 25.

Nebezpečí dopravy je na obrázku 25 charakterizováno barevnou škálou, dle typu dopravy a nebezpečnosti jejího provozu z hlediska potenciální nehodovosti a nebezpečí účinku nehody na dopravní infrastrukturu a plynulost dopravy.



Obrázek 24: Vyjádření rizik dopravní infrastruktury;
Zdroj-vlastní

Jsou zde vyznačeny silnice I., II., III. třídy a rychlostní silnice, dále propojení železniční dopravy a zóny letiště. Postup škál barev je značena Od světlých ploch, které se vyznačují menší nehodovostí a menší mírou rizika pro své okolí, až po tmavě zbarvené plochy, které značí míru rizika nejvyšší. Jedná se především o silně frekventované tahy a křižovatky. Protože město Otrokovice jsou známou průmyslovou zónou, je zde vysoká pravděpodobnost vzniku nehod nákladních vozidel, převážející nebezpečné materiály, proto je důležité správně hodnotit i tyto míry rizika.

10.2 Hodnocení zranitelnosti daného území

Zranitelnost analyzovaného území znamená charakterizovat a vytypovat prvky chráněných zájmů a hodnot.

Každý soubor prvků je ohodnocen váhou míry zranitelnosti a citlivosti na vznik krizové situace. Vyhodnocené prvky jsou následně zadávány do příslušné mapy zranitelnosti daného území.

Příklad hodnotového vyjádření zranitelnosti viz tabulka 4.

Tabulka 4: Hodnocené prvky zranitelnosti území; Zdroj-vlastní

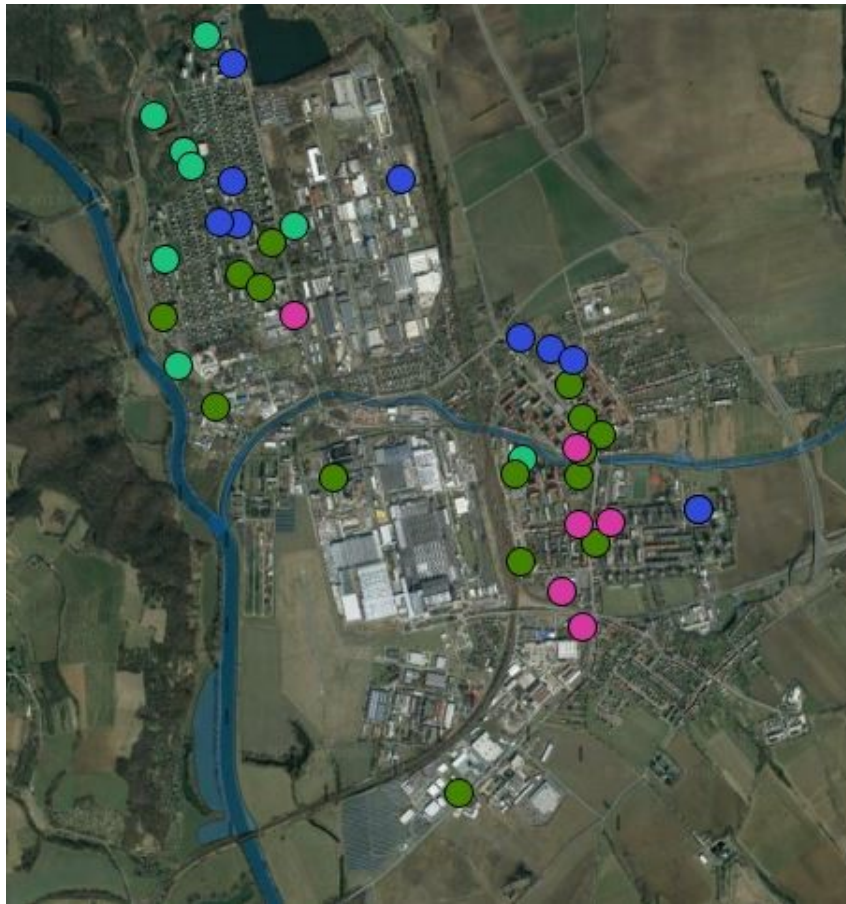
MAPA ZRANITELNOSTI		
prvek zranitelnosti	vrstva v GIS	váha
obyvatelstvo	hustota obyvatel	0,25
silnice	silniční síť	0,19
železnice	železniční síť	0,19
významné objekty	školy, NC, ..	0,18
vodní plochy	vodní plochy	0,19

