



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Analýza a modelace úniku nebezpečné chemické
látky ze stacionárního zdroje ohrožení**

**Analysis and Modeling of Hazardous Chemical
Substance Leakage from Stationary Source of
Danger**

Bakalářská práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Plánování a řízení krizových situací
Autor bakalářské práce: Pavlína Cejpková
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Staněk

Kladno 2020



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Cejpková** Jméno: **Pavčina** Osobní číslo: **478111**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Ochrana obyvatelstva**
Studijní obor: **Plánování a řízení krizových situací**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Analýza a modelace úniku nebezpečné chemické látky ze stacionárního zdroje ohrožení

Název bakalářské práce anglicky:

Analysis and Modeling of Hazardous Chemical Substance Leakage from a Stationary Source of Danger

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude modelace a následná analýza úniku nebezpečné chemické látky ze stacionárního zdroje ohrožení. V teoretické části bude vymezena problematika chemické bezpečnosti a havarijního plánování, včetně uvedení souvisejících právních norem. Dále budou obecně charakterizovány nebezpečné chemické látky, jejich havarijní projevy, možná ohrožení a opatření ochrany obyvatelstva, která jsou plánována pro zóny havarijního plánování. Následně budou popsány faktory ovlivňující šíření chemických látek v prostředí. V praktické části bude popsán zvolený chemický podnik a bude provedena analýza území zaneseného v zóně havarijního plánování. Dále bude provedena modelace a analýza úniku nebezpečné chemické látky pomocí softwarových nástrojů ALOHA a TerEx. Výsledky modelace budou analyzovány z pohledu ochrany obyvatelstva a komparovány s reálnou zónou havarijního plánování podniku. Výstupem bakalářské práce bude na základě modelace stanovení optimalizace zóny havarijního plánování a návrh opatření ochrany obyvatelstva v této zóně.

Seznam doporučené literatury:

- [1] SKŘEHOT, Petr a kol., Rozptyl těžkého plynu v atmosféře: teorie - modely - experimenty, Praha: T-SOFT, 2018, ISBN 978-80-905401-2-5
- [2] BARTLOVÁ, Ivana, BALOG, Karol, Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií, ed. 2., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, ISBN 978-80-7385-005-0
- [3] SKŘEHOT, Petr a kol., Prevence nehod a havárií, 2.díl, Mimořádné události a prevence nežádoucích následků, Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009, 595 s., ISBN 978-80-86973-73-9

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Martin Staněk

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **17.02.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**


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


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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Analýza a modelace úniku nebezpečné chemické látky ze stacionárního zdroje ohrožení vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Kladně dne 21.05.2020

.....
Pavλίna Cejpková

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala za vstřícný postoj, trpělivost a cenné rady mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinovi Staňkovi. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Hanušovi Slavíkovi, vedoucímu oddělení životního prostředí a systémů řízení společnosti Synthomer a.s. za jeho čas, ochotu a poskytnuté informace, díky kterým bylo možné vypracovat moji bakalářskou práci. V poslední řadě bych touto cestou ráda poděkovala mé rodině a přátelům za jejich podporu a trpělivost.

ABSTRAKT

V této bakalářské práci je řešena otázka prevence závažných havárií.

Teoretická část se zabývá problematikou chemické bezpečnosti a havarijního plánování, včetně vymezení související evropské a české legislativy. Dále je zde popsána charakteristika a šíření nebezpečných chemických látek v prostředí společně s jejich havarijními projevy a na ně odpovídající opatření ochrany obyvatelstva.

V praktické části jsou uvedeny základní informace o společnosti Synthomer a.s., analýza území, které pokrývá zóna havarijního plánování, dále popis vybrané chemické látky k simulaci úniku nebezpečné chemické látky. Jako stěžejní bod v této části je modelace a vyhodnocení úniku propylenu do ovzduší za pomoci softwarových nástrojů ALOHA a TerEx.

Cílem této práce byla na základě modelace a vyhodnocení úniku nebezpečné chemické látky v případě chemické havárie ve společnosti Synthomer a.s. stanovení optimalizace zóny havarijního plánování a návrh opatření ochrany obyvatelstva v této zóně.

Klíčová slova

Chemická havárie; modelace; nebezpečná chemická látka; ochrana obyvatelstva; únik; zóna havarijního plánování

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the issue of prevention of serious accidents.

The theoretical part deals with the issue of chemical safety and emergency planning, including the definition of related European and Czech legislation. Furthermore, the characteristics and spread of hazardous chemicals in the environment are described here, together with their emergency manifestations and the corresponding measures for the protection of the population.

The practical part provides basic information about Synthomer a.s., an analysis of the area covered by the emergency planning zone, as well as a description of the selected chemical to simulate the release of a hazardous chemical. The key point in this part is the modeling and evaluation of propylene leakage into the air using software tools ALOHA and TerEx.

The aim of this work was based on modeling and evaluation of the leakage of a hazardous chemical in the event of a chemical accident in the company Synthomer a.s. determination of the optimization of the emergency planning zone and proposal of measures for the protection of the population in this zone.

Keywords

Chemical accident; modeling; hazardous chemical substance; population protection; leakage; emergency planning zone

Obsah

1	ÚVOD.....	11
2	CÍLE PRÁCE.....	12
3	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU	13
	3.1 Základní pojmy v oblasti chemické bezpečnosti a havarijního plánování.....	13
	3.1.1 Prevence závažných havárií	15
	3.2 Vybrané právní předpisy definující oblast nebezpečných chemických látek, chemické bezpečnosti a havarijního plánování.....	19
	3.3 Vybrané právní předpisy Evropské unie v oblasti nebezpečných chemických látek, chemické bezpečnosti a havarijního plánování.....	21
	3.4 Chemická látka.....	23
	3.4.1 Obecná charakteristika nebezpečných chemických látek	23
	3.4.2 Toxikologické vlastnosti nebezpečných chemických látek	29
	3.4.3 Vybrané toxikologické expoziční limity a nebezpečné koncentrace	33
	3.4.4 Faktory ovlivňující šíření chemických látek v prostředí	36
	3.4.5 Havarijní projevy NCHL.....	38
	3.5 Chemická havárie	40
	3.5.1 Opatření ochrany obyvatelstva v případě chemické havárie	40
4	METODIKA	45
	4.1.1 Stanovení vstupních dat.....	45
	4.2 Modelování.....	46

4.2.1	Program ALOHA	46
4.2.2	Program TerEx	47
5	VÝSLEDKY	48
5.1	Základní informace o společnosti Synthomer a.s.	48
5.1.1	Geografická charakteristika	48
5.1.2	Zařízení s nebezpečnými chemickými látkami	49
5.1.3	Zóna havarijního plánování.....	50
5.1.4	Síly a prostředky společnosti při úniku NCHL	51
5.2	Územní analýza okolí areálu.....	52
5.2.1	Demografická charakteristika.....	52
5.2.2	Průmyslová a zemědělská charakteristika	54
5.2.3	Hydrologická charakteristika	54
5.2.4	Seismologická činnost.....	55
5.3	Vybraná chemická látka.....	55
5.3.1	Propylen.....	55
5.4	Scénář úniku NCHL.....	58
5.5	Modelace dle zvoleného scénáře pomocí programu ALOHA	60
5.6	Modelace dle zvoleného scénáře pomocí programu TerEx	63
5.7	Komparace výsledků modelací ve vztahu k ZHP	64
5.8	Optimalizace ZHP	67
5.8.1	Návrh opatření ochrany obyvatelstva.....	69
6	DISKUZE	72
7	ZÁVĚR	77
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	78

9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	80
10	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	88
11	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	89
12	SEZNAM PŘÍLOH.....	90

1 ÚVOD

V dnešní průmyslové době se při nakládání s chemickými látkami vyskytují mnohá významná rizika. Mohou jimi být například otrava, znečištění životního prostředí, exploze či dokonce chemická havárie nedozírného rozsahu. A i přes stále se zvyšující bezpečnost a podmínky chemického průmyslu se ve světě tyto havárie odehrávají. Není to tak dávno, co se roku 1984 odehrála katastrofální událost ve městě Bhópál v Indii. Tehdejší únik téměř tří desítek tun methylisokyanátu zasáhl přes půl milionu lidí, z nichž celkem 25 000 zemřelo. Havárie tohoto druhu mají devastující potenciál pro obyvatelstvo i životní prostředí. Lze jen doufat, že oblast chemické bezpečnosti je již na tak vysoké úrovni technického, organizačního, personálního a legislativního vývoje, že se již podobné události nebudou opakovat.

V Karlovarském kraji se nachází dva významné objekty z pohledu chemické bezpečnosti, které mají potenciál způsobit závažnou havárii. Jedním z těchto objektů je společnost Synthomer a.s., která zastupuje chemický průmysl.

2 CÍLE PRÁCE

Předmětem práce v teoretické části je seznámení se stávající legislativou upravující chemickou bezpečnost a havarijní plánování. Dále vymezení problematiky chemických látek a chemické bezpečnosti a následná prováděná opatření ochrany obyvatelstva související s touto problematikou.

V praktické části je cílem analýza a modelace úniku nebezpečné chemické látky v případě chemické havárie v areálu společnosti Synthomer a.s. Dále komparace výsledků modelace v softwarových nástrojích ALOHA a TerEx se zónou havarijního plánování. Výsledky modelového případu budou následně využity pro optimalizaci zóny havarijního plánování se zaměřením na opatření prováděná v oblasti ochrany obyvatelstva.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Základní pojmy v oblasti chemické bezpečnosti a havarijního plánování

S problematikou prevence závažných nehod a havárií způsobenými nebezpečnými chemickými látkami (dále jen „NCHL“) úzce souvisí řada následujících vybraných termínů. Tyto termíny jsou důležité pro správné porozumění tématice krizového řízení a havarijního plánování v kontextu chemické bezpečnosti a havarijní připravenosti objektů a zařízení, ve kterých se NCHL nacházejí. Uvedené pojmy mají rovněž přímý vztah k tématu práce a budou následně v práci používány.

Integrovaný záchranný systém

Podle zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému se rozumí koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací [1].

Mimořádná událost

Mimořádnou událostí se dle zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému rozumí škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací [1].

Základní složky integrovaného záchranného systému se při zvládnutí mimořádných událostí řídí podle vyhlášeného stupně poplachu, které jsou uvedeny v poplachovém plánu integrovaného záchranného systému [2].

Záchranné a likvidační práce

Záchranné práce jsou definovány jako činnost k odvrácení nebo omezení bezprostředního působení rizik vzniklých mimořádnou událostí, zejména ve vztahu k ohrožení života, zdraví, majetku nebo životního prostředí, a vedoucí k přerušování jejich příčin [1].

Likvidačními pracemi se rozumí činnosti k odstranění následků způsobených mimořádnou událostí [1].

Nebezpečná látka

Nebezpečnou látkou (dále jen „NL“) se rozumí vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemická směs, která má jednu nebo více nebezpečných vlastností a je přítomná v objektu jako surovina, výrobek, vedlejší produkt, meziprodukt nebo zbytek, včetně těch látek, u kterých se dá důvodně předpokládat, že mohou vzniknout v případě závažné havárie [3].

Ochrana obyvatelstva

Ochrana obyvatelstva je podle zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému, v aktuálním znění, definována jako plnění úkolů civilní ochrany, zejména varování, evakuace, ukrytí a nouzové přežití obyvatelstva a další opatření k zabezpečení ochrany jeho života, zdraví a majetku [1].

Dalšími právními předpisy pro oblast ochrany obyvatelstva jsou Vyhláška č. 380/2002 SB., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva a konkrétní opatření v této oblasti jsou uvedena ve Vyhlášce MV č.328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému (dále jen „IZS“).

Ústředním orgánem v oblasti ochrany obyvatelstva je ministerstvo vnitra a odpovědnost je rozložena na všechny úrovně veřejné správy, kraje, obce s rozšířenou působností a obce [4].

3.1.1 Prevence závažných havárií

Závažná havárie

Závažnou havárií se dle zákona 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi rozumí mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, zejména závažný únik nebezpečné látky, požár nebo výbuch, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu, vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážným následkům na životech a zdraví lidí a zvířat, životním prostředí nebo majetku a zahrnující jednu nebo více nebezpečných látek [3].

Směrnice 2012/18/EU o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek definuje závažnou havárii jako *„událost, jako je velká emise, požár nebo výbuch, vyplývající z neregulovaného vývoje v průběhu provozu jakéhokoli závodu, na který se vztahuje tato směrnice, jež vede k vážnému nebezpečí pro lidské zdraví nebo životní prostředí, bezprostřednímu nebo zpožděnému, uvnitř závodu nebo mimo závod, a zahrnuje jednu nebo více nebezpečných látek.“* [5].

Havarijní plánování

Havarijním plánováním se rozumí soubor všech opatření uskutečňovaných věcně příslušnými orgány, právníckými osobami (dále jen „PO“) a podnikajícími fyzickými osobami (dále jen „PFO“) k zajištění havarijní připravenosti regionu na provádění záchranných a likvidačních prací při mimořádné události s cílem provedení analýzy existujících rizik, minimalizace škodlivých účinků

mimořádné události a stanovení opatření vedoucí k odvrácení nebo omezení účinků mimořádných událostí a způsob odstranění jejich následků [6].

Provozovatelé nebo uživatelé jednotlivých objektů jsou na základě zpracovaného seznamu, obsahující informace o druhu, množství, klasifikaci a fyzikální formě všech nebezpečných látek v objektu, povinni zpracovat seznam, na jehož základě zpracují Protokol o nezařazení nebo Návrh na zařazení do skupiny objektu A nebo B [3].

Protokol o nezařazení

Zpracovávají objekty, jejichž množství nebezpečné látky anebo součet poměrných množství nebezpečných látek je menší, než je uvedené v příloze zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií. Uživatel objektu je povinen zajistit aktualizaci tohoto protokolu po každém zvýšení množství nebezpečné látky v objektu přesahujícím 10 % stávajícího množství a dále též při umístění další nebezpečné látky, která doposud nebyla v seznamu uvedena [3].

Zařazení objektu do skupiny A nebo B

Na základě posouzení zpracovaného Návrhu na zařazení objektu do skupiny A nebo B krajským úřadem a jeho následném rozhodnutí, je objekt zařazen do příslušné skupiny [3].

Bezpečnostní dokumentace

Provozovatel objektu zařazeného do skupiny A nebo do skupiny B provádí posouzení rizik závažné havárie, na jehož základě bude zpracován bezpečnostní program či bezpečnostní zpráva [3].

Následující tabulka obsahuje výčet vyžadované bezpečnostní dokumentace.

Tabulka 1 - výčet bezpečnostní dokumentace [3]

Skupina A	Skupina B
Posouzení rizik závažné havárie	Posouzení rizik závažné havárie
Bezpečnostní program	Bezpečnostní zpráva
Plán fyzické ochrany	Zpráva o posouzení bezpečnostní zprávy
Pojištění odpovědnosti	Plán fyzické ochrany
-	Vnitřní havarijní plán
-	Vnější havarijní plán
-	Pojištění odpovědnosti

Havarijní plán

Preventivní dokument zpracovaný Hasičským záchranným sborem ČR, provozovateli objektů a zařízení, u kterých je možnost vzniku závažné havárie, a provozovatelé jaderných zařízení nebo pracovišť 4. kategorie, ve kterém jsou vylíčeny jednotlivé činnosti a opatření vedoucí ke zmírnění nebo odstranění následků mimořádné události [7].

V české legislativě jsou definovány 3 typy havarijních plánů:

Havarijní plán kraje se zpracovává pro řešení mimořádných událostí, které vyžadují vyhlášení třetího nebo zvláštního stupně poplachu podle poplachového plánu. Tento plán zpracovává hasičský záchranný sbor daného kraje a je součástí krizového plánu kraje.

Vnitřní havarijní plán zpracovávají provozovatelé objektů zařazených do skupiny B, u kterých je možnost vzniku závažné havárie. V tomto dokumentu jsou stanovena opatření přijímaná uvnitř objektu při vzniku závažné havárie, za účelem zmírnění jejích dopadů na chráněné hodnoty.

Vnější havarijní plán je zpracováván pro jaderné zařízení nebo pracoviště 4. kategorie a pro objekty zařazené do skupiny B, u kterých je možnost vzniku závažné havárie způsobené NCHL [2]. Stanovuje postupy složek integrovaného záchranného systému v případě závažné havárie. Vnější havarijní plán zpracovává hasičský záchranný sbor kraje. Je schvalován hejtmanem kraje či starostou obcí s rozšířenou působností a je součástí krizového plánu kraje a obcí s rozšířenou působností.

Zóna havarijního plánování

Zóna v okolí objektu zařazeného do kategorie B podle zákona 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, kde se uplatňují požadavky ochrany obyvatelstva a požadavky územního rozvoje z hlediska havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu [3]. Zónu havarijního plánování (dále jen „ZHP“) stanovují krajské úřady. Vnitřní hranici ZHP tvoří areál objektu. Vnější hranice ZHP je stanovena podle vyhlášky MV č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury [8].

3.2 Vybrané právní předpisy definující oblast nebezpečných chemických látek, chemické bezpečnosti a havarijního plánování

Jedním z nejdůležitějších právních předpisů České republiky upravující oblast prevence závažných havárií je **zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky** v aktuálním znění, který stanovuje systém prevence závažných havárií pro objekty, ve kterých se nachází a nakládá s NCHL. Dále stanovuje práva a povinnosti PO nebo PFO, které tyto objekty provozují a vymezuje působnost orgánů veřejné správy v tomto směru. Cílem tohoto zákona je snížení pravděpodobnosti vzniku závažných havárií a zmírnění jejich následků na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek [3].

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon) v aktuálním znění, pojednává o právech a povinnostech PO a PFO při výrobě, klasifikaci, balení, označování, používání, vývozu a dovozu chemických látek. Dále pojednává o klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností těchto látek a jejich uvádění na trh na území České republiky. Taktéž vymezuje výkon státní správy při zajišťování ochrany před jejich škodlivými účinky [9].

Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů v aktuálním znění, který vymezuje pojem integrovaný záchranný systém, stanovuje jeho složky a působnost, působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků, práva a povinnosti PO a fyzických osob (dále jen „FO“) při přípravě na mimořádné události, při záchranných a likvidačních pracích, ochraně obyvatelstva před a po dobu vyhlášení krizového stavu [1].

Zákon č. 240/2001 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon) v aktuálním znění, který při přípravě a na řešení krizových situací, které nesouvisejí se zajišťováním obrany České republiky před vnějším napadením, stanovuje působnosti a pravomoci státních orgánů, územních samosprávných celků, PO a PFO. Dále upravuje problematiku ochrany kritické infrastruktury a určování a ochranu evropské kritické infrastruktury [10].

Vyhláška MV č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému v aktuálním znění stanovuje zásady koordinace složek integrovaného záchranného systému při společném zásahu, zásady spolupráce a podrobnosti o úkolech operačních a informačních středisek, obsah a způsob zpracování dokumentace IZS a podrobnosti o stupních poplachů poplachového plánu. Dále stanovuje zásady a způsob zpracování, schvalování a používání havarijního plánu kraje a vnějšího havarijního plánu a zásady způsobu krizové komunikace a spojení v IZS [2].

Vyhláška MV č. 380/2000 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva v aktuálním znění, která stanovuje postup při zřizování zařízení civilní ochrany a při přípravě jejich personálu. Dále ukládá způsob informování PO a FO o charakteru možného ohrožení a připravovaných opatření a jejich provedení, zabezpečení jednotného systému varování a vyrozumění a způsob poskytování tísňových informací, způsob provádění evakuace, zásady poskytování úkrytů a způsob a rozsah kolektivní a individuální ochrany obyvatelstva a požadavky ochrany obyvatelstva v územním plánování [11].

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 v aktuálním znění, která zpracovává Směrnici 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. Vyhláška upravuje zásady pro vymezení zóny havarijního plánování, postup při jejím vymezení a náležitosti obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho strukturu [8].

