

# **Modelování havárie s únikem nebezpečné látky**

Karel Kváš

---

Bakalářská práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

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

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Karel Kváš**  
Osobní číslo: **L20335**  
Studijní program: **B1032A020002 Ochrana obyvatelstva**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Modelování havárie s únikem nebezpečné látky**

## Zásady pro vypracování

1. Na základě dostupných zdrojů zpracujte teoretické poznatky a teoretická východiska.
2. Vypracujte případovou studii u havárie s únikem nebezpečné látky pomocí zvolených softwarových nástrojů a následně porovnejte jejich vzájemné výstupy.
3. Na základě výsledků a závěrů z případové studie navrhněte případné změny a návrhy ke zlepšení stávajícího stavu v problematice havárie s únikem nebezpečné látky.

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

**Seznam doporučené literatury:**

1. POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie*. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017. ISBN 978-80-7251-467-0.
2. VILÁŠEK, Josef, Miloš FIALA a David VONDRÁŠEK. *Integrovaný záchranný systém ČR na počátku 21. století*. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2477-8.
3. ČESKO. *Bojový řád jednotek požární ochrany*. 2. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017. ISBN 978-80-7385-197-2.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

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

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

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

L.S.

---

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

---

**prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.**  
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2022

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

### Prohlašuji,

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

V Uherském Hradišti, dne: 5. 5. 2013

Jméno a příjmení studenta: Karel Kváš

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na modelování havárie s únikem nebezpečných látek. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se zabývá tématy, která jsou Integrovaný záchranný systém, mimořádná událost, havárie, nebezpečná látka, normy řešící problematiku nebezpečných látek, softwarové programy pro modelování. V praktické části je využit softwarový nástroj Riskan pro analýzu rizik vybraného objektu. Dále jsou také použity softwarové nástroje TerEx a ALOHA. Na základě vstupních dat byl v práci zpracován model havárie s únikem nebezpečné látky a výsledky zapsány pro vyhodnocení dopadu na okolí. Následně je provedena komparace softwarových nástrojů. V závěru práce jsou popsány návrhy ke změnám vedoucím ke zlepšení současného stavu v problematice havárie s únikem nebezpečné látky.

Klíčová slova: Chlór, nebezpečné látky, SW nástroj TerEx, SW nástroj ALOHA, SW nástroj Riskan,

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis is focused on modeling accidents with leakage of dangerous substances. The thesis is divided into theoretical and practical parts. The theoretical part deals with topics such as Integrated rescue system, emergency, accident, dangerous substance, standards dealing with the issue of dangerous substances, software programs for modeling. The practical part uses the Riskan software tool for risk analysis of the selected object. In addition, the TerEx and ALOHA software tools are also used. Based on the input data, a model of an accident with a leakage of a dangerous substance was elaborated in the work and the results were recorded to evaluate the impact on the surroundings. Subsequently, a comparison of software tools is performed. At the end of the thesis, proposals for changes leading to the improvement of the current situation in the issue of accidents with leakage of dangerous substances are described.

Keywords: Chlorine, dangerous substances, SW tool TerEx, SW tool ALOHA, SW tool Riskan,

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Ivanu Princovi za jeho ochotu, odborné vedení a čas. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu aquaparku Vodní ráj v Jihlavě panu Davidovi Blahovi za poskytnutí důležitých informací o aquaparku.

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

# OBSAH

ÚVOD.....	9
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM .....</b>	<b>11</b>
1.1 STRUKTURA INTEGROVANÉHO ZÁCHRANNÉHO SYSTÉMU.....	11
1.2 ZÁSAH ZA PŘÍTOMNOSTI NEBEZPEČNÉ LÁTKY .....	12
<b>2 MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST .....</b>	<b>14</b>
2.1 NATUROGENNÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI .....	14
2.2 ANTROPOGENNÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI .....	14
<b>3 HAVÁRIE .....</b>	<b>16</b>
3.1 PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ .....	17
3.2 PŘÍKLADY HAVÁRIÍ S ÚNIKEM NEBEZPEČNÝCH LÁTEK VE SVĚTĚ .....	18
3.3 PŘÍKLADY HAVÁRIÍ S ÚNIKEM NEBEZPEČNÉ LÁTKY V ČESKÉ REPUBLICE.....	18
<b>4 NEBEZPEČNÉ LÁTKY.....</b>	<b>21</b>
4.1 KLASIFIKACE CHEMICKÝCH LÁTEK A SMĚSÍ .....	21
4.2 ZNAČENÍ CHEMICKÝCH LÁTEK DLE EVROPSKÉ SMĚRNICE ES 1272/2008.....	23
<b>5 NORMY ŘEŠÍCÍ PROBLEMATIKU NEBEZPEČNÝCH LÁTEK.....</b>	<b>24</b>
5.1 NAŘÍZENÍ EVROPSKÉ UNIE .....	24
5.2 PŘEDPISY A PRÁVNÍ ÚPRAVA V ČESKÉ REPUBLICE .....	25
<b>6 SOFTWAREOVÉ PROGRAMY PRO MODELOVÁNÍ .....</b>	<b>27</b>
6.1 SOFTWAREOVÉ NÁSTROJE PRO MODELOVÁNÍ ÚNIKU NEBEZPEČNÝCH LÁTEK .....	27
6.2 SOFTWAREOVÉ NÁSTROJE PRO MODELOVÁNÍ EVAKUACE OSOB.....	30
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>31</b>
<b>7 AQUAPARK VODNÍ RÁJ JIHLAVA.....</b>	<b>32</b>
7.1 CHLÓR.....	33
7.2 CHLOROVNA .....	34
<b>8 ANALÝZA RIZIK PRO AQUAPARK V JIHLAVĚ .....</b>	<b>36</b>
8.1 DATA V SOFTWAREU RISKAN .....	36
8.2 VÝSLEDKY ANALÝZY .....	37
<b>9 MODELOVÁ SITUACE HAVÁRIE S ÚNIKEM NEBEZPEČNÉ LÁTKY V AQUAPARKU VODNÍ RÁJ V JIHLAVĚ .....</b>	<b>39</b>
9.1 SCÉNÁŘ NEHODY .....	39
9.2 SCÉNÁŘ ŘEŠENÍ NEHODY .....	40
9.3 MODELOVÁNÍ V NÁSTROJI ALOHA .....	41
9.3.1 Vstupní data .....	42

9.3.2	Výsledky softwarového nástroje ALOHA .....	44
9.4	MODELOVÁNÍ V NÁSTROJI TEREX.....	45
9.4.1	Vstupní data .....	45
9.4.2	Výsledky softwarového nástroje TerEx .....	47
9.5	KOMPARACE SOFTWAREVÉHO NÁSTROJE TEREX A ALOHA.....	48
9.6	NÁVRH KE ZLEPŠENÍ STÁVAJÍCÍ SITUACE AQUAPARK VODNÍ RÁJ V JIHLAVĚ.....	49
<b>ZÁVĚR</b>	.....	<b>51</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	.....	<b>53</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b>	.....	<b>57</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	.....	<b>58</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b>	.....	<b>59</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	.....	<b>60</b>



## ÚVOD

V dnešní době se chlór využívá v mnoha směrech. Ať už je to například v průmyslových závodech při výrobě polyvinylchloridu (dále v textu jen „PVC“) a dalších výrobků, tak i v běžném životě například jako přípravek na dezinfikování bazénů nebo pitné vody. Chlór je tedy chemická látka, která je svými vlastnostmi velmi významná. Dováží a používá se po celém světě. Chlór je ale také svými vlastnostmi zdraví škodlivý. Při vdechnutí může poškodit dolní a horní cesty dýchací, při styku s kůží může způsobit omrzliny. Proto je jeho únik velmi nebezpečný zejména při vyšším množství. Havárií ve světě, při kterých unikl chlór, je hned několik. Příkladem je havárie s únikem chlóru z minulého roku v Jordánském přístavu, kdy zemřelo 13 lidí a dalších 251 bylo zraněno.

Únik chlóru v České republice není příliš častý. Důvodem jsou přísné normy pro manipulaci s nebezpečnými věcmi. I přes to může v extrémních případech k úniku dojít. Riziko úniku nastává již při samotné výrobě, přepravě a použití. Chlór se hojně používá i v aquaparcích, kde je jeho únik katastrofální. Zejména v letním období, kdy aquaparky navštěvuje velké množství občanů. Při takové události nejde pouze o aquapark a návštěvníky uvnitř, ale také o statní objekty v okolí aquaparků. Vzhledem k tomu, že většina aquaparků se nachází ve městě je riziko o to větší.

Hlavním cílem bakalářské práce je na základě provedené případové studie navrhnout případné změny a návrhy ke zlepšení stávajícího stavu v problematice havárie s únikem nebezpečné látky. Ke splnění hlavního cíle byly stanoveny následující dílčí cíle: na základě dostupných zdrojů zpracovat teoretické poznatky a teoretická východiska, dále vypracovat případovou studii u havárie s únikem nebezpečné látky pomocí zvolených softwarových nástrojů a následně porovnat jejich vzájemné výstupy.

Ke splnění dílčích cílů byly použity metody: modelování, komparace a analýza dat. Modelování je metoda využívaná v odborné a vědecké praxi v mnoha oblastech lidské činnosti. Při zpracování se využívá softwarových nástrojů k simulaci úniku nebezpečné látky, v tomto případě chlóru. Komparace je český ekvivalent latinského slova „compare“, jehož překlad znamená srovnání. V práci je použito k porovnání výstupních hodnot získaných modelovací metodou a závěry jsou vyvozeny na základě týkajících se charakteristik objektů a procesů. Při analýze rizik se k určení možné míry rizika používá matice rizik. Vychází z parametrů pravděpodobnosti uplatnění hroz, hodnoty aktiva a jeho zranitelnosti.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM

Samotný pojem integrovaného záchranného systému (dále v textu jen „IZS“) zní jako „*koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádnou událost a při provádění záchranných a likvidačních prací.*“ (Česko, 2000) V souvislosti s IZS se často také pojí pojmy jako například mimořádná událost, záchranné práce, likvidační práce, ochrana obyvatelstva, zařízení civilní ochrany, osobní a věcná pomoc. Význam a definice těchto pojmů jsou také uvedeny v zákoně č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. (Česko, 2000)

## 1.1 Struktura Integrovaného záchranného systému

Hlavními úkoly složek IZS je podílet se záchranných a likvidačních pracích při MÚ dvěma nebo více složkami IZS. Dále se může IZS použít, pokud probíhá příprava na MÚ. IZS spadá pod vnitřní bezpečnost státu, proto poskytuje v případě ohrožení zdraví nebo života pomoc. Vnitřní bezpečnost má na starost ministerstvo vnitra. Současným ministrem vnitra je Vít Rakušan. Hlavním koordinátorem IZS je hasičský záchranný sbor ČR (dále v textu jen „HZS ČR“). (Vilášek, Fiala a Vondrášek, 2014)

IZS se dělí na základní a ostatní složky. Mezi základní složky patří: Hasičský záchranný sbor ČR, jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany, poskytovatelé zdravotnické záchranné služby a Policie České republiky.

Mezi ostatní složky patří:

- Vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil – Armáda ČR,
- ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory – Vězeňská služba, městská nebo obecní policie,
- ostatní záchranné sbory – Horská služba, Báňská služba, Vodní záchranná služba,
- orgány ochrany veřejného zdraví – krajské hygienické stanice, Ministerstvo zdravotnictví,
- havarijní a pohotovostní odborné a jiné služby,
- zařízení civilní ochrany,
- neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím. Poskytují svoji pomoc na vyžádání. (Vilášek, Fiala a Vondrášek, 2014)

## 1.2 Zásah za přítomnosti nebezpečné látky

Havárie nebezpečné látky je výjimečný případ, kdy došlo k úniku nebezpečné látky (dále v textu jen „NL“) do takové míry, že ohrožuje život a zdraví lidí, zvířat a životního prostředí a je nutné provádět záchranné a likvidační práce. (MV-GŘ HZS ČR, 2017)

### Charakteristické znaky

Prvními znaky jsou označení obalu nebo nosiče značkami nebezpečí, bezpečnostními štítky a výstražnými tabulemi. V případě úniku NL mohou osoby na místě nehody zaznamenat zdravotní problémy, jako jsou dýchací potíže, bez zjevného důvodu jako jsou například dýchací potíže. Dále může nastat změna barvy vegetace, úmrtí živočichů v blízkosti havárie nebo mohou probíhat specifické chemické reakce jako je zápach, kouř, výbuch, spontánní hoření. (MV-GŘ HZS ČR, 2017)

### Úkoly a postupy činnosti

Úkolem jednotek při zásahu s NL je dostat situaci pod kontrolu. Postup závisí jak na vybavení, tak i na prostředcích pro práci s nebezpečnými látkami. Činnosti jednotek v místě zásahu musí být co nejbezpečnější.

Z důvodu bezpečnosti je důležité při příjezdu na místo: kontrolovat směr větru a po jeho směru se dostat na místo zásahu, nezajíždět do blízkosti, kde vznikla mimořádná událost a dále zjistit přítomnost nebezpečných látek.

Pokud se tedy jedná o havárii s NL, musí se provést tzv. prvořadá opatření mezi která patří:

- Průzkum, díky kterému se zjistí, zda se jedná opravdu o havárii s NL,
- opatření k záchraně osob a zvířat,
- nutné je uzavření místa havárie,
- zajištění přivolání pomoci – jednotky, které jsou předurčené k zásahu havárií s NL.

Jednotka zasahující při této havárii má za úkol omezit rozšíření havárie, snížit bezprostřední rizika a spolupracovat s dalšími složkami IZS.