Prvky zranitelnosti daného území jsou především objekty, u kterých je předpoklad vyššího počtu osob, jako jsou nákupní centra, kostely, úřady, lékárny, náměstí, ale i osídlená zóna.

Jedním z prvků zranitelnosti je i veřejná infrastruktura, do které patří i dopravní infrastruktura a ochrana vodních děl, jako zdroje pitné vody, rozvodná elektrická síť a objekty chránící kritickou infrastrukturu, které zabezpečují plynulý a bezpečný chod daného území a zabezpečují potřeby obyvatel města.

Patří sem úřady, nemocnice, a další prvky kritické infrastruktury.

Do mapy zranitelnosti je především nutné zahrnout školy, školská zařízení, sportoviště, nákupní centra, kulturní objekty lékárny.



Obrázek 25: Mapa zranitelnosti území; Zdroj-vlastní

Tyto objekty jsou nejzranitelnější v určitých, předpokládaných časových intervalech, kdy je na těchto místech vysoká koncentrace osob.

10.3 Stanovení připravenosti daného území

Připraveností chápeme hodnotové vyjádření veškerých zdrojů, které jsou schopny reagovat na krizovou situaci a situaci řešit. Jedná se především o schopnost pokrytí plochy s potenciálním rizikem jednotkami IZS a schopnosti varování a informování obyvatelstva.

Jednotlivé složky, které tvoří prvky připravenosti území čelit krizovým situacím, jsou ohodnoceny vahou možností nasazení sil a dostupnosti prostředků.

Tabulka 5: Hodnotové vyjádření připravenosti daného území;
Zdroj-vlastní

MAPA PŘIPRAVENOSTI		
typ sil a prostředků	vrstva GIS	váha
jednotky PO	lokalisace jednotek JPO	0,25
jednotky ZZS	lokalisace jednotek ZZS	0,25
Policie ČR	lokalisace služeben	0,18
obecní policie	lokalisace služeben	0,2
varování	prvky varování (ano/ne)	0,12

Jedná se především o lokalizaci těchto jednotek.



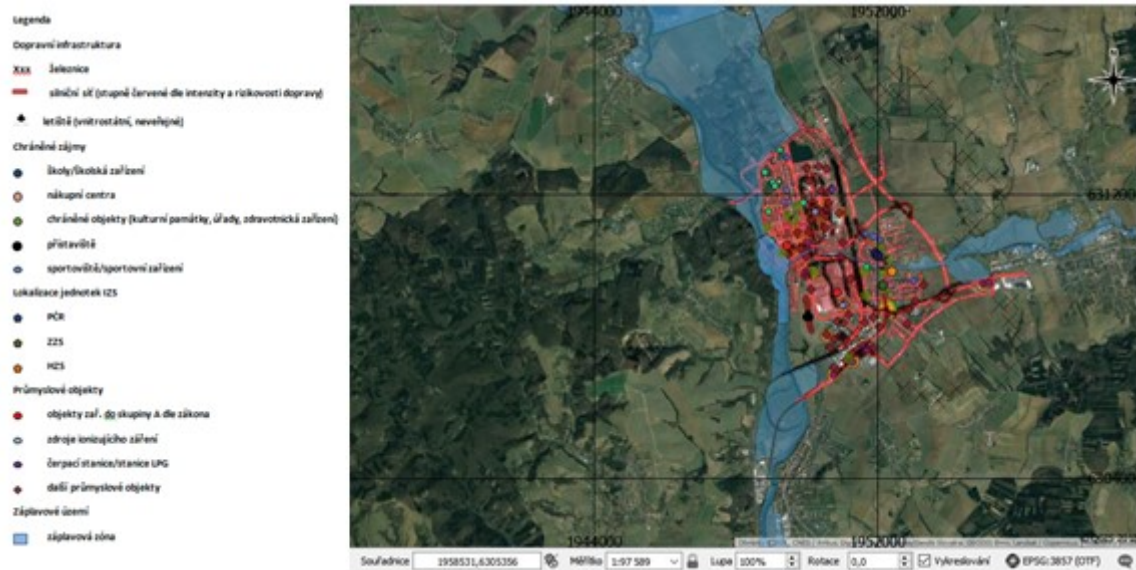
Obrázek 26: Lokalisace složek připravenosti daného území; Zdroj-vlastní