3.3 Vybrané právní předpisy Evropské unie v oblasti nebezpečných chemických látek, chemické bezpečnosti a havarijního plánování

Směrnice 2012/18/EU o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek v aktuálním znění, tzv. SEVESO III., která stanovuje jednotná pravidla pro státy Evropské unie v oblasti prevence závažných havárií v objektech, ve kterých se vyskytují NCHL a restringuje následky závažných havárií na zdraví a životní prostředí [12].

Nariadení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky v aktuálním znění, zkráceně REACH (Registrace, Evaulace, Autorizace a omezování Chemických látek), jehož účelem je zlepšení ochrany lidského zdraví a životního prostředí před riziky chemických látek v průmyslových procesech a v každodenním životě. Výrobním společnostem ukládá za povinnost identifikovat a řídit rizika spojená s látkami, které uvádějí na trh Evropské unie a informovat uživatele o opatřeních ke řízení rizik nebo případně omezit používání těchto látek [13].

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí v aktuálním znění (CLP) je implementováno z globálně harmonizovaného systému klasifikace a označování chemikálií (GHS) Organizace spojených národů za účelem zabezpečení vysoké úrovně ochrany zdraví, životního prostředí a volného pohybu chemických látek a směsí. Cílem nařízení je, aby před uvedením na trh byly chemické látky klasifikovány, označeny, baleny a pokud látka vykazuje nebezpečné vlastnosti, přiřadí se jí třída a kategorie nebezpečnosti. Tato skutečnost musí být řádně sdělena pomocí štítků a bezpečnostních listů. Nařízení dále určuje kritéria pro prvky označování těchto látek (piktogramy, standardní věty pro nebezpečnost, signální slova) a stanovuje normy pro balení nebezpečných látek a směsí [14].

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/68/ES ze dne 24. září 2008 o pozemní přepravě nebezpečných věcí v aktuálním znění, stanovuje podmínky mezinárodní silniční (ADR), železniční (RID) a lodní (ADN) přepravy nebezpečných věcí, vymezuje a třídí NL a předměty podle jejich nebezpečných vlastností, včetně jejich značení, balení a technických požadavků na vozidla přepravující tyto látky [15].

3.4 Chemická látka

Chemickou látkou se dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006, o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, v aktuálním znění, rozumí:

„Chemický prvek a jeho sloučeniny v přírodním stavu nebo získané výrobním procesem, včetně všech přídatných látek nutných k uchování jeho stability a všech nečistot vznikajících v použitém procesu, avšak s vyloučením všech rozpouštědel, která lze oddělit bez ovlivnění stability látky nebo změny jejího složení.“ [16].

3.4.1 Obecná charakteristika nebezpečných chemických látek

Nebezpečná chemická látka může mít jednu nebo kombinaci více nebezpečných vlastností, které se mohou projevit ihned nebo s určitou latencí v závislosti na okolních podmínkách.

Podle zákona 350/2011 Sb. (chemický zákon) jsou chemické látky a přípravky rozděleny podle jejich nebezpečných vlastností do skupin nebezpečnosti:

- A. *Výbušné*, mohou probíhat exotermní reakce i bez přístupu kyslíku, za rychlého uvolnění plynů, prudké hoření, detonace, po zahřátí vybuchují.
- B. *Oxidující*, způsobují vysoce exotermní reakce při styku s jinými látkami.
- C. *Extrémně hořlavé*, kapalná látka s nízkým bodem varu a extrémně nízkým bodem vzplanutí, anebo látka v plynném stavu, která je vznětlivá ve styku se vzduchem za normálních podmínek.
- D. *Vysoce hořlavé*, snadno zápalné pevné látky, které se mohou samovolně zahřívat a nakonec vznítit, látky, které ve styku s vodou nebo ve vlhkém prostředí uvolňují vysoce hořlavé plyny.
- E. *Hořlavé*, látky s nízkým bodem vzplanutí (rozmezí 21–55 °C).

- F. *Vysoce toxické*, při vdechnutí, požití nebo průniku kůží i ve *velmi malém množství* způsobují akutní nebo chronické negativní účinky na zdraví, anebo způsobují smrt.
- G. *Toxické*, při vdechnutí, požití nebo průniku kůží i v *malém množství* způsobují akutní nebo chronické negativní účinky na zdraví, anebo způsobují smrt.
- H. *Žíravé*, mohou způsobit poškození tkání při expozici.
- I. *Zdraví škodlivé*, při vdechnutí, požití nebo průniku mohou způsobit akutní nebo chronické negativní účinky na zdraví, anebo způsobují smrt.
- J. *Dráždivé*, nemají žíravé účinky, ale při styku s tkání mohou vyvolat zánět.
- K. *Nebezpečné pro životní prostředí*, při kontaktu s životním prostředím mohou představovat nebezpečí pro složky životního prostředí
- L. *Senzibilizující*, při vdechnutí, požití nebo průniku kůží mohou vyvolat zvýšenou citlivost a při opakované expozici vznikají charakteristické příznaky expozice.
- M. *Karcinogenní*, existence souvislosti mezi expozicí a vznikem nádorových onemocnění.
- N. *Mutagenní*, existence důkazů souvislosti mezi expozicí a poškozením dědičných vlastností.
- O. *Toxické pro reprodukci*, existence důkazů souvislosti mezi expozicí a poškozením plodu, reprodukčních funkcí nebo fertility [17] [18].

Nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (nařízení CLP) sjednocuje kritéria pro klasifikaci, označování a balení směsí a přináší nové nebo aktualizované základní pojmy, které jsou uvedeny níže.

Výstražný symbol nebezpečnosti

Tímto pojmem se rozumí složené grafické zobrazení (symbol, orámování, vzor pozadí), které sděluje specifické informace o daném druhu nebezpečí, viz Obrázek 1 níže [18].



Obrázek 1 - výstražné symboly nebezpečnosti dle nařízení EP a rady EU1272/2008 [19]

Signální slova

Označují příslušnou úroveň závažnosti nebezpečnosti za účelem varování před možným nebezpečím. Tato slova jsou rozdělena do dvou úrovní:

- Nebezpečí (Danger) – závažnější kategorie nebezpečnosti
- Varování (Warning) – méně závažné kategorie nebezpečnosti [20]

Standardní věty o nebezpečnosti (H-věty)

Jedním ze základních údajů pro identifikaci nebezpečí a rizik jsou věty nebezpečnosti. Tyto věty popisují charakter nebezpečnosti látky nebo směsi a stupeň její nebezpečnosti [18].

Pokyny pro bezpečné zacházení (P-věty)

Tyto věty byly stanoveny pro popis doporučených opatření vedoucí k minimalizaci či prevenci nežádoucích účinků způsobených expozicí danou chemickou látkou nebo směsí [18].

Příklady jednotlivých H-vět a P-vět uvádí následující tabulka.

Tabulka 2- příklady H-vět a P-vět [20]

H-věty	P-věty
H220 - Extrémně hořlavý plyn	P222 - Zabraňte styku se vzduchem
H280 - Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout	P273 - Zabraňte uvolnění do životního prostředí.
H301 - Toxický při požití	P403 - Skladujte na dobře větraném místě
H336 - Může způsobit ospalost nebo závratě	P410 - Chraňte před slunečním zářením

Pro účely přesné identifikace chemické látky bylo v Registračním systému identifikace chemických látek a sloučenin zavedeno **Registrační číslo CAS**. Jedná se o pro každou látku jedinečný a specifický numerický identifikátor, na jehož základě lze v registru vyhledat informace o chemické látce.

Přepřevu nebezpečných věcí upravuje direktiva Evropské unie, jedná se především o **směrnici Evropského parlamentu a Rady 2008/68/ES ze dne 24. září 2008 o pozemní přepravě nebezpečných věcí (ADR)** a **Řád pro**

mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID), který je součástí Úmluvy o mezinárodní železniční přepravě z roku 1984.

Nebezpečné chemické látky jsou podle ADR rozděleny do základních tříd na základě jejich převládajících nebezpečných vlastností viz Tabulka 3 níže.

Tabulka 3 - třídy nebezpečnosti chemických látek dle dohody ADR [21]

Třída	Název třídy
Třída 1	Výbušné látky a předměty
Třída 2	Plyny
Třída 3	Hořlavé kapaliny
Třída 4.1	Hořlavé pevné látky
Třída 4.2	Samozápalné látky
Třída 4.3	Látky, které při styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny
Třída 5.1	Látky podporující hoření
Třída 5.2	Organické peroxidy
Třída 6.1	Jedovaté látky
Třída 6.2	Infekční látky
Třída 7	Radioaktivní látky
Třída 8	Žíravé látky
Třída 9	Jiné nebezpečné látky a předměty

Pro snadnější identifikaci NL při přepravě bylo zavedeno jednotné značení pomocí kódů a výstražných symbolů, díky kterým lze snadno a rychle získat potřebné informace o NL. V Evropě jsou nejrozšířenější především UN-kód a Kemler kód, avšak ve Velké Británii, Austrálii nebo Malajsii se může používat také Hazchem systém, který není určen pro přímou identifikaci NL, ale informuje o opatřeních, která jsou nutná přijmout při nehodách s výskytem NL. V USA se používá označování pomocí Diamant systému, který je určen pro rychlé posouzení nebezpečí plynoucí z vlastností NL.

Podle mezinárodní dohody ADR, musí být vozidla přepravující NL označeny pomocí výstražné identifikační tabulky a bezpečnostní značky. Ve vrchní části

se nachází **Kemler kód**, který je tvořen dvojmístnou či trojmístnou kombinací číslic označující druh a stupeň nebezpečí. Zdvojení číslice znamená zvýšení intenzity daného nebezpečí a nula na druhém místě představuje, že existuje pouze nebezpečí vyjádřené první číslicí. V případech, kdy látka nesmí přijít do kontaktu s vodou, je kód doplněn písmenem X.

Čísla označují tyto druhy nebezpečí:

- 1 – výbušné látky;
- 2 – uvolňování plynů pod tlakem nebo chemickou reakcí;
- 3 – hořlavost par, kapalin a plynů;
- 4 – hořlavost tuhých látek;
- 5 – vznětlivost podporující hoření;
- 6 – jedovatost nebo nebezpečí infekce;
- 7 – radioaktivita;
- 8 – žíravost;
- 9 – nebezpečí samovolné prudké reakce;
- X – látka nesmí přijít do styku s vodou [17].

Ve spodní části výstražné tabulky se nachází identifikační číslo látky, tzv. **UN kód**, který je tvořen charakteristickou čtyřmístnou kombinací číslovek pro specifickou NL nebo skupiny látek s podobnými vlastnostmi [22] [17]. UN kód je v současnosti přiřazen přibližně 3 000 látkám a jejich směsím.

Vzhled výstražné identifikační tabulky a dalších identifikačních systémů NCHL a jejich nebezpečí používané ve světě je uveden v Příloze 1, Příloze 2 a v Příloze 3.

3.4.2 Toxikologické vlastnosti nebezpečných chemických látek

Jednou z hlavních sledovaných vlastností NCHL je jejich toxicita neboli schopnost nepříznivě působit na živé organismy. Věda, která se zabývá účinky toxických látek (xenobiotik, nox, toxinů) na živé organismy, se nazývá toxikologie. Toxikologie je interdisciplinární věda, která využívá poznatků z jiných vědních oborů a člení se na jednotlivé specializované oblasti. Jednou z těchto oblastí je průmyslová toxikologie, která se zaměřuje na toxické látky vyskytující se v průmyslu, se kterými mohou lidé přijít do styku v práci nebo při úniku chemických látek [23] [24].

Projev toxických účinků chemických látek na organismus je ovlivněn mnoha faktory, především **dávkou**, tedy celkovým množstvím proniknuté látky do organismu. Obecně platí, že toxické účinky stoupají společně s dávkou, kdy při postupném zvyšování dávky nejdříve není pozorována toxicita až do okamžiku, kdy dojde k překročení prahové dávky. V tomto okamžiku již lze pozorovat odpověď organismu na expozici látkou [24] [25].

Podle hodnoty LD₅₀ se toxické látky rozdělují do šesti skupin (viz tabulka č. 2 níže).

Tabulka 4 - třídy toxicity chemických látek [17]

Látka	LD ₅₀ potkan (mg/kg)
Supertoxická	< 5
Extrémně toxická	5 – 50
Silně toxická	50 – 500
Mírně toxická	500 – 5 000
Málo toxická	5 000 – 15 000
Prakticky netoxická	> 15 000

Toxické účinky lze rozdělit na akutní, chronické a pozdní účinky, v závislosti na časové odezvě organismu na expozici chemické látky. Při **akutní toxicitě** se účinky projeví prakticky okamžitě v rámci několika minut či hodin (např. otrava C_2O , jedovatými houbami atd.) **Chronická toxicita** naopak znamená, že se toxicita projeví po dlouhodobé expozici i při velmi nízkých dávkách toxické látky (např. těžké kovy, pesticidy atd.), která se kumuluje v organismu [17].

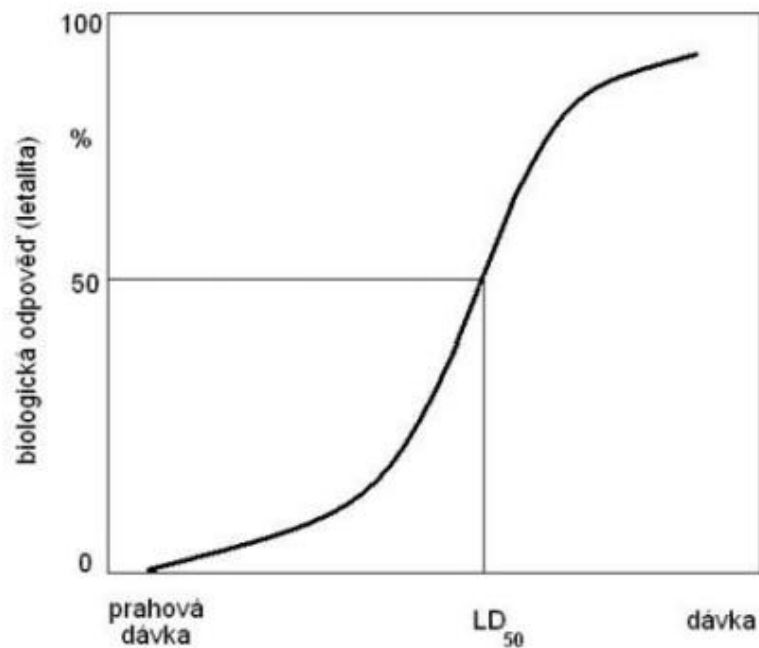
Toxické látky se vyznačují schopností působit toxicky pouze na některé biologické druhy, takové látky jsou nazývány jako selektivně toxické. Při **selektivní toxicitě** se uplatňuje rozdílná citlivost jednotlivých biologických druhů na danou chemickou látku. Působení toxické látky na funkci konkrétních orgánů označujeme jako **orgánovou toxicitu**, např. hepatotoxicita (játra), nefrotoxicita (ledviny), neurotoxicita (CNS), teratotoxicita (plod).

Pro vyjádření závislosti účinku na dávce toxické látky se používají **toxické indexy**, které obsahují údaje o toxické dávce, době expozice, charakteru účinku a druhu exponovaného organismu [26].

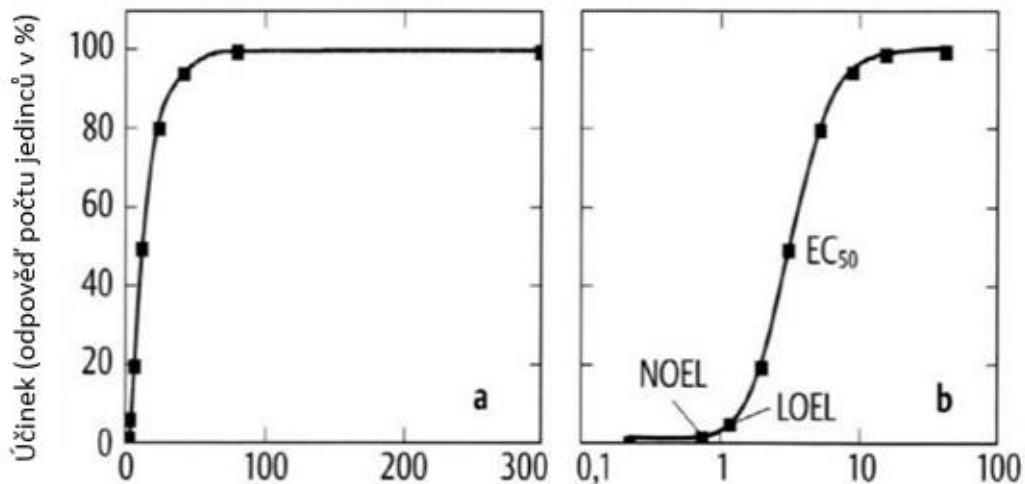
Mezi nejčastější toxické indexy patří:

- „LD50 a LD100 (LC50 a LC100) – indexy akutní toxicity vyjadřující letální (smrtnou) dávku (LD – lethal dose) nebo koncentraci (LC – lethal concentration), při níž zahyne 50 nebo 100 % jedinců v testovaném souboru. Jednotkou je obvykle mg či g/kg hmotnosti organismu.
- ED50, ED100, ED0 (EC50, EC100, EC0) – efektivní dávka (effective dose) či koncentrace (effective concentration), při které reaguje daný počet jedinců (polovina, všichni nebo žádný jedinec) na sledovaný účinek.
- NOEL (no observed effect level) – koncentrace, při níž nejsou pozorovatelné žádné účinky látky (práh).

- NOAEL (*no observed adverse effect level*) - nejvyšší úroveň expozice, při které není pozorována žádná nepříznivá odpověď na statisticky významné úrovni ve srovnání s kontrolní skupinou, jsou porovnávány účinky, které nejsou považovány za nežádoucí ani za prekurzory nežádoucích účinků.
- LOEL (*lowest observed effect level*) - nejnižší úroveň expozice, při které je ještě pozorována statisticky významná odpověď na statisticky významné úrovni ve srovnání s kontrolní skupinou.
- LOAEL (*lowest observed adverse effect level*) - nejnižší úroveň expozice, při které je ještě pozorována nepříznivá odpověď na statisticky významné úrovni ve srovnání s kontrolní skupinou.“ [26]



Obrázek 2 - závislost toxicity na dávce látky [26]



Obrázek 3 - závislost účinku na dávce: a) lineární měřítko, b) semilogaritmické měřítko [26]

Mezi další faktory ovlivňující projev toxických účinků chemických látek na organismus je brána vstupu toxické látky do organismu. Nejrychlejší nástup účinku je intravenózní cestou a nejpomalejší naopak transdermální cestou.

- Intravenózně (do žíly)
- Intraarteriálně (do tepny)
- Inalačně (dýchacími cestami)
- Intramuskulárně (do svalu)
- Rektálně (do konečníku)
- Sukutánně (do kůže)
- Orálně (zažívacím ustrojím)
- Transdermálně (přes kůži)

3.4.3 Vybrané toxikologické expoziční limity a nebezpečné koncentrace

Pro většinu NL byly stanoveny toxikologické limitní hodnoty, které jsou odhadem toxických účinků, kterým může být člověk v případě mimořádné události s únikem NCHL aniž by došlo k poškození zdraví [27].

V České republice se používají **přípustné expoziční limity (PEL)**, které jsou podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci definovány jako *„celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž může být podle současného stavu znalostí exponován zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti“* [28].

Další z expozičních limitů, který definuje výše uvedený zákon je **nejvyšší přípustná koncentrace v pracovním ovzduší (NPK-P)**. Jedná se o *„koncentrace chemické látky, které mohou být zaměstnanci exponováni nepřetržitě po krátkou dobu, aniž by pociťovali dráždění očí nebo dýchacích cest nebo bylo ohroženo jejich zdraví a spolehlivost výkonu práce. Při hodnocení pracovního ovzduší lze porovnávat s nejvyšší přípustnou koncentrací časově vážený průměr koncentrace této látky měřené po dobu nejvýše 15 minut“* [28].