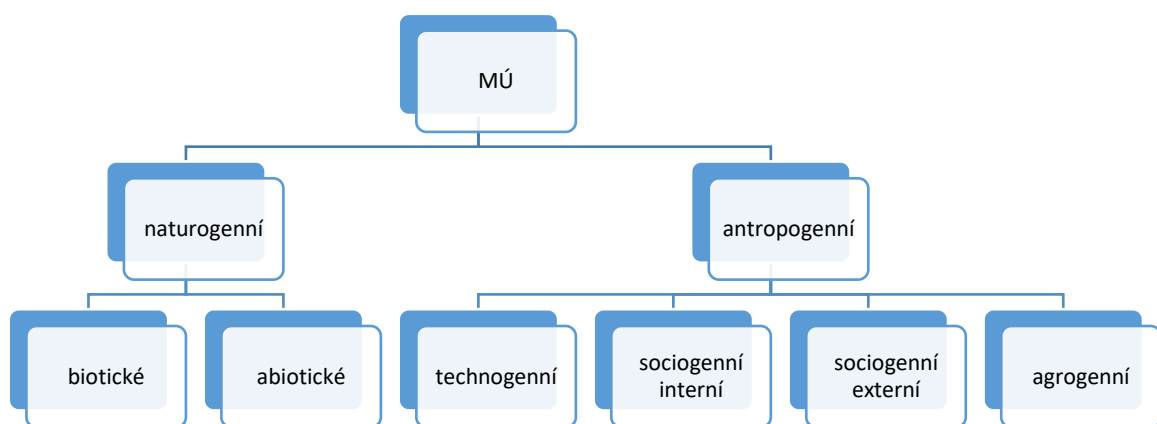
Pokud není jisté, o jakou NL se jedná, zasahující jednotky musí postupovat postupně:

- Zajištění dostatečného odstupu od místa havárie – zpravidla 100 m, ohled na směr větru,
- uzavření místa havárie – vytýčení nebezpečné a vnější zóny,
- určení místa úniku nebo výskytu NL a vyloučení iniciačního zdroje,
- do průzkumu nasadit nejmenší možný počet hasičů a pracovat v nejvyšším stupni ochrany,
- přípravu dekontaminace – zjednodušená nebo základní, přípravu hasebních prostředků pro požární zásah,
- zabránění dalšímu úniku nebo rozšíření NL, snaha o identifikaci NL,
- pokud to je možné, provést opatření na zachycení, dále pak průběžně vyhodnocovat situaci. (MV-GŘ HZS ČR, 2017)

## 2 MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST

Je definována v zákoně č. 239/2000 Sb., Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů jako „škodlivé působení sil a jevů vyvolané činností člověka vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy a také haváriemi, které ohrožují život, zdraví majetek životní prostředí a které vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací.“ (Česko, 2000)

Mimořádné události (dále v textu jen „MÚ“) se dělí na naturogenní a antropogenní, které se dále dělí viz následující schéma.



Obrázek 1 – Schématické rozdělení MÚ. (Princ, 2022)

### 2.1 Naturogenní mimořádné události

Naturogenní MÚ jsou MÚ způsobené přírodou. Právě z toho důvodu nelze omezit riziko vzniku MÚ. Lze je pouze monitorovat, díky tomu se na MÚ lze připravit a dají se tím předpovídat. Naturogenní MÚ se dále rozdělují na biotické a abiotické. Biotické MÚ jsou takové, které vznikají živou přírodou. Příkladem může být nákaza většího počtu osob (tzv. epidemie), rozsáhlá nákaza zvířat (tzv. epizootie), nákaza rostlin většího rozsahu (tzv. epifytie). Dojít může také k přemnožení škůdců. Abiotické MÚ jsou MÚ, které vznikají naopak v neživé přírodě. Příkladem mohou být povodně a záplavy, dlouhodobá sucha, požáry, zemětřesení, sesuvy půdy a další.

### 2.2 Antropogenní mimořádné události

Tyto MÚ jsou způsobeny lidskou činností. Z tohoto důvodu lze antropogenní MÚ dělit podle vzniku na úmyslné a neúmyslné MÚ. Pokud jsou antropogenní MÚ způsobeny neúmyslně mohou se dále rozdělit na hrozby, které vznikly v důsledku nedbalosti, a to buďto vědomé

nebo nevědomé, nebo hrozby, které vznikly v důsledku poruch nebo nedostatků. Tyto poruchy mohou být např. technické. Z obrázku č. 1, na kterém je znázorněné schéma rozdělení MÚ lze vyčíst, že antropogenní MÚ se dělí na technogenní, agrogenní a sociogenní. Sociogenní MÚ mohou být buďto externí nebo interní.

Technogenní MÚ jsou havárie, které mohou být spojené s infrastrukturou nebo se může jednat o provozní havárie. Příkladem jsou velké dopravní nehody, havárie v jaderných elektrárnách neboli radiační havárie, rozsáhlé ropné havárie a další.

Sociogenními interními MÚ jsou myšleny krize, které mohou být sociální, ekonomické anebo vnitrostátní společenské. Příkladem těchto MÚ je především narušení dodávek pitné vody, ropy a potravin. Dále jsem spadají také migrační vlny, které mohou být rozsáhlé.

Mezi sociogenní externí MÚ spadají krizové situace vojenského charakteru. Proto příkladem mohou být chemické a nukleární zbraně, vnější vojenské napadení států, politický nebo hospodářský nátlak a také např. ekologické havárie.

Již z názvu plyne, že agrogenní MÚ jsou spojené s půdou a se zemědělstvím. Příkladem je eroze půdy, znečištění vodních toků a degradace půd. (Princ, 2022)

### 3 HAVÁRIE

Slovo havárie se nachází již v definici mimořádné události. Závažná havárie je ale definována v zákoně č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií. Jedná se tedy o MÚ, kterou zapříčinil lidský faktor. Je ohraničená prostorově i časově a ve velké většině případů se nedá nijak ovládat. Havárie může být např. porušení stroje, požár, výbuch a zejména to bývá únik NL. Havárie vznikla nebo může vzniknout, pokud je užíván objekt nebo zařízení, který má jednu nebo více NL. NL se v něm může vyrábět, zpracovávat, používat, skladovat a přepravovat. Může tedy vést k vážnému ohrožení a následkům týkající se života a zdraví osob a zvířat, životního prostředí nebo majetku. (Česko, 2015)

#### Heinrichova pyramida

Zakladatelem pyramidy je Herbert William Heinrich, který byl vyšetřovatelem americké pojišťovny. Analyzoval kolem 50 000 nehod, úrazů a havárií v průmyslu. Heinrich v roce 1930 přišel na výsledek ze svého zkoumání, který zněl: „jeden těžký nebo až smrtelný pracovní úraz se rovná 29 menším úrazům a 300 ostatním pracovním úrazům.“ Tyto úrazy byly pojmenovány jako skoronehody. Díky analyzování nehod – jejich průběhu a příčinám došel Heinrich k poznatku, že: „Havárie jsou výsledkem nebezpečných činností a nebezpečných podmínek, přičemž lidé způsobují mnohem více havárií než nebezpečné podmínky.“ (Skřehot et al., 2014)



Obrázek 2 – Heinrichova pyramida. (Skřehot et al., 2014)



### 3.1 Prevence závažných havárií

Účelem systému prevence závažných havárií je snížení pravděpodobnosti možných závažných havárií a omezení následků možných závažných havárií na životy, zdraví, životní prostředí lidí a zvířat v místě výskytu nebezpečných látky, jakož i na ty předměty a jejich okolí.

Prevence závažných havárií se řídí zákonem č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií. V tomto zákoně jsou stanovené povinnosti právnických osob (dále v textu jen „PO“) a podnikající fyzických osob (dále v textu jen „PFO“), které nějakým způsobem užívají objekt, ve kterém se nachází nebezpečná látka a také stanovuje působnost orgánů veřejné správy v oblasti prevence závažných havárií, které jsou způsobené právě nebezpečnými látkami. Tento zákon dělí subjekty, které nakládají nebezpečnou látkou do dvou kategorií, a to na skupinu A nebo B. Rozdělení do skupin se provádí podle druhu a množství NL. Provozovatelé nebo uživatelé budov jsou povinni vytvořit seznam, ve kterém jsou uvedeny druhy, množství, rozdělení, a fyzikální vlastnosti nebezpečných látek. (MV-GŘ HZS ČR, 2023c)

#### Povinnosti provozovatele objektu zařazeného do skupiny B

- Zpracovat bezpečnostní zprávu a 1x za 5 let zajistí její posouzení.
- Zajistit aktualizaci bezpečnostní zprávy na základě zákonných podmínek.
- Předložení návrh bezpečnostní zprávy a jejich aktualizaci ke schválení Magistrátu hlavního města Prahy.
- Zpracuje vnitřní havarijní plán a plán fyzické ochrany objektu.
- Zajistí pojištění odpovědnosti. (Magistrát HMP, 2023)

#### Povinnosti provozovatele objektu zařazeného do skupiny A

- Povinnosti jsou obdobné jako u povinnosti provozovatele objektu skupiny B s výjimkou nezpracovávat vnitřního havarijního plánu. (Magistrát HMP, 2023)

#### Povinnosti uživatele nezařazeného objektu

- Zpracuje protokol o nezařazení a uchování ho pro účely kontroly.
- Zašle protokol Magistrátu hlavního města Prahy přesáhne-li množství nebezpečných látky 2 % limitního množství pro skupinu A.
- Zajistí aktualizaci protokolu na základě zákonných podmínek. (Magistrát HMP, 2023)

### 3.2 Příklady havárií s únikem nebezpečných látek ve světě

#### Havárie elektrárny Three Mile Island (USA 1979)

Tato nehoda se stala 28. března 1979. Příčinou havárie bylo částečné roztavení druhého jaderného reaktoru. Jednalo se o elektrárnu, které se nachází na stejnojmenném ostrově v řece Susquehanna poblíž města Harrisburg, Pennsylvania, Spojené státy americké. (dále jen „USA“). V důsledku částečného roztavení druhého jaderného reaktoru byla provozní budova kontaminována a následně došlo k úniku radioaktivity. Po nehodě bylo USA značně napjaté. Negativně ovlivnilo i situace, jak vnímat rizika spojená s jadernou energetikou, a to nejen u Američanů. (Vičar, Princ a Mika, 2020)

#### Havárie elektrárny v Černobylu (Sovětský svaz, Ukrajina 1986)

K incidentu došlo 26. dubna 1986. Tato havárie se stala v jaderné elektrárně na Ukrajině a je považována se za nejhorší jadernou havárii v historii energetického průmyslu a jednu ze dvou havárií, které dostaly označení stupně 7, podle mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (INES stupnice). Tato stupnice má 7 stupňů, kdy sedmý je tím nejhorším. Nehodu lze srovnat jen s havárií v japonské elektrárně Fukušima. (Vičar, Princ a Mika, 2020)

#### Havárie elektrárny Fukušima I (Japonsko 2011)

Tato nehoda se stala 11. března 2011, kdy Japonsko zasáhlo zemětřesení a tsunami. Nehoda získala klasifikaci INES 7 a je považována za jednu z nejsložitějších nebud v historii. Informace poskytnuté operátorem o akci byly někdy nesprávné. Nehodu se ani po měsíci nepodařilo zvládnout. Po nehodě byla v okruhu 20 kilometrů stanovena bezpečnostní zóna. 200 000 obyvatel bylo evakuováno. O měsíc později, tedy 11. dubna, bylo rozhodnuto, aby se rozšířila nebezpečná zóna na vzdálenost 30 km. (Vičar, Princ a Mika, 2020)

### 3.3 Příklady havárií s únikem nebezpečné látky v České republice

#### Únik škodlivé látky do řeky Bečvy

Havárie se stala dne 20. 9. 2020 na rozhraní Zlínského a Olomouckého kraje. Na místě byly jako první rybáři a hasiči, ti v tu dobu vylovili z vody 40 tun ryb. Ekologická havárie zasáhla řeku Bečvu pod Valašským Meziříčím a táhla se až po Přerov. Dle odborníků byl zasažen celý vodní biotop a byly tím ohroženy podmínky pro všechny organismy vázané na zhruba

40 kilometrů toku. Viník zatím není znám. Aktuálně celou kauzu řeší soud ve Vsetíně. Průběh jednání je naplánován na celý rok 2023. (Český rozhlas, 2023)

### **Únik amoniaku ve firmě v Poličce**

K úniku došlo dne 28. května. 2020, kdy z expanzní nádrže poličské firmy unikl čpavek. Na místo byly přivolány dvě skupiny hasičů z Poličky a Svitav a dobrovolní hasiči z Poličky. Jako první dorazila profesionální jednotka poličských hasičů. (Nádvorníková, 2020)

### **Únik chlóru v aquacentru v Pardubicích**

Dne 28. června 2012 došlo v plaveckém areálu v 11:05 hod. k úniku chlóru v chlorové místnosti plaveckého areálu. Důvodem bylo špatné těsnění mezi lahví a hlavním rozvodem chlóru. Únik chlóru detekovaly automatické hlásiče pomocí elektronické požární signalizace. Okamžitě byli přivoláni hasiči. V bazénu se navíc spustil poplach, který informoval všechny návštěvníky, co mají během poplachu dělat a jak bazén opustit. Tato situace byla modelová, jednalo se o taktické cvičení, a ne o skutečnou událost. Na místě byla vytyčena nebezpečná zóna a následně pak postavena dekontaminační zóna. Hasiči měli za úkol prohledat na místě prostory a najít ztracené osoby. (Horáková, 2012)

### **Únik chlóru na koupališti v Podbořanech**

K úniku došlo dne 31. října 2012. Jednalo se o taktické cvičení. Hasiči na místě zásahu plnili veškeré úkoly spojené s tímto typem zásahu, včetně součinnosti jednotek. Kontaminovaná osoba byla vyproštěna a plocha byla zavlažena. Dále byl uzavřen výpustný ventil chlóru, proběhla kontrola koncentrace a také byla provedena závěrečná dekontaminace zasahujících. (Hrdlička, 2012)

### **Havárie v ČR od roku 2018 až do roku 2022**

Ministerstvo vnitra – generální ředitelství HZS ČR (dále v textu jen „MV-GŘ HZS ČR“) každý rok vydává statistické ročenky, kde jsou uvedeny jednotlivé činnosti zásahů jednotek požární ochrany, ekonomické a personální ukazatele, mezinárodní spolupráce, humanitární pomoc, ostatní činnosti JPO, prevence, druhy mimořádných událostí se zásahy JPO, preventivně výchovná činnost. MV-GŘ HZS ČR doposud zveřejnilo na webových stránkách 32 statistických ročenek. První byla zveřejněna v roce 1991. Statistické ročenky jsou vydávány každý rok s tím, že v roce 2020 vyšla souhrnná od roku 2001 po rok 2020.