Jednotlivé složky připravenosti území jsou použity pro tvorbu mapy připravenosti území.

10.4 Mapa rizik

Mapa rizik vznikne propojením jednotlivých map nebezpečí, zranitelnosti a připravenosti.

Výslednou mapu je možné prezentovat jako informaci o jednotlivých více či méně ohrožených zónách na analyzovaném území.



Obrázek 27: Příklad výsledné mapy rizik daného území
Zdroj-vlastní

Pomocí map rizik, je možné ohodnotit rozmístění prvků připravenosti území na případné krizové situace a vyhodnocovat míru rizika jednotlivých částí území. Mapu rizik je dále možné doplňovat dalšími dostupnými daty, jako například o geologické podklady území, rozmístění plynovodů, vodovodů, stálých úkrytů pro obyvatelstvo, a další data relevantní pro efektivní ochranu obyvatelstva a životního prostředí.

ZÁVĚR

Vývojem nových technologií narůstá požadavek na bezpečnost technologických provozů, to se neobejde bez nakládání se stále zvyšujícím se počtem nebezpečných chemických látek a směsí a tím se navyšuje i riziko závažných havárií s únikem nebezpečných látek.

Geografický informační systém je neocenitelným pomocníkem při řešení a rozhodování v rámci krizového či havarijního plánu, jak pro potřeby jednotek IZS, tak pro potřeby krajských odborů havarijního plánování, pro rychlou a snadnou orientaci.

Mapování rizik je metoda pro efektivní práci složek krizového řízení a havarijního plánování jako hodnotitele potencionálních škod a negativních důsledků mimořádných událostí.

Umožňuje rychle a jasně identifikovat a prezentovat výsledky analýzy a hodnocení nebezpečí ve zkoumané oblasti. Každá mimořádná událost je charakteristická svými riziky, která ovlivňují objekty a prvky na daném území a tím určuje jeho zranitelnost.

Výsledné hodnoty získané metodou mapování rizik je možné hodnotit rizika na daném území, připravenost území na mimořádné situace a optimalizovat rozmístění sil a prostředků pro likvidaci těchto událostí. Tato metoda je vhodná pro zjištění nejslabších míst, kde hrozí maximální riziko dopadů.