Federální agentura Spojených států amerických, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), odpovědná za provádění výzkumu a doporučení pro prevenci pracovních úrazů a nemoci z povolání definuje další z expozičních limitů, kterým je **Immediately Dangerous to Life or Health (IDLH)**. Představuje maximální koncentraci toxické látky, při které může osoba uniknout během 30 minut bez jakýchkoliv příznaků poškození nebo bez jakýchkoliv nezvratných účinků na zdraví [29].

Dále byly stanoveny hodnoty úrovně akutní expozice **AEGL (Acute Exposure Guideline Levels)**. Jednotlivé hodnoty jsou stanoveny podle doby expozice, která nepřesahuje 8 hodin (10 minut, 30 minut, 60 minut, 4 hodiny, 8 hodin) a podle stupně závažnosti toxických následků na lidi.

- **AEGL 1** – Koncentrace nebezpečné látky ve vzduchu, nad kterou se předpokládá, že běžná populace, včetně vnímavých jedinců, může zakusit patrné nepohodlí, podráždění, nebo určité, smysly nepostřehnutelné, symptomatické příznaky. Účinky nejsou oslabující, jsou přechodné a vratné po přerušení expozice.
- **AEGL 2** - Koncentrace nebezpečné látky ve vzduchu, nad kterou se předpokládá, že běžná populace, včetně vnímavých jedinců, může zakusit nevratné nebo jiné vážné, dlouhotrvající nepříznivé zdravotní účinky nebo může dojít k zhoršené schopnosti úniku.
- **AEGL 3** - Koncentrace nebezpečné látky ve vzduchu, nad kterou se předpokládá, že běžná populace, včetně vnímavých jedinců, může zakusit zdravotní účinky ohrožující život nebo může dojít k smrti [30].

Pro účely havarijního plánování, především stanovení bezpečnostních opatření, byly určeny referenční hodnoty **ERPG (Emergency Response Planning Guideline)**, které udávají účinky koncentrace nebezpečných látek ve vzduchu na organismus po dobu 60 minut.

- **ERPG 1** - Hodnota maximální koncentrace látky v ovzduší, do které je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili jiné nežli mírné přechodné nepříznivé účinky na svém zdravotním stavu nebo postřehli zřetelně nepříjemný zápach.

- **ERPG 2** - Hodnota maximální koncentrace látky v ovzduší, do níž je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili nebo se u nich vyvinuly nevratné nebo další vážné účinky nebo příznaky, které by mohly poškodit jejich schopnosti podniknout záchrannou činnost.
- **ERPG 3** - Hodnota maximální koncentrace látky v ovzduší, do níž je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili nebo se u nich vyvinuly účinky ohrožující zdraví nebo život [30].

Pro záchranáře bez prostředků individuální ochrany je při záchraně osob stanoven expoziční limit **havarijní přípustná koncentrace HPK-10 a HPK-60**, neboli *„limitní koncentrace plynu, páry nebo aerosolu látky v ovzduší, které se mohou vystavit záchranáři při záchraně osob bez prostředků individuální ochrany po dobu 10 min, resp. 60 min. Koncentrace nesmí vyvolat nevratná onemocnění; koncentrace smí vyvolat vratná onemocnění, která jsou adekvátní významu zásahu, kterým je záchrana života, popř. zdraví více osob.“* [18].

Pro těkavé látky byly stanoveny **meze výbušnosti**. Tyto hodnoty jsou definovány jako minimální koncentrace konkrétního hořlavého plynu nebo par nezbytná pro podporu jeho spalování ve vzduchu - dolní mez výbušnosti (LEL) a maximální koncentrace plynu nebo páry, která bude hořet ve vzduchu, je definována jako horní mez výbušnosti (UEL) [31].

Havarijní akční úroveň **HAU-20 a HAU-120** představuje limitní koncentrace plynu v ovzduší, při jejímž dosažení je nezbytné vyvést obyvatelstvo z kontaminovaného prostoru do 20 a 120 minut od začátku expozice [18].

Za účelem provedení vhodných ochranných opatření byly na základě AEGL, ERPG a limitů nouzové expozice stanoveny hodnoty úrovně expozice **Protective Action Criteria (PAC)** [32].

- PAC 1 - mírné, přechodné účinky na zdraví;
- PAC 2 - ireverzibilní nebo jiné vážné účinky na zdraví, které by mohly zhoršit schopnost ochranné činnosti;
- PAC 3 - život ohrožující účinky na zdraví [32].

3.4.4 Faktory ovlivňující šíření chemických látek v prostředí

Nebezpečné chemické látky a směsi se při úniku a kontaktu s atmosférickým vzduchem chovají majoritně jako těžké plyny, jejichž molekulová hmotnost nebo hustota je větší než molekulová hmotnost nebo hustota vzduchu. Především se jedná o látky, které jsou skladovány v plynném stavu, anebo jsou zkapalněné jejich stlačením či zchlazením pod jejich individuální úroveň bodu varu [33].

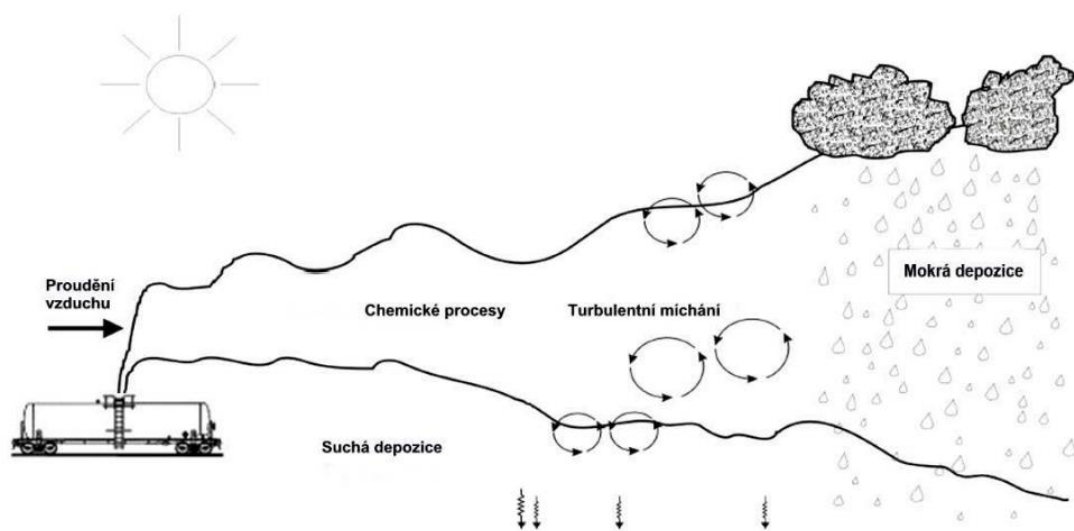
Hlavními faktory, které mají nejzásadnější vliv na rozptyl a šíření těžkých plynů v prostředí, jsou především druh a množství uniklé látky, její fyzikálně-chemické vlastnosti, způsob jejího uskladnění, charakter okolního terénu a meteorologické podmínky [29] [33].

Nejdůležitějšími fyzikálními vlastnostmi chemických látek pro stanovení jejich rozptylu jsou bod varu, bod tání, hustota, skupenství a teplota, při které je látka skladována. Při úniku právě tyto hodnoty stanoví samotné skupenství, ve kterém se unikající látka bude vyskytovat [33].

Na rozptyl oblaku plynu má vliv také charakter okolního terénu a drsnost povrchu. Drsnost povrchu má vliv na turbulentní proudění vzduchu a rozdělujeme ji na kategorie:

- rovná volná krajina;
- zemědělská krajina (pole, louky, pastviny);
- prostor s mírnou zástavbou;
- obydlené/zastavěné oblasti;
- hustě obydlené/zastavěné oblasti [27].

Z meteorologických podmínek má největší vliv na rozptyl rychlost větru, teplota a vlhkost vzduchu. Mezi další meteorologické faktory se řadí - vertikální teplotní gradient, atmosférický tlak, míra pokrytí oblohy mraky a atmosférické srážky. Nejdůležitějším parametrem, který určuje směr a dosah rozptylu látky v atmosféře je vítr, který je charakterizován jako vektor popisující pohyb vzduchových částic v atmosféře. Rychlost a směr větru se výrazně mění a platí, že s výškou roste i rychlost větru. Na rozptýlení chemické látky má významný vliv také vertikální stálost atmosféry, která určuje stálost kontaminace atmosféry. Rozděluje se na inverzi, kdy rozptyl probíhá nejpomaleji, dále izotermii a konvekci, kdy je rozptýlení nejrychlejší [27] [34].



Obrázek 4 - procesy ovlivňující rozptyl v atmosféře [27]

3.4.5 Havarijní projevy NCHL

Při nakládání s NCHL může nastat situace, kdy dojde k nehodové události různého charakteru. Jedná se především o:

- únik;
- požár;
- exploze [27].

Únik chemické látky

Průběh úniku chemické látky do prostředí a její rozptyl závisí na formě látky a podmínkách, za kterých je daná látka skladována.

- únik kapaliny;
- únik plynu;
- dvoufázový únik;
- odpařování z kaluže.

Obecně můžeme únik plynu rozdělit podle trvání úniku na jednorázový a déletrvající únik. **Jednorázový únik** představuje situaci, kdy dojde k úniku veškerého množství chemické látky do ovzduší. **Déletrvající únik** též označován jako kontinuální únik, lze dále rozdělit dle druhu proudění na laminární, kdy rychlost úniku závisí též na okolním tlaku a tlaku plynu v zařízení a dále turbulentní, kdy rychlost úniku dosahuje rychlosti zvuku [35] [36].

Současný únik kapaliny a plynu je označován jako **Dvoufázový únik**. Tento druh úniku nastává při úniku zkapalněného plynu pod tlakem se současným vypařováním kapalné fáze v důsledku poklesu tlaku látky v zařízení [35].

Požár chemické látky

Při úniku hořlavé chemické látky může nastat její okamžité vzplanutí nebo opožděná iniciace, která nastává po dosažení dolní meze zapálení koncentrace par uniklé látky [27].

Hlavní typy požárů chemických látek a jejich popis vzniku uvádí následující tabulka.

Tabulka 5 - typy požárů chemických látek [35]

Typ požáru	Popis vzniku požáru
tryskový plamen (Jet Fire)	okamžitý zážeh výtoku stlačeného hořlavého plynu, kapaliny nebo dvoufázového výtoku plyn/kapalina
mžikový požár (Flash Fire)	oblak hořlavých par je zapálen s malým zpožděním po počátku úniku
ohňová koule (Fire Ball)	při úplném roztržení tlakových nádob, které obsahují hořlavé plyny zkapalněné tlakem, dojde k okamžitému zapálení
požár kaluže (Pool Fire)	vyskytuje se tehdy, pokud jsou zažehnuty páry hořlavé, těkavé kapaliny
požár tuhé látky (Fire in Solid)	vznikne obvykle buď přímým zapálením, vnějším ohřevem nebo autoohřevem zásoby chemické látky

Exploze chemické látky

Výbuch uniklé chemické látky vzniká iniciací jejích plynů nebo par. Iniciací výbuchu může zapříčinit kterýkoliv zdroj statického náboje nebo jiskry. Hlavní roli zde hrají již zmiňované meze výbušnosti dané látky z kapitoly 3.4.3 Vybrané toxikologické expoziční limity a nebezpečné

koncentrace. Dále může nastat výbuch expandujících par vroucí kapaliny, kdy po náhlém úniku velkého množství stlačené přehřáté kapaliny do ovzduší, vzniká ohňová koule (BLEVE, Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) [27] [35].

3.5 Chemická havárie

Nakládání s NCHL v chemickém průmyslu při přepravě, skladování, zpracování a výrobě s sebou přináší riziko vzniku závažné havárie. Jedná se o mimořádnou událost, kde za přítomnosti škodlivého působení a jevů jsou ohrožovány životy, zdraví a majetek člověka a životní prostředí [1].

Jako základní podmínku pro možnost vzniku chemické havárie můžeme zahrnout samotnou existenci chemických závodů, skladovacích a přepravních zařízení, kde se chemické látky vyskytují. Příčiny uvolnění chemických látek do okolí jsou nejčastěji živelní pohromy, selhání lidského faktoru, technická závada na zařízení nebo teroristický útok.

„K úniku nebezpečných chemických látek může dojít prakticky všude. Mimo stacionární zdroje to mohou být i zdroje mobilní, kterými jsou dopravní prostředky, přepravující nebezpečné látky po silnicích, železnici, na vodních tocích. Jejich únik nelze také vyloučit z potrubí a ze skládek. Zatímco největší rozsah ohrožení v důsledku úniku nebezpečných chemických látek představují stacionární zdroje, u mobilních zdrojů dochází k únikům nejčastěji.“ [37].

3.5.1 Opatření ochrany obyvatelstva v případě chemické havárie

V případě ohrožení obyvatelstva chemickou havárií hraje rozhodující roli včasná realizace základních opatření ochrany obyvatelstva, kterými jsou při mimořádných událostech tohoto typu především varování obyvatelstva a vyzoomění odpovědných orgánů, ukrytí, evakuace, kolektivní a individuální

ochrana. Tato opatření slouží k zamezení nebo snížení následků MU na životy a zdraví osob.

Dalšími opatřeními jsou zabezpečení nouzového přežití evakuovaných, dekontaminace osob, objektů, dopravních prostředků, terénu, monitorování situace, regulace pohybu osob a dopravních prostředků, zdravotnická pomoc, opatření k ochraně hospodářských zvířat, regulace distribuce a používání potravin, krmiv a vody, opatření při úmrtí osob v zamořeném území, zajištění veřejného pořádku a bezpečnosti [38].

Varování a informování obyvatelstva

Pro úspěšnou realizaci opatření ochrany obyvatelstva je nezbytné včasné a konkrétní varování a informování obyvatelstva před nadcházející nebo již vzniklou MU společně s vyrozuměním jednotlivých složek IZS, orgánů státní správy a územní samosprávy a dalších organizací [4].

Podle vyhlášky MV č. 380/2002 k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva bude varování obyvatelstva v případě chemické havárie použit varovný signál „Všeobecná výstraha“, který je vyhlašován kolísavým tónem sirény po dobu 140 vteřin, přičemž může být vyhlašován třikrát za sebou [11] [39]. Bezprostředně po vyhlášení varovného signálu následuje předání tísňové informace, která obyvatelstvu sděluje údaje o zdroji, povaze a rozsahu nebezpečí a údaje o nutných opatřeních k ochraně obyvatelstva [40].

V případě chemické havárie s únikem NCHL je obsah verbální tísňové informace následující:

„Chemická havárie, chemická havárie, chemická havárie. Ohrožení únikem škodlivin. Sledujte vysílání Českého rozhlasu, televize a regionálních rozhlasů. Chemická havárie, chemická havárie, chemická havárie.“ [41].

Individuální ochrana

Individuální ochrana obyvatelstva při MU s únikem NCHL se provádí s cílem zamezit nebo snížit úroveň zasažení toxickými účinky NCHL za pomoci prostředků improvizované ochrany dýchacích cest, očí a povrchu těla, které mají částečně nahradit prostředky individuální ochrany [11] [41].

Prostředky improvizované ochrany si ohrožené obyvatelstvo připravuje svépomocí za využití dostupných běžných domácích prostředků a oděvních součástí v případě, že nemá profesionálně vyrobené ochranné prostředky a je potřeba evakuace ze zamořeného území nebo jeho překonání za účelem přesunu do improvizovaných nebo stálých úkrytů, anebo do míst, kde nehrozí nežádoucí účinky NCHL.

Při použití prostředků improvizované ochrany je nezbytné dbát následujících zásad:

- veškerý povrch těla musí být dostatečně zakryt;
- všechny ochranné prostředky je potřeba řádně utěsnit;
- pro vyšší ochranné účinky je vhodné použít několik ochranných vrstev nebo zkombinovat s dalšími ochrannými prostředky [4] [34] [41].

Evakuace obyvatelstva

Provádí se při za předpokladu, že nelze zabezpečit ochranu osob jiným způsobem, anebo se předpokládá dlouhodobé trvání MU nebo její zhoršení [34].

Ukrytí obyvatelstva

Při úniku NCHL se ukrytí obyvatelstva před toxickými účinky nebezpečných látek provádí bezprostředně po vyhlášení varovného signálu ve vodných budovách, ve kterých se využívá jejich přirozených ochranných vlastností.

Pro správné a efektivní provedení ukrytí je důležitá identifikace uniklé látky a tuto skutečnost sdělit ohroženému obyvatelstvu společně s pokyny pro ukrytí. K ochraně před NCHL, které mají nižší molekulovou hmotnost než vzduch (látky lehčí než vzduch) jsou pro ukrytí vhodné suterénní nebo přízemní prostory. Naopak vyšší patra jsou vhodná k ochraně před NCHL s vyšší molekulovou hmotností než vzduch (látky těžší než vzduch).

Zásady chování obyvatelstva při vzniku havárie s únikem nebezpečné látky:

- A. *„Je-li občanům známo místo vzniku havárie, směr šíření nebezpečného oblaku, přizpůsobí své chování těmto zásadám:*
- *Nachází-li se ve směru šíření nebezpečného oblaku do vzdálenosti 2 km, postupuje podle zásad v odstavci B.*
 - *Nachází-li se mimo směr šíření nebezpečného oblaku, nebo je-li od místa velmi vzdálen, samostatně nebo na pokyn orgánů řízení mimořádné situace provede urychleně evakuaci z ohroženého prostoru do bezpečného prostoru. Ten se zpravidla nachází 500 m ve směru proti proudění větru a 1000 až 2000 m stranou od osy směru proudění větru z místa havárie.*
 - *Má-li občan bezprostředně k dispozici dopravní prostředek, využije jej k evakuaci, přičemž musí uzavřít všechna okna a vypnout větrání a klimatizaci ve vozidle.*
 - *Při vlastní evakuaci zároveň uvědomí náhodné chodce a dává signály řidičům směřující do nebezpečného prostoru o vzniklém nebezpečí, aby v cestě nepokračovali.*
 - *V bezpečném prostoru vyhledá místo, kde může sledovat vysílání místního rozhlasu, nebo vysílání regionálních rádií, které o situaci budou průběžně informovat.*

- *Dále se řídí pokyny HZS, Policie ČR, orgánů krizového řízení, správních orgánů a orgánů obce.*
- *Návrat do místa, které bylo zasaženo výronem nebezpečné látky lze provést až po svolení správních orgánů nebo orgánů obce.*

B. Není-li občanům známo přesné místo havárie a přesný směr šíření nebezpečného oblaku své chování přizpůsobí těmto zásadám:

- *Osoba pohybující se na volném prostranství okamžitě vyhledá improvizovaný úkryt. Tím je nejbližší funkční budova.*
- *Lidé nevycházejí z budov a setrávají v nich do té doby, než budou vyzváni k provedení případné evakuace.*
- *V budově se přesunout, je-li to možné, do vyšších pater a vyhledat místnost, která je odvrácená od místa havárie.*
- *V budově se podílet na úpravách improvizovaného ukrytí. To spočívá v uzavření všech oken a dveří, vypnutí veškeré klimatizace a větrání. Provádí se další utěšňování oken a dveří, větracích otvorů pomocí samolepicích pásek, hadrů a ručníků apod.*
- *Zapnout a naladit rádio na vysílání regionálního a místního rozhlasu. Sledovat vysílání kanálu místní kabelové televize.*
- *Na případnou evakuaci si připravit pomůcky pro improvizovanou ochranu.*
- *Dále se řídit pokyny, o nichž se občan dozví z informací rádia a televize.*
- *Je nutné omezit telefonování, jak z pevných, tak mobilních telefonů na nezbytnou potřebu.*
- *Opuštění místa improvizovaného ukrytí lze provést až po svolení správních orgánů nebo orgánů obce.“ [42].*

4 METODIKA

Na základě využití odborné literární rešerše, veřejných literárních zdrojů, dokumentů získaných od spolupracujících společnosti a odborných konzultací, byly ke zpracování této bakalářské práce, použity metody indukce, dedukce, modelace pomocí softwarových nástrojů a komparace.