Tabulka 1 – Statistika havárií od roku 2018 do roku 2022. (Nadělníková, 2022)

Druh události	2018	2019	2020	2021	2022
Dopravní nehody	22 265	22 051	20 178	20 413	21 708
Únik nebezpečných chemických látek celkem	7 687	7 798	7 719	7 527	7 691
Z toho ropné produkty	5 487	5 687	5 537	5 426	5 634
Technické havárie – celkem	64 936	72 268	83 929	81 157	83 133
Z toho technické havárie	7	1	3	107	16
• Technické pomoci	57 401	63 866	74 708	71 185	72 875
• Technologické pomoci	466	367	265	254	273
• Ostatní pomoci	7 062	8 034	8 953	9 611	9 969
Radiační nehody a havárie	1	4	3	6	0,0
Plané poplachy	9 131	9 707	9 563	9 755	10 653
<b>Celkem</b>	<b>174 443</b>	<b>210 858</b>	<b>205 441</b>	<b>142 197</b>	<b>211 952</b>

Z tabulky č. 1 lze vyčíst druhy událostí, při kterých zasáhly jednotky požární ochrany v časovém období od roku 2017 do roku 2022. Je z nich zřejmé, že události spojené s technickou havárií stále stoupají.

## 4 NEBEZPEČNÉ LÁTKY

V příloze 1 k zákonu č. 224/2015 Sb. jsou v tabulce I nebo tabulce II jsou popsány nebezpečné chemické látky nebo chemické směsi. V tabulce I jsou uvedeny jednotlivé kategorie NL a v tabulce II jsou jmenovitě vybrané jednotlivé NL. Podle přímo použitelného předpisu Evropské unie, který upravuje klasifikaci, označování a balení látek a směsí je nebezpečnou látkou vybraná chemická látka nebo chemická směs. Jedná se o nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008. (Polívka, Mika a Sabol, 2017)

### 4.1 Klasifikace chemických látek a směsí

Klasifikace látky nebo směsi se týká postupu používaného ke stanovení nebezpečných fyzikálně-chemických vlastností látek nebo směsí, nebezpečných vlastností ovlivňujících zdraví životní prostředí následuje posouzení k určení nebezpečných vlastností a následná klasifikace látek nebo směsí nebo směsí látek podle jednotlivých skupin. Nebezpečné přípravky jsou rozděleny do nebezpečných kategorií podle stupně a specifčnosti. Tyto kategorie jsou uvedeny v člancích 2 a 3 směrnice Evropského parlamentu a Rady 1999/45/ES o sblížení právních a správních předpisů členských států o klasifikaci, balení a označování nebezpečných přípravků. (Polívka, Mika a Sabol, 2017)

#### Kategorie nebezpečnosti látek

Nebezpečnost látek je uvedena v příloze č. 1 zákona č. 350/2011 Sb., chemický zákon. Jsou zde uvedeny kategorie:

- **Výbušné látky:** pevné, kapalné, pastovité, gelovité látky nebo směsi, které mohou exotermicky reagovat bez přístupu kyslíku, zároveň rychle reagují s plyny, a které za uvedených zkušebních podmínek detonují, rychle deflagují nebo po zahřátí vybuchují, pokud jsou v uzavřeném prostoru.
- **Oxidující:** jsou látky nebo směsi, které se stykem s jinými látkami vyvolávají silnou exotermickou reakci. Jedná se hlavně o hořlavé látky.
- **Exotermně oxidující látky:** kapalné látky nebo směsi s velmi nízkým bodem vzplnutí a varu, plynné látky a přípravky, které jsou hořlavé ve styku se vzduchem při pokojové teplotě a tlaku.
- **Vysoce hořlavé látky a směsi:** látky nebo směsi, které se mohou vlivem zahřátí pokojové teploty vznítit.

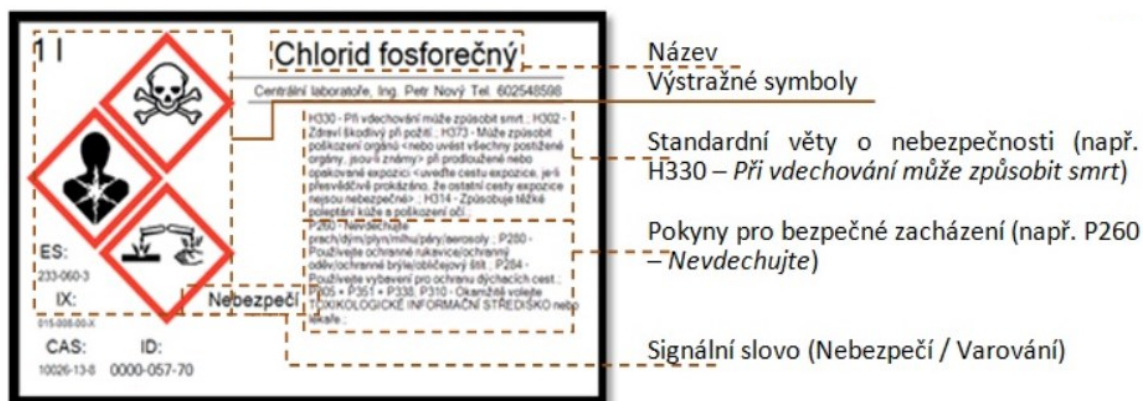
- **Hořlavé látky nebo směsi:** jsou látky s nízkým bodem splnutí.
- **Vysoce toxické látky nebo směsi, toxické látky a směsi, zdraví škodlivé látky a směsi látky:** mohou při vdechnutí, sněžení nebo absorpci kůží způsobují smrt nebo chronické poškození.
- **Žíravé látky:** způsobují zničení tkáně při styku s nimi.
- **Dráždivé látky nebo směsi:** Tyto látky mohou při okamžitém nebo dlouhodobém styku způsobit zánět.
- **Senzibilující látky nebo směsi:** Mohou při vdechnutí nebo průniku kůží zahájit hypersenzibilizující reakci.
- **Karcinogenní látky a směsi:** látky a směsi, které mohou způsobit rakovinu při vdechnutí nebo požití.
- **Mutagenní látky nebo směsi:** Tyto látky vyvolávají dědičné genetické poškození nebo zvyšují jeho rozsah při vdechnutí nebo požití.
- **Látky nebo směsi toxické pro reprodukci:** Tyto látky vyvolávají nebo zvětšují rozsah nedědičných nepříznivých účinků na potomstvo nebo zhoršují reprodukční funkce mužům a ženám.
- **Látky nebo směsi nebezpečné pro životní prostředí:** látky nebo směsi, které představují nebo mohou představovat nebezpečí pro životní prostředí. (Polívka, Míka a Sabol, 2017)

## 4.2 Značení chemických látek dle Evropské směrnice ES 1272/2008

Nebezpečné chemické látky a směsi jsou látky, které mají jednu nebo více nebezpečných vlastností. Klasifikace chemických látek je platná od 1. prosince 2012 a je uvedena ve směrnici Evropské unie (dále v textu jen „EU“) EC 1272/2008. (MV-GŘ HZS ČR, 2023a)



Obrázek 3 – Výstražné symboly dle ES 1272/2008. (MV-GŘ HZS ČR, 2023a)



Obrázek 4 – Vzor štítku dle ES 1272/2008. (MV-GŘ HZS ČR, 2023a)

V průmyslových provozech nebo při přepravě těchto látek může docházet k únikům nebezpečných chemických látek nebo směsí. Při skladování chemické látky nebo směsi je každý obal označen štítkem, ze kterého lze vyčíst informace o nebezpečných vlastnostech dané látky. (viz obrázek 3). (MV-GŘ HZS ČR, 2023a)

## 5 NORMY ŘEŠÍCÍ PROBLEMATIKU NEBEZPEČNÝCH LÁTEK

Problematiku nebezpečných látek řeší zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). Zákon zhotovuje příslušné předpisy EU a upravuje:

- Práva a povinnosti PO a PFO při výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných látek, balení, označování, vývozu a dovozu chemických látek nebo chemických látek obsažených ve směsích nebo předmětech,
- správnou laboratorní praxi,
- působnost správních orgánů při zajišťování ochrany před škodlivými účinky látek a směsí. (Česko, 2011)

### 5.1 Nařízení Evropské unie

V rámci EU jsou právní předpisy rozděleny na nařízení, směrnice, rozhodnutí, doporučení a stanoviska. Avšak nařízení je nadřazené vnitrostátním zákonům a platí pro všechny státy EU. (Lacina, Mika a Šebková, 2013)

#### **Předpisy doplňující chemický zákony:**

- Nařízení č. 1907/2006 – REACH (nařízení o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek) vyžaduje jednotný systém pro všechny chemické látky a zároveň rozdělení tzv. nové látky a stávající chemické látky. Přenesení odpovědnosti analýzy rizik z orgánů veřejné moci na společnosti a zvolení náhrady nebezpečných látek přijatelnějšími látkami.

S nařízením byla zřízená Evropská agentura pro chemické látky tzv. ECHA, která je zodpovědná za technické, vědecké a administrativní odvětví tohoto nařízení.

- Nařízení ES č. 1272/2008 CLP (o klasifikaci, označování a balení látek a směsí) – cílem je ochránit lidské zdraví, životní prostředí a volný pohyb látek, směsí a předmětů uvedených v čl. 4 odst. 8. (Polívka, Mika a Sabol, 2017)
- Nařízení ES č. 648/2004 o detergencích.
- Nařízení ES č. 649/2012 o vývozu a dovozu nebezpečných chemických látek.
- Nařízení EU č. 2019/1021 o perzistentních organických znečišťujících látkách.
- Nařízení ES č. 440/2008 stanovující metody pro klasifikaci podle REACH.



- Nařízení ES č. 340/2008 o poplatcích ECHA podle REACH. (Česko, 2011)

### **Předpisy související s přepravou nebezpečných věcí**

V dopravních oborech bylo nutno regulovat přepravu nebezpečných věcí, tyto regulace vedly k tomu, že v každém oboru vznikl speciální předpis pro přepravu:

- Silniční doprava ADR – Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě (silniční doprava).
- Železniční doprava RID – Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí.
- Námořnická doprava IMDG CODE – Mezinárodní předpis pro námořní přepravu nebezpečných věcí.
- Letecká doprava IATA-DGR.
- Říční doprava ADN – Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách (říční přeprava).

Základem pro realizaci uvedených předpisů jsou předpisy „UN-Model Regulations“ vypracované výborem expertů OSN pro přepravu nebezpečných věcí. (Konečný a Miletín, 2023)

## **5.2 Předpisy a právní úprava v České republice**

Pro vložení příloh dohody ADR do českého právního řádu bylo nezbytné, aby povinnosti vymezené v těchto dodatcích byly stanoveny zákonem. Z tohoto důvodu zákon o provozu na pozemních komunikacích definuje mimo jiné nebezpečné věci jako látky a předměty, jejichž povaha, resp. vlastnosti nebo stav mohou ohrozit bezpečnost lidí, zvířat a předmětů nebo životního prostředí během přepravy. Podle zákona je dovoleno přepravovat jen NL vymezené mezinárodní smlouvou. Tato smlouva musela být vyhlášena buď ve Sbírce zákonů nebo ve Sbírce mezinárodních smluv, a to za podmínek v ní uvedených. (Konečný a Miletín, 2023)

Mezi nejdůležitější **právní úpravy** lze zařadit:

- Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a přípravcích.
- Zákon č. 12/1997 Sb., o bezpečnosti a provozu na pozemních komunikacích.
- Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií.
- Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

- Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích.
- Zákon č. 266/1994 Sb., o drahách.
- Zákon č. 49/1997 Sb., civilním letectví. (Polívka, Mika a Sabol, 2017)
- Zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, ve znění jeho novelizací.
- Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 478/2000 Sb., kterou se provádí o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů. (Konečný a Miletín, 2023)

## 6 SOFTWAREVÉ PROGRAMY PRO MODELOVÁNÍ

Modelování hrozeb je postup pro optimalizaci zabezpečené aplikací, systémů nebo obchodních procesů identifikací cílů a zranitelných míst a následným definováním protipatření k prevenci nebo zmírnění úniků hrozeb na systém. Modelování hrozeb pomáhá identifikovat bezpečnostní požadavky systému nebo procesu. (Cobb, 2023)

### Simulace a model

**Simulace** systému je provoz z hlediska času nebo prostoru, který pomáhá analyzovat výkon existujícího nebo navrhovaného systému. Jinými slovy, simulace je proces použití modelu ke studiu výkonu systému. Jedná se o akt použití modelu pro simulace. Simulační modelování má výhody oproti tradičnějším přístupům, jako je analýza dat, prognózování a optimalizace. Tyto přístupy jsou daleko více teoretické a jsou založeny na různých předpokladech o tom, jak se objekt bude chovat. (Tutorials Point, 2023)

**Model** může mít mnoho tvarů, velikostí a stylů. Je důležité, že model není skutečný svět, ale pouze lidský konstrukt, který pomáhá lépe porozumět systémům reálného světa. Obecně mají všechny modely informační vstup, informační procesor a výstup očekávaných výsledků. (SERC, 2023)