Geografický informační systém je nedílnou součástí metody mapování rizik a neocenitelným pomocným článkem pro krizové a havarijní plánování. GIS plní obecné principy pro řešení krizových situací. Principy prevence, připravenosti a včasné reakce. Analyzováním oblastí s různými potenciály možných rizik, které ohrožují chráněné zájmy, zejména životy, zdraví osob a životní prostředí, se může území připravit na různé scénáře vývoje krizových situací a předcházet těmto událostem efektivní prevencí, zvláště ohrožených ploch. Díky včasné a kvalitní analýze a hodnocení rizik je možné předcházet riziku zanedbání přípravy, jako nedostatek informací, nedostatečný počet sil a prostředků pro řešení potenciálních nebezpečí a rizik typických pro dané území.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BREHOVSKÁ, Lenka. *Evakuace ze zón havarijního plánování v závislosti na diferenciaci populace*. Praha: Lidové noviny, 2016. ISBN 978-80-7422-466-9.
- [2] *Zákon č. 224/2015 Sb. Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií)*. In: . Praha: Sbírka zákonů, 2015, ročník 2015, číslo 224. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224>
- [3] PŘIBYL, Pavel. *Analýza a řízení rizik v dopravě: Tunely na pozemních komunikacích a železnici*. 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2008. ISBN 97880-7300-2140-0
- [4] BERNATÍK, Aleš. *Analýza nebezpečí a rizik* [online]. Ostrava, 2016 [cit. 2017-10-25]. Dostupné z: https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/U3V/cs/materialy/U3V_AnalyzaRizik.pdf. Učební text. Ostravská univerzita v Ostravě.
- [5] *Zákon č. 350/2011 Sb. Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)*. In: . Sbírka zákonů, 2011. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-350>
- [6] BARTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II: Analýza rizik, a připravenost na průmyslové havárie*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003. ISBN 80-866-3430-2.
- [7] BARTLOVÁ, Ivana. *Nebezpečné látky*. 2. rozš. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. ISBN 86-866-3459-0.
- [8] MIKA, Otakar J. *Průmyslové havárie*. Praha: Triton, 2003. Řešení krizových situací. ISBN 80-725-4455-1.
- [9] ŠENOVSÝ, Michail, Karol BALOG, Zdeněk HANUŠKA a Pavel. *Nebezpečné látky II. 2.*, aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-000-5.
- [10] ENDLEROVÁ, Dagmar. *Bezpečnost a průmysl: Největší havárie spojené s únikem nebezpečných chemikálií do životního prostředí*. Uh. Hradiště, 2018. Seminární práce. UTB ve Zlíně.

- [11] MŽP. Metodika pro zařazení objektu podle zákona č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií. *EnviGroup* [online]. Praha: Envi Group, 2016, 25.8.2016, 2016 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.envigroup.cz/metodika-pro-zarazeni-objektu-podle-zakona-c-224-2015-sb-o-prevenci-zavaznych-havarii.html>
- [12] VAŠIČKOVÁ, Lucie. *Průmyslové havárie v objektech strážných podniků průmyslu komerční bezpečnosti.: Industrial accident in guarded buildings in the commercial security industry.* [online]. Zlín, 2012 [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/23102/va%C5%A1%C3%AD%C4%8Dkov%C3%A1_2012_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně. Vedoucí práce JUDr. Vladimír Laucký.
- [13] *Používání chemických látek: v zemědělství, ve vodárenství, při povrchových úpravách materiálů, v čerpacích stanicích pohonných hmot* [online]. Vyd. 3. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, c2012 [cit. 2018-04-15]. ISBN 978-80-87676-00-4.
- [14] ŽÁKOVSKÝ, Jiří. *Využití geografických informačních systémů v procesech mapování hrozeb a rizik* [online]. Zlín, 2015 [cit. 2017-10-16]. Dostupné z: <http://digilib.k.utb.cz/handle/10563/33882>. Diplomová práce. UTB ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Jakub Rak.
- [15] ŠENOVSKÝ, Pavel. *Bezpečnost občanů a rizika v území.* V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-172-9.
- [16] OBADALOVÁ, Kristýna. *ANALÝZA RIZIK VYBRANÝCH NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK* [online]. Brno, 2011 [cit. 2017-10-25]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=37188. Diplomová práce. VUT v Brně. Vedoucí práce Ing. Otakar Jiří Mika, CSc.
- [17] PROCHÁZKOVÁ, Dana. Strategické řízení bezpečnosti. In: *The Science for Population Protection* [online]. Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč: Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč, 2013 [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: <http://www.population-protection.eu/prilohy/casopis/15/112.pdf>
- [18] STUHLÁ, Kateřina. Analýza rizik v havarijním plánování. *Časopis*, 2004, 112: 26-27. Dostupné z: https://scholar.google.cz/scholar?cluster=5271125544826939699&hl=cs&as_sdt=0,5&scio dt=0,5