V této bakalářské práci byly pro modelaci úniku NCHL použity softwarové programy ALOHA a TerEx, jejichž charakteristiky jsou uvedeny níže. Pro výsledné vyhodnocení a vizualizaci výsledků byly použity geografické informační systémy Marplot pro software ALOHA a Open Street Map pro software TerEx.

Výstupy modelací z jednotlivých softwarových nástrojů budou vzájemně porovnány a následně bude uvedena komparace mezi výstupy z modelací a stanovenou zónou havarijního plánování.

4.1.1 Stanovení vstupních dat

Pro správné vyhodnocení výsledků modelací je zapotřebí znát reálná vstupní data. Na základě spolupráce se společností Synthomer a.s. jsem získala potřebné údaje a data, která jsem následně použila v jednotlivých modelacích.

Meteorologická data pro jednotlivé modelace byla získána analýzou atmosférických údajů pro oblast města Sokolov z portálu Českého hydrometeorologického ústavu (dostupné na <http://portal.chmi.cz/>). Atmosférické podmínky pro zvolený den a konkrétní místo byly stanoveny dle průměrných reálných dat ke stejnému měsíci z rozmezí let 2009 – 2019.

Pro vyhodnocení modelovaného úniku byly použity úrovně nebezpečné koncentrace PAC, jejichž jednotlivé úrovně byly popsány v kapitole 3.4.3 Vybrané toxikologické expoziční limity a nebezpečné koncentrace.

Zadávané vstupní parametry používané pro modelace v jednotlivých softwarech shrnuje Tabulka 10 uvedená v kapitole 5.4 Scénář úniku NCHL.

4.2 Modelování

Pro modelování, odhad a hodnocení dopadů MU s únikem NCHL na životy a zdraví osob, zvířat, životní prostředí a majetek se používají speciální softwarové nástroje. Tyto nástroje slouží k zobrazení zvoleného scénáře za pomoci výstupních textových a grafických dat [27].

4.2.1 Program ALOHA

ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) je nástroj v softwarové sadě CAMEO pro modelování havarijních událostí s únikem toxických, hořlavých a výbušných látek do atmosféry.

Program umožňuje zadat detaily o reálném nebo potenciálním chemickém úniku a dále vygenerovat odhad ohrožených zón podle různých typů nebezpečí. ALOHA umí modelovat toxické plynové mraky, hořlavé plynové mraky, tryskové požáry, požáry uniklé kapaliny a výbuchy par. Výstupy modelace vychází z polohy zdroje rizika, informací o chemických vlastnostech a množství uniklé látky, atmosférických podmínek a charakteru okolní krajiny, jsou v programu zobrazeny v mřížce a mohou být vykresleny se zónami ohraničenými příslušnými limitními koncentracemi na geografických

informačních systémech jako jsou MARPLOT, Esri's ArcMap, Google Earth a Google Maps [27] [43].

4.2.2 Program TerEx

TerEx (Teroristický Expert) je licencovaný software určený pro rychlý odhad dopadů průmyslových havárií, úniků NCHL a teroristických nebo vojenských útoků. Program slouží především pro použití v terénu, patří do skupiny jednoduchých modelovacích nástrojů, a tak je uživatelské rozhraní prosté a přehledné s možností zobrazení výsledků na mapě. Součástí programu je rovněž toxikologická databáze chemických látek NIOSH, včetně jejich charakteristik, popisu a zásad poskytování první pomoci či způsobu dekontaminace [44] [45].

Po zadání základních vstupních údajů je vymodelována konzervativní prognóza, která počítá s maximálními možnými dopady na okolí. Pro předpověď a vyhodnocení úniku NCHL (zkapalněný plyn) ze zařízení je možnost zvolit z následujících modelů:

- PUFF – jednorázový únik plynu do oblaku, únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku;
- BLEVE - ohrožení nádrže plošným požárem;
- POOL FIRE - hoření louže kapaliny nebo vroucí kapaliny;
- PLUME - déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku;
- DEGAS - šíření těžkých plynů;
- TOXI – dosah a tvar oblaku dle koncentrace toxické látky [45].

5 VÝSLEDKY

5.1 Základní informace o společnosti Synthomer a.s.

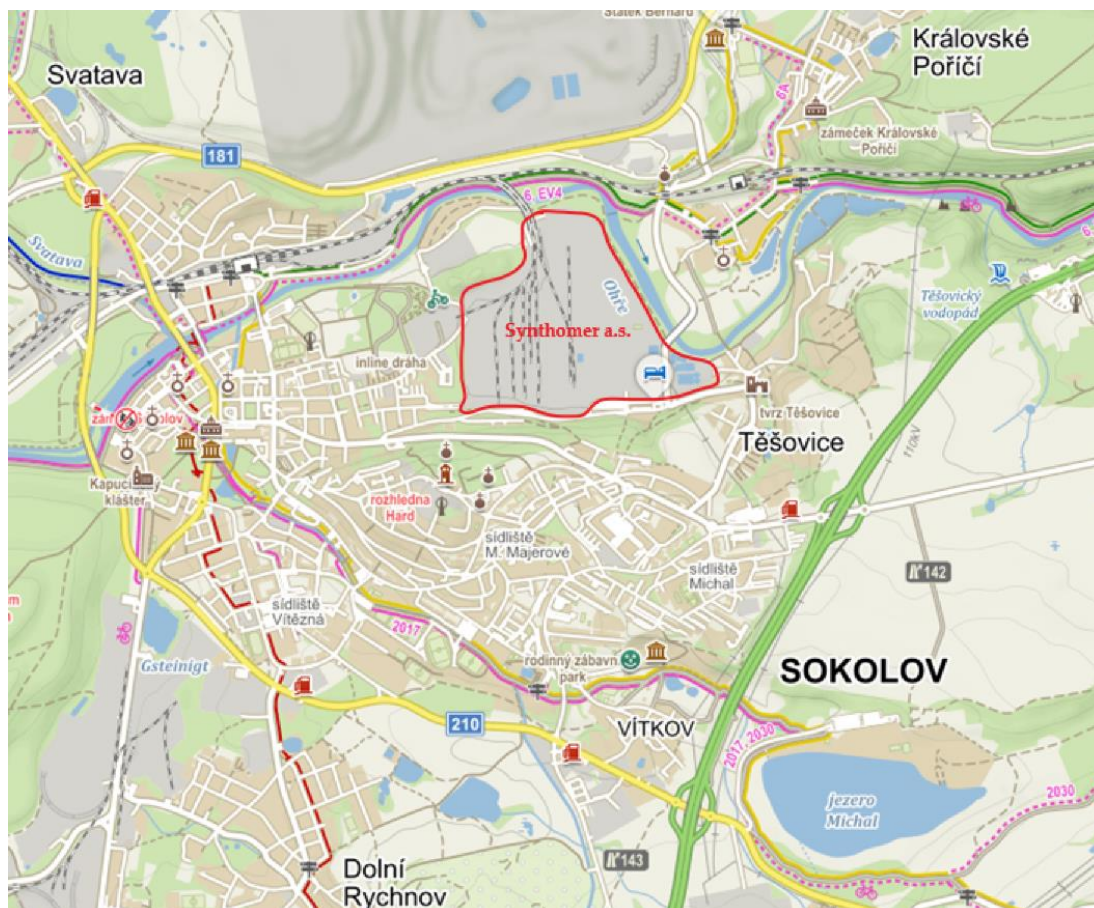
Společnost Synthomer a.s. se zaměřuje na výrobu a export chemických látek z kyseliny akrylové, jejích esterů a akrylátových polymerů.

Společnost byla založena roku 1917 a hlavními produkty tehdejší výroby bylo dusíkaté vápno a karbid vápníku. Po 2. světové válce byla výroba dále rozšířena o výrobu acetylenu, boraxu a peroxidu vodíku. V období 1980-1994 byly postupně odstavovány veškeré výroby a do provozu byla uvedena výroba kyseliny akrylové a jejích esterů. Po změně majitele v roce 1999 byla zahájena výstavba nové polymerační linky pro zvýšení výroby kyseliny akrylové. V letech 2004-2015 několikrát změnil název společnosti a od 1. 05. 2017 nese společnost jméno Synthomer a.s. [46].

V současnosti společnost zaměstnává 334 lidí a celkem se v areálu společnosti denně pohybuje přibližně 550 osob [46].

5.1.1 Geografická charakteristika

Areál společnosti Synthomer a.s., adresou Tovární 2093, 356 01 Sokolov, leží v severozápadní okrajové části města Sokolov (Karlovarský kraj) v nadmořské výšce cca 400 m n. m. Ze severní a východní strany ho obklopuje rameno řeky Ohře, která u východní části areálu protéká ve vzdálenosti přibližně 5 m od hranic objektu. Jižním a západním směrem se rozkládá zástavba města Sokolov. Severovýchodně se nachází obec Královské Poříčí, která je svou zástavbou vzdálena cca 300 m od objektu a jihovýchodním směrem se nachází obec Těšovice [39]. Umístění společnosti znázorňuje Obrázek 5 níže.



Obrázek 5 - umístění města Sokolov na mapě [47]

5.1.2 Zařízení s nebezpečnými chemickými látkami

V objektu se nachází celkem 3 výrobní provozy označené jako Provoz 5, Provoz 6 a Provoz energetika, ve kterých se manipuluje s chemickými látkami, které jsou hořlavé, toxické a nebezpečné pro životní prostředí [46].

V Provozu 5 probíhá výroba kyseliny akrylové a jejích esterů. Součástí provozu je sklad propylenu [46].

Dalšími významnými technologickými zařízeními jsou reaktory, ve kterých probíhá chemická přeměna propylenu pomocí katalytické dvoustupňové oxidace na kyselinu akrylovou, dále výrobní kyseliny akrylové – napájecí nádrž,

kteřá slouží jako provozní zásobník kapalného propylenu a zároveň zde dochází k přeměně kapalného propylenu na plynný propylen. V areálu se dále vyskytuje 8 železničních cisteren s propylenem, které jsou odstaveny ve skupinách po dvou s minimálním rozestupem 50 m od dalších skupin. V severní části objektu probíhá stáčení propylenu do některého z kulových zásobníků [46].

V Provozu 6 se vyrábí akrylátové a styrenakrylátové disperze a roztokové polymery procesem emulzní polymerace z monomerů kyseliny akrylové [46].

Posledním provozem je Provoz energetika, který zajišťuje výrobu elektrické a tepelné energie pro vlastní spotřebu. Součástí tohoto provozu je také chemická úpravna vody a demineralizační stanice [39] [46].

Umístění nebezpečných chemických látek v objektu je znázorněno v Příloze 4.

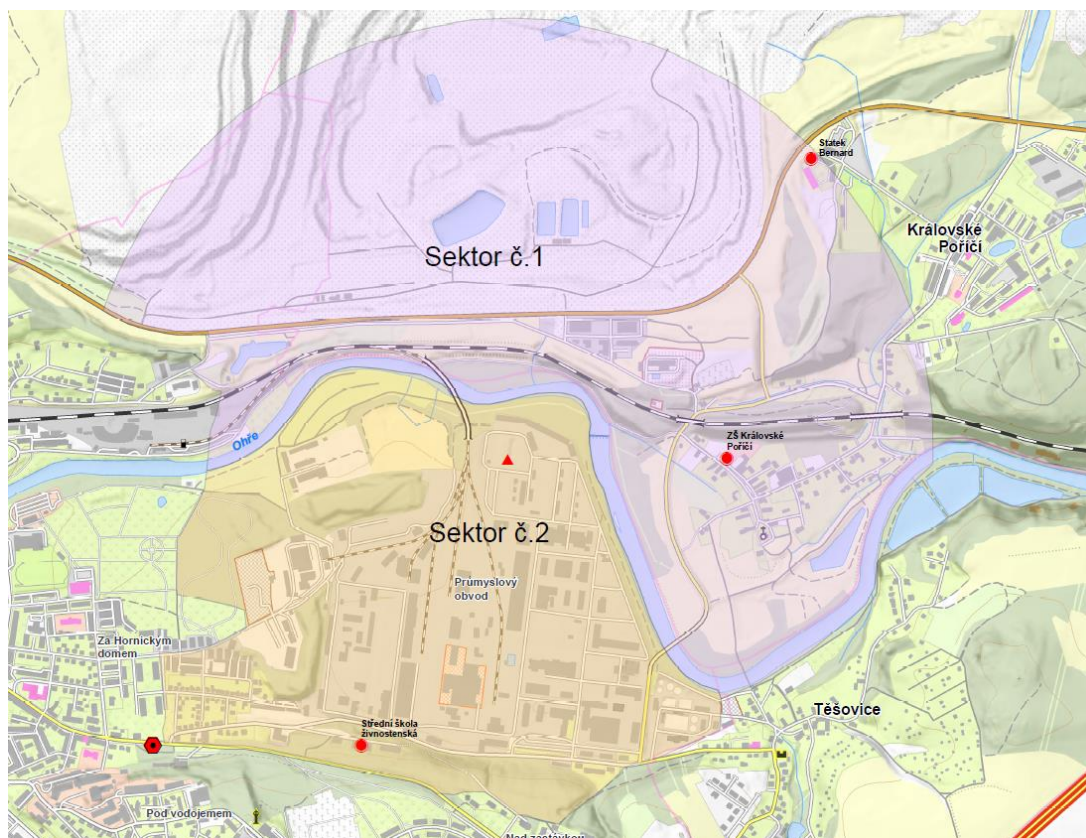
5.1.3 Zóna havarijního plánování

Hranice zóny havarijního plánování byla vypočtena Hasičským záchranným sborem Karlovarského kraje pomocí softwarového programu Optizon a částečně zasahuje území městských a obecních obvodů Sokolov, Královské poříčí a Těšovice. V roce 2019 město Sokolov čítalo 23 241 obyvatel, z toho má v zóně havarijního plánování bydliště 248 obyvatel. Do ZHP je také zahrnuta část obce Královské Poříčí, která čítá celkem 785 obyvatel a v ZHP žije 205 stálých obyvatel [39].

V ZHP se nachází poměrně četná infrastruktura, která zahrnuje místní komunikaci a železniční trať s trasou Cheb-Chomutov. V ZHP se dále nachází část dolového území společnosti Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s., základní škola, střední škola, sídliště, obytná část obce Královské Poříčí, městská čistírna odpadních vod, volnočasový areál a zahrádkářská osada. Přechodně se

v ZHP může nacházet od 372 – 1 057 osob, které zde navštěvují zaměstnání, vzdělávací zařízení, sportovní areály a další [39].

Mapové zobrazení ZHP je znázorněno na Obrázku 6 níže.



Obrázek 6 - zóna havarijního plánování společnosti Synthomer a.s. [39]

5.1.4 Síly a prostředky společnosti při úniku NCHL

Na území areálu společnosti se nachází jednotka Hasičského záchranného sboru Chemických závodů Sokolov, která zajišťuje, společně s HZS Sokolov, HZS Karlovy Vary, JSDH a dalšími subjekty, havarijní připravenost na mimořádné události a havárie v areálu.

Tato jednotka byla zřízena jako HZS podniku Chemické závody Sokolov a následně v roce 1995 převedena k HZS Karlovarského kraje [46].

Jednotka vyjíždí k vyhlášenému zásahu do 4 minut od ohlášení mimořádné události a dojezdový čas na nejbližší místo v areálu společnosti je do 6 minut. Početní stav přítomných příslušníků je na směně 9 + 1 (dispečer). Minimální stav na směně je 6 + 1 (dispečer) [46]. Přehled techniky a vybavení stanice je shrnut v Příloze 5.

Společnost provozuje varovný systém, kterým se při úniku propylenu ze skladovacích či výrobních zařízení, vyhledávají automaticky nahrané signály a textové zprávy pro varování osob vyskytujících se v areálu společnosti [46].

V případě úniku propylenu se vyhledává signál „Propylenová havárie 1. stupeň“ nebo signál „Propylenová havárie 2. stupeň.“ Po vyhlášení je oznámena zpráva, jejíž znění je uvedeno v Příloze 6.

V případě vzniku závažné havárie v areálu Synthomer a.s. jsou pro jednotlivé stupně poplachu předurčeny vysílané jednotky požární ochrany a jednotky IZS, jejichž počet je uveden v Přílohách 7 a 8.

5.2 Územní analýza okolí areálu

5.2.1 Demografická charakteristika

V samotné zóně havarijního plánování a jejím blízkém okolí se nachází četné množství objektů, ve kterých je předpokládán zvýšený počet osob, na které by se vztahovala opatření ochrany obyvatelstva, viz Tabulka 6, Tabulka 7 a Tabulka 8 níže. Rovněž se zde vyskytuje volnočasový areál lesopark Bohemia,

dětské hřiště, inline dráha, obchodní centrum a zahrádkářská osada. Zobrazení jednotlivých objektů na mapě je uvedeno v Příloze 9 a v Příloze 10.

Tabulka 6 - objekty správních úřadů a samosprávy [46]

Objekt	Adresa	Odhadovaný počet osob
Obecní úřad Královské Poříčí	ul. Lázeňská 114, Královské Poříčí	5
Obecní úřad Těšovice	ul. Tovární 21, Sokolov	2
Okresní soud	ul. K. H. Borovského 57, Sokolov	105/20
Úřad práce	ul. K. H. Máchy 654, Sokolov	45

Tabulka 7 - školská zařízení [46]

Objekt	Adresa	Odhadovaný počet osob
Mateřská škola	ul. Lázeňská 86, Královské Poříčí	4/28
Mateřská škola	ul. M. Majerové 1650, Sokolov	12/95
Mateřská škola	ul. Pionýrů 1344, Sokolov	11/42
Obchodní akademie	ul. Hornická 1569, Sokolov	13/180
Střední škola	ul. K. H. Borovského 1267, Sokolov	20/100
Střední škola	ul. Lázeňská 176, Královské Poříčí	60/150
Střední škola IŠTE	ul. Jednoty 1620, Sokolov	99/900
Základní škola	ul. Dlouhá 63, Královské Poříčí	12/35
Základní škola	ul. Pionýrů 1614, Sokolov	59/620

Tabulka 8 - zařízení pro veřejnost [46]

Objekt	Adresa	Odhadovaný počet osob
Autobusové nádraží	ul. Nádražní, Sokolov	35/500
Divadlo	ul. Odboje, Sokolov	31/356
Dům pro matky s dětmi	ul. Dukelská 1391, Sokolov	12/20
Kino Alfa	ul. Heyrovského 1812, Sokolov	6/509
Kostel sv. Kunhuty	ul. U Kostela 23, Královské Poříčí	-
Nemocnice	ul. Slovenská 545, Sokolov	641/400
Sportovní hala	ul. Jednoty, Sokolov	3/700
Železniční stanice	ul. Dlouhá, Královské Poříčí	8
Železniční stanice Sokolov	ul. Nádražní 19, Sokolov	20/300

5.2.2 Průmyslová a zemědělská charakteristika

V okolí areálu se nevyskytují žádné průmyslové objekty, pro které by společnost představovala zdroj rizika. Rovněž se zde nevyskytují chovy hospodářských zvířat a neprobíhá zde zemědělská produkce. Poblíž areálu se nachází městská čistírna odpadních vod. Nad celým areálem společnosti je bezletová zóna.

Západním směrem od areálu se nachází čerpací stanice LPG a severovýchodním směrem čerpací stanice pohonných hmot, avšak tyto objekty nepředstavují pro společnost riziko vzniku domino efektu.

5.2.3 Hydrologická charakteristika

V těsné blízkosti areálu se nachází řeka Ohře, jejíž tok lemuje celou severní a východní stranu areálu o celkové délce cca 2 000 m. Směr toku řeky je ze západu

na východ, respektive od aglomerace města Sokolov k obci Těšovice a dále severovýchodně k obci Královské Poříčí. Průměrný roční profil řeky je 112 cm a průměrný roční průtok je $14,4 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ [46].

Ohrožení společnosti by představoval výskyt stoleté vody, která by zapříčinila vylití řeky v záplavovém území nad úroveň výšky areálu, tedy 397,96 m n. m. Společnost má ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb., vodní zákon, zpracován povodňový plán, který řeší problematiku potencionálního zaplavení areálu [46].