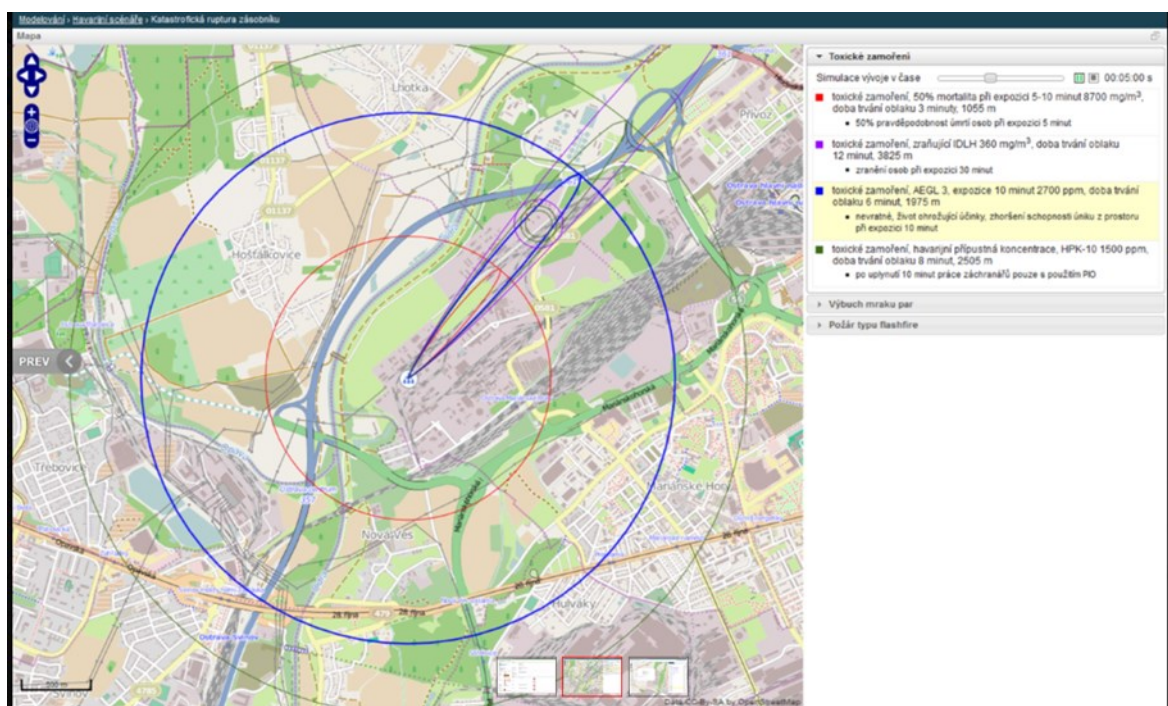
### 6.1 Softwarové nástroje pro modelování úniku nebezpečných látek

#### CAMEO Chemicals

Je databáze nebezpečných chemikálií, která se využívá při plánování a reakci na chemické mimořádné události, například se může jednat o havárii s únikem nebezpečné látky. Tento nástroj také může předvídat možná rizika, pokud se jednotlivé chemikálie smíchají dohromady. O každé chemikálii jsou zde uvedeny informace jako například: nebezpečí požáru, výbušnost, zdravotní rizika, hašení požáru a mnoho dalších. Součástí softwarového nástroje (dále v textu jen „SW nástroje“) CAMEO jsou také základní informace o zařízeních, které skladují chemikálie a o nouzovém stavu plánování zdrojů. (CAMEO Chemicals Software, 2022)

## ROZEX

Je unikátní software, který se používá hlavně k modelování a předpovězení následků úniku NL. Je schopen také vytvořit simulaci nad mapovým podkladem, která se týká chemického ohrožení. Rozex obsahuje databázi chemických látek, ve které jsou obsaženy i rozsahy chemických látek, například identifikace látek, klasifikace nebezpečných látek dle CLP, H-věty, P-věty, fyzikálně-chemické vlastnosti, pokyny pro zásah, hašení atd. (TLP Solutions, spol. s r.o., 2020)



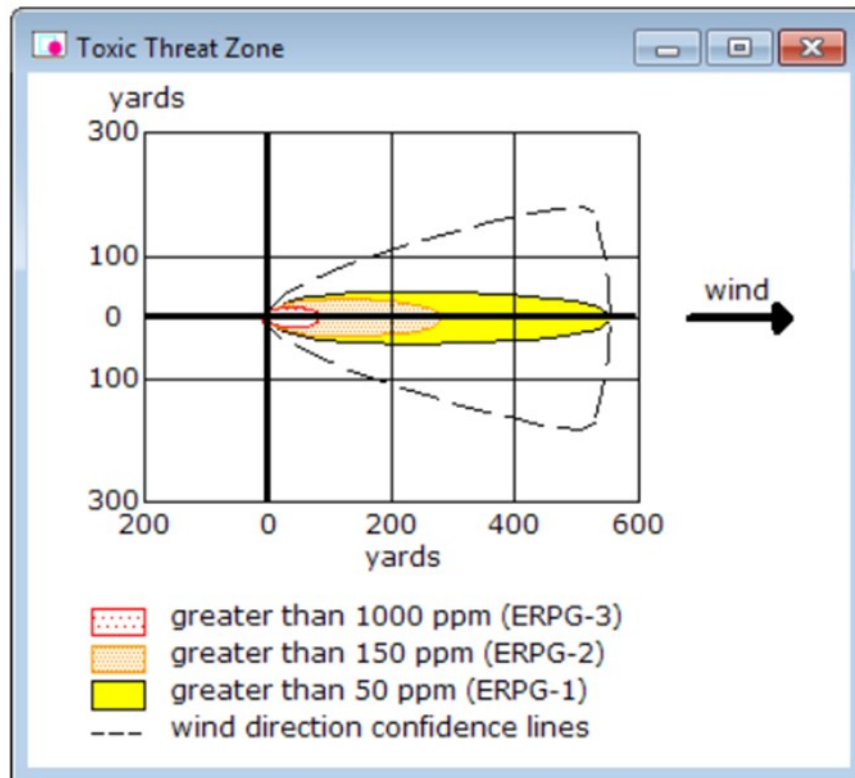
Obrázek 5 – Modelování úniku nebezpečné látky. (TLP Solutions, spol. s r.o., 2020)

## ALOHA

Jedná se o SW nástroj, který slouží pro modelování rizik pro softwarovou sadu CAMEO. SW nástroj ALOHA dokáže zadat podrobnosti o reálném čase nebo fiktivním úniku chemických látek a dále vyhodnocovat zóny ohrožení pro různé druhy nebezpečí. Dokáže modelovat několik druhů nebezpečí jako například toxické plyny, hořlavé plyny, tryskové požáry a mnoho dalších. Odhady těchto zón ohrožení jsou zobrazeny na mřížce. Nejhorší zónu ohrožení představuje červená úroveň, oranžová a žlutá pak představuje oblast, kde nebezpečí klesá. (US EPA, 2022)

Tento softwarový nástroj vznikl jako soubor různých modelů, které se již dříve osvědčily v jiných oblastech.

Výhodou je, že kromě grafických výstupů disponuje také funkcí „Concentration at Point“ což je funkce pro zjištění nejvyšší koncentrace v různých vzdálenostech od zdroje. (Skřehot, 2018)



Obrázek 6 – Zóna ohrožení. (ALOHA software, 2022)

### TerEx

Tento SW nástroj dokáže okamžitě identifikovat dopady úniku nebezpečné látky, otravné nebezpečné látky nebo nálezu nástražného výbušného systému. V SW nástroji jsou uloženy databáze s charakteristikou a popisem nebezpečné látky dále pak zásady první pomoci a způsob dekontaminace. SW nástroj TerEx dokáže modelovat a simulovat krizové situace, rychle se rozhodovat v době krize, podporovat plánování, výuku i praxi. Se SW nástrojem TerEx pracují především podniky, vzdělávací zařízení, samospráva a státní orgány a složky IZS. (T-SOFT a.s., 2017)

TerEx aktuálně obsahuje například tyto moduly:

- PUFF – model pro simulaci jednorázového úniku vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku,
- JET FIRE – model pro simulaci déletrvajícího masivního úniku plynu zahořením,
- PLUME – model pro simulaci pomalého odparu kapalin z kaluže do oblaku,

- POOL FIRE – model pro simulaci hoření kaluže kapaliny nebo vroucí kapaliny,
- BLEVE – model pro simulaci ohrožení nádrže plošným požárem s rizikem jevu BLEVE.

Jednotlivé moduly aplikace patří mezi skupiny jednoduchých softwarových nástrojů, které jsou určeny pro stanovení bezpečných zón při havarijním zásahu. (Skřehot, 2018)

## 6.2 Softwarové nástroje pro modelování evakuace osob

### Building EXODUS

Program je určen pro evakuaci osob, ale také může sloužit jako počítačová laboratoř, která vyhodnocuje chování a pohyb osob v případě krizových situací. V softwaru jsou brány v úvahu interakce: lidé-lidé, lidé-ohně, lidé-struktura. Tento typ softwaru může být použit k vyhodnocení evakuačních schopností všech typů staveb. Může sledovat trajektorii každého jedince, který vychází z uzavřeného prostoru nebo je překonán nebezpečím požáru. (EAVR, 2023)

### EGRESS

Program umožňuje svým uživatelům simulovat únik a evakuaci osob. Modelování evakuace ze zařízení velkého počtu lidí – jako jsou chemické závody, nákupní centra, železniční stanice, terminály a letiště. Mezi hlavní výhody softwaru patří zohledňování možnosti ucpání cest, modelovat lze velký prostor, umí identifikovat klíčové oblasti, které mohou omezit evakuaci osob v případě nouze, zkoumá dopad různých scénářů nebezpečí. (ESR Technology, 2023)

### Dílčí závěr:

V teoretické části byl popsán integrovaný záchranný systém z důvodu zásahu při úniku nebezpečné látky. Dále byla zmíněna mimořádná událost, která se pojí se zákonem č. 239/2000 Sb., o IZS. Mimořádné události byly následně rozděleny do kategorií. Dále byly popsány nebezpečné látky, jejich vlastnosti, rozdělení a jejich označení. Na tuto problematiku navazuje pojem havárie. Zde byly uvedeny také příklady havárií jak v ČR, tak ve světě. Důležité bylo vymezit si právní rámec, který řeší problematiku nebezpečných látek. Dále byly zmíněny SW nástroje pro modelování úniku nebezpečné havárie a evakuaci osob. Mezi tyto nástroje patří např. ALOHA a TerEx.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 AQUAPARK VODNÍ RÁJ JIHLAVA

Aquapark se nachází zhruba na kraji města Jihlavy, nedaleko se nachází řeka Jihlava, obchodní domy (OBI zahradní centrum, OKAY Elektro Nábytek, Sportisimo, Pepco, Elektro world, Teta drogerie atd.), rodinné domy, bytové jednotky, Skatepark, čerpací stanice ČS Prim.

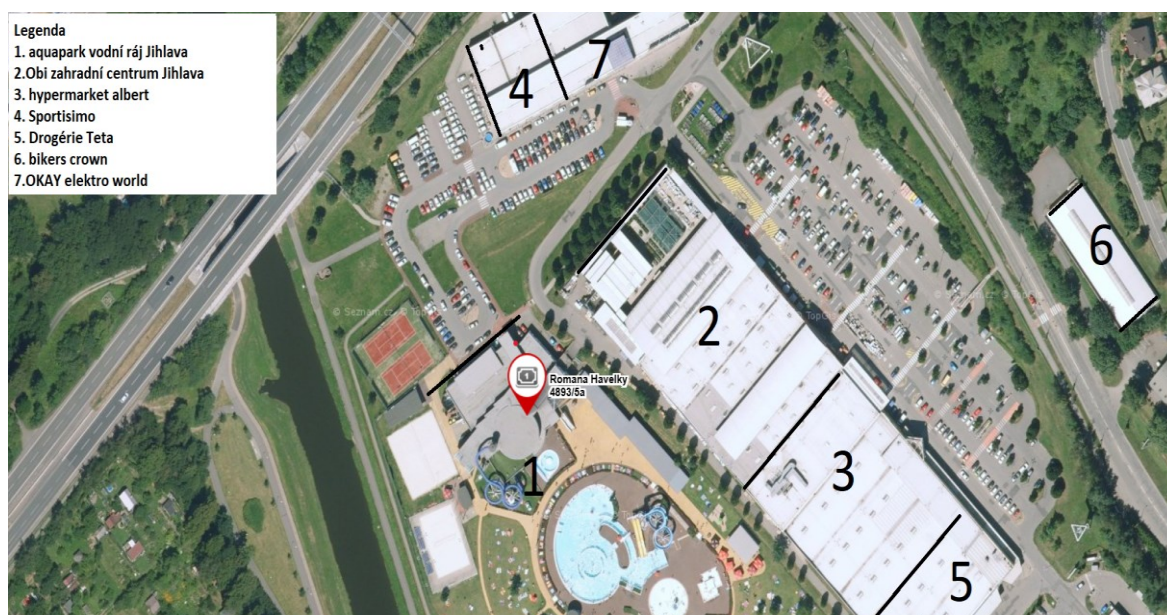
### Základní údaje:

Tabulka 2 – Základní údaje. (vlastní zpracování)

Adresa	Romana Havelky 5 A, 586 01 Jihlava
Nadmořská výška	525 m. n. m.
Provozovatel	Služby Města Jihlava s.r.o
kontakt	vodniraj@smj.cz
Množství chlóru	780 kg
Maximální Kapacita aquaparku	240 osob
Vedoucí Aquaparku	David Bláha

### Mapa umístění

Na mapě se nachází část města Jihlavy, kde je umístěn aquapark a spolu s ním i okolní budovy. Jednotlivé budovy jsou číselně označeny.



Obrázek 7 – Geografické umístění aquaparku a okolních objektů. (vlastní zpracování)



### Stručná Historie aquaparku

Venkovní část aquaparku byla poprvé otevřena 15. 7. 2001, kdy se otevření zúčastnilo celkem 5 000 osob. Vnitřní část bazénu se otevřela 27. října 2001, v tomto období se otevření zúčastnilo 200 osob.