- [19] Analýza a hodnocení rizik v posouzení rizik podle nového zákona o prevenci závažných havárií. *BOZPinfo* [online]. Praha: BOZPinfo, 2016, 6.4.2016, 2016 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/josra/analyza-hodnoceni-rizik-v-posouzeni-rizik-podle-noveho-zakona-o-prevenci-zavaznych-havarii>
- [20] KRÖMER, Antonín, Petr MUSIAL a Libor FOLWARCZNY. *Mapování rizik* [online]. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010 [cit. 2017-10-15]. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-086-9. Dostupné z: http://dspace.upce.cz/bitstream/handle/10195/37998/Kr%F6merA_Mapov%Eln%E DRi-zik_2010.pdf;jsessionid=9CA29BAA6193733C9E5AF02501FDE0F7?sequence=1
- [21] VESELÝ, Petr. *Analýza rizik a havarijní plánování v podniku* [online]. Zlín, 2011 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/16862/vesel%C3%BD_2011_dp.pdf?sequence=1. Diplomová práce. UTB ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Martin Hromada.
- [22] DEMERS, Michael N. *GIS for dummies*. Indianapolis, IN: Wiley Pub., 2009. ISBN 978-0-470-23682-6.
- [23] FEHÉR, Lukáš. *Využití modelování a simulace v rámci krizového řízení vybraného subjektu* [online]. Zlín, 2012 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: file:///C:/Users/D%C3%A1%C5%A1enka/Downloads/feh%C3%A9r_2012_dp.pdf. Diplomová práce. UTB ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Martin Hromada, Ph.D.
- [24] TOMASZEWSKI, Brian. *Geographic information systems (GIS) for disaster management*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015, xv, 295. ISBN 978-1-4822-1168-9.
- [25] RAK, Jakub. *Informační podpora ukrytí obyvatelstva* [online]. Zlín, 2017 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://portal2.utb.cz/portal/studium/prohlizeni.html>. Disertační práce. UTB ve Zlíně. Vedoucí práce Prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
- [26] CHANG, Kang-Tsung. *Introduction to geographic information systems*. Eighth edition. New York: McGraw-Hill Education, 2016, xvi, 429. ISBN 978-981-4636-21-6.
- [27] ZÁMORSKÝ, Ondřej. *Ohrožení obyvatelstva při úniku nebezpečných chemických látek* [online]. Zlín, 2014 [cit. 2017-10-18]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/33037545-Ohrozeni-obyvatelstva-pri-uniku-nebezpecnych->