5.2.4 Seismologická činnost

Veškeré stavby a zařízení jsou konstruována s uvažováním výskytu zemětřesení, která jsou pro tuto oblast typická. Jednotlivá zemětřesení, avšak nedosahují značné intenzity, a tak nepředstavují ohrožení staveb a zařízení v areálu [46].

5.3 Vybraná chemická látka

5.3.1 Propylen

Propylen (dříve propen, ang. propylene) je za normálních podmínek bezbarvý, hořlavý plyn. Je těžší než vzduch, se kterým tvoří výbušné směsi. Je citlivý k tepelné expozici a nesmí přijít do styku zejména s oxidačními činidly. Možnost vznícení jiskrou, výbojem statické elektřiny, otevřeným plamenem nebo působením horkých povrchů. Zkapalněný propylen může explodovat při kontaktu s vodou při teplotách 42–75 °C. Při úniku uvolněná kapalina rychle přechází do plynné fáze. Používá se především v chemickém a plastikářském průmyslu pro výrobu polypropylenu [46].

Tabulka 9 - základní vlastnosti propylenu [46]

Název	Propylen, propen
Chemický vzorec	C ₃ H ₆
UN kód	1077
Signální slova	Nebezpečí (Danger)
H-věty	H220, H280
P-věty	P102, P210, P377, P381, P410
Číslo CAS	115-07-1
Kemler kód	23 (zkapalněný plyn)
Molární hmotnost	42,08 g/mol
Teplota tání	-185,2 °C
Teplota varu	-47 °C
Skupenství	plynné
Dolní mez výbušnosti LEL [% obj.]	2 % (20 000 ppm)
Horní mez výbušnosti UEL [% obj.]	11,1 % (111 000 ppm)

Propylen je málo toxický. Má slabý narkotický účinek a může ovlivnit srdeční činnost. Při rychlém přechodu kapaliny do plynné fáze vytěsňuje z okolního prostředí vzduch, a tak v případě jeho úniku může dojít k zadušení osob vyskytujících se v oblasti vysoké koncentrace propylenu v ovzduší [46].



Obrázek 7 – výstražné symboly nebezpečnosti pro propylen [19]

Ke skladování propylenu v severní části objektu slouží dva identické nadzemní kulové zásobníky o objemu 1 000 m³. Maximální povolené plnění zásobníků je stanoveno na 85 % a celkem je tedy možno skladovat 1 700 m³, tj. přibližně 879 t propylenu. Běžný provozní objem se pohybuje do 68 % celkového objemu zásobníku [46].

Zásobníky stojí v mělké betonové jámce, která je spádovaná do havarijní jámky. Na východní, západní a jižní straně, ve vzdálenosti 20 m od okraje jámek, jsou vybudovány zídky s parními clonami, které v případě většího úniku propylenu chrání areál společnosti. Ve vzdálenosti 10 m od stáčecího místa propylenu z železničních cisteren jsou rovněž vybudovány zídky s parní clonou, která při eventuálním úniku rozptýlí plynný propylen do ovzduší a sníží jeho koncentraci pod dolní mez výbušnosti [46].

Stáčení propylenu je umístěno na samostatné koleji, probíhá maximálně 2x denně po dvou cisternách a trvá přibližně 4 hodiny. Vstupní potrubí pro plnění zásobníku je uloženo v jejich horní části a je opatřeno zpětnými ventily. Ve spodní části zásobníků jsou uloženy výstupy pro odčerpávání propylenu,

které jsou vybaveny bezpečnostními rychlouzávěry. Ve všech výše zmiňovaných prostorech jsou rozmístěny analyzátory pro sledování koncentrace propylenu v okolním ovzduší [46].



Obrázek 8 - kulové zásobníky propylenu společnosti Synthomer a.s. [zdroj vlastní]

5.4 Scénář úniku NCHL

Pro modelaci úniku propylenu ze skladovacího zařízení je zapotřebí vytvořit scénář a definovat jednotlivé okolnosti, které jsou zásadní pro dosažení relevantního výsledku. Scénář mimořádné události, resp. únik kapalného propylenu bude probíhat z jednoho ze dvou kulových zásobníků, které se nachází v severní části areálu společnosti Synthomer a.s. Bude se jednat o scénář simulující nejhorší možnou událost, tedy rychlý a masivní únik celého objemu zásobníku skrze definovaný otvor. V rámci tohoto scénáře dojde pouze k úniku chemické látky do okolního prostředí, nikoliv k jejímu vznícení. Tato mimořádná událost bude mít dopad jak na zaměstnance společnosti, tak na obyvatelstvo v okolí areálu.

Dne 31. 5. 2020, 11:00 SEČ, po přečerpání kapalného propylenu z železniční cisterny do kulového zásobníku T1101B, došlo k utržení přívodného potrubí o průměru 20 cm v horní části zásobníku. Zásobník o celkovém objemu 1 000 m³ byl naplněn z 69 % a obsahoval 364 t kapalného propylenu, který začal unikat do ovzduší. Vstupní parametry používané pro modelace v jednotlivých softwarech shrnuje následující tabulka.

Tabulka 10 - vstupní parametry pro modelace [zdroj vlastní]


Vstupní údaje	ALOHA	TerEx
Látka	Propylen	Propylen
Havarijní model	-	PLUME
Množství uniklé látky	364 tun	-
Teplota látky	16,3 °C	-
Tlak ve skladovacím zařízení	-	1054 kPa
Okolní teplota	16,3 °C	-
Rychlost větru	2,7 m/s	2,7 m/s
Směr větru	severní	-
Pokrytí oblohy mraky	žádné	žádné
Inverze	žádná	-
Vlhkost vzduchu	25 %	-
Třída stability atmosféry	A	Konvekce – velmi nestabilní
Okolní zástavba	Městská nebo les	Průmyslová plocha
Průměr otvoru	0,2 m	20 cm

5.5 Modelace dle zvoleného scénáře pomocí programu ALOHA

Jako první krok při modelování byla specifikace lokality v programu. Ta byla nastavena pomocí souřadnic objektu a časového pásma. Následně byla lokalita pojmenována jako SYNTHOMER A.S., CZECH REPUBLIC. Při nastavení data, času úniku a atmosférických podmínek byly použity předdefinované hodnoty stanovené ve zvoleném scénáři. Dále byla z databáze zvolena nebezpečná chemická látka, ke které byly automaticky přiřazeny jednotlivé hodnoty toxikologických expozičních limitů pro danou látku. Jako zdroj úniku byl nedefinován kulový zásobník, jehož parametry odpovídají realitě a následně zadán samotný typ úniku, kdy látka uniká bez zahoření do ovzduší.

Veškeré vstupní údaje pro modelaci úniku kapalného propylenu ze zásobníku T1101B jsou shrnuty v následujícím textovém výstupu z programu ALOHA na Obrázku 10. Na Obrázku 11 jsou vyobrazeny jednotlivé zóny koncentrace uniklého propylenu v grafickém formátu.

Mapové zobrazení rozptylu uniklého propylenu na geografickém informačním systému MARPLOT je uvedeno v Příloze 11.

 ALOHA 5.4.7 - [Text Summary]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

SITE DATA:

Location: SYNTHOMER A.S., CZECH REPUBLIC
Building Air Exchanges Per Hour: 0.32 (unsheltered double storied)
Time: May 31, 2020 1100 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPYLENE
CAS Number: 115-7-1 Molecular Weight: 42.08 g/mol
PAC-1: 1500 ppm PAC-2: 2800 ppm PAC-3: 17000 ppm
LEL: 21500 ppm UEL: 112000 ppm
Ambient Boiling Point: -48.0° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

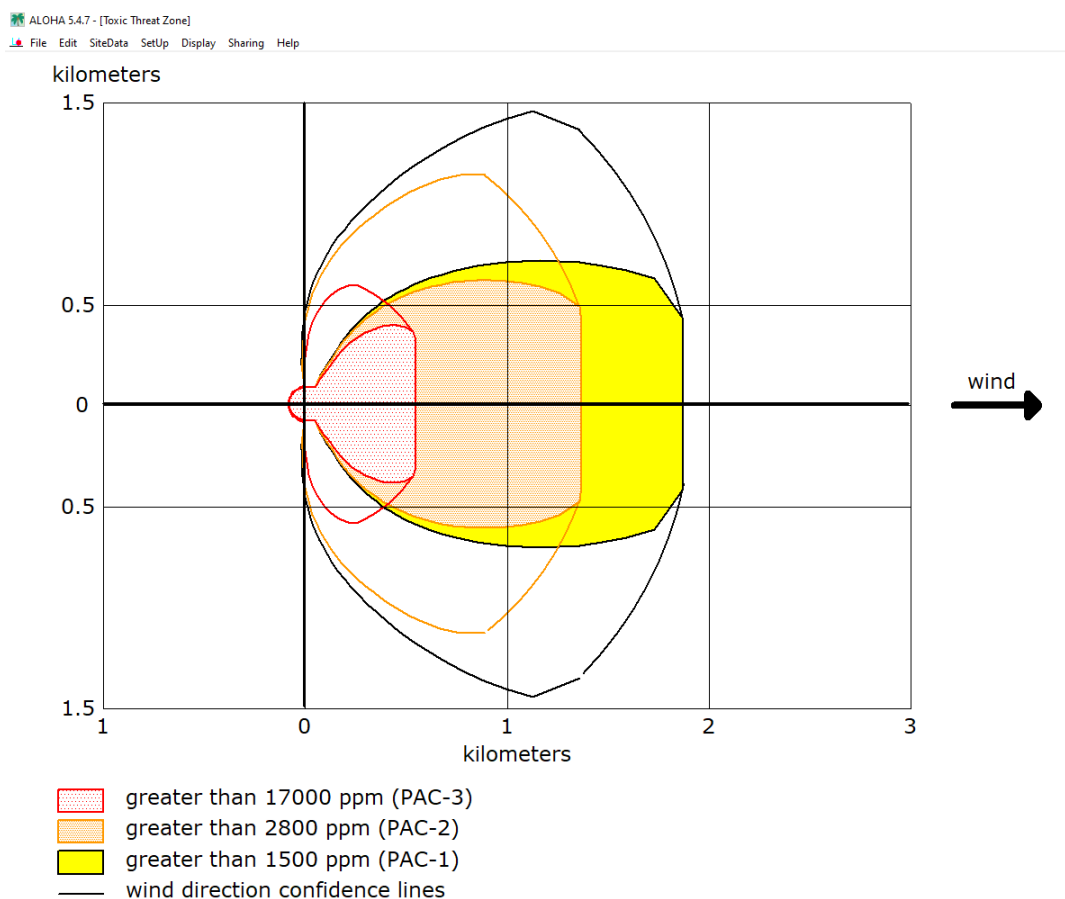
ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2.7 meters/second from N at 5 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 16.3° C
Stability Class: A (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in spherical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 12.4 meters Tank Volume: 1000 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 16.3° C
Chemical Mass in Tank: 364000 kilograms
Tank is 69% full
Circular Opening Diameter: 20 centimeters
Opening is 12.4 meters from tank bottom
Release Duration: 31 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 24,300 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 317,893 kilograms
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

Obrázek 9 - textový výstup modelace z programu ALOHA [43]



Obrázek 10 - modelace z programu ALOHA - zóna rozptylu propylenu [43]

Z Obrázku 9 jsou patrné jednotlivé vzdálenosti koncentrací uniklého propylenu. Tyto koncentrace jsou též uvedeny v následující tabulce. Pro propylen nejsou stanoveny toxikologické limity, tudíž byly v modelaci použity pracovní limity PAC.

Tabulka 11 - výsledky modelace – koncentrace propylenu [43]

Zóna ohrožení	PAC koncentrace (ppm)	PAC koncentrace (mg/m ³)	Vzdálenost od místa úniku
Červená	17 000	29 000	500 m
Oranžová	2 800	4 800	1 300 m
Žlutá	1 500	2 600	1 900 m

5.6 Modelace dle zvoleného scénáře pomocí programu TerEx

Při modelování v programu TerEx byl nejdříve zvolen havarijní model PLUME – déletrvající únik plynu do oblaku. Následovalo zadání vstupních parametrů, které jsou ekvivalentní s vybraným scénářem. Po zadání vstupních parametrů se vygeneroval textový výstup, který udává informace o vzniklých druzích ohrožení a jejich dosahu od místa úniku. Souhrn vstupních parametrů vyjadřuje Obrázek 10 níže, společně s textovým výstupem modelace.

Vstupní parametry	
Látka	propylen
Přetlak látky	1054 kPa
Průměr otvoru	0,2 m
Rychlost větru v přízemní vrstvě	2,7 m/s
Pokrytí oblohy oblaky	0 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Den - léto
Typ atmosférické stálosti	Konvekce - velmi nestabilní
Typ povrchu ve směru šíření látky	Průmyslová plocha

EVAKUACE DO VZDÁLENOSTI 418 m	
--------------------------------------	--

Výsledek výpočtu	
Hodnocená látka nemá závažné toxické účinky na lidský organismus	
Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku	60 m
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním	226 m
Závažné poškození budov	152 m
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem	418 m

Obrázek 11 - textový výstup modelace z programu TerEx [45]

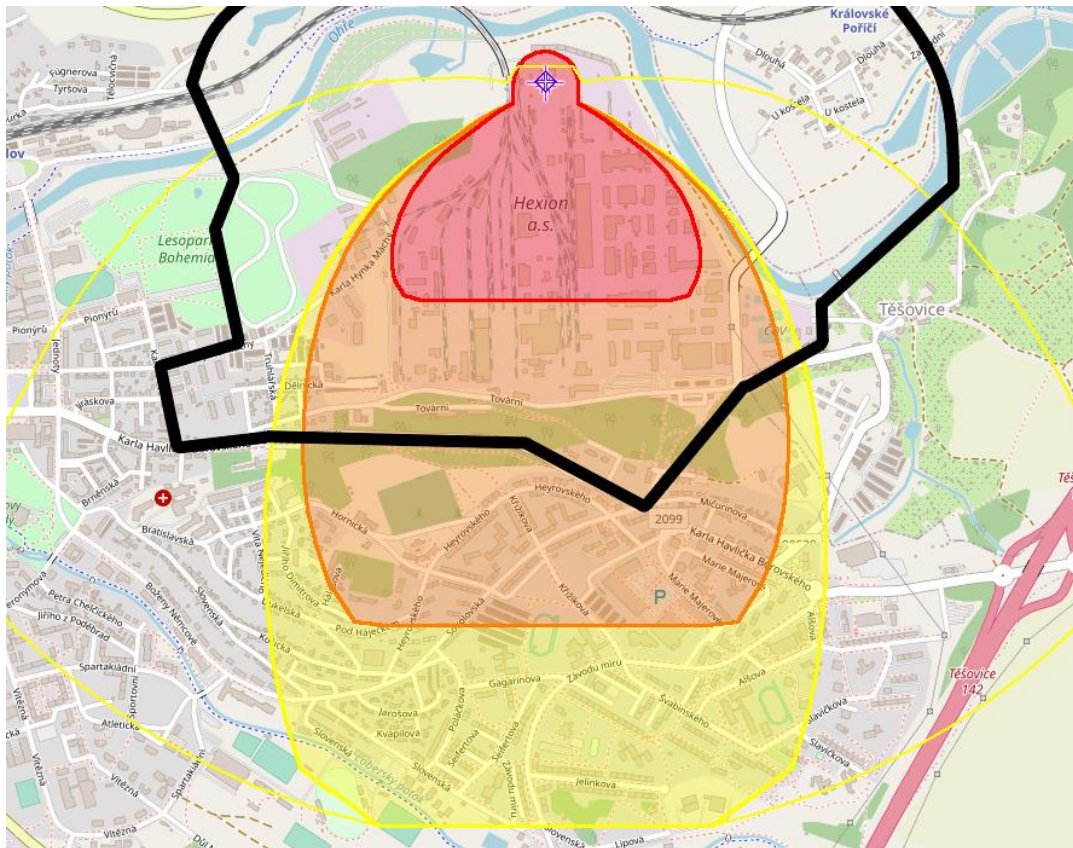
5.7 Komparace výsledků modelací ve vztahu k ZHP

Z výsledku modelace v programu ALOHA vychází, že červeně vyznačená zóna nepřekračuje vzdálenost delší než 500 m od zdroje úniku propylenu. Tato zóna pokrývá více než polovinu areálu společnosti, avšak nezasahuje za hranice areálu ani za hranice ZHP. Koncentrace propylenu v ovzduší zde může mít, při exponování delší šedesáti minut, letální účinky na zdraví zde se vyskytujících osob. Je tedy zapotřebí provést evakuaci zaměstnanců z tohoto zasaženého území, která se vyhláší hlasovou zprávou za pomoci sirén s reproduktory.

Oranžová zóna sahá do vzdálenosti 1 300 m od místa úniku a zasahuje za hranice areálu v délce přibližně 500 m. Koncentrace propylenu v ovzduší na tomto území dosahuje takové úrovně, kdy jsou po šedesáti minutové expozici předpokládány nevrátne nebo jiné závažné účinky na zdraví zde se vyskytujících osob. Na tomto zasaženém území probíhá varování a informování obyvatelstva o nastalém nebezpečí pomocí požárních sirén. V této zóně se nachází důležité objekty: Nákupní centrum Michal, Obchodní akademie, Mateřská škola Marie Majerové, veřejné sportovní hřiště společně s další zástavbou (rodinné domy, pozemní komunikace), kde je nezbytné provádět opatření ochrany obyvatelstva, zejména evakuaci. Obyvatelům a osobám vyskytujícím se na tomto území je nařízena evakuace do nejbližších budov, které jsou vhodné pro ukrytí před uniklou chemickou látkou.

Žlutá zóna sahá do vzdálenosti 1 900 m od místa úniku. Za hranice areálu zasahuje v délce přibližně 1 200 m. Koncentrace propylenu v ovzduší zde, po šedesáti minutové expozici, dosahuje úrovně, kdy se předpokládají přechodné nebo mírné účinky na zdraví osob. Toto území poměrně rozsáhle pokrývá část města Sokolov. Obyvatelům a osobám zde bude sděleno doporučení vedoucí k zachování jejich bezpečnosti. Porovnání výsledku

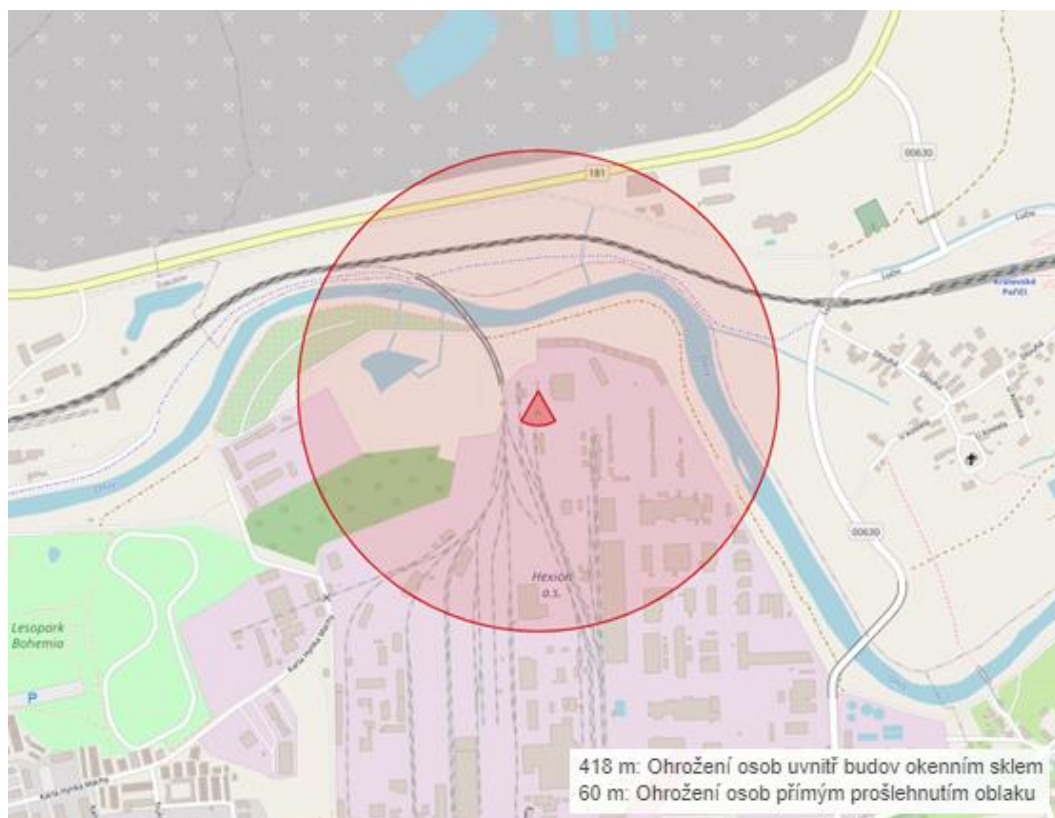
modelace v softwaru ALOHA se ZHP (vyznačeno černě) je vyobrazeno na Obrázku 12 níže.



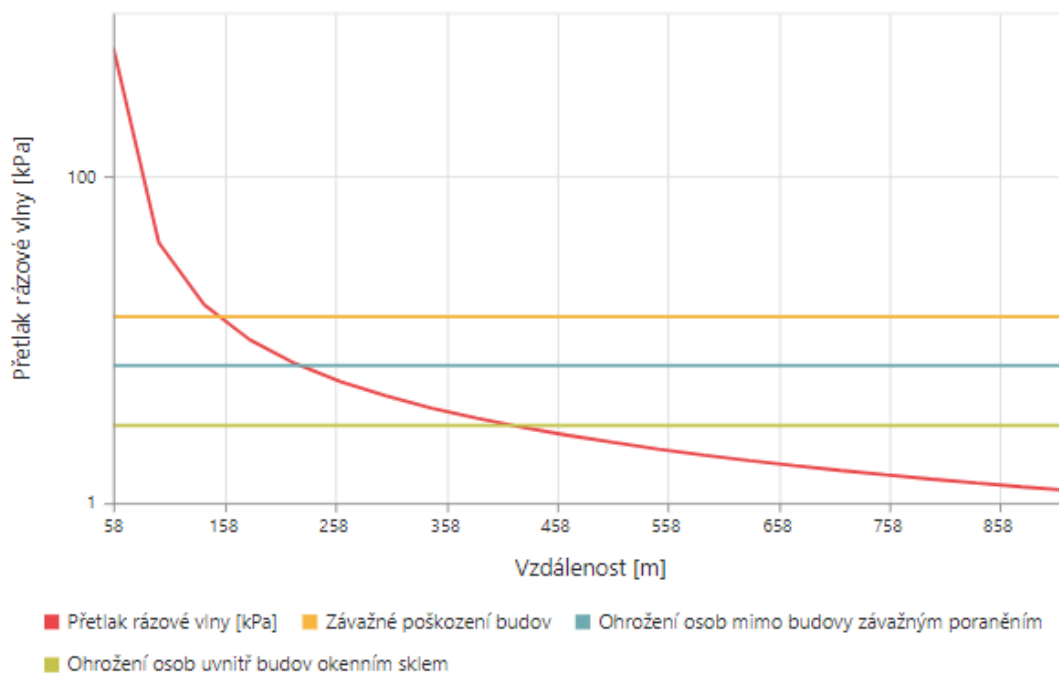
Obrázek 12 - porovnání modelace programem ALOHA se ZHP [zdroj vlastní]

Poněvadž uniklý propylen nemá závažné toxické účinky na organismus, byla programem TerEx vygenerována červená oblast ohrožení osob v budovách výbuchem, díky kterému v okruhu 418 m od místa úniku hrozí poranění okenním sklem. Tento údaj zároveň vyjadřuje vzdálenost nutné evakuace. Při výbuchu by byly poškozeny převážně budovy areálu společnosti. Osoby vyskytující se mimo budovy v okruhu, přibližně 210 m, jsou ohroženy vznikem závažného poranění v důsledku výbuchu. Další ohrožení osob představuje

přímé prošlehnutí oblaku do vzdálenosti 60 m, které je znázorněno tmavě rudou výsečí na Obrázku 13 níže.



Obrázek 13 - modelace z programu TerEx – zóny ohrožení osob [45]



Obrázek 14 - ohrožení způsobená výbuchem [45]

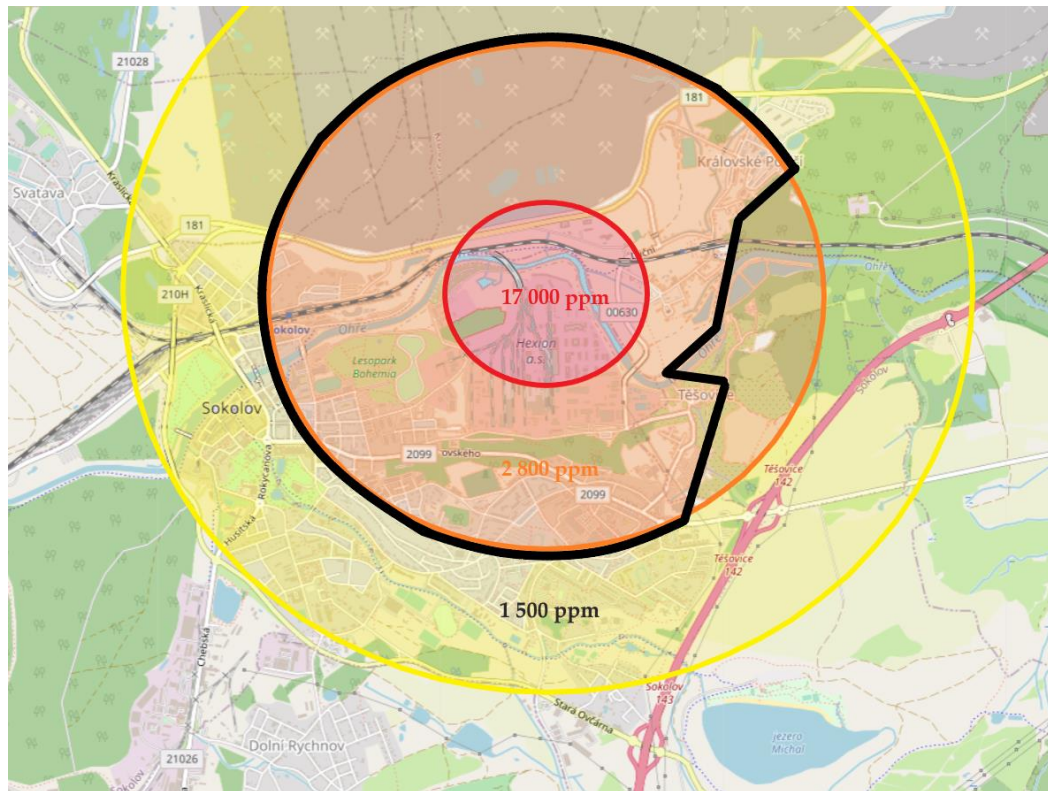
5.8 Optimalizace ZHP

Na základě výsledků modelací a jejich porovnání se ZHP je v tomto případě velikost stávající ZHP nedostačující. Zóny ohrožujících koncentrací uniklého propylenu dosahují přibližně 500 m za hranice ZHP a zasahují mnoho významných objektů a oblastí z hlediska ochrany obyvatelstva. Při optimalizaci byla zohledněna možnost šíření uniklé látky i jinými směry, než bylo uvedeno v modelacích. Na základě této skutečnosti byly hranice ZHP stanoveny následovně.

Výchozí hranice optimalizované ZHP byla určena pomocí kružnice Oranžové zóny. Severním, západním a jižním směrem hranice ZHP lemuje právě tuto kružnici. Východním směrem byla ZHP vymezena podél zástavby obcí Královské Poříčí a Těšovice nacházející se v Oranžové zóně.

Část ZHP se nachází severním směrem od areálu společnosti za pozemní komunikací, která odděluje město Sokolov od areálu dolového území společnosti Sokolovská uhelná. V oblasti tohoto území, ležící severním směrem od pozemní komunikace, se nepředpokládá výskyt obyvatelstva. Ojedinele se zde mohou vyskytovat zaměstnanci společnosti Sokolovská uhelná. Optimalizovaná ZHP nově zahrnuje poměrnou část města Sokolov, téměř celé území obce Královské Poříčí a celé území obce Těšovice.

Návrh rozšíření ZHP (vyznačena černě) ve vztahu s výsledky modelací je uveden na následujícím obrázku.



Obrázek 15 - návrh rozšíření ZHP (černě) [zdroj vlastní]

5.8.1 Návrh opatření ochrany obyvatelstva

Varování a vyrozumění

Při vzniku závažné havárie provozovatel objektu neprodleně nahlásí tuto skutečnost příslušnému KOPIS, kde zároveň zažádá o vyslání jednotek požární ochrany dle poplachového plánu. Následně bude provedeno varování ohrožených zaměstnanců a osob vyskytujících se v ohrožené zóně. Varování obyvatelstva bude probíhat aktivací sirén jednotného systému varování a vyrozumění a zazněním varovného signálu „Všeobecná výstraha“ s následnou tísňovou informací o vzniklém druhu nebezpečí. Osoby nacházející se v ohroženém území budou informovány o dalším postupu a ochranných opatřeních.

Vyrozumění složek IZS a dalších subjektů zajišťuje KOPIS. Dalšími vyrozumívanými subjekty budou dále přepravní společnosti zajišťující autobusovou a železniční dopravu v ohroženém území. Veřejná autobusová doprava v ohroženém území bude odkláněna objízdnými trasami. Železniční doprava bude z preventivních důvodů pozastavena do pominutí nebezpečí.

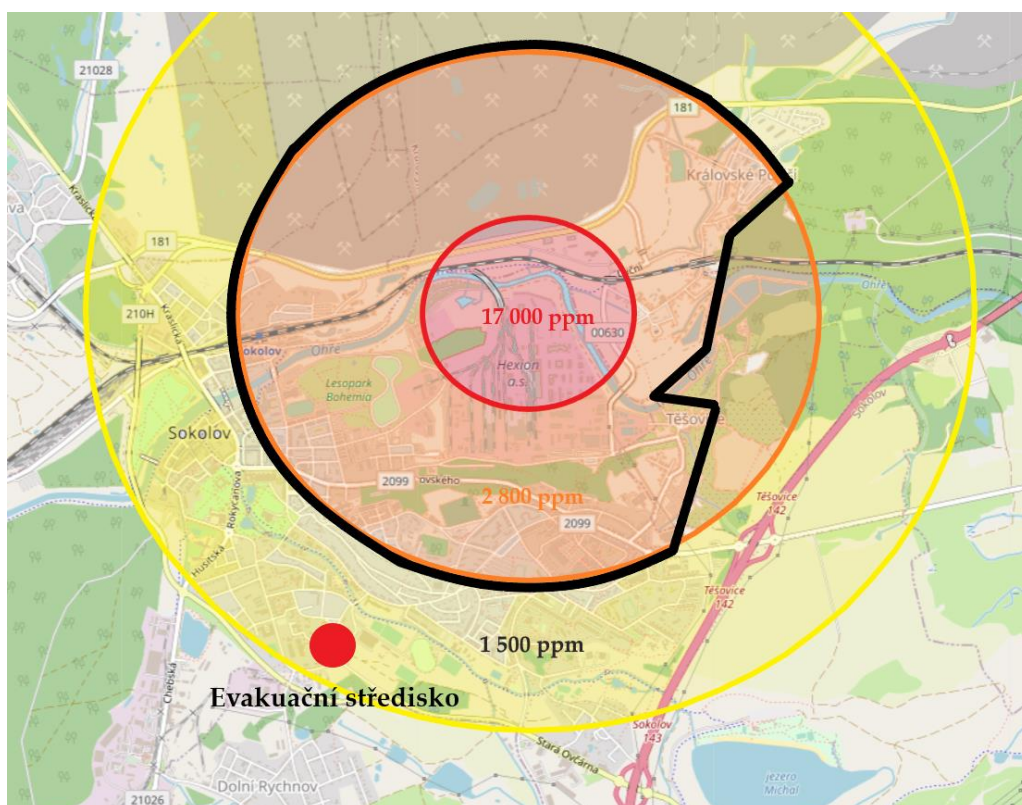
Evakuace

Zaměstnanci a osoby v areálu společnosti budou evakuováni formou samovolné evakuace pomocí využití vlastních dopravních prostředků. Obyvatelé vyskytující se v ohrožené zóně využijí ochranných vlastností staveb pomocí invakuace do budov a místností odvrácených od směru areálu společnosti. Za předpokladu hrozícího výbuchu oblaku uniklého propylenu, starostka města Sokolov, po dohodě s velitelem zásahu, organizuje evakuaci osob z ohroženého území do evakuačních středisek. Seznam evakuačních středisek společně s jejich kapacitou je uveden v následující tabulce.

Tabulka 12 Seznam evakuačních středisek [39]

Evakuační středisko	Adresa	Kapacita
Základní škola	Švabinského 1702, Sokolov	178 lůžek
Základní škola	Boženy Němcové 1784, Sokolov	111 lůžek
Základní škola	Běžecká 2055, Sokolov	142 lůžek

S ohledem na optimalizovanou ZHP je nezbytné zvýšit kapacitu evakuačních středisek o přibližně 450 lůžek. Tato situace bude řešena navýšením kapacity stávajících evakuačních středisek a vyhledáním vhodných objektů, které budou splňovat požadavky pro vznik evakuačního střediska. Navrhovaným objektem pro plnění účelů evakuačního střediska je Dům dětí a mládeže, který se nachází mimo optimalizovanou ZHP. Na následujícím obrázku je znázorněna lokace tohoto navrhovaného objektu.



Obrázek 16 - navrhovaný objekt pro plnění účelů evakuačního střediska [zdroj vlastní]

Individuální ochrana a dekontaminace

V případě závažné havárie s únikem propylenu není uvažováno využití prostředků improvizované ochrany, jelikož propylen nemá závažný ohrožující potenciál z hlediska jeho toxických vlastností. Zároveň se nepředpokládá kontaminace osob.

6 DISKUZE

Průmyslové havárie v rámci chemického průmyslu mají, po zhodnocení havárií odehraných v minulosti, závažný dopad na osoby a obyvatelstvo vyskytující se v takovýchto oblastech. Tyto havárie mohou iniciovat různé činitelé. Podle Výzkumného ústavu bezpečnosti práce představuje lidský faktor nejméně spolehlivý a nejvíce zranitelný článek, jehož selhání může být příčinou velkého počtu závažných situací.

Příkladem selhání lidského faktoru může být havárie způsobená pracovníkem údržby chemického podniku Chemopetrol Litvínov, kde v roce 1974 došlo k prasknutí potrubí, ve kterém se nacházel kapalný propylen. Po prasknutí potrubí došlo k úniku propylenu, vytvořil se oblak plynu, který následně explodoval vlivem iniciace z trolejových drátů sloužící pro provoz městské hromadné dopravy. Exploze způsobila rozsáhlé škody na výrobních objektech, zemřelo 15 osob a zraněno bylo 124 dalších osob [48]. Dalšími činiteli mohou být různé technické závady anebo přírodní katastrofy. V této práci bylo, jako příčina úniku NCHL, zvoleno pochybení lidského faktoru, kdy při přečerpávání propylenu ze železniční cisterny došlo k utržení přírodního potrubí. V tomto případě se nejednalo o úmyslné jednání nebo teroristický útok.

Z výsledků provedených modelací podle stanoveného scénáře je zřejmé, že při úniku celkového množství zkapalněného propylenu z jednoho zásobníku dojde k ohrožení osob a obyvatelstva i mimo zónu havarijního plánování. Na modelace jednotlivými softwary byl aplikován totožný scénář. Podmínky použité pro modelaci zóny havarijního plánování společnosti Synthomer a.s. nejsou známy a je tedy pravděpodobné, že byly použity odlišné vstupní údaje. Tyto skutečnosti mohou být jedním z důvodů rozdílu mezi výsledky prováděných modelací

a zónou havarijního plánování vypočtenou Hasičským záchranným sborem Karlovarského kraje. Propylen je klasifikován jako těžký plyn, neboť má vyšší molekulovou hmotnost než vzduch. Hromadí se tudíž v níže položených místech, prohlubních, suterénu budov apod. Dle kolektivu autorů publikace *Rozptyl těžkého plynu v atmosféře* [29], mají zásadní vliv na šíření těžkého plynu v prostředí právě meteorologické podmínky a množství uniklé látky.

I přes nízké riziko vzniku závažné havárie tohoto rozsahu, je nutné jako prevenci mít orientační představu o rozsahu ohrožení uniklou látkou. Pro takovýto odhad je možno využít modelovací programy. V této práci byly použity softwary ALOHA a TerEx. Porovnání softwarů z pohledu autora práce je uvedeno v následujícím odstavci.

Při práci se softwarovými nástroji byly znatelně cítit rozdíly mezi uživatelským rozhraním, rozsahem potřebných vstupních dat a výstupních informací. Práce v programu ALOHA je složitější, zejména při zadávání poměrně velkého množství vstupních dat. Program je dostupný ke stažení zdarma společně s podrobně zpracovanou příručkou, ale pouze v anglickém jazyce, což může být pro některé uživatele nevýhoda tohoto programu. TerEx je český licencovaný program, který není volně stažitelný. Na druhou stranu je tento program uživatelsky přehlednější a potřebný rozsah vstupních dat není příliš vysoký. Výstupní informace společně s modelacemi jsou srozumitelné a rychle k dispozici.

Společnost Synthomer a.s. je vzhledem k nadlimitnímu množství nebezpečných látek zařazena, podle zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, do skupiny B. Objekty v této skupině zpracovávají bezpečnostní dokumentaci, která obsahuje Bezpečnostní zprávu a Vnitřní havarijní plán. Vnější havarijní plán společně s ZHP zpracoval HZS Karlovarského kraje.

V roce 2019 prošel VHP aktualizací a byl schválen starostkou města Sokolov. Společnost má dále pro přípravu a řešení havarijních situací zpracované dokumenty jako Plán fyzické ochrany, Plán krizové připravenosti a všechna pracoviště disponují vypracovaným Požárním řádem.

Modelace úniku propylenu byla zvolena vzhledem k vysokému skladovacímu a provoznímu množství. Uniklá látka nemá zraňující účinky, při vyšších koncentracích mohou páry propylenu působit narkoticky a způsobit bolesti hlavy. Z tohoto důvodu byl aplikován scénář úniku veškerého množství propylenu, které se v zásobníku nachází. Jedná se o únik 364 t kapalného propylenu ze stacionárního zdroje (kulový zásobník T1101B). V těchto modelacích byla aplikována reálná data a údaje z Bezpečnostní zprávy společnosti. Komparace výsledných hodnot z modelace ALOHA ve vztahu k ZHP je vyobrazena na Obrázku 11 v kapitole 5.3 Analýza výsledků modelací ve vztahu k ZHP.

Jak již bylo uvedeno, velikost ZHP společnosti je, po porovnání s modelací autora práce, menší. Dle modelace v softwaru ALOHA, zasažené území vysokou koncentrací propylenu v ovzduší přesahuje ZHP o přibližně 500 m. Hodnota koncentrace v této oblasti činí 2 800 ppm. Tato hodnota expozičního limitu spadá do kategorie PAC-2 a představuje nebezpečí vzniku nevratných nebo jiných závažných účinků na zdraví osob po expozici delší než 60 minut. Ohrožení obyvatelstva touto úrovní nebezpečí není pravděpodobné, za předpokladu ukrytí a využití ochranných vlastností staveb. Modelací v softwaru TerEx nebylo možno zjistit hodnotu koncentrace propylenu. TerEx nicméně generuje oblasti, ve kterých hrozí několik druhů nebezpečí vlivem výbuchu. Tyto oblasti byly taktéž komparovány se ZHP a zde se ověřilo, že je z tohoto hlediska ZHP dostačující.

Vzhledem k výsledku modelace ze softwaru ALOHA bylo navrženo rozšíření ZHP o 500 m. Poněvadž k závažné havárii došlo mimo pracovní dny, není zapotřebí brát zřetel na osoby ve školských zařízeních, které by jinak bylo nezbytné evakuovat, popřípadě jim nařídít invakuaci. Dále je vhodné uvést, že po rozšíření ZHP se zvýší počet evakuovaných obyvatel. Jedná se o přibližně 350 osob. Z původních 430 zasažených obyvatel vzroste tento počet na 680. Pro tyto osoby je zapotřebí dodatečně zajistit kapacitu v evakuačních střediscích, jejichž stávající kapacita čítá lůžka pro celkem 431 osob. Z tohoto důvodu bylo navrženo navýšení počtu lůžek ve stávajících evakuačních střediscích. Dále byl navržen nový objekt, který by plnil funkci evakuačního střediska pro pokrytí potřeb opatření ochrany obyvatelstva nacházející se v optimalizované ZHP.

Havarijní připravenost společnosti při vzniku závažné havárie na území areálu zajišťuje podniková jednotka požární ochrany, která disponuje vybavením pro adekvátní řešení mimořádné události. V případě nedostatku sil a prostředků jsou povolány jednotky ze stanice HZS Sokolov a HZS Karlovy Vary. Jednotka je po 4 minutách od vyhlášení poplachu připravena k výjezdu. V případě modelované havárie s únikem propylenu z kulového zásobníku dojde k zasažení stanice oblakem v životu nebezpečné koncentraci přibližně po 5 minutách. Jednotka je plně vybavena ochrannými prostředky a lze tedy předpokládat, že bude schopna plnit záchranné a likvidační práce spojené se vzniklou mimořádnou situací.

Rychlá reakce je jedním z důležitých faktorů pro snížení následků závažné havárie s únikem NCHL. Vedení společnosti Synthomer a.s. klade důraz na eliminaci rizik plynoucích z provozu, a tak se za tímto účelem na podzim roku 2019 konalo taktické cvičení složek IZS. Tématem cvičení byl únik propylenu z přepravního železničního vagonu v areálu společnosti. Cílem bylo procvičit součinnosti prováděné při vzniku mimořádné události tohoto druhu.

Vyhodnocení cvičení nebylo k dispozici, a tak nebylo možné porovnat postupy složek IZS a správních úřadů s touto bakalářskou prací.

Rozsah následující události potvrzuje výrok náměstka ředitele HZS Oldřicha Volfa, který po výše zmiňovaném cvičení v areálu Synthomer a.s. uvedl, že „zásah v chemickém provozu je velmi náročný a šíření kapalného propylenu může mít dalekosáhlé následky“.

Havárie podobná modelovanému scénáři svým rozsahem se na území ČR stala v Litvínově, dne 13. 8. 2015 v areálu společnosti Unipetrol RPA, s. r. o. Masivní únik propylenu z ethylenové jednotky byl zapříčiněn narušením integrity příruby pod pojišťovacím ventilem. Uniklý propylen vytvořil propylenový mrak, který následně explodoval. Exploze byla iniciována energoblokem nacházejícím se 64 m od místa úniku. Po výbuchu byl areál v okruhu 1 000 metrů evakuován na příkaz velitele zásahu. Požár trval, dokud nevyhořel po veškerý obsah propylenového okruhu. Následný požár pyrolyzních pecí likvidovalo celkem 43 jednotek hasičů. Při této havárii naštěstí nedošlo ke ztrátě na životech ani ke zranění zaměstnanců.

7 ZÁVĚR

Haváriím spojeným s únikem nebezpečných chemických látek nelze nikdy zcela zamezit. Tyto havárie a jejich zdolávání nepochybně patří k jedním z nejsložitějších a nejvíce nebezpečným zásahům pro složky IZS a další zainteresované subjekty havarijní připravenosti. Pravděpodobnost vzniku masivních úniků NCHL je sice nízká, avšak není vyloučená. Modelace provedené pro potřeby této bakalářské práce ukazují, jaký rozsah může takováto havárie představovat. I když takové situace nevznikají často, je potřeba být připravený a zajistit tak příkladnou odezvu, která může snížit mnohonásobně jejich účinky.

Po provedení analýz společnosti a jejího okolí a následných modelací stanoveného scénáře plyne, že v případě takovéto mimořádné události její dopady zasahují za hranice stávající ZHP. Za tímto účelem byla uskutečněna optimalizace ZHP a následně byly navrženy opatření ochrany obyvatelstva, která jsou koncipována pro rozšířenou ZHP za účelem adekvátního zabezpečení ochrany obyvatel.

Jedno z preventivních opatření je vzdělávání obyvatelstva žijícího nejen v zónách havarijního plánování, ale i mimo ně. Informovanost obyvatelstva o krocích vedoucí k co nejvhodnější sebeochraně představuje jednoznačně neefektivnější způsob jejich ochrany v raných fázích havárie.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ADN	Přeprava nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách
ADR	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí
AEGL	Acute Exposure Guideline Levels
ALOHA	Areal Locations of Hazardous Atmospheres
CLP	Klasifikace, označování a balení látek a směsí
CNS	Centrální nervový systém
ED	Efektivní dávka
ERPG	Emergency Response Planning Guideline
GHS	Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií
HPK	Havarijní přípustná koncentrace
HZS	Hasičský záchranný sbor
IDLH	Immediately Dangerous to Life or Health
IZS	Integrovaný záchranný systém
JSDH	Jednotka sboru dobrovolných hasičů
KOPIS	Krajské operační a informační středisko
LC	Letální koncentrace
LD	Letální dávka

LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level
LOEL	Lowest Observed EffectLevel
LPG	Liquified Petroleum Gas
NCHL	Nebezpečná chemická látka
NIOSH	The National Institute for Occupational Safety and Health
NL	Nebezpečná látka
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
NOEL	No Observed Effect Level
NPK-P	Nejvyšší přípustná koncentrace v pracovním ovzduší
PAC	Protective Action Criteria
PEL	Přípustné expoziční limity
PFO	Podnikající fyzická osoba
PO	Právnícká osoba
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RID	Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí
SEČ	Středoevropský čas
TerEx	Teroristický expert
VHP	Vnější havarijní plán
ZHP	Zóna havarijního plánování

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Zákon č. 239/2000 Sb., Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů.* In: . Sbíрка zákonů České republiky.
- [2] *Vyhláška č. 328/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva vnitra o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému.* In: . Sbíрка zákonů České republiky.
- [3] *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: . Sbíрка zákonů České republiky.
- [4] KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše, Danuše KRATOCHVÍLOVÁ a Libor FOLWARCZNY. *Ochrana obyvatelstva. 2., aktualiz. vyd.* V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-134-7.
- [5] *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.* In: . Úřední věstník Evropské unie.
- [6] Terminologický slovník pojmů z oblasti krizového řízení, ochrany obyvatelstva, environmentální bezpečnosti a plánování obrany státu.

Ministerstvo vnitra České republiky [online]. Odbor bezpečnostní politiky a prevence kriminality, 2016 [cit. 2020-02-07]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx>

- [7] Havarijní plánování - Hasičský záchranný sbor České republiky. *Úvodní strana - Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. 2019 [cit. 2020-02-07]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/krizove-rizeni-a-cnp-havarijni-planovani-havarijni-planovani.aspx>
- [8] *Vyhláška č. 226/2015 Sb. Vyhláška o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury*. In: . Sbírka zákonů České republiky.
- [9] *Zákon č. 350/2011 Sb., Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)*. In: . Sbírka zákonů České republiky.
- [10] *Zákon č. 240/2000 Sb., Zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)*. In: . Sbírka zákonů České republiky.
- [11] *Vyhláška č. 380/2002 Sb., Vyhláška Ministerstva vnitra k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva*. In: . Sbírka zákonů České republiky.
- [12] *SEVESO III direktiva a její aplikace*. Ostrava, 2013.. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Doc. Ing. Ivana Bartlová, Csc.

- [13] Porozumět nařízení REACH. *ECHA - European Chemicals Agency* [online]. [cit. 2020-02-09]. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/cs/regulations/reach/understanding-reach>
- [14] Porozumět nařízení CLP. *ECHA - European Chemicals Agency* [online]. [cit. 2020-02-09]. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/cs/regulations/clp/understanding-clp>
- [15] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/68/ES ze dne 24. září 2008 o pozemní přepravě nebezpečných věcí.* In: . Úřední věstník Evropské unie.
- [16] Chemická látka - procesní modelování. *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. 2019 [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: chemicka-latka.aspx
- [17] SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA. *Prevence nehod a havárií.* Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-73-9.
- [18] MATĚJKA, Jiří. *Chemická služba: učební skripta.* Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2012. ISBN 978-80-87544-09-9.
- [19] Výstražné symboly nebezpečnosti. In: *Tipy a nabídky* [online]. [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://www.tipyanabidky.cz/predpis-jak-spravne-manipulovat-s-chemickymi-latkami-na-pracovisti>
- [20] Nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (nařízení CLP). In: *Úřední věstník.*

- [21] ŠENOVSKÝ, Michail. *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.
- [22] HANUŠOVÁ, Lucie. *Přeprava nebezpečných látek (ADR)*. Pardubice, 2016.. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice.
- [23] ROMAN, Michal. *Toxikologické aspekty chemických havárií*. Brno, 2014.. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Otakar Jiří Mika, CSc.
- [24] *Základy toxikologie (studijní opora)*. Kladno, 2014.
- [25] LINHART, Igor. *Toxikologie: interakce škodlivých látek s živými organismy, jejich mechanismy, projevy a důsledky. 2.*, upr. a rozš. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2014. ISBN 978-80-7080-877-1.
- [26] *Toxikologie - skripta*. Brno: Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity, 2017.
- [27] SKŘEHOT, Petr. *Prevence nehod a havárií. 2. díl Mimořádné události a prevence nežádoucích následků*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce a T-SOFT, 2009. ISBN 978-80-86973-73-9.
- [28] *Narizení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*. In: .

- [29] SKŘEHOT, Petr. *Rozptyl těžkého plynu v atmosféře: teorie - modely - experimenty*. V Praze: T-SOFT, 2018. ISBN 978-80-905401-2-5.
- [30] SLUKA, Vilém. Aktualizace Výkladového terminologického slovníku některých pojmů používaných v analýze a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online]. 2016, 9(4), 4-5 [cit. 2020-05-15]. ISSN 1803-3687. Dostupné z: <https://www.vubp.cz/soubory/prevence-zavaznych-havarii/metodiky/vykladovy-terminologicky-slovník-11-2016-final.pdf>
- [31] Lower and Upper Explosive Limits for Flammable Gases and Vapors. *Explore the World of Piping* [online]. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: http://www.wermac.org/safety/safety_what_is_lel_and_uel.html
- [32] Protective Action Criteria for Chemicals (PACs). *Office of Response and Restoration* [online]. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/protective-action-criteria-chemicals-pacs.html>
- [33] STANĚK, Martin a Zdeněk HON. CHARAKTERISTIKA ŠÍŘENÍ NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK VE SPECIFICKÉM PROSTŘEDÍ. In: *Hazmat protect 2018: 3. ročník odborné konference o ochraně proti CBRN látkám : sborník abstraktů = Hazmat protect 2018 : 3rd scientific conference on CBRN protection : book of abstracts*. Kamenná: SÚJCHBO, v.v.i., 2018, s. 253-261. ISBN 978-80-270-4852-6.

- [34] ŠTĚTINA, Jiří. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4578-7.
- [35] SKŘEHOT, Petr. *Přednáška Teorie rizik (Blok 2)*. Znalecký ústav bezpečnosti a ochrany zdraví, z.ú., 2019.
- [36] SKŘEHOT, Petr. *Modelování rozptylu toxických látek v atmosféře při průmyslových haváriích*. Praha, 2008. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
- [37] KROUPA, Miroslav. *Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek* [online]. Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, , 46 [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/chovani-obyvatelstva-v-pripade-havarie-s-unikem-nebezpecnych-chemicky-latek.aspx>
- [38] MARTÍNEK, Bohumír a Vladimír DYMÁK. *Evakuace jako jedno z opatření ochrany obyvatelstva při mimořádných událostech*. In: *Úrazová nemocnice v Brně* [online]. Brno [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: https://www.unbr.cz/Data/files/Konf%20MeKa07/III2_martinek.pdf
- [39] VNĚJŠÍ HAVARIJNÍ PLÁN *Synthomer a.s.* Karlovy Vary, 2019.
- [40] *Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030*. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2014. ISBN 978-80-86466-50-7.

- [41] MARTÍNEK, Bohumír a Petr LINHART. *Ochrana obyvatelstva Studijní materiál k modulu E: Učební pomůcka pro vzdělávání v oblasti krizového řízení*. Praha: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2006.
- [42] Zásady chování obyvatelstva při vzniku havárie s únikem nebezpečné látky. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. Praha, 2012 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/prostredky-individualni-ochrany-nebezpecne-chemicke-latky.aspx?q=Y2hudW09Mw%3d%3d>
- [43] ALOHA Software. *EPA - U.S. Environmental Protection Agency* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>
- [44] BARTA, Jiří a Tomáš LUDÍK. *TerEx – modelování a simulace: (Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNÁŘE)*. Univerzita obrany, 2012.
- [45] TEREX – TERoristický Expert. *T-SOFT* [online]. [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <http://www.tsoft.cz/teroristicky-expert/>
- [46] *Bezpečnostní zpráva: Synthomer a.s. ve smyslu zákona č. 224/2015 Sb. 2. opravené vydání*. 2016.
- [47] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=12.6788919&y=50.1683293&z=13&source=muni&id=1513>
- [48] SNOPEK, Lukáš. *Analýza sil a prostředků využitelných pro likvidaci následků havárie chemického zařízení*. Uherské Hradiště, 2015.. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Ivan Princ.

- [49] STRAŠÍKOVÁ, Lucie. *Výstražná identifikační tabulka* [online]. České Budějovice, 2016 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/28623764-Preprava-nebezpecnych-latek-po-zeleznici.html>. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Mgr. Renata Havránková, Ph.D.
- [50] Hazchem a Diamant – označování nebezpečných látek při silniční přepravě. In: *Požáry.cz* [online]. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/50602-hazchem-a-diamant-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - výstražné symboly nebezpečnosti	25
Obrázek 2 - závislost toxicity na dávce látky	31
Obrázek 3 - závislost účinku na dávce	32
Obrázek 4 - procesy ovlivňující rozptyl v atmosféře	37
Obrázek 5 - umístění města Sokolov na mapě	49
Obrázek 6 - zóna havarijního plánování společnosti Synthomer a.s.	51
Obrázek 7 – výstražné symboly nebezpečnosti pro propylen	57
Obrázek 8 - kulové zásobníky propylenu společnosti Synthomer a.s.	58
Obrázek 9 - textový výstup modelace z programu ALOHA	61
Obrázek 10 - modelace z programu ALOHA - zóna rozptylu propylenu	62
Obrázek 11 - textový výstup modelace z programu TerEx	63
Obrázek 12 - porovnání modelace programem ALOHA se ZHP	65
Obrázek 13 - modelace z programu TerEx – zóny ohrožení osob	66
Obrázek 14 - ohrožení způsobená výbuchem	67
Obrázek 15 - návrh rozšíření ZHP (černě)	68
Obrázek 16 - navrhovaný objekt pro plnění účelů evakuačního střediska	70

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 - výčet bezpečnostní dokumentace	17
Tabulka 2- příklady H-vět a P-vět.....	26
Tabulka 3 - třídy nebezpečnosti chemických látek dle dohody ADR.....	27
Tabulka 4 - třídy toxicity chemických látek.....	29
Tabulka 5 - typy požárů chemických látek.....	39
Tabulka 6 - objekty správních úřadů a samosprávy	53
Tabulka 7 - školská zařízení	53
Tabulka 8 - zařízení pro veřejnost.....	54
Tabulka 9 - základní vlastnosti propylenu	56
Tabulka 10 - vstupní parametry pro modelace.....	59
Tabulka 11 - výsledky modelace – koncentrace propylenu	62
Tabulka 13 Seznam evakuačních středisek	70

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - výstražná identifikační tabulka [49]

Příloha 2 - systém Diamant [50]

Příloha 3 - systém Hazchem [50]

Příloha 4 – umístění nebezpečných chemických látek v objektu [46]

Příloha 5 – vybavení jednotky HZS CHZ [46]

Příloha 6 – znění varovné zprávy [46]

Příloha 7 – přehled vysílaných jednotek PO na místo závažné havárie [39]

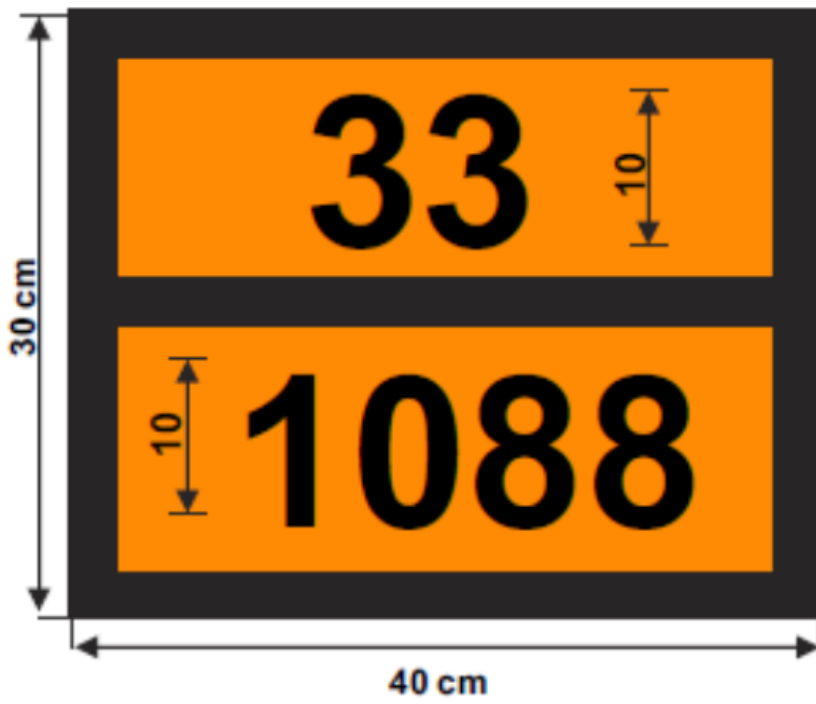
Příloha 8 – přehled vysílaných sil a prostředků dalšími složkami IZS [39]

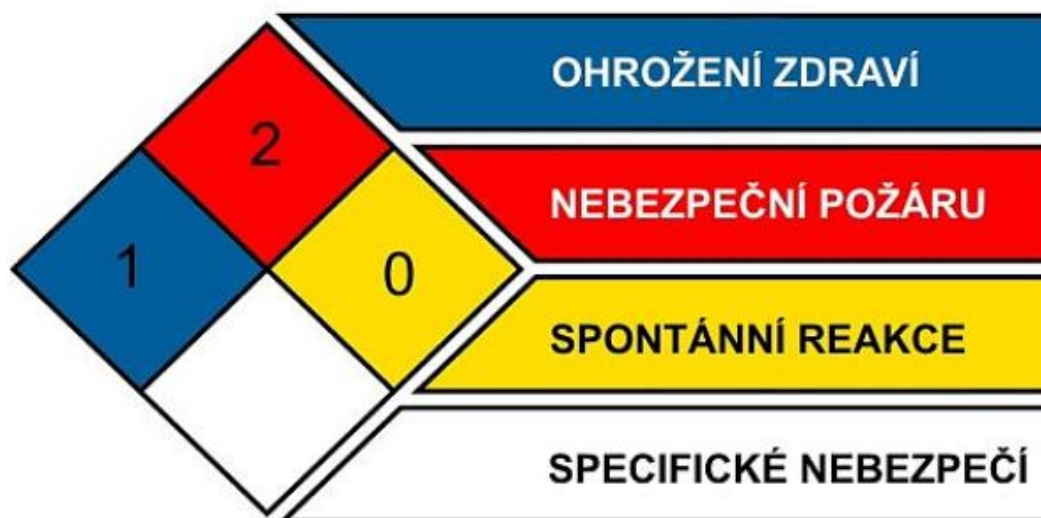
Příloha 9 - zobrazení jednotlivých objektů na mapě – Královské Poříčí
[zdroj vlastní]

Příloha 10 - zobrazení jednotlivých objektů na mapě – Sokolov [zdroj vlastní]

Příloha 11 - mapové zobrazení rozptylu uniklého propylenu na geografickém informačním systému MARPLOT [43]

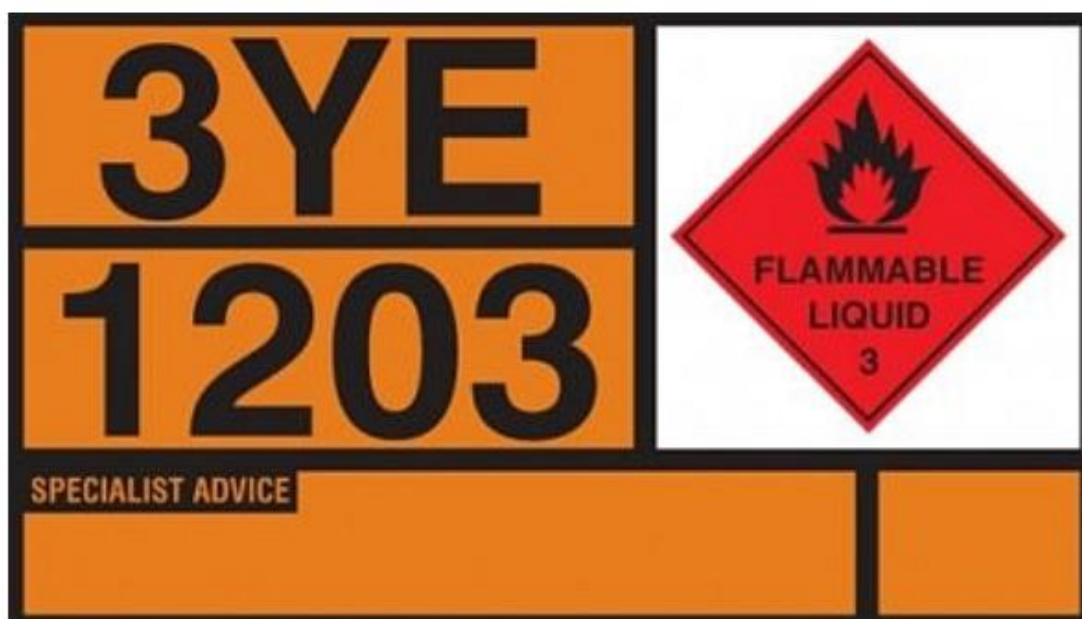
Příloha 1 - výstražná identifikační tabulka [49]





Jednotlivá pole mohou nabývat těchto hodnot, při čemž stoupající číselná hodnota vyjadřuje stoupající úroveň ohrožení.

- Modré (vlevo) – ohrožení zdraví
 - Červené (nahore) – nebezpečí požáru
 - Žluté (vpravo) – nebezpečí spontánní reakce
 - Bílé (dole) – specifické nebezpečí
-
- prázdné pole – k hašení lze použít vodu
 - W přeškrtnuté – k hašení nesmí být použita voda, lze očekávat chemickou reakci
 - radioaktivní znak – při úniku látky hrozí nebezpečí radioaktivního záření
-
- OXY – látka působí jako silné oxidační činidlo
 - COR – velké korozivní/žíravé účinky
 - ALK – silná zásada
 - ACID – silná kyselina



První číslice – hasební látka

- vodní proud
- vodní mlha
- pěna
- suché hasivo

První písmeno – ochrana a opatření

- zředit, zvážit vliv na životní prostředí u písmen

P – úplná ochrana

R – úplná ochrana

S – dýchací přístroje

T – dýchací přístroje

- ohradit a zabránit šíření u písmen

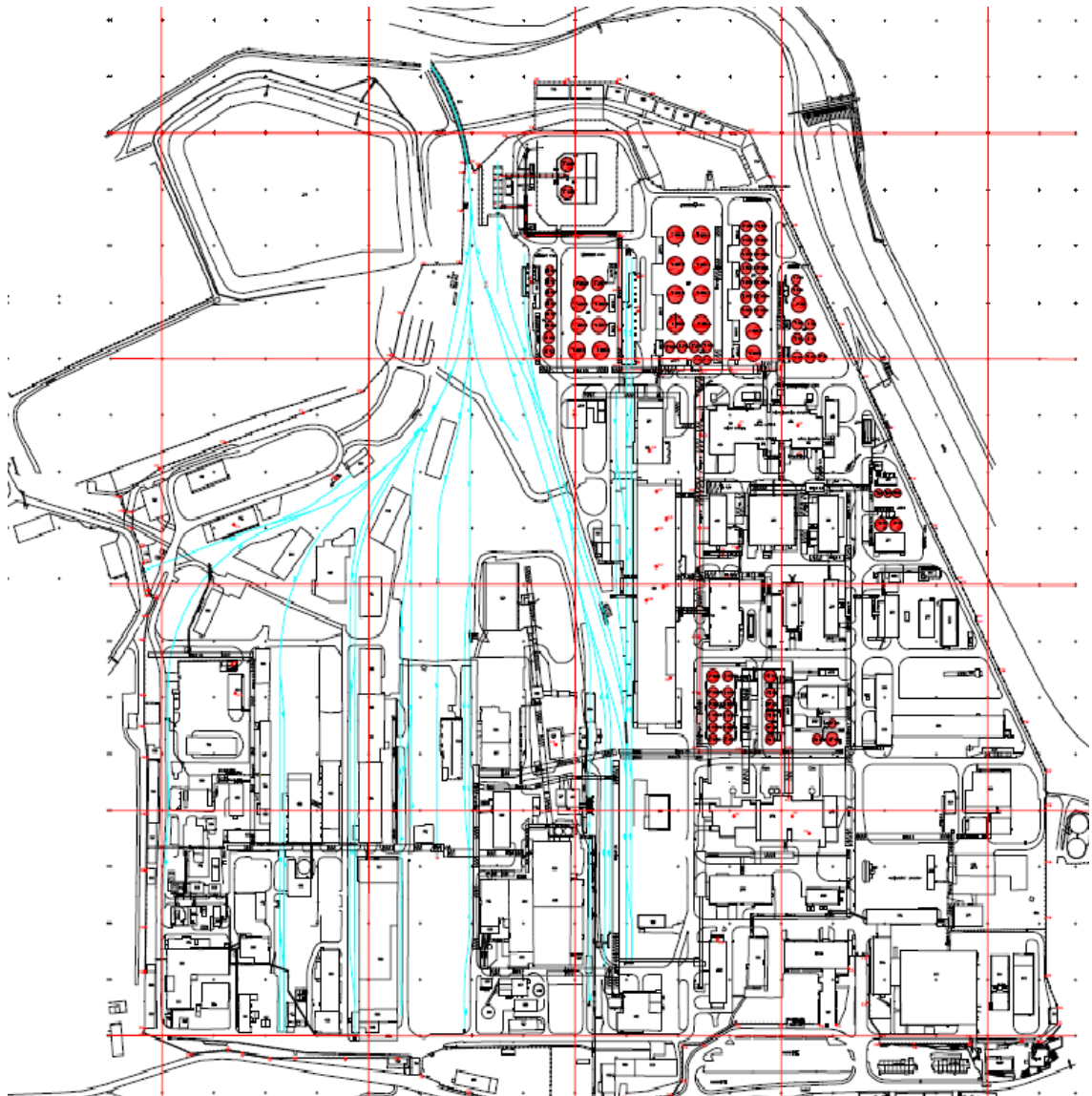
W – úplná ochrana

X – úplná ochrana

Y – dýchací přístroje

Z – dýchací přístroje

Příloha 4 – umístění nebezpečných chemických látek v objektu [46]



Příloha 5 – vybavení jednotky HZS CHZ [46]

Název	Počet	Obsah vody	Obsah pěnidla	Obsah prášku	Vybavení
CAS 24 SCANIA 2	1	5 500 l	500 l	-	– osvětlovací stožár, – elektrocentrála – naviják – plovoucí – motorová pila, rozbrušovací adaptér
CAS 24 SCANIA 1	1	4 300 l	2 000 l	-	
CAS 24 SCANIA 3	1	5 500 l	500 l	-	– motorová pila, rozbrušovací adaptér – plovoucí čerpadlo
KHA SCANIA 1	1	3 500 l	2 500 l	3 000 kg	– naviják, navíjení elektromotorem – práškové zařízení – přívěs – proudnice na těžkou pěnu – přenosný oscilační monitor
KHA SCANIA 2	1	3 500 l	2 500 l	3 000 kg	– naviják 60 m, navíjení elektromotorem – práškové zařízení – přívěs – Blizzard 2000
PPLA SCANIA	1	-	-	-	– generátor el. proudu, 16 kW – generátor el. proudu, 5 kW – osvětlovací stožár – výška 5 m, – světelný výkon – vysokotlaké zařízení WAP, vyhřívání – ochranné protichemické obleky (přetlakové, rovnotlakové) – dýchací přístroje – základní prostředky pro zamezení úniku NL – prostředky pro dekontaminaci osob
TA2 CH Scania	1	-	-	-	– generátor el. proudu, 16 kW – elektrocentrála, 6 kW – čerpadlo TR3 – ruční pumpa – sudové čerpadlo – kalové ponorné čerpadlo – osvětlovací stožár – prodlužovací kabely – ochranné protichemické obleky (přetlakové, rovnotlakové) – dýchací přístroje

Název	Počet	Obsah vody	Obsah pěnidla	Obsah prášku	Vybavení
					<ul style="list-style-type: none"> - základní prostředky pro zamezení úniku NL - zachytné nádrže - prostředky pro dekontaminaci osob
Autobus Iveco IRISBUS	1	-	-	-	- pro přepravu většího množství osob při MU v Karlovarském kraji
AP 30 Renault	1	-	-	-	Automobilová plošina pro záchranu osob z výšky 30 m. Možnost hašení, chlazení z výšky 30 m dodávkou hasiva z pěnotvorné proudnice.
NA AVIA DAEWOO D90L	1	-	-	-	Nákladní automobil k převozu zásobních hasiv a příslušenství zásahové techniky. Hydraulická ruka, nosnost dvounápravového podvozku 4 tuny.
VEA Škoda YETI	1	-	-	-	Čtyřmístné osobní vozidlo k přepravě velitele zásahu
UA Toyota Hilux	1	-	-	-	Čtyřmístné osobní vozidlo k přepravě prostředků

Příloha 6 – znění varovné zprávy [46]

- „Pozor! Pozor!“
- „Je vyhlášena Propylenová havárie 2. stupeň!“
- „Proveďte okamžitou evakuaci všech objektů v areálu podniku!“
- „Upozorňuji, že toto není cvičení!“
- „Opakuj!“
- „Je vyhlášena Propylenová havárie 2. stupeň!“
- „Proveďte okamžitou evakuaci všech objektů v areálu podniku!“
- „Upozorňuji, že toto není cvičení!“
- „Opakuj!“
- „Je vyhlášena Propylenová havárie 2. stupeň!“
- „Proveďte okamžitou evakuaci všech objektů v areálu podniku!“
- „Upozorňuji, že toto není cvičení!“

Příloha 7 – přehled vysílaných jednotek PO na místo závažné havárie [39]

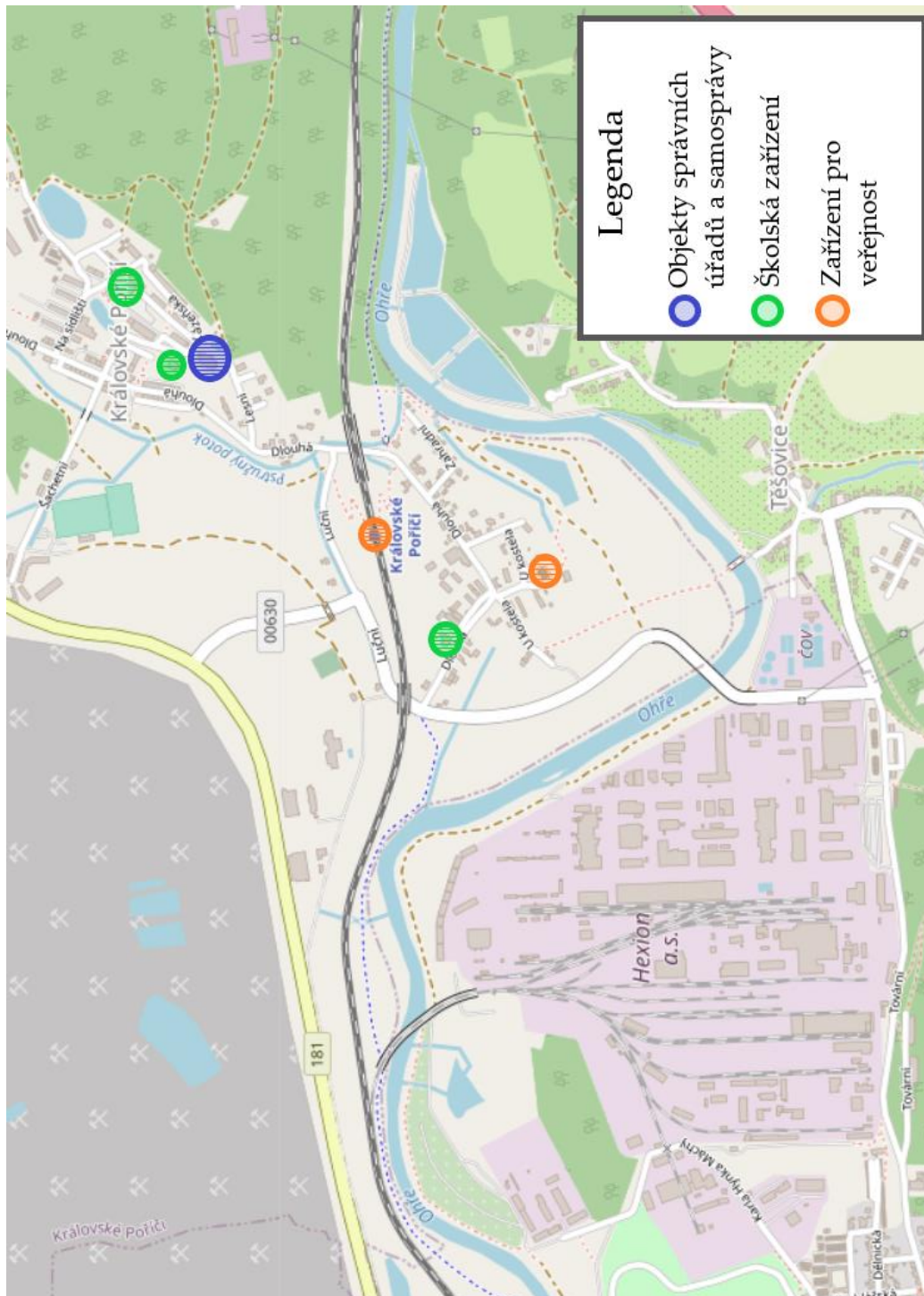
Stupeň poplachu	Vysílané jednotky požární ochrany
I.	HZS Chemické závody Sokolov HZS Sokolov HZS Sokolov HZS Karlovy Vary
II.	HZS Karlovy Vary HZS Cheb HZS Kraslice JSDH Březová JSDH Chodov JSDH Kynšperk nad Ohří
III.	JSDH Oloví JSDH Horní Slavkov JSDH Ostrov JSDH Rotava JSDH Habartov

Příloha 8 – přehled vysílaných sil a prostředků dalšími složkami IZS [39]

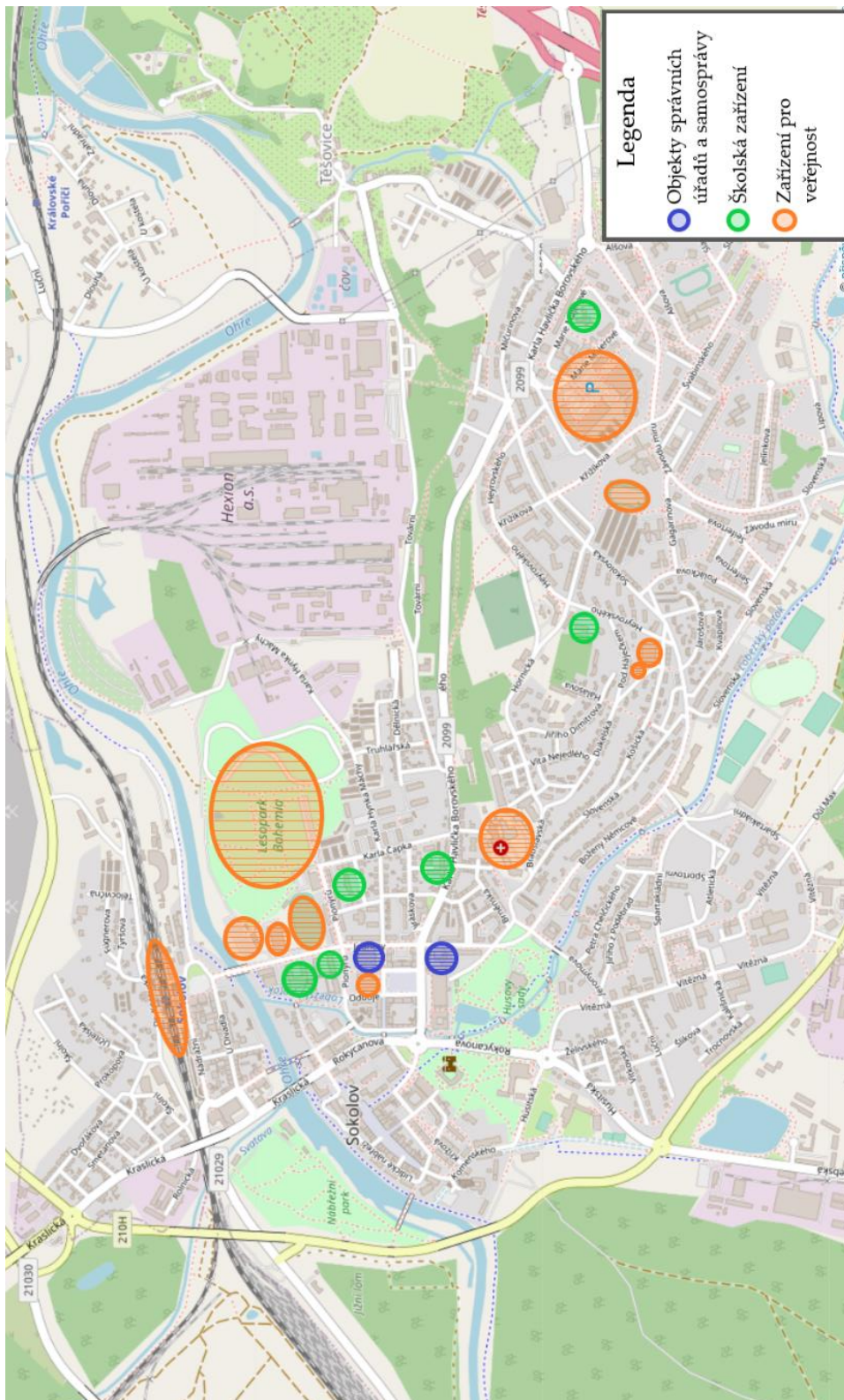
Složka IZS	Vysílané síly a prostředky
Zdravotnická záchranná služba	3-4 výjezdové skupiny s lékařem 7-10 výjezdových skupin rychlé zdravotnické pomoci 1-2 skupiny letecké záchranné služby Logistický speciál pro MU s hromadným postižením osob
Policie ČR	6 vysílaných hlídek

Příloha 9 - zobrazení jednotlivých objektů na mapě – Královské Poříčí

[zdroj vlastní]



Příloha 10 - zobrazení jednotlivých objektů na mapě – Sokolov [zdroj vlastní]



Příloha 11 - mapové zobrazení rozptylu uniklého propylenu na geografickém informačním systému MARPLOT [43]