Na výstavbu v letech 1999 byly určeny čtyři místa. Nakonec byla vybrána lokalita Český mlýn. V tomto prostoru byl dříve rozestavěný plavecký areál. Ohlasy na výstavbu nebyly pozitivní. Objevily se dohady o vybavení areálu a obzvláště byly vyvíjeny tlaky na vybudování venkovního 50metrového bazénu. Do roku 2014 Aquapark navštívilo přes 2,4 miliónů osob. (Kodysová, 2014)

### Stručný popis objektu

Ve venkovním areálu se nachází sportoviště (2x tenisové kurty, volejbal, nohejbal), dále potom velký 25metrový rekreační bazén a dětský bazén. Součástí je také 9 000 m<sup>2</sup> travnaté plochy. Venkovní část aquaparku je zajištěná bezbariérovým přístupem. Teplota venkovních bazénu se v letním období pohybuje okolo 24 až 27 °C. Kapacita venkovního bazénu je 2 400 osob. (Služby města Jihlava, 2023)

Vnitřní prostory činí 700 m<sup>2</sup>. Nachází se zde prostory údržby, občerstvení, šatny a administrativní část. Co se bazénů týče je zde velký rekreační bazén o rozloze 330 m<sup>2</sup> a průměrnou teplotou 29–30 °C, vířivý bazén o rozloze 33–34 °C a velikosti 19 m<sup>2</sup> a venkovní celoroční kruhový bazén o rozloze 65 m<sup>2</sup> o teplotě 27–28 °C. Dále se zde nachází chlorovna a wellness centrum, které obsahuje parní lázeň, saunu, relaxační zónu. (Služby města Jihlava, 2023)

## 7.1 Chlór

Tato látka je přírodní, vysoce reaktivní plyn s charakteristickým štiplavým zápachem. Chlór je v dnešní průmyslové společnosti nepostradatelný. Velká část chlóru se spotřebovává při výrobě PVC a tisíců dalších organických a anorganických polotovarů a produktů. Chlór se do životního prostředí dostává při průmyslové výrobě, spalování paliv a odpadků nebo při dezinfekci. Je zvláště nebezpečný jako akutní hrozba pro živé organismy. (Petrlík a Válek, 2022)



Obrázek 8 – Značení chlóru. (MV-GŘ HZS ČR, 2023b)

**Výskyt** – chlór se využívá k úpravě pitné vody, k výrobě dezinfekčních přípravků, rozpouštědel, PVC, dále k bělení celulózy a textilií.

**Vlastnosti** – jedná se o zkapalněný dráždivý plyn, který má nažloutlou barvu. Podle klasifikace NL je toxický a nebezpečný pro životní prostředí. Vznikající páry velmi dráždí dýchací cesty a několik dní po vdechnutí se může objevit plicní otok. Tekutý chlór způsobuje popáleniny kůže a může dojít k poškození očí. Chlór je těžší než vzduch a při úniku se šíří po zemi.

**Odstup** – od místa bez ochranných prostředků dodržet odstup min. 100 m.

**První pomoc** – pokud došlo k vdechnutí látky, je potřeba přemístit postiženého na čerstvý vzduch, odstranit oděv, tělo udržovat zcela v klidu a vyhledat lékařskou pomoc. Pokud se látka dostane na kůži, je nutné okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, kůži omývat velkým množstvím vody po dobu 15 minut a vyhledat lékaře. Při zásahu oka je nutno oko opláchnout velkým množstvím vody po dobu 15 minut a vyhledat lékaře. (MV-GŘ HZS ČR, 2023b)

## 7.2 Chlorovna

Nedílnou součástí aquaparku v Jihlavě je chlorovna, která se nachází na boční straně aquaparku a je oddělena od zóny pro návštěvníky. Tento prostor mohou obsluhovat jen zaměstnanci, kteří jsou řádně proškoleni.



Obrázek 9 – Tlakové láhve v chlorovně v aquaparku Jihlavy. (vlastní)

Aquapark disponuje 12 tlakovými lahvemi s kapalným chlórem, kdy v zimním období jsou zapojeny 4 láhve pro pokrytí vnitřních prostor a v letním období 8 lahví pro pokrytí celého areálu. Zbylé čtyři lahve jsou rezervní. Kapalný chlór se plní do žlutých ocelových lahví jejichž velikost se pohybuje od 40 do 65 kg.

### **Další vybavení**

Průchod chlóru do bazénu zajišťují čerpadla. Na tlakových lahvích se nacházejí vakuové regulátory, které jsou určeny pro dávkování chlóru, kdy maximální průtočný výkon činí 1 kg/hod. Nedílnou součástí je patrona s aktivním uhlím, která slouží k detekci chlóru. Detekční čidlo se nachází na dolní straně zdi, protože pokud by chlór unikl, držel by se při zemi. V poslední řadě chlorovna obsahuje odsávání, které se automaticky spouští při přítomnosti chlóru. Chlór je tímto zařízením následně odsáván ven z objektu.

## 8 ANALÝZA RIZIK PRO AQUAPARK V JIHLAVĚ

Pro analýzu rizik aquaparku v Jihlavě byl zvolen software RISKAN. Software umožňuje pomocí kalkulátoru vybrat a identifikovat jednotlivá aktiva a hrozby a zároveň ohodnotit jejich zranitelnost a pravděpodobnost jejich vzniku. Pro každou z těchto dvojic (aktivum – hrozba) program vypočítá výsledné riziko.

### 8.1 Data v softwaru RISKAN

V softwaru RISKAN je nutné identifikovat hrozby a aktiva, které je nutné dále číselně ohodnotit. Jedná se o hodnotu aktiva, pravděpodobnost hrozby a tím se pak vypočítá výsledné riziko. Rizika rozdělena v kategoriích jsou nízká, střední nebo vysoká. Viz obrázek č. 9.

VÝSLEDNÉ RIZIKO	
Nízké	0 - 30
Střední	31 - 60
Vysoké	61 - 90

Obrázek 10 – Výsledné riziko. (vlastní zpracování)

Aktiva byla vybrána podle prostor v aquaparku. Tyto aktiva byla rozdělena do následujících kategorií: administrativa, chlorovna, potrubní rozvody, zóny pro návštěvníky. Ke každému aktivu byla přidělena hodnota aktiv od 0 do 5, viz obr. 11. Přičemž hodnota 0 značí zanedbatelnou hodnotu aktiva, 5 značí velmi vysokou hodnotu aktiva.

Potencionální hrozby byly rozděleny dle dělení MÚ na naturogenní a antropogenní. Naturogenní hrozby byly v softwaru RISKAN nazvány jako živelní pohromy a antropogenní hrozby byly dále rozděleny na 3 kategorie, a to průmyslové havárie (rozdělené na provozní a dopravní havárie), lidskou činnost a zvolené organizační nedostatky, které jsou pro chod aquaparku důležité. K hrozbám obojího druhu byly přiřazeny hodnoty pravděpodobnosti od 0 do 6, viz obr. 12.

HODNOTA AKTIVA	
0	zanedbatelná
1	velmi nízká
2	nízká
3	střední
4	vysoká
5	velmi vysoká

Obrázek 11 – Hodnota aktiva.  
(vlastní zpracování)

PRAVDĚPODOBNOST HROZBY	
0	žádná
1	zanedbatelná
2	nízká
3	střední
4	vysoká
5	velmi vysoká
6	jistá

Obrázek 12 – Pravděpodobnost hrozby.  
(vlastní zpracování)

Tabulka 3 – Zvolená aktiva. (vlastní zpracování)

aktiva	hodnoty
Administrativa	5
1.1 zaměstnanci	5
1.2 řídicí systémy	5
1.3 hardware	4
1.4 software	5
1.5 řízení provozu	5
1.6 bezpečnostní prvky	4
Chlorovna	5
2.1 čerpadla	4
2.2 bezpečnostní prvky	4
2.3 tlakové láhve	5
Potrubní rozvody	5
3.1 Průchod chlóru	4
3.2 průchod plynu	4
3.3 Bezpečnostní prvky	4
Vnitřní zóna	4
4.1 krytý bazén	4
4.2 wellness centrum	4
4.3 stravovací zařízení	2
Vnější zóna	4
5.1 venkovní bazén	4
5.2 sportoviště	1
5.3 celoroční bazén	4

Softwarový nástroj na základě součinu pravděpodobnosti, aktiv, hrozeb, zranitelnosti číselně vyhodnocuje rizika podle barev, kdy jednotlivé barvy představují hodnoty rizika. Červená velmi vysoké, žluta středně vysoké, zelená nízké riziko. Data zadaná v softwaru RISKAN prostřednictvím internetového serveru jsou v příloze P I.

Hrozby		Pravděpodobnost									
HROZBY - CELKEM		6	jistá	72	72	72	60	48	54	48	36
1.	Živelní pohromy	6	jistá	72	72	72	60	48	54	48	36
1.1	Požár (přírodního i lidského původu)	4	vysoká	48	48	48	40	32	36	32	24
1.2	Záplavy a povodně (deště, tání sněhu)	5	velmi vysoká	60	60	60	50	40	45	40	30
1.3	Vichřice, větrné smrště, tornáda	4	vysoká	48	48	48	40	32	36	32	24

Obrázek 13 – Ukázka ze softwaru Riskan. (Šaur, 2014)

## 8.2 Výsledky analýzy

Po zhodnocení systémem RISKAN (viz příloha P II) vyšli nejvyšší rizika v kategorii lidské činnosti. Což znamená, že nejvyšší hrozbou pro aquapark je lidský faktor, který se zdá být

poměrně často na prvním místě v oblasti rizik. Mezi příčiny vzniku těchto hrozeb může patřit například náboženství, sociální podmínky jedinců, psychický stav a mnoho dalších.

Naopak nízká rizika jsou hlavně v oblasti naturogenních hrozeb. Příčinou by mohlo být mírné podnebí, kdy se meteorologické podmínky na území České republiky moc nemění, přesto se nesmí i na tyto hrozby zapomínat.

### **Administrativa**

V této kategorii byly nejvyšší hrozby v rámci lidské činnosti. Další rizika vyšli extrémní sucha, která by pro zaměstnance hlavně v letním období mohly znamenat dehydrataci nebo přehřátí organismu. Za zmínku také stojí epidemie. Dobrým příkladem je pandemie Covid-19, kdy se bazény musely zavřít.

### **Chlorovna**

V kategorii chlorovna byly nezranitelnější právě tlakové láhve s chlórem, kdy nejvyšší hrozbou byl opět lidský faktor. V tomto případě se jedná asi o nezranitelnější aktivum aquaparku. Důvodem je nedostatečné zabezpečení. Při možném vloupání a poškození vandalismem nebo teroristickým útokem může mít únik plynu fatální následky.

### **Potrubní rozvody**

Zde je nejvyšší hrozbou teroristický útok, kdy při útoku může dojít k úniku chlóru a k zamoření velkého rozsahu.

### **Vnitřní a vnější zóna**

U těchto aktiv jsou opět nejvyšší rizika právě u lidského faktoru, kdy může dojít k násilné trestné činnosti, vandalismu, teroristickému útoku nebo sabotáže. Z důvodu velkého počtu návštěvníků může dojít i ke krádežím, může se jednat o okrádání ostatních návštěvníků anebo vybavení v aquaparku. Tyto krádeže mohou mít vliv na špatné jméno objektu, kdy je možné pozorovat, že monitorování za pomoci bezpečnostních kamer je nedostatečné.

## 9 MODELOVÁ SITUACE HAVÁRIE S ÚNIKEM NEBEZPEČNÉ LÁTKY V AQUAPARKU VODNÍ RÁJ V JIHLAVĚ

Pro modelovou situaci byly vybrány SW nástroje pro modelování úniku nebezpečné látky TerEx a ALOHA, přičemž se dá použít i systém ROZEX, který ale pro studenty fakulty není tak dostupný.

V Jihlavě již simulace úniku chlóru jednou proběhla, jednalo se však o bazén Evžena Rosického. Tento bazén se nachází na stejnojmenné ulici Evžena Rosického, kdy hasiči vyjeli kolem osmé hodiny ranní do místa úniku poté, co zaměstnanci provozního bazénu zaznamenali zvukové signály od signalizátorů pro detekci chlóru. Taktické cvičení se konalo dne 8. listopadu 2019.

### 9.1 Scénář nehody

Dne 16. 4. 2023 v 10:00 hod. došlo k úniku chlóru v aquaparku Vodní ráj v Jihlavě v ulici Romana Havelky 5 A. Při výměně plynové láhve externím pracovníkem začal unikat chlór z důvodu poškozeného ventilu, pracovník následně upadl do bezvědomí. Únik zaznamenalo detekční čidlo, byl spuštěn alarm a zároveň odsávání chlóru z místa chlorovny. Při výměně byl přítomen i druhý zaměstnanec firmy, který ohlásil únik chlóru ve vnitřních i venkovních prostorách aquaparku. Mimořádnou událost oznámil na tísňovou linku druhý zaměstnanec externí firmy.

Tabulka 4 – Základní údaje o scénáři nehody. (vlastní zpracování)

Základní údaje	Hodnoty
Stát	ČR
Město:	Jihlava
Ulice:	Romana Havelky
Datum:	14. 4. 2023
Čas:	10:00 hod.
Souřadnice:	49.408344 N, 15.577499E
Charakter zasaženého prostředí:	obydlená oblast
Uniklá látka	Plynný chlór
Nadmořská výška	525 m. n. m.
Uniklé množství plynu	50 kg

Tabulka 5 – Základní meteorologické údaje. (vlastní zpracování)

Základní meteorologické údaje v okamžiku vzniku havárie	
Rychlost větru	1 km/h
Směr větru	Jihovýchodní
teplota vzduchu	8.6
Relativní vlhkost vzduchu	83 %
Pokrytí oblohy oblačností	7/8
Inverze	Bez inverze

## 9.2 Scénář řešení nehody

Dne 16. 4. 2023 v 10:00 hod. přijalo krajské operační informační středisko HZS kraje Vysočina zprávu na tísňovou linku 112 o úniku chlóru v Aquaparku v Jihlavě. Na místo zásahu okamžitě vyjela jednotka HZS kraje Vysočina s dvěma vozidly a chemickým automobilem. Cestou k místu zásahu jednotka kontrolovala povětrnostní podmínky.

Po příjezdu jednotek k místu zásahu se hasiči vybavili potřebným typem osobních ochranných prostředků, tedy ochranným protichemickým oblekem typu 1 A. Následně byly jednotky HZS rozděleny na skupiny. První skupina začala s výstavbou dekontaminačního zařízení a druhá skupina vytyčila nebezpečnou zónu. Na hranici nebezpečné zóny prováděla detekční průzkum. Třetí skupina vstoupila do objektu chlorovny a prováděla záchranu externího zaměstnance. Po záchraně a výstavbě dekontaminačního zařízení jedna skupina začala s provizorní opravou netěsnícího ventilu a druhá skupina zajistila přetlakový ventil s hydropohonem na skrápění v prostorách aquaparku.

Na základě jednotlivých průzkumů jsou předány informace ostatním subjektům a je vyhlášen třetí stupeň poplachu. Následovalo varování obyvatelstva hlasovým rozhlasem. Na základě dostupných údajů byla situace vymodelována v SW nástroji TerEx.

Na místo zásahu se dostaly další složky IZS zejména Policie České republiky (dále v textu jen „PČR“) a poskytovatelé zdravotnické záchranné služby (dále v textu jen „ZZS“). Velitel zásahu, v tomto případě příslušník HZS, nařídil PČR řízení dopravy a poskytovatelům ZZS poskytnout neodkladnou péči pro zraněné osoby po dekontaminaci NL.

Po zajištění zraněných a stabilizování chlóru byla provedena následná dekontaminace věcných prostředků a zásah byl v 11:30 hod. ukončen.



### 9.3 Modelování v nástroji ALOHA

Software ALOHA je součástí softwaru CAMEO. Sada CAMEO je aplikační balíček používaný pro nouzové plánování pro nebezpečné úniky. Softwarová sada byla vyvinuta společností US Environmental Protection Agency (dále v textu jen „EPA“) a National Oceanic and atmospheric Administration (dále v textu jen „NOAA“). Důvod pro vývoj bylo uznání agentury EPA, že pracovníci IZS jsou často omezeni nedostatkem informací o nebezpečných látkách. Navíc krizovým odborníkům chyběl nástroj k zaznamenání informací o MÚ. To je důležité hlavně pro snadný přístup k informacím, protože jsou pro nouzové plánování nepostradatelné.

#### Obsah softwarové sady CAMEO

- CAMEO Data Manager, nástroj pro správu databází a dat,
- CAMEO Chemicals, údaje o chemických reakcích a prediktor reaktivity,
- MARPLOT, mapovací aplikace pro odezvu, plánování a místní operační úkoly,
- ALOHA, regionální místa nebezpečných atmosfér. (US EPA, 2023)

#### Vstupní data pro práci v softwarovém nástroji ALOHA

Vstupní informace jsou při práci s programem ALOHA nesmírně důležité, bez těchto informací by samotná modelace nemohla vzniknout. Tyto data jsou: site data, chemical data, Atmospheric data, a Source Strength.

**Site data** – základní data, poloha místa úniku chlóru.

**Chemical data** – v této části se uvádí druhy nebezpečných látek v tomto případě chlór. Při zadání látky se vygeneruje molekulární hmotnost látky, bod varu, maximální koncentraci nebezpečné látky, která po expozici organismu v délce 30 minut nijak neohrozí a dále stanovení zóny ohrožení pro koncentraci látky v ovzduší po 60 minut s hodnotami: AEGL-1: 0,5 ppm, AEGL-2: 2 ppm, AEGL-3: 20 ppm.

**Atmospheric Data** – zde se uvádí meteorologická data (rychlost a směr větru, teplota vzduchu, oblačnost).

**Source Strength** – rozměry nádoby, množství látky v nádobě, teplota v nádobě, stupeň naplnění, velikost otvoru, ze kterého látka vychází.

### 9.3.1 Vstupní data

#### Základní data:

- Místo: Aquapark Vodní ráj Jihlava, Česká republika
- Datum: 14. 4. 2023                      čas: 10:00 hod.                      časové pásmo: -2 hod.
- GPS souřadnice: 49.408344 N, 15.577499E
- Stupeň výměny vzduchu v budovách 1,3 hod.

#### Chemická data: Chlór

#### Meteorologická data:

- Směr větru: Jihovýchod
- Rychlost větru: 1 m/s
- Výška měření: 0
- Typ povrchu: město/les
- Oblačnost: 7/8
- Teplota vzduchu: 8,3 °C
- Třída stability atmosféry: B
- Inverze: neprobíhá
- Relativní vlhkost vzduchu: 83 %

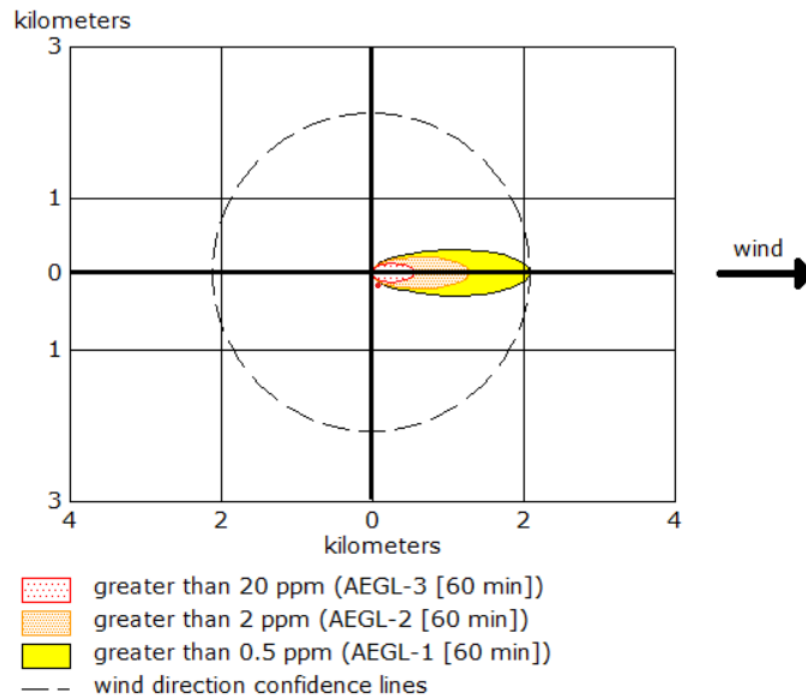
#### Data o zdroji:

- Přímý a jednorázový únik
- množství uniklé látky: 50 kg
- Výška úniku: 0 m

#### Nebezpečná zóna:

Model Run: Heavy Gas

- Červená zóna: 495 m → (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
- Oranžová zóna: 1 205 m → (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
- Žlutá zóna: 2 575 m → (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])



Obrázek 15 – Graf znázorňující nebezpečnou zónu v programu ALOHA. (vlastní zpracování)



Obrázek 14 – Zasažená oblast v programu MARPLOT. (vlastní zpracování)

### 9.3.2 Výsledky softwarového nástroje ALOHA

Po zadání všech údajů se musí zadané hodnoty převést do softwaru MARPLOT. Tento software slouží ke geografickému zobrazení místa úniku na mapě. V tomto případě, kdy unikalo 50 kg chlóru po dobu 1 minuty, byla vytyčena červená zóna (nebezpečná zóna) 494 m, oranžová zóna (zóna ohrožení) 1 204 m, žlutá zóna (doporučený průzkum). V oblasti nebezpečné zóny by musela být evakuována část průmyslové zóny, kam spadají společnosti Bosch Diesle s.r.o., Katres spol. s.r.o., SAPELI as. výrobní závod. Kromě základního scénáře úniku jsou připraveny i další možnosti, a to únik NL pro 100 kg, 150 kg a 200 kg.

Tabulka 6 – Výsledky softwarového nástroje ALOHA. (vlastní zpracování)

Uniklé množství chlóru	Nebezpečná zóna	Ohrožená zóna	Doporučený průzkum
50 kg	494 m	1.2 km	2,5 km
100 kg	613 m	1.5 km	3,7 km
150 kg	683 m	1.6 km	4 km
200 kg	750 m	1.77 km	4.5 km

#### SITE DATA:

Location: AQUAPARK VODNI RAJ JIHLAVA, CZECH REPUBLIC  
 Building Air Exchanges Per Hour: 1.3 (user specified)  
 Time: April 14, 2023 1000 hours DST (user specified)

#### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CHLORINE  
 CAS Number: 7782-50-5 Molecular Weight: 70.91 g/mol  
 AEGL-1 (60 min): 0.5 mg/(cu m) AEGL-2 (60 min): 2 ppm AEGL-3 (60 min): 20 ppm  
 IDLH: 10 ppm  
 Ambient Boiling Point: -35.4° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

#### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1 meters/second from SE at 10 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 7 tenths  
 Air Temperature: 8.6° C Stability Class: B  
 No Inversion Height Relative Humidity: 83%

#### SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 50 kilograms Source Height: 0  
 Release Duration: 1 minute  
 Release Rate: 833 grams/sec  
 Total Amount Released: 50.0 kilograms  
 Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

Obrázek 16 – Textové údaje o úniku chlóru ze softwaru ALOHA. (vlastní zpracování)

## 9.4 Modelování v nástroji TerEx

Softwarový nástroj TerEx (Terrorist Expert) byl vyvinut společností T-soft pro rychlé posouzení účinků a následků nebezpečné látky nebo výbušných systémů zejména v případě jejich zneužití. Během modelování je nástroj uzpůsoben k přesunu na mapový podklad. Spolu se softwarem ROZEX je jedním z nejpoužívanějších programovacích nástrojů v ČR. SW nástroj dokáže vymodelovat výsledný model i bez některých dat. (T-SOFT a.s., © 2017)

### Vstupní údaje při práci v softwaru TerEx

Při otevření nástroje TerEx lze vidět hned několik rozdílů. V hlavní nabídce při výběru „nové“ se zobrazí vstupní data, kterých je do značné míry méně. Tyto data jsou havarijní model a látka. Po vyplnění těchto dvou údajů se zobrazí havarijní parametry.

**Látka** – v této části se uvádí druhy nebezpečných látek v tomto případě chlór.

**Havarijní model** – v této části se uvádí modely havárií, které jsou například PUFF – jednorázový únik plynu do oblak nebo jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku nebo JET FIRE – destrukční masivní únik plynu se zahořením.

**Havarijní parametry** – zde se ostatní vstupní data odvíjejí od zadaného havarijního modelu. Pokud je havarijním modelem model PUFF, tak SW nástroj TerEx vybere nejdůležitějších havarijních parametrů, které jsou v tomto případě: uniklé množství, teplota látky, rychlost větru, zde je zataženo, doba vzniku a povrch.

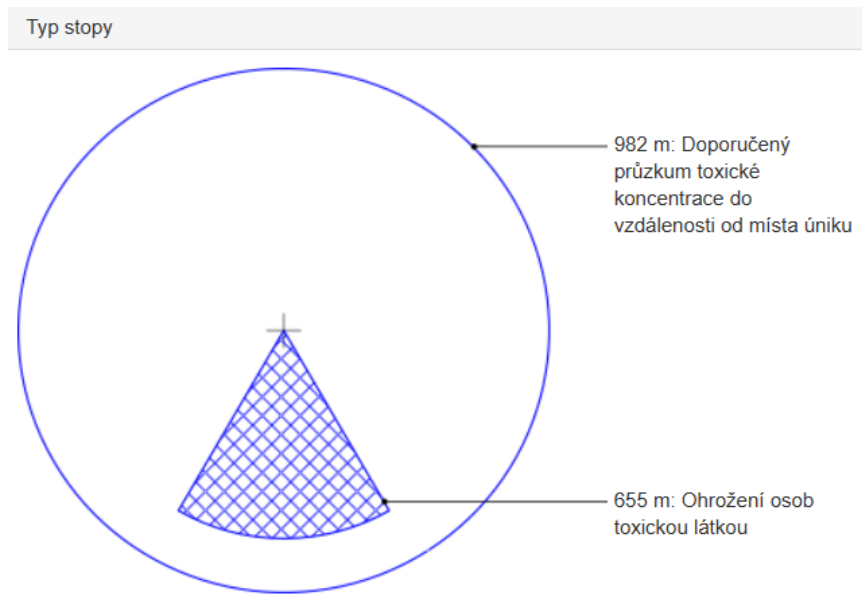
#### 9.4.1 Vstupní data

**Havarijní model:** PUFF – jednorázového úniku plynu software

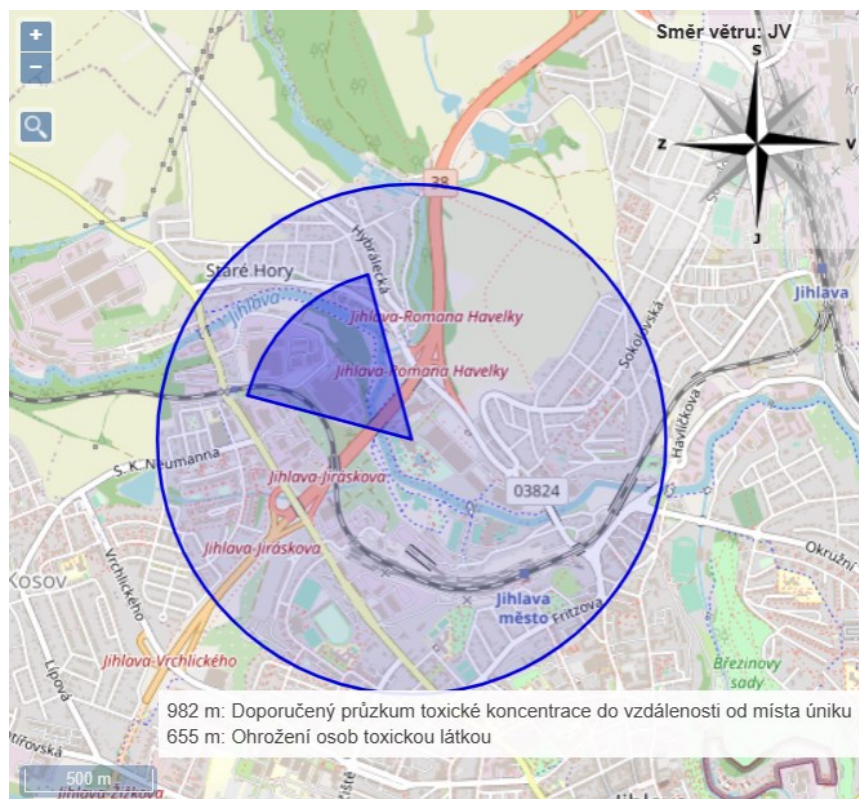
**Látka:** Chlór

**Havarijní parametry:**

- Uniklé množství: 50 kg
- Teplota látky: 19 °C
- Rychlost větru: 1 m/s
- Zataženo: 83 %
- Doba vzniku: Jaro
- Povrch: obytná zóna



Obrázek 18 – Ohrožení osob toxickou látkou. (vlastní zpracování)



Obrázek 17 – Zasažená oblast v programu TerEx. (vlastní zpracování)

#### 9.4.2 Výsledky softwarového nástroje TerEx

Po zadání všech údajů systém TerEx dále zjistil izometrii, která byla v danou chvíli neutrální. Dále vypočítal ohrožení osob toxickou látkou, která činila 655 m (koncentrace 28,95 mg/m<sup>3</sup>) a doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku, která činila 982 m (koncentrace: 9,54 mg/m<sup>3</sup>). Jako poslední SW nástroj TerEx zjistil nulovou hodnotu exotermního projevu UVCE a Flash Fire hodnocené látky. Po vnesení výsledné modelace do mapy byla nebezpečná zóna vytyčena a k evakuovaným objektům by se opět řadila průmyslová zóna, ale také obytné části v ulici Romana Havelky. Pro výsledné porovnání obou softwarů byla opět provedena opakovaná modelace při úniku NL pro množství 100 kg, 150 kg a 200 kg.

Tabulka 7 – Výsledky softwarového nástroje TerEx. (vlastní zpracování)

Uniklé množství chlóru	Doporučený průzkum toxické látky	Ohrožení osob toxickou látkou
50 kg	982 m	655 m
100 kg	1266 m	844 m
150 kg	1467 m	978 m
200 kg	1629 m	1086 m

##### Vstupní parametry

Látka  
**chlor**

Celkové množství uniklé kapaliny  
**50 kg**

Rychlost větru v přízemní vrstvě  
**1 m/s**

Pokrytí oblohy oblaky  
**83 %**

Doba vzniku a průběhu havárie  
**Den - jaro**

Typ atmosférické stálosti  
**Izotermie - neutrální**

Typ povrchu ve směru šíření látky  
**Obytná krajina**

##### Výsledek výpočtu

Ohrožení osob toxickou látkou  
**655 m**  
**[Koncentrace: 28,95 mg/m<sup>3</sup>]**

Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku  
**982 m**  
**[Koncentrace: 9,54 mg/m<sup>3</sup>]**

**Hodnocená látka nemá při havarijním úniku exotermní projevy typu UVCE a Flash Fire**

Obrázek 19 – Vstupní údaje v softwarovém nástroji TerEx. (vlastní zpracování)

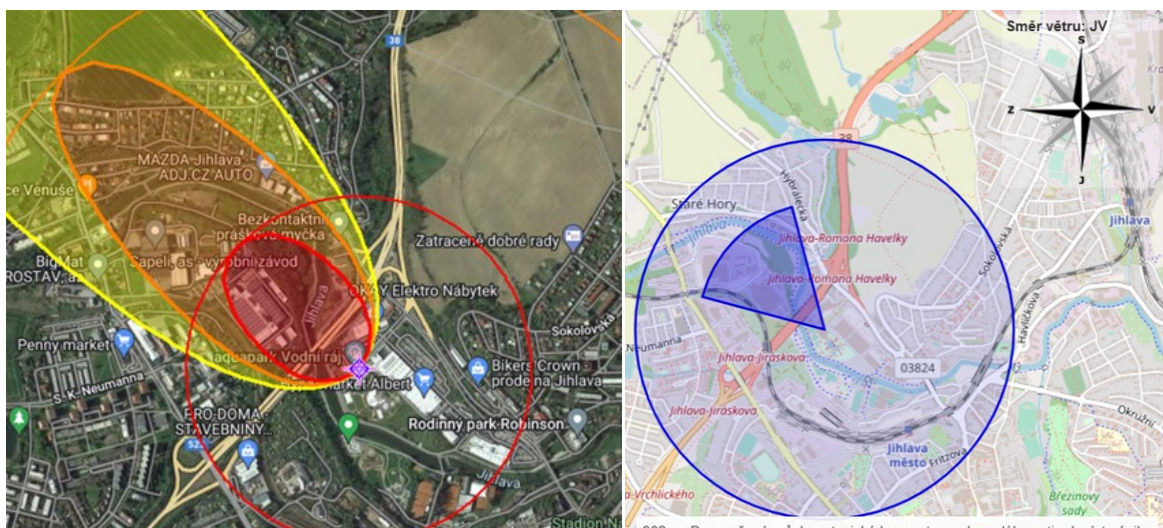
## 9.5 KOMPARACE SOFTWARE ALOHA A TEREX

### ALOHA

Softwarový nástroj ALOHA je americký software, tudíž vše v něm je v angličtině. Pro člověka, který neumí anglický jazyk, může být tohle prvním problémem při modelování v tomto nástroji. Naproti tomu nástroj TerEx je plně v češtině. Je možné ho přepnout i do jazyka anglického. Při modelování v nástroji ALOHA se musí stáhnout i SW nástroj MARPLOT, bez kterého by následná výstupní data nemohla být přenesena do geografické podoby. Naproti tomu nástroj TerEx umožňuje bez dalších SW nástrojů výstupní data přenést do geografické podoby. Na první pohled se zdá SW nástroj ALOHA i poněkud zastaralý oproti nástroji TerEx.

Modelování v obou SW nástrojích není nijak složité, nicméně při modelování v nástroji ALOHA je nutné znát více informací než v SW nástroji TerEx. Například je potřeba vědět, zda byla inverze nebo jaká je výška úniku atd. Pokud tyto informace nejsou známy, nástroj nedokáže dále modelovat. Pro práci v nástroji TerEx je potřeba znát jen minimum informací. Při modelování v SW nástroji ALOHA je menší výběr nebezpečných látek než v SW nástroji TerEx. V SW nástroji TerEx se dají však tyto neznámé látky v nástroji modifikovat.

Samotné výstupy jsou v obou případech velmi rozdílné. V SW nástroji TerEx jsou dvě nebezpečné zóny, a to ohrožení osob toxickou látkou a doporučený průzkum. Naopak v SW nástroji ALOHA jsou nebezpečné zóny tři, a to nebezpečná zóna, zóna ohrožení a zóna průzkumu. Rozdíl výstupů je i v tvaru ohrožených zón. V SW nástroji TerEx je zóna ohrožení osob toxickou látkou kruhová výseč a kruh pro doporučený průzkum. V SW nástroji ALOHA jsou všechny zóny tvaru kruhové výseče.



Obrázek 20 – Porovnání modelu ALOHA a TerEx. (vlastní zpracování)



### Porovnání výsledků softwarových nástrojů

Porovnání výsledků v softwarových nástrojích ALOHA a TerEx při hlavním scénáři jednorázového úniku 50 kg chlóru v aquaparku Vodní ráj v Jihlavě jsou vidět v tabulce níže. V tabulce nebude zobrazena ohrožená zóna, protože software TerEx touto zónou nedisponuje.

Tabulka 8 – Porovnání hlavního scénáře havárie. (vlastní zpracování)

Uniklé množství chlóru	Ohrožené osoby toxic- kou látkou		Doporučený průzkum	
	TerEx	ALOHA	TerEx	ALOHA
50 kg	655 m	495 m	982 m	2 500 m

Při porovnání jsou jasně vidět rozdíly ať již v ohrožení osob toxic-  
kou látkou, tak i v doporučeném průzkumu. Další porovnání budou provedena mezi ostatními modelovými situacemi, a to mezi únikem 100 kg, 150 kg, 200 kg chlóru.

Tabulka 9 – Porovnání ostatních scénářů havárie. (vlastní zpracování)

Uniklé množství chlóru	Ohrožené osoby toxic- kou látkou		Doporučený průzkum	
	TerEx	ALOHA	TerEx	ALOHA
100 kg	844 m	613 m	1 266 m	3 700 m
150 kg	978 m	683 m	1 467 m	4 000 m
200 kg	1 086 m	750 m	1 629 m	4 500 m

Únik tohoto množství, kdy je příčinou poškozený ventil, je však velmi nepravděpodobný. Tyto modelové situace by mohly nastat v případě teroristického útoku nebo například úmyslného otevření ventilů.

## 9.6 Návrh ke zlepšení stávající situace Aquapark vodní ráj v Jihlavě

Z výše uvedené analýzy rizik bylo zjištěno, že nejvyšší riziko je právě lidský faktor. S tím je spojená i hrozba s názvem, havárie s únikem nebezpečné látky“. Samotná rizika nelze eliminovat, ale pouze snížit. Riziko lidského faktoru lze snížit prevencí. Při práci s nebezpečnými látkami je prevence zásadní. Důležité pro prevenci je seznámení s danou látkou. Je třeba vědět jaké jsou její vlastnosti a také znát možnosti, jak s ní manipulovat. S tím souvisí informovanost obyvatel při úniku nebezpečné látky.

Návrhem tedy je:

- Zajistit školení zaměstnanců se zacházením s nebezpečnou látkou, které by mělo být alespoň jednou ročně.
- Procvičit evakuaci objektu v případě úniku nebezpečné látky.
- Provádět kontroly a revize jednotlivých tlakových lahví před samotným zapojením, vizuální kontrolu samotných tlakových lahví, protože příčina úniku by mohla být například poškozený ventil, výskyt koroze atd.
- Používat při manipulaci s tlakovými lahvemi osobní ochranné prostředky např: pracovní obuv, rukavice, ochranný plášť, popř. ochranné brýle.
- Dodržovat stanovené postupy.

Další opatření se týká HZS kraje Vysočina, který by minimálně jednou za dva roky měl zorganizovat taktické cvičení úniku chlóru v tomto objektu a nacvičit s návštěvníky a personálem následnou evakuaci.

Při úniku NL však není v ohrožení jen samotný aquapark, ale také ostatní objekty v okolí, které byly zobrazeny modelováním v softwarových nástrojích TerEx a ALOHA. V případě jiných povětrnostních podmínek se ohrožené objekty mohou lišit. Z toho důvodu by bylo namísto seznámit ostatní obyvatele, kteří žijí nebo pracují v okolí objektu, o případném úniku nebezpečné látky.

Pro povědomí občanů je vhodné vytvořit informativní leták, který bude ve dvou provedeních. Online forma je určena pro mladší generaci. Pro tu starší generaci budou letáky vyvěšeny za vchodovými dveřmi do jednotlivých budov nebo na nástěnce, pokud ji daný objekt má. Dále také je možnost vyvěsit informativní leták na úřední desce městského úřadu.

Tento leták (viz Příloha III) obsahuje základní informace:

- Prevence: ochrana proti následnému kontaktu s chlórem, například ochrana horních a dolních cesty dýchací nebo očí.
- Varování: všeobecná výstraha s tísňovou informací „chemická havárie“.
- Činnost po varování: utěsnění dveří a oken pro zamezení vniknutí chlóru do objektů.
- Důležité kontakty: 150, 155, 158 a 112.

## ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na modelování havárie s únikem nebezpečné látky. Zejména se jednalo o únik chlóru v objektu aquaparku Vodní ráj v Jihlavě z místní chlorovny při manipulaci s poškozenou tlakovou láhví. Hlavním cílem bakalářské práce bylo na základě provedené případové studie navrhnout případné změny a návrhy ke zlepšení stávajícího stavu v problematice havárie s únikem nebezpečné látky. Ke splnění hlavního cíle byly stanoveny následující dílčí cíle: na základě dostupných zdrojů zpracovat teoretické poznatky a teoretická východiska, dále vypracovat případovou studii u havárie s únikem nebezpečné látky pomocí zvolených softwarových nástrojů a následně porovnat jejich vzájemné výstupy. Stanovené cíle bakalářské práce byly splněny.

V teoretické části byl definován integrovaný záchranný systém, jeho základní a ostatní složky a s ním související bojový řád jednotek požární ochrany, zejména na zásah s přítomností nebezpečné látky. Druhá kapitola se zabývala mimořádnou událostí, a to jeho definicí a jednotlivými druhy mimořádných událostí. Zde je popsáno rozdělení mimořádných událostí na naturogenní a antropogenní. Na kapitolu mimořádných událostí navazuje třetí kapitola zabývající se haváriemi. V kapitole o haváriích byly uvedeny příklady havárií ve světě a v České republice, kde byly zmíněny i statistické údaje o haváriích s únikem nebezpečných látek. Také zde byla zmíněna prevence závažných havárií. Čtvrtá kapitola pojednávala o nebezpečných látkách, o jejich vlastnostech, rozdělení a označení dle evropské směrnice ES 1272/2008. V další části jsou řešeny normy týkající se problematiky nebezpečných látek, a to hlavně v rámci Evropské unie a České republiky. V poslední kapitole teoretické části byly zmíněny jednotlivé softwarové nástroje zaměřené na modelování úniku nebezpečné látky a na modelaci evakuace osob.

V praktické části byl popsán objekt aquapark Vodní ráj v Jihlavě. Následovala analýza rizik pro zmíněný objekt pomocí softwarového nástroje RISKAN. Na základě analýzy rizik byl dále vytvořen scénář úniku nebezpečné látky, tedy chlóru. Pomocí softwarových nástrojů TerEx a ALOHA byla provedena modelová situace úniku nebezpečné látky. Po vypracování hlavního scénáře byly následně modelovány další scénáře se zvýšeným množstvím uniklé nebezpečné látky. Jednotlivé softwarové nástroje byly mezi sebou komparovány za pomoci jednotlivých výsledků scénáře. V poslední kapitole praktické části byly předloženy návrhy na zlepšení stávající situace v aquaparku Vodní ráj v Jihlavě. Návrh se zaměřoval na dvě oblasti. První část návrhu se zabývala situací v objektu, což se týká zejména zaměstnanců objektu. V návrhu jsou řešeny pokyny pro zaměstnance, a to na školení, revize a kontrola

tlakových lahví, ochranné pomůcky při manipulaci s chlórem. V druhé části návrhu byly předloženy pokyny pro ostatní obyvatele nacházející se v okolí aquaparku. Pokyny obsahovaly prevenci při zasažení nebezpečné látky chlórem, varování, činnosti po varování a důležité kontakty.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

COBB, Michael, Copyright 2000–2023. Threat modeling. *Security information* [online]. New York: Techtarget [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searchsecurity/definition/threat-modeling?fbclid=IwAR1senRA44Aj9tr1OAXo0j-ymIvG-pTOu39JHSLAEabh15JyvL2FZRfiGP5U>

ČESKO, 2000. Zákon č. 239/2000 Sb., Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 73/2000.

ČESKO, 2011. Zákon č. 350/2011 Sb., Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 122/2011.

ČESKO, 2015. 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: *Sbírka zákonů České republiky*. 93/2015.

ČESKÝ ROZHLAS, 2023. Vývoj událostí kolem úniků škodlivých látek do Bečvy. *Český rozhlas Zlín* [online]. Zlín: Český rozhlas [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://zlin.rozhlas.cz/vyvoj-udalosti-kolem-uniku-skodlivych-latek-do-becvy-8393819>

EAVR, 2023. EXODUS SOFTWARE. *EAVR* [online]. Malaysia: WordPress.com [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://eavr.wordpress.com/exodus/>

ESR TECHNOLOGY, 2023. EGRESS. *ESR Technology* [online]. Warrington, Cheshire: ESR Technology [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.esrtechnology.com/index.php/egress>

HORÁKOVÁ, Vendula, 2012. Ze cvičení v aquacentru jeli hasiči k ostrému výjezdu. *Požáry.cz* [online]. Pardubice: HZS pardubický kraje [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/56358-ze-cviceni-v-aquacentru-jeli-hasici-k-ostremu-vyjezdu/>

HRDLIČKA, Michal, 2012. V Podbořanech došlo na veřejném koupališti k úniku chlóru, naštěstí jen cvičně. *Požáry.cz* [online]. Ústecký kraj: Požáry.cz [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/59894-v-podboranech-doslo-na-verejnem-koupalisti-k-uniku-chloru-nastesti-jen-cvicne/>

KODYSOVÁ, Jana, 2014. Vodní ráj se nerodil snadno. Nyní je druhou nejnavštěvovanější atrakcí. *Deník.cz* [online]. Jihlava: VLTAVA LABE MEDIA [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: [https://jihlavsky.denik.cz/zpravy\\_region/vodni-raj-se-nerodil-snadno-nyni-je-druhou-nejnavstevovanejsi-atrakci-20141031.html](https://jihlavsky.denik.cz/zpravy_region/vodni-raj-se-nerodil-snadno-nyni-je-druhou-nejnavstevovanejsi-atrakci-20141031.html)

KONEČNÝ, Pavel a Jiří MILETÍN, 2023. Všeobecné předpisy a předpisy související s přepravou nebezpečných věcí. *Profesní informace pro silniční nákladní dopravu a logistiku* [online]. Praha: Verlag Dashöfer, nakladatelství, spol. s r. o [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: [https://www.dlprofi.cz/33/vseobecne-predpisy-a-predpisy-souvisejici-s-prepravou-nebezpecnych-veci-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EvxbFIvwckMLMF0SRgJG\\_1c/](https://www.dlprofi.cz/33/vseobecne-predpisy-a-predpisy-souvisejici-s-prepravou-nebezpecnych-veci-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EvxbFIvwckMLMF0SRgJG_1c/)

LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ, 2013. *Nebezpečné chemické látky a směsi*. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí. Recetox. ISBN 978-80-210-6475-1.

MAGISTRÁT HMP, 2023. Prevence závažných havárií. *Bezpečnostní portál Magistrátu hl. m. Prahy* [online]. Praha: Magistrát HMP [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://bezpecnost.praha.eu/clanky/prevence-zavaznych-havarii>

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

MV-GŘ HZS ČR, 2023a. Nebezpečné látky. *HZS Moravskoslezského kraje* [online]. Ostrava: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/nebezpecne-latky.aspx>

MV-GŘ HZS ČR, 2023b. Nebezpečné látky – Chlor. *HZS Moravskoslezského kraje* [online]. Ostrava: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/nebezpecne-latky.aspx?q=Y2hudW09OA%3d%3d>

MV-GŘ HZS ČR, 2023c. Prevence závažných havárií. *HZS hlavního města Prahy* [online]. Praha: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/krizove-rizeni-a-cnp-prevence-zavaznych-havarii-prevence-zavaznych-havarii.aspx>

NADĚLNÍKOVÁ, Hana, 2022. *Statistická ročenka 2022 Česká republika* [online]. Praha: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx>

NÁDVORNÍKOVÁ, Iveta, 2020. V poličce unikl ve firmě čpavek. *Svitavský deník* [online]. Svitavy: VLTAVA LABE MEDIA a.s [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://svitavsky.denik.cz/nehody/v-policce-unikl-ve-firme-cpavek-20200528.html>

PETRLÍK, RNDr. Jidřich a Ing. Petr VÁLEK, 2022. Chlór. *Arnika.org* [online]. Praha: Arnika [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/chlor>

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

PRINC, Ivan. Mimořádné události a krizové situace [přednáška]. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2022 [cit. 2023-04-07]

SERC, 2023. What is model. *Starting point* [online]. Northfield: Starting Point [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://serc.carleton.edu/introgeo/models/WhatIsAModel.html> VILÁŠEK, Josef, Miloš FIALA a David VONDRÁŠEK, 2014. Integrovaný záchranný systém ČR na počátku 21. století. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2477-8.

SKŘEHOT, Petr et al., 2014. Havárie a nehody. *Portál BOZP* [online]. ERGOWORK [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: [http://www.portalbozp.cz/wp-content/uploads/2014/09/Prevence-nehod-a-havarii\\_2.dil\\_Kapitola-4.pdf](http://www.portalbozp.cz/wp-content/uploads/2014/09/Prevence-nehod-a-havarii_2.dil_Kapitola-4.pdf)

SKŘEHOT, Petr, 2018. *Rozptyl těžkého plynu v atmosféře: teorie – modely – experimenty*. V Praze: T-SOFT. ISBN 978-80-905401-2-5.

SLUŽBY MĚSTA JIHLAVA, 2023. Krytý bazén. *Aquapark Vodní ráj* [online]. Jihlava: SLUŽBY MĚSTA JIHLAVY [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://www.vodniraj.cz/kryty-bazen/>

SLUŽBY MĚSTA JIHLAVA, 2023. Venkovní koupaliště. *Aquapark Vodní ráj* [online]. Jihlava: SLUŽBY MĚSTA JIHLAVY [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://www.vodniraj.cz/venkovni-koupaliste/>

ŠAUR, David, 2014. Využití Informační Podpory Pro Krizové Řízení. *Trilobit* [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <http://trilobit.fai.utb.cz/vyuziti-informacni-podpory-pro-krizove-rizeni>

TLP SOLUTIONS, SPOL. S R.O., 2020. Software ROZEX. *Software ROZEX-TLP Solutions* [online]. Praha: TLP Solutions, spol. s r.o. [cit. 2022-11-13]. Dostupné z: <https://www.tlp-solutions.cz/produkty/software-rozex/>

T-SOFT A.S., 2017. TEREX – TERoristický Expert. *This is IT! T-SOFT* [online]. Praha: T-SOFT [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://tsoft.cz/teroristicky-expert/>

TUTORIALS POINT, © 2023. Modelling & Simulation Tutorial. *Online Courses and eBooks Library* [online]. Kavuri Hills: Tutorials Point [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: [https://www.tutorialspoint.com/modelling\\_and\\_simulation/index.htm](https://www.tutorialspoint.com/modelling_and_simulation/index.htm)

US EPA, 2022. Aloha software. *U. S. Environmental protection agency* [online]. Washington D.C.: United States government [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>

US EPA, 2023. What is the CAMEO software suite?. *U.S. Environmental protection agency* [online]. Washington, D.C.: United States government [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/what-cameo-software-suite>

VIČAR, Dušan, Ivan PRINC a Otakar MIKA, 2020. *Jaderné, radiologické a chemické zbraně, radiační a chemické havárie* [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně [cit. 2023-03-20]. ISBN 978-80-7454-947-2. Dostupné z: [https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/45934/Jaderne\\_radiologicke\\_a\\_chemicke\\_zbrane\\_radiacni\\_a\\_chemicke\\_havarie\\_2020.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/45934/Jaderne_radiologicke_a_chemicke_zbrane_radiacni_a_chemicke_havarie_2020.pdf?sequence=3&isAllowed=y)



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CLP	Nařízení EU 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí
ČR	Česká republika
EPA	Agentura pro ochranu životního prostředí
EU	Evropská unie
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor ČR
IZS	Integrovaný záchranný systém
MV-GŘ HZS ČR	Ministerstvo vnitra – generální ředitelství hasičského záchranného sboru ČR
NL	Nebezpečná látka
NOAA	Národní úřad pro oceán a atmosféru
OSN	Organizace spojených národů
PFO	Podnikající fyzické osoby
PO	Právnícké osoby
PVC	Polyvinylchlorid
REACH	Registrace, hodnocení, povolování a omezování chemických látek
SW nástroj	Softwarový nástroj
USA	Spojené státy americké

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 – Schématické rozdělení MÚ. (Princ, 2022) .....	14
Obrázek 2 – Heinrichova pyramida. (Skřehot et al., 2014) .....	16
Obrázek 3 – Výstražné symboly dle ES 1272/2008. (MV-GŘ HZS ČR, 2023a).....	23
Obrázek 4 – Vzor štítku dle ES 1272/2008. (MV-GŘ HZS ČR, 2023a).....	23
Obrázek 5 – Modelování úniku nebezpečné látky. (TLP Solutions, spol. s r.o., 2020) .....	28
Obrázek 6 – Zóna ohrožení. (ALOHA software, 2022) .....	29
Obrázek 7 – Geografické umístění aquaparku a okolních objektů. (vlastní zpracování) ....	32
Obrázek 8 – Značení chlóru. (MV-GŘ HZS ČR, 2023b).....	33
Obrázek 9 – Tlakové láhve v chlorovně v aquaparku Jihlavy. (vlastní).....	34
Obrázek 10 – Výsledné riziko. (vlastní zpracování).....	36
Obrázek 11 – Hodnota aktiva. (vlastní zpracování) .....	36
Obrázek 12 – Pravděpodobnost hrozby. (vlastní zpracování) .....	36
Obrázek 13 – Ukázka ze softwaru Riskan. (Šaur, 2014) .....	37
Obrázek 14 – Graf znázorňující nebezpečnou zónu v programu ALOHA. (vlastní zpracování).....	43
Obrázek 15 – Zasažená oblast v programu MARPLOT. (vlastní zpracování).....	43
Obrázek 16 – Textové údaje o úniku chlóru ze softwaru ALOHA. (vlastní zpracování) .	44
Obrázek 17 – Zasažená oblast v programu TerEx. (vlastní zpracování) .....	46
Obrázek 18 – Ohrožení osob toxickou látkou. (vlastní zpracování).....	46
Obrázek 19 – Vstupní údaje v softwarovém nástroji TerEx. (vlastní zpracování).....	47
Obrázek 20 – Porovnání modelu ALOHA a TerEx. (vlastní zpracování).....	48

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 – Statistika havárií od roku 2018 do roku 2022. (Nadělníková, 2022).....	20
Tabulka 2 – Základní údaje. (vlastní zpracování).....	32
Tabulka 3 – Zvolená aktiva. (vlastní zpracování).....	37
Tabulka 4 – Základní údaje o scénáři nehody. (vlastní zpracování) .....	39
Tabulka 5 – Základní meteorologické údaje. (vlastní zpracování).....	40
Tabulka 6 – Výsledky softwarového nástroje ALOHA. (vlastní zpracování).....	44
Tabulka 7 – Výsledky softwarového nástroje TerEx. (vlastní zpracování).....	47
Tabulka 8 – Porovnání hlavního scénáře havárie. (vlastní zpracování) .....	49
Tabulka 9 – Porovnání ostatních scénářů havárie. (vlastní zpracování).....	49

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha P I: Zadání do softwaru RISKAN

Příloha P II: Výsledky softwarového nástroje RISKAN

Příloha P III: Informační leták

# PŘÍLOHA P I: ZADÁNÍ DO SOFTWARE RISKAN

Uživatel: k\_kvas

Subjekt: Subjekt / Test

## Profil

Na stránce byly provedeny změny, které nebyly uloženy.

**Uložit** **Tisk** **Zavřít**

Analýza \* Student

Název \* analýza rizik aquapark

Aktiva

Hrozby

Rozsah hodnot aktiv \* A.Rozsah aktiv 0-5

Rozsah pravděpodobností hrozeb \* A.Rozsah hrozeb 0-6

Rozsah zranitelností \* A.Rozsah aktiv 0-5

Dílčí hodnoty aktiv

Dílčí hodnoty hrozeb

Maximální hodnota \* 90

Dolní mez červené \* 60

Dolní mez oranžové \* 30



## PŘÍLOHA P III: INFORMATIVNÍ LETÁK

# INFORMATIVNÍ LETÁK

## »» ÚNIK CHLÓRU ««

### VAROVÁNÍ A INFORMOVÁNÍ OBYVATEL:

Při zaznění signálu sirén „Všeobecná výstraha“ – kolísavý tón po dobu 140 sekund, dále tísňová informace „chemická havárie“ je nutné sledovat vysílání ČT a Českého rozhlasu!

### ČINNOST PO VAROVÁNÍ:

Ochrana osob v budově, nepobývat ve sklepech, neopouštět budovu.

Uzavřít dveře, okna, vypnout ventilaci.

Ochrana dýchacích cest – osobní ochranné prostředky, možnost i improvizovaných ochranných prostředků.

### PRVNÍ POMOC:



**155**

Zasažené oči proplachovat vodou 10–15 minut.

Pokud dotyčná osoba nedýchá a nekomunikuje, zahájit resuscitaci.

### DŮLEŽITÉ TELEFONNÍ ČÍSLA:

**150 155 158 156 112**