- chemických-latek-ondrej-zamorsky.html. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně. Vedoucí práce Doc. Ing. Ivan Mašek, CSc.
- [28] BOOR, Vladimír. *Havárie v ochraně životního prostředí z pohledu práva* [online]. Praha, 2012 [cit. 2017-11-23]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/94605/>. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce JUDr. Martin Karolína Žáková, Ph.D.
- [29] KOLÁČEK, Ondřej. *Vybrané SW nástroje pro určení ohroženého území a možnosti analýzy jejich výstupů – implementace do GIS* [online]. Zlín, 2015 [cit. 2017-10-19]. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/34495/kol%C3%A1%C4%8Dek_2015_dp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Jakub Rak.
- [30] SLÁDEK, Branislav. *Mapování rizik s využitím geografických informačních systémů* [online]. Zlín, 2016 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/39376/sl%C3%A1dek_2016_dp.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Jakub Rak.
- [31] *Oficiální stránky města Otrokovice* [online]. 2018 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://otrokovice.cz/povinne-zverejnovane-informace/ms-6689/p1=6689>
- [32] *DEZA a.s.: Oficiální stránky společnosti DEZA a.s. ORGANIK Otrokovice* [online]. 2018 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://www.deza.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CLP	Klasifikace, označování a balení látek a směsí.
ETA	Analýza stromu událostí.
FMEA	Analýza možného výskytu a vlivu vad.
FTA	Analýza stromu poruchových stavů.
GIS	Geografický informační systém.
HAZOP	Analýza ohrožení a provozuschopnosti
IS	Informační systém
IZS	Integrovaný záchranný systém
K	Koeficient
LPG	Zkapalněný ropný plyn
MR	Míra rizika
N	Nebezpečí
NG	Zemní plyn
ORP	Obec s rozšířenou působností
P	Připravenost
R	Riziko
REACH	Registrace, hodnocení, povolování a omezování chemických látek
SW	Software
TerEx	Teroristický expert
Z	Zranitelnost

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Příklady možných nepříznivých dopadů havárií s únikem nebezpečných látek.[10].....	19
Obrázek 2: Strom poruch - analýza[21].....	29
Obrázek 3: Vztah pro hodnoty mapování rizik[15].....	42
Obrázek 4: Kumulované nebezpečí [20]	43
Obrázek 5: Vyjádření intenzity nebezpečí – koeficienty $K \leq 1$ [20].....	44
Obrázek 7: Příklad zobrazení katastrofu města Otrokovice na mapovém	50
Obrázek 8: Příklad zobrazení objektů na mapovém podkladu v programu QGIS;	51
Obrázek 9: Vzdálenost objektů zařazených dle zákona do skupiny A, zobrazení	52
Obrázek 10: Stanice LPG, která se nachází v těsné blízkosti.....	52
Obrázek 11: Vyhodnocení ohrožení stanicí LPG v programu TerEx,.....	53
Obrázek 12: Vyhodnocení ohrožení v programu TerEx, obsah zásobníku 1000kg	53
Obrázek 13: Výpočet zóny ohrožené havárií objektem.....	54
Obrázek 14: Vyhodnocení ohrožení v programu TerEx, havárie nádrže	55
Obrázek 15: Vyhodnocení ohrožení v programu TerEx, havárie nádrže o	55
Obrázek 16: Výpočet ohrožené vodní plochy kontaminací zplodin při	57
Obrázek 17: Výpočet ohrožené plochy železničního spoje; Zdroj-vlastní.....	58
Obrázek 18: Koncentrace CO ₂ - únik nebezpečné chemické látky do okolí.[21].....	59
Obrázek 19: Doporučená evakuační zóna v programu	60
Obrázek 20: TerEx – zasažená plocha – Jižní vítr.[21]	60
Obrázek 21: Větrná růžice ORP Otrokovice[21].....	61
Obrázek 22: Verze QGIS; Zdroj-vlastní	62
Obrázek 23: Mapa nebezpečí – průmyslové podniky,.....	64
Obrázek 24: Zóny míry rizik vybraných průmyslových objektů.....	65
Obrázek 25: Vyjádření rizik dopravní infrastruktury;	66
Obrázek 26: Mapa zranitelnosti území; Zdroj-vlastní	68
Obrázek 27: Lokalizace složek připravenosti daného území; Zdroj-vlastní.....	69
Obrázek 28: Příklad výsledné mapy rizik daného území	70

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Míra rizika území, vyjádřena.....	46
Tabulka 2: Souhrnné informace – město Otrokovice[31]	51
Tabulka 3: Příklad hodnotového vyjádření míry rizika;	63
Tabulka 4: Hodnocené prvky zranitelnosti území; Zdroj-vlastní	67
Tabulka 5: Hodnotové vyjádření připravenosti daného území;	68

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY