



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Analýza rizik Aquaparku Slaný a modelace úniku chloru

Risk Assessment of the Aquapark Slaný and Modeling Chlorine Leakage

Bakalářská práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Plánování a řízení krizových situací

Autor bakalářské práce: Jaroslav Tirol
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Hana Petřeková

Kladno, 2021



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Tirol** Jméno: **Jaroslav** Osobní číslo: **483118**
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 rizik Aquaparku Slaný a modelace úniku chloru

Název bakalářské práce anglicky:

Risk Assessment of the Aquapark Slaný and Modeling Chlorine Leakage

Pokyny pro vypracování:

Bakalářská práce se bude věnovat analýze rizik Aquaparku Slaný a modelaci úniku chloru. Teoretická část bude obsahovat popis areálu aquaparku, popis skladovaných chemických látek, včetně jejich zabezpečení a popis možných metod analýzy rizik. V praktické části bude provedena analýza rizik zmíněného objektu a modelace úniku chloru pomocí softwarových nástrojů Terex a Aloha. Následovat bude komparace výsledků jednotlivých modelací a jejich popis. Cílem práce bude stanovit rizika Aquaparku Slaný a určit zónu ohrožení v případě úniku chloru.

Seznam doporučené literatury:

- [1] PROCHÁZKOVÁ, Dana, Analýza a řízení rizik, ed. 1, V Praze: České vysoké učení technické, 2011, ISBN 978-80-01-04841-2
- [2] Kol. autorů, Ochrana obyvatelstva a krizové řízení, ed. 1, MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015, 322 s., ISBN 978-80-86466-62-0
- [3] KROUPA, Miroslav, Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek: příručka pro orgány státní správy, územní samosprávy, právnické osoby a podnikající fyzické osoby a obyvatelstvo, Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2004, ISBN 80-866-4023-X


Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:


Ing. Hana Petřeková

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2022**


doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
podpis děkana(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Analýza rizik Aquaparku Slaný a modelace úniku chloru vypracoval 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 06.05.2021

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí práce, paní Ing. Haně Petřekové, za její odborné rady a veškerou pomoc při zpracování práce. Dále bych chtěl poděkovat provoznímu mistrovi Aquaparku Slaný, panu Tomášovi Mištovi, za poskytnutí veškerých informací, které byly nedílnou součástí pro zpracování bakalářské práce. V neposlední řadě bych chtěl také poděkovat mé rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá analýzou rizik Aquaparku Slaný a modelací úniku chloru.

Teoretická část se zabývá popisem budovy Aquaparku Slaný, dále integrovanému záchrannému systému, včetně popisu základních složek, které by zasahovaly v případě vzniku mimořádné události v podobě úniku chloru z aquaparku. Dále jsou zde popsány nejrůznější analýzy rizik a skladované chemické látky v aquaparku.

V praktické části bakalářské práce jsou uvedeny informace o poloze Aquaparku Slaný. Dále je zde zpracována analýza rizik, pro kterou byla zvolena metoda SWOT. Tato analýza obsahuje slabé stránky, silné stránky, hrozby a příležitosti, které jsou dále rozvedené v textu. Touto analýzou jsou stanovena rizika pro budovu Aquaparku Slaný.

Nedílnou součástí této práce je modelace úniku chloru z Aquaparku Slaný pomocí softwarových programů TerEx a Aloha. Výsledkem těchto modelací vznikly zóny ohrožení zakreslené v mapě. U výstupů z těchto simulací jsou popsány budovy, kterých by se únik chloru týkal a musely se evakuovat. Tyto výsledky jsou dále porovnány s jinou závěrečnou prací, která se zabývá taktéž únikem nebezpečné chemické látky z aquaparku.

Cílem této práce bylo stanovit rizika Aquaparku Slaný a určit zónu ohrožení v případě úniku chloru. Dalším úkolem byla komparace výsledků modelací a jejich popis.

Klíčová slova

Aquapark Slaný; chlor; nebezpečná chemická látka; integrovaný záchranný systém; analýza rizik; softwarový program TerEx; softwarový program Aloha

ABSTRACT

This work deals with the risk analysis of Aquapark Slaný and the modeling of chlorine leakage.

The theoretical part deals with the description of the building of Aquapark Slaný, as well as the Integrated Rescue System, including a description of the basic components that would intervene in the event of an emergency in the form of chlorine leakage from the aquapark. Furthermore, various risk analyzes and stored chemicals in the aquapark are described here.

The practical part of the bachelor's thesis contains information about the location of Aquapark Slaný. Furthermore, a risk analysis is prepared for which the SWOT method was chosen. This analysis includes weaknesses, strengths, threats and opportunities, which are further elaborated in the text. This analysis determines the risks for the Aquapark Slaný building.

An integral part of this work is the modeling of chlorine leakage from Aquapark Slaný using software programs TerEx and Aloha. As a result of these modeling, hazard zones are plotted on the map. The outputs from these simulations describe buildings that would be affected by the chlorine leak and would have to be evacuated. These results are further compared with another thesis, which also deals with the leakage of hazardous chemicals from the aquapark.

The aim of this work was to determine the risks of Aquapark Slaný and to determine the danger zone in case of chlorine leakage. Another task was to compare the results of modeling and their description.

Keywords

Aquapark in Slaný; chlorine; dangerous chemical substance; integrated rescue system; risk assessment; software program Aloha; software program TerEx

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl práce	10
3	Současný Stav	11
3.1	Aquapark Slaný	11
3.1.1	Popis budovy	11
3.1.2	Skladované látky	13
3.2	Složky IZS	14
3.2.1	Základní složky IZS	14
3.2.2	Ostatní složky IZS	16
3.3	Analýza rizik	17
3.3.1	Metody používané při analýze a hodnocení rizik	17
3.4	Chlor	22
3.4.1	Nebezpečí při intoxikaci	23
3.4.2	Využití	23
3.4.3	Sloučeniny	24
3.4.4	Bezpečnost a první pomoc	24
3.5	Kyselina sírová	25
3.6	Algicid modrý	26
3.7	Síran hlinitý	26
3.8	Kyselina chlorovodíková	26
3.9	Tabletovaná sůl	27
4	Metodika	28
4.1	Softwarové nástroje TerEx a Aloha	28
4.1.1	TerEx	28
4.1.2	Aloha	29

4.2	SWOT Analýza	31
5	Výsledky	33
5.1	Aquapark Slaný - situace	33
5.2	SWOT Analýza – stanovení rizik	34
5.2.1	Silné stránky	35
5.2.2	Slabé stránky	36
5.2.3	Příležitosti	36
5.2.4	Hrozby	37
5.2.5	Stanovení rizik	38
5.3	Modelace v programu Aloha	38
5.3.1	Vstupní data	39
5.4	Modelace v programu TerEx	43
5.4.1	Jednorázový únik chloru	44
5.5	Komparace výsledků modelací	46
6	Diskuze	47
7	Závěr	53
8	Seznam použitých zkratk	54
9	Seznam použité literatury	55
10	Seznam použitých Obrázků	58
11	Seznam použitých tabulek	59

1 ÚVOD

Dnes by si lidé život bez aquaparků, kde si mohou zaplavat, odpočinout nebo zadovážet, dokázali jen těžko představit. Ačkoliv návštěvnost plaveckých bazénů překračuje denně i stovku osob, tak většina z nich nevnímá některá hrozící nebezpečí, která by mohla nastat.

V České republice je zaznamenáno velmi malé množství úniků nebezpečných látek z aquaparků. Obecně únik nebezpečných látek není až tak častý, pokud ale nastane, znamená většinou velký problém. Důležité je být na takové mimořádné události připraven a znát obecné zásady.

V teoretické části práce bude popsán Aquapark Slaný, kterého se celá práce týká. Dalším bodem bude přiblížení informací o integrovaném záchranném systému, který je nedílnou součástí řešení mimořádných událostí. Koordinace integrovaného záchranného systému je v České republice na vysoké úrovni. Analýza rizik, která má několik možných metod, bude také obsahem teoretické části bakalářské práce. Na konec této části bude uveden seznam nebezpečných látek a jejich stručný popis. Mezi nebezpečné látky, které jsou skladovány v Aquaparku Slaný patří chlornan sodný, algicid modrý, tabletovaná sůl, kyselina chlorovodíková, síran hlinitý a kyselina sírová.

V praktické části bakalářské práce bude provedena analýza rizik. Použitou metodou zde bude SWOT analýza, která popisuje silné a slabé stránky objektu a dále také příležitosti a hrozby. Dalším důležitým bodem práce bude simulace mimořádné události v modelovacích softwarových programech TerEx a Aloha. Následovat bude jejich komparace mezi sebou a také srovnání s jinou diplomovou prací. Díky těmto modelacím bude označena zóna ohrožení. Na závěr praktické části budou navržena opatření ke zmírnění dopadů případného úniku chloru z aquaparku.

Cílem práce bude stanovení zóny ohrožení v případě úniku chloru z Aquaparku Slaný. Dalším cílem budou modelace úniku chloru v softwarových programech TerEx a Aloha. Mezi cíle práce bude zakomponována komparace výsledků modelací. V neposlední řadě bude cílem stanovení rizik pro Aquapark Slaný.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je stanovit rizika Aquaparku Slaný pomocí analýzy rizik. Dalším předmětem této práce je určit zónu ohrožení v případě úniku chloru. Zónu ohrožení je možné určit pomocí simulace úniku chemické nebezpečné látky v softwarových programech TerEx a Aloha. V návaznosti na tuto modelaci bude následovat komparace výsledků modelací a jejich popis.

Tato bakalářská práce bude poskytnuta Aquaparku Slaný, jako jeden z možných podkladů pro zpracování dokumentů v případě úniku nebezpečné chemické látky.

3 SOUČASNÝ STAV

V teoretické části se budu zabývat nejprve popisem budovy Aquaparku Slaný a zde skladovanými látkami. Dále vyjmenuji složky IZS, které by zde v případě mimořádné události zasahovaly. Poté se budu zabývat analýzou rizik a jejími metodami. Na závěr teoretické části budou zmíněny informace o nebezpečných chemických látkách, které se skladují v Aquaparku Slaný. Následovat bude metodika použitá v praktické části.

3.1 Aquapark Slaný

3.1.1 Popis budovy

Aquapark Slaný je situován ve městě Slaný v těsné blízkosti dvou fotbalových hřišť a víceúčelové sportovní haly, kde se nachází i zimní stadion. Do blízkého okolí můžeme zařadit i stanici Policie ČR, stanici HZS Slaný a nemocnici Slaný. Dále se vedle aquaparku nachází ZŠ Slaný, která je obestavěna sídlištěm. Provozovatelem aquaparku je město Slaný, které se nachází ve Středočeském kraji v okrese Kladno. První návštěvníci vstoupili do aquaparku v roce 1999, kdy byl poprvé otevřen. Jeho návštěvnost je okolo sta lidí za den [1].



Obrázek 1 Budova Aquaparku Slaný [vlastní zdroj]



Obrázek 2 Budova Aquaparku Slaný z druhé strany [vlastní zdroj]

Aquapark stojí na betonovém základu a podpírá se konstrukcí s tribunou u fotbalového hřiště. Celá stavba obsahuje 2 patra a přízemí, které slouží jako sklad nebezpečných látek. V přízemí také najdeme prostory, kde se míchají chemické látky a

vytváří se z nich směsi, které jsou potřebné k provozu aquaparku. Dalšími důležitými prvky objektu jsou tři vzduchotechniky, které vhání vzduch do prostor s bazény a nachází se také v přízemí. V prvním patře jsou dámské a pánské šatny, pokladna, sklad, bufet a prostory s bazény. Ve třetím patře jsou pouze dvě kanceláře a východ na střechu objektu [1].

3.1.2 Skladované látky

Mezi chemické látky skladované v aquaparku patří chlornan sodný, algicid modrý, síran hlinitý, kyselina chlorovodíková, kyselina sírová 96 % a tabletovaná sůl. Chemikálie se skladují na paletách pod rozvodem vzduchotechniky. Chlornan sodný, kyselina chlorovodíková a kyselina sírová se uchovává v 50- ti litrových barelech a dováží se jednou měsíčně. Síran hlinitý se skladuje ve 30- ti litrových sudech a většinou se zde nachází tři sudy. Ostatní látky, jako např. algicid modrý, tabletovaná sůl, se skladují v menším množství [1].

Tabulka 1 Množství skladovaných chemických látek v Aquaparku Slaný [vlastní zdroj]

Chemická látka	Počet sudů (50 l)	Množství (kg)
Chlornan sodný	25	1250
Kyselina sírová	10	500
Kyselina chlorovodíková	5	250

V nejbližší době se zde bude provádět rekonstrukce a uvažuje se o zavedení čistého kapalného chloru. V praktické části práce bude proto počítáno s kapalným chlorem a nikoliv s chlornanem sodným [1].

3.2 Složky IZS

V případě vzniku mimořádné události v podobě úniku nebezpečné látky v Aquaparku Slaný, by zde zasahovaly složky integrovaného záchranného systému a prováděly zde záchranné a likvidační práce. Jelikož se jedná o zásah složek IZS na místě mimořádné události, musíme počítat se zraněním osob a následným nezbytným poskytnutím první pomoci a neodkladné péče od poskytovatelů záchranné zdravotnické služby. Další neméně důležitou složkou je Policie ČR, která by v případě úniku nebezpečné látky v aquaparku zajistila objekt a následně vyšetřovala příčinu události. Jednou z důležitých složek by byli hasiči, kteří by jako jediní mohli vstoupit do místa zásahu a zajistit evakuaci osoby z budovy. V případě této mimořádné události se dá předpokládat, že velitelem zásahu bude příslušník Hasičského záchranného sboru. U mimořádné události nezasahují pouze základní složky IZS nýbrž i složky ostatní [2, 3, 4].

„Integrovaným záchranným systémem se rozumí, podle zákona 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací.“ [5]

3.2.1 Základní složky IZS

Základními složkami myslíme útvary, které působí na celém území České republiky. Tyto útvary jsou schopné reagovat nepřetržitě a jsou schopné téměř okamžitých reakcí. Mezi ně patří Hasičský záchranný sbor České republiky, Jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany, Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby a Policie České republiky [2, 3, 4].

3.2.1.1 Hasičský záchranný sbor (HZS)

„Hasičský záchranný sbor České republiky (dále jen „hasičský záchranný sbor“) je jednotný bezpečnostní sbor, jehož základním úkolem je chránit životy a zdraví obyvatel, životní prostředí, zvířata a majetek před požáry a jinými mimořádnými událostmi a krizovými situacemi.“ [6]

„Hasičský záchranný sbor se podílí na zajišťování bezpečnosti České republiky plněním a organizováním úkolů požární ochrany, ochrany obyvatelstva, civilního nouzového plánování, integrovaného záchranného systému, krizového řízení a dalších úkolů, v rozsahu a za podmínek stanovených tímto zákonem a jinými právními předpisy.“
[7]

Základním úkolem HZS je chránit životy, zdraví a majetek před požáry a pomáhat při řešení mimořádných událostí. Telefonní linkou je číslo 150. Hasiči obsluhují na operačním a informačním středisku i číslo 112, proto jsou jakousi nosnou strukturou celého Integrovaného záchranného systému. V místě mimořádné události většinou zasahuje více složek IZS, proto je důležité mít koordinátora, kterým je velitel zásahu. Velitel zásahu je určen, na základě toho, jaká je mimořádná událost a která složka bude mít největší podíl na její řešení. Většinou se jedná o zástupce Hasičského záchranného sboru jako velitele zásahu [2, 3, 4].

3.2.1.2 Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby

Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby, jiným známějším názvem zdravotnická záchranná služba, je základní složkou IZS, která má na starost poskytování přednemocniční neodkladné péče, a to ve třech základních situacích:

1. *„**náhle vzniklé onemocnění, úraz nebo jiné zhoršení zdravotního stavu, které mohou vést bez poskytnutí přednemocniční neodkladné péče ke vzniku dlouhodobých nebo trvalých následků, případně k selhání životních funkcí a náhlé smrti;***
2. ***náhle vzniklá intenzivní bolest;***
3. ***náhle vzniklé změny chování a jednání postiženého ohrožující zdraví nebo život jeho samého nebo jiných osob.“*** [8]

V místě úniku nebezpečné látky (chloru v aquaparku), by poskytovali přednemocniční neodkladnou péči a selektovali postižené osoby do skupin, které se značí od vysoké priority ošetření k nižším a život neohrožujícím zraněním [8].

Zdravotnická záchranná služba je jako jediná ze základních složek IZS je financována krajem. V České republice je tedy 14 různě vybavených zdravotnických záchranných služeb. Ostatní složky IZS jsou financovány státem. Telefonní linka, kterou se dovoláme na operační středisko ZZS je 155 [2, 3, 4, 8].

3.2.1.3 Policie České republiky

„Policie České republiky je jednotný ozbrojený bezpečnostní sbor.“ [9]

„Policie slouží veřejnosti. Jejím úkolem je chránit bezpečnost osob a majetku a veřejný pořádek, předcházet trestné činnosti, plnit úkoly podle trestního řádu a další úkoly na úseku vnitřního pořádku a bezpečnosti svěřené jí zákony, přímo použitelnými předpisy Evropské unie nebo mezinárodními smlouvami, které jsou součástí právního řádu.“ [10]

„Policie působí na území České republiky, nestanoví-li tento zákon nebo jiný právní předpis jinak.“ [11]

V případě mimořádné události s únikem nebezpečné chemické látky by hlavním úkolem policie bylo zajistit objekt a následné vyšetřování, zda nedošlo k porušení zákona nebo jiných právních předpisů. Telefonní číslo je 158 [12].

3.2.2 Ostatní složky IZS

Ostatní složky IZS se liší od základních tím, že nemají nepřetržitou pohotovost a pomáhají základním složkám v systému plánované pomoci na vyžádání, která je písemně předem dohodnuta. Mezi ostatní složky IZS patří:

1. Vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil;
2. Obecní policie;
3. Orgány ochrany veřejného zdraví;
4. Havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby;
5. Zařízení civilní ochrany;
6. Neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím [2, 3, 4].

3.3 Analýza rizik

Analýzu rizik můžeme vnímat jako součást prevence a připravenosti na vznik mimořádných událostí. Zpracovává se kvůli identifikaci bezpečnostních rizik. Díky analýze rizik jsme schopni následné včasné reakce na vzniklou mimořádnou událost a možnost řízení rizik na určitém území [13, 14, 15].

3.3.1 Metody používané při analýze a hodnocení rizik

Analýza rizik používá různé pracovní, pomocné a technické nástroje. Jejich typologie je hodně rozmanitá. Metod pro analýzu rizik je mnoho, některé jsou obecnější a dají se použít na různá zařízení, naopak existují i výrazně specializované a ty se používají na konkrétní, specifická zařízení [13, 14, 15].

U hodnocení rizik, která úzce souvisí s analýzou a jsou její součástí, se často používají různé matematické operace a teorie. Nejčastější metodou matematického zpracování je statistika a pravděpodobnost. Hodnocení rizik se zpracovává za účelem získání podkladů pro řízení rizik v zařízeních [13, 14, 15].

Základním bodem pro hodnocení rizik je analýza rizik. Při analýze rizik je velmi důležité zvolit vhodnou metodu a typ, přičemž se různé druhy můžou i kombinovat. Mezi zásady analýzy, hodnocení a řízení rizik patří: zajištění monitoringu jevu, jehož rizika chceme určovat, provedení interpretace dat spolehlivými metodami na základě ozkoušených modelů, určení charakteristiky a věrohodnosti velikosti jevu, objasnění dopadů jevů a určení nepřijatelných rizik a snížení zranitelnosti [13, 14, 15].

V praxi se často používá pojem *ideální stav systému*, který se poté porovnává se skutečným stavem. Důležité je, aby hodnocení rizik probíhalo podle logického procesního modelu, který vede ke zdrojům rizik. Díky tomuto nic nezanedbáme, nepodceníme nebo nevynecháme. Z tohoto pohledu můžeme metody analýz rizik rozdělit do dvou skupin na metody, kterými rizika hledáme a oceňujeme u neznámého procesu a metody, kterými rizika hledáme a oceňujeme u známého procesu [13, 14, 15].

Při hodnocení rizik se často používají, na označení základních a úvodních kritérií, kritéria se zkratkou SMAUG, přičemž jednotlivá písmena jsou začínajícími písmeny anglických termínů jako Seriousness, Manageability, Acceptability, Urgency a Growth. Pojem Seriousness označuje nebezpečnost, závažnost a kritičnost, podle kterého mají největší závažnost dopady rizika, které nejvíce poškozují chráněné zájmy. Manageability je ovladatelnost a zvladatelnost. Tento termín poukazuje na to, že největší závažnost mají rizika, která jsou dobře zvladatelná. Pod pojmem Acceptability se ukrývá přijatelnost, dle které mají největší závažnost rizika, které jsou méně přijatelná ze sociálního a politického hlediska. Urgency vyjadřuje naléhavost. Největší závažnost mají rizika, o nichž panuje přesvědčení, že vyžadují bezodkladná řešení k jejich stabilizaci. Poslední pojem je Growth, který znamená nárůst a eskalaci, podle kterého mají největší závažnost rizika, která se nejrychleji eskalují v nežádoucích dopadech [13, 14, 15].

Základními metodami pro stanovení rizik jsou např. Checklist (kontrolní seznam), What – if Analysis (analýza toho, co se stane, když), Safety Audit (bezpečnostní kontrola), Preliminary Hazard Analysis – PHA (předběžná analýza ohrožení), Process Quantitative Risk Analysis – QRA (analýza kvantitativních rizik procesu), Hazard Operation Process – HAZOP (analýza ohrožení a provozuschopnosti), Event Tree Analysis – ETA (analýza stromu událostí), Failure Mode and Effect Analysis – FMEA (analýza poruch a jejich dopadů), Fault Tree Analysis – FTA (analýza stromu poruch), Human Reliability Analysis – HRA (analýza lidské spolehlivosti), Relative Ranking – RR (relativní klasifikace). Vybrané metody jsou dále blíže popsány [13, 14, 15].

3.3.1.1 Checklist

Tato metoda, jinak přezdívaná jako kontrolní seznam, je jedna ze základních metod analýzy rizik. Jedná se o soubor položek, či procedurálních kroků sloužící k ověření stavu systému. Zpravidla jsou kontrolní seznamy dosti podrobné a jsou zpracovány tak, aby s pomocí výsledku analýzy bylo možné posoudit shodu stavu systému s předpisem nebo normou. Checklist je metoda používaná velmi často, a to z důvodu jednoduchého a rychlého zpracování, které však vyžaduje praxi odborníků, kteří se na zpracování podílejí. Zároveň se tato analýza může zpracovat ve kterékoliv fázi života systému. Laicky řečeno,

je tato metoda pouhé porovnání stavu skutečného se stavem daným normou nebo předpisem [13, 14, 15].

Detailní kontrolní seznam poskytuje základ pro standardní vyhodnocení nebezpečných situací. Na základě standardního vyhodnocení nebezpečných situací, lze rozšiřovat tento seznam o specifické situace, které nejsou předmětem základního zpracování [13, 14, 15].

Důležitým prvkem kontrolního seznamu je pravidelná aktualizace a prověřování, z tohoto vyplývá, že by měl být vnímán jako „živý“ dokument [13, 14, 15].

Metoda analýzy rizik Checklist, je specifikována souborem otázek, které jsou vytvořeny na základě požadavků, norem, předpisů a nařízení. U každé otázky jsou v nabídce odpovědi „ano“ a „ne“ [13, 14, 15].

3.3.1.2 What – if

Metoda What – if, jinak nazývaná „Co se stane když ...“, prověřuje formou dotazů a odpovědí neočekávané události, které se mohou v procesu vyskytnout. Identifikace možných selhání a jejich následků se uskutečňuje formou tvořivých pracovních porad, ve stylu brainstormingu. Tyto porady jsou tvořeny odborníky, kteří jsou dobře seznámeni se zkoumaným procesem. Každý z účastníků má právo říct otázku „Co se stane když ...“, která ho zajímá. Pracovní tým poté hledá odpovědi na takto formulované otázky. Tímto se odhalují možné následky vzniklých situací a navrhují se opatření a doporučení [13, 14, 15].

Tato metoda je závislá na praxi a zkušenostech pracovníků v týmu, jelikož nemá přesně stanovenou osnovu a strukturu. Týmy mohou mít různý počet odborníků. Jestliže se jedná o jednoduchý proces, má tým zpravidla dva až tři odborníky. Sestavení vícečlenného týmu si vyžadují složitější procesy, které se projednávají i na několika pracovních poradách [13, 14, 15].

Jedná se oblíbenou metodu, neboť neklade vysoké nároky na čas. What – if metoda je zároveň i velmi efektivní a účinná, pokud má tým pracovníků dostatečné provozní a aplikační zkušenosti s touto metodou. V opačném případě může být výsledek diskutabilní [13, 14, 15].

Základem pro kvalitní analýzu metodou What – if, je dobrá příprava a následná porada. Příprava spočívá ve shromažďování všech dostupných podkladů, jako např. výkresová dokumentace, popis procesu, provozní předpisy a mnoho dalších. Pod přípravu spadá i fyzická prohlídka zařízení a příprava otázek na poradu. Porada začíná fundovaným popisem a vysvětlením účelu daného procesu. Pokračuje seznámením se zajištěním bezpečnosti procesu, bezpečnostní výstrojí a postupy používanými pro zajištění bezpečnostní obsluhy. Dalším bodem je formulování dotazů. Doba trvání porady by neměla z důvodu účinnosti přetáhnout čtyři hodiny. Jestliže se jedná o složitější proces je vhodné rozdělit řešení do několika sezení. Otázky odborníků se zpravidla rozdělují do různých odborných oblastí [13, 14, 15].

Cílem porady je identifikovat nebezpečné stavy a provozní situace. Pracovní tým tak identifikuje možné havarijní situace, odhaduje možné následky a navrhuje doporučení vedoucí ke snížení rizika [13, 14, 15].

3.3.1.3 HAZOP

Metoda HAZOP (Hazard and Operability Study) se používá většinou k vyhodnocování bezpečnosti složitějších zařízení. Jako většina analýz rizik, potřebuje také speciální znalosti a zkušenosti odborníků. Musí se také počítat s tím, že je velmi časově náročná a pracná. Při analýze ohrožení a provozuschopnosti (HAZOP), je důležité zvážit, jaká rizika budeme brát v úvahu. Rozhodování spočívá v tom, zda-li budeme počítat pouze s vnitřními zdroji rizik nebo vnitřními i vnějšími zdroji rizik. Jedná se o týmovou expertní multioborovou metodu. HAZOP se charakterizuje spojením dvou postupů, Operability study a Hazard analysis. Operability study je studie provozuschopnosti a identifikace nebezpečných situací. Hazard analysis představuje ocenění rizika [13, 14, 15].

Účelem analýzy HAZOP je důkladně prozkoumat proces nebo činnost a stanovit, zda procesní odchylky mohou vést k nežádoucím dopadům. Tým specialistů probírá seznam možných příčin a dopadů odchylky stejně jako existující ochrany zabraňující dané odchylce. Jestliže je zjištěna nedostatečná ochrana proti existující odchylce, obvykle doporučí přijmout opatření pro snížení rizika [13, 14, 15].

Výsledkem analýzy HAZOP jsou zjištění, které obsahují identifikace zdrojů rizika a provozních problémů, doporučení změn projektu a postupů pro zlepšení systému, doporučení pro vypracování studií těchto problémů, u kterých nebylo možné přijmout pro nedostatek informací žádné rozhodnutí. Výsledky opatření se zaznamenávají do tabulky [13, 14, 15].

3.3.1.4 ETA

Metoda ETA jinak také nazývaná analýza stromu událostí je logický graf, popisující rozvoj události. Vývoj událostí směřuje od konečné události k příčinám. Získává se informace o pravděpodobnosti vzniku poruchy a kdy se objeví [13, 14, 15].

Chronologický postup při této analýze je identifikace sledované události, dále identifikace bezpečnostních funkcí předcházejících této události, sestavení stromu událostí a následné vyhodnocení logického grafu a možných následků [13, 14, 15].

3.3.1.5 FTA

Tato metoda byla vyvinuta pro účely elektrotechniky a následně pro používání v jaderné energetice. Obecně se dá použít pro většinu průmyslových zařízení. V případě složitých závažných stavů může být strom poruch hodně rozsáhlý, jelikož vytváří různé kombinace příčin poruch [13, 14, 15].

FTA je deduktivní metodou, sloužící k nalezení cest šíření poruch od počínajících příčin po konečné následky [13, 14, 15].

3.3.1.6 Safety Audit

Safety Audit (Bezpečnostní kontrola) zahrnuje kontroly zaměřené na posouzení stavu bezpečnosti provozů a procesů. Jedná se o jednu z prvních metod posuzování nebezpečných situací a rizik. Bezpečnostní kontrolou se rozumí postup, při kterém se vyhledávají rizikové situace na základě stanovených rizikových situací a navrhuje se opatření na zvýšení bezpečnosti [13, 14, 15].

U některých zařízení se jedná o fyzickou prohlídku, kterou může provést jednotlivec nebo skupina odborníků. Podoba prohlídek nemusí být však vždy fyzická. U nových zařízení se dá zajistit materiál v podobě technické dokumentace ještě před výstavbou a realizací zařízení. Inspekce, ať už kontaktní nebo bezkontaktní, má za cíl identifikovat rizika a hrozby, jejichž následky by mohli mít negativní dopad na zdraví, život, majetek nebo životní prostředí [13, 14, 15].

Typická prohlídka zahrnuje rozhovory s pracovníky provozu, údržby, specialisty a všemi, kteří jsou nějak spojeni se zařízením. Důležité je, aby údržba a pracovní operace byly v souladu s provozními předpisy [13, 14, 15].

Výsledkem prohlídek je kvalitativní popis možných problémů z hlediska bezpečnosti provozu zařízení a návrh relevantních opatření. Tým pracovníků, aby dosáhl co nejlepší analýzy, musí mít přístup k technické dokumentaci, bezpečnostním studiím, zprávám z šetření nehod a úrazů, provozním předpisům, předpisům pro údržbu a protokolům o provedených inspekcích, kontrolách a revizích [13, 14, 15].

3.4 Chlor

Chlor patří do skupiny halogenů a označuje se chemickou značkou „Cl“. Jedná se o žlutozelený plyn s charakteristickým štiplavým zápachem. Chlor je v plynném skupenství těžší než vzduch. Halogeny jsou známé svou velkou reaktivitou. Patří mezi ně fluor, chlor, brom a jod. Chlor se vyznačuje tím, že reaguje s většinou prvků přímo. Nepřímo naopak reaguje s uhlíkem, kyslíkem, dusíkem, vzácnými plyny a některými platinovými kovy [13, 14, 15].

Chlor se vyskytuje i v živých organismech nejčastěji v podobě Cl^- . V lidském organismu je obsaženo přibližně 2500 miligramů chloru na kilogram. Denní příjem je závislý nejen na obsahu kuchyňské soli v potravě, ale i v nápojích [13, 14, 15].

3.4.1 Nebezpečí při intoxikaci

Hlavní nebezpečí představuje v plynném skupenství, kdy dráždí dýchací cesty. Po inhalaci se objevuje dráždivý kašel bolesti na prsou, zvracení a bolesti hlavy. Při vdechnutí většího množství chloru, může způsobit edém či zánět plic, poškození zraku a v nejhorším případě až smrt [16,17,18,19].

V citlivosti na chlor jsou značné individuální rozdíly. Podle různých údajů je chlor cítit od koncentrace 1,4 až 14,5 miligramů chloru na metr krychlový. V koncentraci 2,9 až 5,8 miligramů lze nepřetržitě pracovat. Koncentrace 8,7 miligramů na metr krychlový působí pálení očí, svědění očí až kašel. V tomto prostředí je možné pracovat půl až maximálně hodinu. Při obsahu chloru 43,5 miligramů na metr krychlový lze již pozorovat silné dráždění a při koncentraci 58 miligramů chloru na metr krychlový je práce nad půl hodiny nebezpečná. Nad 60 miligramů chloru na metr krychlový je nebezpečné se už pouze vyskytovat. Způsobuje dráždivý kašel, který se zhoršuje s rostoucí koncentrací. Při 2900 miligramů chloru na metr krychlový hrozí okamžitá smrt po několika vdechnutích [16,17,18,19].

3.4.2 Využití

Chlor patří mezi nejvýznamnější produkty i suroviny těžkého chemického průmyslu. Přibližně polovina produkce se použije k výrobě chlorovaných organických sloučenin, jako např. plastů, impregnačních prostředků, rozpouštědel a mnoho dalších. Mezi další využití patří výroba fenolu, glykolu, kyseliny chlorovodíkové, chlorového vápna, chloridu siřného a řady dalších chemikálií. Chlor se také používá k dezinfekci vody v bazénech a čištění odpadních vod [16,17,18,19].

3.4.3 Sloučeniny

Chlor tvoří mnoho sloučenin, které jsou známé i méně známé. Mezi nejznámější patří chloridy. Nejpraktičtější, se kterým se setkáváme zpravidla každý den, je chlorid sodný (NaCl), známí také jako kuchyňská sůl. Dalšími významnými sloučeninami jsou chlornany. Chlornany jsou typické svými silnými oxidačními vlastnostmi, proto se v praxi využívají jako bělicí louhy při tvorbě papíru nebo textilu. Mezi další využití patří prášková forma, která má dezinfekční účinky na čištění odpadních vod a k potlačení patogenů. Typickým zástupcem je chlornan sodný, který se také jinak nazývá tekutý chlor. Typickým použitím je chlorace vod v bazénech ale i konečné hygienické zabezpečení pitné vody. Jedná se také o číslo jedna při úpravě vody v domácích bazénech a umělých koupalištích, jelikož obsahuje volný aktivní chlor. Jeho hlavním úkolem je eliminovat nežádoucí organismy a nečistoty v bazénových vodách [16,17,18,19].

3.4.4 Bezpečnost a první pomoc

Bezpečnost při manipulaci s chlornany je velmi důležitá. Mezi základní pravidla patří důsledné řízení se návodem k použití při práci s dezinfekčními prostředky, nikdy nemíchat různé dezinfekční prostředky mezi sebou, důležité jsou ochranné pomůcky, mezi které patří gumové rukavice, ochranné brýle nebo štít na ochranu očí a ochranný oděv. Dalším důležitým prvkem ochrany je znalost první pomoci pracovníků manipulujících s nebezpečnou látkou a dezinfekce všech nástrojů pitnou vodou [16,17,18,19,20,21].

3.4.4.1 První pomoc při inhalaci

Jako první pomoc při inhalaci preparátů s obsahem chloru je rychlé, s ohledem na vlastní bezpečnost, dopravení postiženého na čerstvý vzduch. Doporučeno je nechat postiženého v klidu a nenechat ho chodit. Podle situace je možné propláchnutí ústní dutiny nebo nosu pitnou vodou. Důležitým prvkem je postiženého převléknout do oděvu, který není zasažen chemikálií, případně zabránit prochlazení. Podle situace se doporučuje zavolat záchrannou zdravotnickou službu [20,21].

3.4.4.2 První pomoc při zasažení očí

Při zasažení chemikálií obsahující chlor do očí je nutné ihned oči vypláchnout proudem tekoucí pitné vody. V případě, že má postižený nasazené kontaktní čočky, ihned se musí odstranit. V případě větších potíží se doporučuje zavolat lékaři, popřípadě zdravotnické záchranné službě [20,21].

3.4.4.3 První pomoc při styku s kůží

V případě styku chemikálie, obsahující chlor s kůží, je nutné svléct si potřísněné šatstvo. Zasažená místa by se měla oplachovat vlažnou pitnou vodou 10 až 15 minut. Po umytí zasažené části těla, v případě poleptání, překrýt sterilním obvazem. Na poleptanou kůži nepoužíváme žádné masti ani jiná léčiva. Podle situace se doporučuje volat lékaři nebo zdravotnickou záchrannou službu [20,21].

3.4.4.4 První pomoc při požití

V případě požití chemikálie obsahující chlor se nesmí vyvolávat zvracení, protože hrozí nebezpečí dalšího poškození zažívacího ústrojí. Pokud je postižený v bezvědomí nepodáváme mu nic ústy. V opačném případě, když postižený neztratil vědomí, můžeme vypláchnout ústní dutinu a dát mu napít 2 až 3 decilitrů studené pitné vody. K pití postiženého nenutíme. Dalším pravidlem je nepodávat postiženému jídlo a ihned vyhledat odbornou lékařskou pomoc [20,21].

3.5 Kyselina sírová

Kyselina sírová je silná dvojsytná kyselina, která má olejnatou strukturu a je neomezitelně mísitelná s vodou. Jedná se o jednu z nejznámějších a nejpoužívanějších průmyslových kyselin, jelikož má velké spektrum využití. Jejím vzorcem je H_2SO_4 . Nejčastěji používané koncentrace této kyseliny jsou 96% a 98%. Tato žíravina má silné dehydratační a oxidační účinky. Další vlastností této látky jsou časté reakce s kovy, za vzniku vodíku a síranů [22].

Využití této látky můžeme nalézt při výrobě průmyslových hnojiv, chemikálií, plastů, léčiv, barviv, výbušnin. Další využití lze najít v textilním průmyslu, papírenském průmyslu, při výrobě syntetických vláken, při úpravě rud, dále také při zpracování ropy. Díky dehydratačním účinkům lze kyselinu sírovou použít při sušení a odvodňování látek. V neposlední řadě se používá při výrobě baterií a akumulátorů [22].

3.6 Algicid modrý

Jedná se o lehce nažloutlou kapalinu se zápachem podobným čpavku. Algicid modrý má největší využití při dezinfekci bazénů a vod, jelikož zbavuje vodu vodních řas a jiných vodních živočichů a rostlin. Jedná se tedy o biocid. Skladovat tuto látku je doporučeno v dobře větrané místnosti, kde se nedostávají teploty k bodu varu. Tato látka by se neměla skladovat společně s kyselinami, kvůli bouřlivým reakcím při smíchání [23].

3.7 Síran hlinitý

Jedná se o pevnou látku s bezbarvým až bílým zabarvením. Tato látku nepoznáme po čichu, jelikož je bez zápachu. Tato látka je solí vytvořenou z kyseliny sírové. Primární využití této látky najdeme při čištění vody a výrobě papíru. Síran hlinitý můžeme vzácně nalézt v přírodě jako nerost millosevichit. Dále může být využit jako mořidlo při barvení a potisku textilu. Při čištění bazénu se využívá jako flokulační činidlo, které způsobuje koagulaci nečistot a ty se poté odfiltrují z bazénového dna. Další využití nalezneme v zahrádkářství a stavebnictví [24].

3.8 Kyselina chlorovodíková

Jde o vodný roztok plynného chloru. Tato kyselina je, podobně jako kyselina sírová, velmi často využívaná v nejrůznějších odvětvích. Její vzorec je HCl. Jedná se o velmi silnou kyselinu, která může být buď v plynném nebo kapalném skupenství. Základními vlastnostmi jsou bezbarvé zabarvení a štiplavý zápach. Kyselina chlorovodíková, jinak také nazývaná chlorovodík, reaguje s kovy a louhy. Průmyslově nejvyužívanější kyselina chlorovodíková je 37% roztok této kyseliny s vodou, jelikož při této koncentraci má největší účinky. Využívá se k odstranění vodního kamene, dále také v geologii,

paleontologii a v případě směsi s kyselinou dusičnou slouží k rozpouštění zlata. Tato kyselina je také nedílnou součástí trávicího traktu člověka, kde napomáhá v žaludku při trávení [25,26].

3.9 Tabletovaná sůl

Tabletovaná sůl se používá ke změkčení vody a dále taky pro regeneraci vody na bázi iontové výměny. Jedná se o bezbarvou, pevnou, bez zápachovou látku. Skladuje se nejčastěji v pytlech po 25 kg [27].

4 METODIKA

První část bakalářské práce, teoretická, vycházela především z literárních a internetových zdrojů. Tyto zdroje byly základními kameny pro čerpání informací, bez kterých by pro mne nebylo možné sepsat teoretickou část. Další nedílnou součástí pramenů k mé bakalářské práci představovaly legislativní normy. Zdroje pro praktickou část jsem převážně čerpal z osobních setkání s provozním mistrem Aquaparku Slaný a z jím poskytnutých dokumentů. Takto získané dokumenty a odpovědi na mé otázky mi pomohly ke správným stanovením vstupních parametrů pro modelaci úniku chloru z budovy, která je hlavním cílem mé práce. Modelace byla provedena v počítačových programech TerEx a Aloha. Následné výsledky jsou podkladem pro vyhodnocení a porovnání modelací úniků chloru.

4.1 Softwarové nástroje TerEx a Aloha

Softwarové nástroje TerEx a Aloha jsou nápomocny integrovanému záchrannému systému při vzniku mimořádných událostí, jako nákresy úniku nebezpečných látek a jejich šíření do ovzduší. V těchto programech se dá zjistit, jak rychle se látka bude dostávat do určitých míst a zároveň, kam až se může rozšířit.

4.1.1 TerEx

Počítačový program TerEx, celým názvem Teroristický program, je softwarový nástroj, který je používán průmyslem, ozbrojenými silami, integrovaným záchranným systémem a veřejnou správou, kde se používá jako program k modelování technologických havárií s únikem chemických látek, nebezpečných látek a explozí. Tento program dokáže modelovat průběh teroristických útoků, ve kterých byla použita výbušnina nebo chemické látky. Jako preventivní opatření se tento nástroj dá použít k plánování opatření a k omezení rizik, cvičení jednotek IZS, výuku, analýzu rizik, územní plánování atd [28].

Z úvodu vyplývá, že tento program má tři hlavní úkoly, a to okamžité vyhodnocení úniku nebezpečné chemické látky, úniku nebezpečné chemické otravné látky a použití výbušného systému [28].

System TerEx vyvinula společnost T-SOFT a. s., která působí na trhu od roku 1991 a její činnost se zaměřuje pro oblast krizového řízení a bezpečnosti [28].

TerEx je vhodný pro použití jednotkami IZS, které zasahují v místě mimořádné události, jelikož je vyvinut tak, aby umožnil okamžitou předpověď ohrožení. Z důvodu nutné rychlé odpovědi programu na mimořádnou událost není hardwarově náročný. Přizpůsobuje se stresovým situacím a k výpočtům nepotřebuje komplexní vstupní data. Toto je jeho výhoda, protože tyto data většinou nejsou v těchto situacích k dispozici. Výsledkem bývá většinou předpoklad nejhorší možné variantě. Konečný výstup z programu lze zobrazit v grafické podobě, textové podobě, v mapě nebo v geografickém informačním systému. TerEx je přizpůsoben požadavkům Severoatlantické aliance a nabízí výběr ze tří základních jazyků, a to čeština, slovenština a angličtina [28].

Základem programu TerEx je devět modelů mimořádných událostí, které jsou typické jako např. různé typy chemických havárií a teroristických útoků, dále je zde uveden seznam nebezpečných látek, které jsou brány v potaz při těchto událostech. Program nabízí možnost si vybrat kompletní databázi nebezpečných látek nebo pouze vybrané látky. Dalším důležitým prvkem je Průvodce pro rychlý odhad, který nám umožňuje rychlé vyhodnocení dopadů mimořádných událostí. TerEx využívá geografický informační systém, a tak je možnost zobrazovat výsledky přímo rovnou v mapách. K tomuto se využívá server Státního mapového centra nebo každá instalace má rovněž možnost využít mapy z prohlížeče Google [28].

Výsledky modelací prováděných v programu TerEx, lze ukládat do databází obsahujících havarijní události, které slouží jako archivace dříve vytvořených odhadů následků mimořádných událostí. Tyto odhady a jednotlivé události si lze zpětně vyvolat a kdykoliv je použít a pracovat s nimi [28].

4.1.2 Aloha

Aloha celým názvem Areal Locations of Hazardous Atmospheres je počítačový program, který pomáhá složkám IZS při zásahu na místě mimořádné události s únikem nebezpečné chemické látky. Tento program byl vyvinut spoluprací severoamerického

Národního oceánického a atmosférického úřadu (NOAA), respektive Agenturou pro ochranu přírody (EPA). Jedná se o program, který je rychlý a nijak hardwarově náročný. Jeho úkolem je modelování hořlavosti, tepelného záření, toxicity a tlakové vlny při explozi. Vybavením tohoto programu je přes 1000 chemických látek, u kterých je zde zařazena i jejich toxicita a základní fyzikální vlastnosti. Výsledek a následný výstup, v podobě informace o rizikových zónách, můžeme zobrazit ve dvou formách, a to v grafické podobě nebo v geografickém informačním systému [29,30].

Modelace, v aplikaci Aloha, zobrazuje šíření nebezpečných chemických látek v atmosféře. Dále také požáry a exploze, které zobrazuje ve čtyřech dostupných formách, jako je kaluž, nádrž, plynovod a přímý únik, při kterém se nepočítá se zdrojem úniku [29,30].

Aloha obsahuje tři různé modely, mezi které patří model rozptylu v atmosféře, model požáru a model exploze [29,30].

4.1.2.1 Model rozptylu v atmosféře

Tento model nám napomáhá odhadnout rozptyl a pohyb toxického oblaku. Tímto modelem také můžeme určit přibližnou koncentraci plynu, která podporuje hoření uvnitř oblaku a zároveň i možný přetlak, který se vytváří v případě exploze oblaku [29,30].

4.1.2.2 Model požáru

Tento model poukazuje na možné scénáře, u kterých může dojít k prošlehnutí oblaku, požáru kaluže, tryskovému požáru a události typu BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions). V průběhu modelace dochází k odhalení tří rizikových zón, které se liší barevně na červenou, oranžovou a žlutou zónu. Tyto barvy, v jejich oblasti, specifikují možná rizika. Červenou barvou se znázorňuje oblast, kde se vyskytuje sálavé teplo, které způsobuje smrt do šedesáti sekund. V oranžové zóně hrozí popáleniny druhého stupně rovněž do šedesáti sekund. Žlutá zóna je z těchto tří zón nejbezpečnější, jelikož je zde nejmenší riziko smrti. V oblasti označené žlutou barvou nastává nejčastěji bolest pokožky [29,30].

4.1.2.3 Model exploze

Tento model vytváří, podobně jako model požáru, tři riziková pole. Opět se označují barevně od červené přes oranžovou až ke žluté. Červenou barvou se označují místa, kde se může vyskytnout přetlak, který je schopný zničit budovy. V oranžové oblasti hrozí zranění osob tzv. tlakovou vlnou. Žlutá zóna se vyznačuje hrozícím zraněním osob roztříštěným sklem [29,30].

Aloha je typická tím, že nám představuje kompromis mezi rychlostí a přesností výpočtu. Mezi negativní vlastnosti tohoto programu patří měření v případě bezvětří nebo pouze slabého větru, ale i např. při prudkém nárazovém větru. Dalším problémem je, že tento program již nepočítá s nově vytvořenými sloučeninami a látkami, které mohou působit opět jinak než látky, u kterých došlo k úniku nebo explozi [29,30].

4.2 SWOT Analýza

Jedná se o metodu analýzy rizik, která se dá přeložit jako analýza silných a slabých stránek pro dosažení cílů. Úkolem této analýzy je podpořit cíle, které lze vyjádřit vnitřními a vnějšími podmínkami pro jejich dosažení. Zkratka SWOT je akronymem z počátečních písmen anglických názvů jednotlivých faktorů a to:

- **Strengths** - silné stránky, v čem je organizace dobrá;
- **Weaknesses** - slabé stránky, v čem je organizace, budova nejslabší;
- **Opportunities** - příležitosti, tedy čeho lze využít;
- **Threats** - hrozby, na které je dobré se připravit a dávat si na ně pozor [31,32].

SWOT analýza je jednou z univerzálních metod analýz rizik, která se dá použít téměř na vše, proto se jedná o jednu z nejpoužívanějších metod. Její uplatnění můžeme najít i v problematice řízení rizik, jelikož součástí této analýzy je hledání možných hrozeb, které s řízením rizik úzce souvisí [31,32].

Podstatou této analýzy je najít silné a slabé stránky, dále také příležitosti a hrozby. Cílem je tedy identifikovat a omezit slabé stránky a naopak podpořit silné stránky.

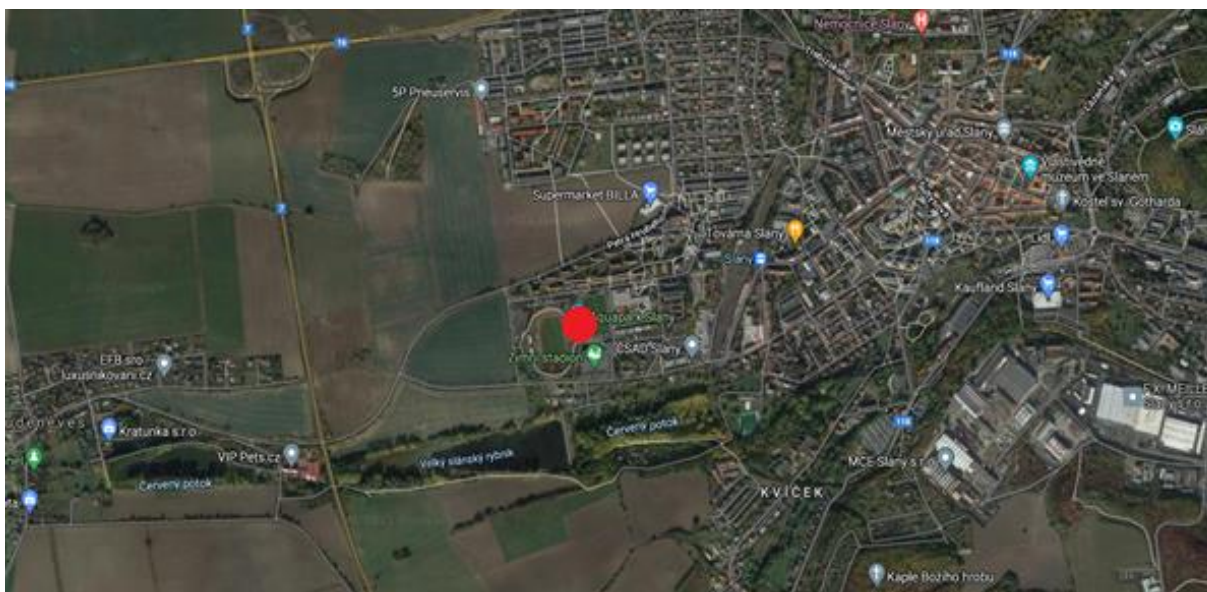
Důležitým faktorem dobré analýzy je znát příležitosti, kdy je čeho dobré využít a dále znát hrozby a snažit se je minimalizovat [31,32].

5 VÝSLEDKY

Do této kapitoly bude zahrnuta stručně popsána lokace Aquaparku Slaný a dále také jeho znázornění na mapě. Dalším bodem výsledků bude analýza rizik, která bude provedena metodou SWOT, která je popsána v kapitole č. 4.2. V této kapitole bude dále všechn výstupní materiál ze simulací modelací úniku chloru z aquaparku, pro které byly stanoveny všechny vstupní informace stejné. Mezi vstupní informace patří např. množství uniklého chloru, kde bylo počítáno s jedním barelem o objemu 50 litrů, proudy větru z jihozápadu na severovýchod, denní teplota 60 stupňů celsia a 50% pokrytí oblohy mraky.

5.1 Aquapark Slaný - situace

Aquapark Slaný je situován na kraji města Slaný. Z jedné strany je obklopen sídlištěm, základní školou a Víceúčelovou sportovní halou a z druhé strany neobydlenou travnatou plochou.



Obrázek 3 Lokace Aquaparku Slaný [zdroj: www.google.cz/maps + malování]

V Aquaparku Slaný je chlor skladován ve formě chlornanu sodného (viz. kapitola 2.1.2.). Chlornan sodný by při úniku nezpůsobil mimořádnou událost s takovým rozsahem jako čistý kapalný chlor, v návaznosti na tento fakt bylo zjištěno, že v aquaparku je plánovaná budoucí rekonstrukce, která se bude týkat především vyhřívaných podlah a

také s větší pravděpodobností přechod z chlornanu sodného na kapalný čistý chlor a to z důvodu jednoduššího dávkování a obsluhy.



Obrázek 4 Chlornan sodný [vlastní zdroj]

5.2 SWOT Analýza – stanovení rizik

Tabulka 2 SWOT analýza [vlastní zpracování]

SWOT Analýza	
Silné stránky	Slabé stránky
proškolený personál zpracovaný havarijní plán pro zdolávání mimořádných událostí schopný provozní mistr zabezpečení platné revize plánování do budoucna	upřednostňování Víceúčelové sportovní haly zastaralé zařízení starší interiér skladování látek v přízemí pod ventilací nedodržování bezpečnosti práce
Příležitosti	Hrozby
rychlá dostupnost složek IZS plánované rekonstrukce - nové technologie zpracování chybějících plánů nácvik evakuace budovy cvičení se složkami IZS	únik nebezpečné látky selhání zařízení teroristický útok AMOK zranění osob v prostorách budovy vstup neoprávněných osob na nepřístupná místa narušení statiky fotbalové tribuny

Tato provedená analýza poukazuje na silné stránky, slabé stránky, příležitosti a hrozby. Základním úkolem této metody analýzy rizik je odhalit určité nedostatky a navrhnout jejich možná řešení. SWOT analýza také odhaluje možné hrozby, které představují určité nebezpečí. Výhodou této analýzy jsou příležitosti, které slouží jako návrhy na řešení slabin.

5.2.1 Silné stránky

Mezi silné stránky bylo zařazeno šest základních informací. Jednou ze silných stránek je proškolený personál. Veškerý personál je při nástupu do práce proškolen o bezpečnosti práce na pracovišti. Dalším proškolením se bere v potaz zpracovaný havarijný plán pro zdolávání mimořádných událostí, se kterým byli obeznámeni všichni zaměstnanci a byl jimi podepsán. V tomto dokumentu jsou sepsány postupy při mimořádných událostech jako např. pracovní úraz, požár, výbuch, přepadení aj. Dalšími informacemi, se kterými jsou pracovníci aquaparku obeznámeni jsou zvláštní upozornění, pod která spadá např. nepodceňovat riziko ve vzniklé situaci, snažit se vždy jednat v klidu, s rozvahou bez paniky, postupovat obezřetně s ohledem na možnou míru hrozícího nebezpečí, nejdříve chránit životy a zdraví, teprve potom majetek, povinnost poskytnout osobní a věcnou pomoc na výzvu velitele zásahu a poskytnout požadované informace. Dále do proškolení spadá znalost únikových východů a první pomoci.

Celý aquapark s veškerou technikou pravidelně prochází revizemi, které jsou prevencí před vznikem mimořádné události technickou závadou.

V Aquaparku Slaný je momentálně starší zařízení vnitřních prostor, avšak jsou do budoucna vyhlédnuty plánované rekonstrukce v podobě vyhřívání podlah, rekonstrukce ventilace a obecná modernizace aquaparku.

Dalším silným článkem tohoto objektu je provozní mistr, který má na starost kontrolu objektu a plní funkci jakéhosi údržbáře, ochranky a mluvčího aquaparku. Důležitým faktorem jeho práce je, že tuto práci vykonává rád. Při komunikaci s ním byla potvrzena dobrá pověst celého aquaparku.

Zabezpečení aquaparku patří také mezi silné stránky, jelikož se okolo aquaparku nachází plot, který je každý den zamykán. Do aquaparku se dá dostat třemi vchody a to hlavním, bočním a zadním. Všechny vchody jsou uzamčeny a prakticky se dostat dovnitř bez použití násilí nedá.

5.2.2 Slabé stránky

Mezi slabé stránky patří upřednostňování Víceúčelové sportovní haly, na kterou se klade větší důraz. Víceúčelová sportovní hala Slaný je složena z několika sportovišť jako je zimní stadion, tělocvična pro míčové hry a badminton, kurt na squash, bowling a fitness centrum. Aquapark také spadá pod tento celek, ale jeho budova stojí samostatně naproti přes parkoviště. Všechny kontroly, které se zde provádějí jsou tedy směřované na zimní stadion. Po úspěšném provedení kontroly se vždy odškrtně i aquapark.

Další slabou stránkou je již zmíněné starší a místy zastaralé zařízení a technika oproti jiným aquaparkům. S výhledem do budoucna by plánované rekonstrukce měly tuto slabinu odstranit. V nejbližší době se plánuje rekonstrukce v podobě vyhřívání podlah a modernizace vzduchotechniky.

Pan provozní mistr sám uznal další slabinu v podobě skladování nebezpečných látek. Tyto chemické látky jsou skladovány na paletách v barelech omotané fólií pod rozvodem vzduchotechniky. Navrhovaným řešením této slabiny je skladování látek mimo budovu aquaparku ve skladu v těsné blízkosti plavecké budovy.

Poslední velkou slabinou je nenošení ochranných a bezpečnostních prvků při manipulaci s chemickými látkami.

5.2.3 Příležitosti

Jako jednou z dobrých příležitostí je lokace Aquaparku Slaný, který je situován na kraji města v blízkosti centra. Základní složky IZS a jejich stanice jsou blízko aquaparku, a tak by dojezdové časy byly velmi krátké. V případě vzniku mimořádné události by byla reakce složek IZS velice rychlá a účinná.

Při exkurzi v objektu bylo zjištěno, že v aquaparku chybí některé dokumenty o budově a organizaci. Proto jako příležitost bylo zahrnuto jejich zpracování a založení mezi všechny dokumenty o budově.

Další příležitostí je plánování rekonstrukcí a obnova technologií, které jsou důležitou součástí budoucnosti aquaparku. Těmito rekonstrukcemi a obnovami se sníží náklady na provoz aquaparku a přiláká více návštěvníků.

V neposlední řadě jsou důležitá cvičení evakuace osob z budovy. Díky těmto znalostem se sníží počty osob, které by byly postiženy nějakou mimořádnou událostí. S touto příležitostí by se dalo sjednat cvičení složek IZS v budově aquaparku.

5.2.4 Hrozby

Tato část analýzy je nejdůležitější, protože obsahuje hrozby, které by mohly ohrozit budovu aquaparku, osoby a jejich zdraví nebo životy, životní prostředí a nebo majetek.

Největší hrozbou by v případě přechodu z chlornanu sodného na kapalný chlor byl únik nebezpečné chemické látky. U této mimořádné události by byla největším problémem evakuace osob z aquaparku a blízkého okolí ve směru šíření větru.

Další velkou hrozbou by mohlo být selhání techniky v podobě např. poškození vzduchotechniky a rozvádění čerstvého vzduchu v prostorách plaveckých bazénů nebo šaten. Pod slovním spojením selhání techniky by se dalo představit také poškození ohřevu vody, ohřevu vzduchu nebo obecně topení v areálu aquaparku. Neméně závažným problémem by mohl být také zkrat nějakého elektrického zařízení.

Méně pravděpodobnými, ale neméně závažnými mimořádnými situacemi by mohly být teroristický útok a nebo útok aktivního střelce neboli AMOK. Tyto události by byly mířené na životy a zdraví osob vyskytujících se v aquaparku. Mimořádné události tohoto typu by mohly být i spojené s další hrozbou a to neoprávněným vstupem osob na místa určená pouze pro personál.

Jednou z vnějších hrozeb by bylo narušení statiky fotbalové tribuny, která je v těsné blízkosti. Budova aquaparku je totiž spojena jednoduchou konstrukcí s fotbalovou tribunou.

Další hrozbou je zranění osob v prostorách budovy. Pod touto hrozbou se skrývá nebezpečí při manipulaci s chemickými látkami, uklouznutí, zakopnutí a jiné nebezpečné aktivity v prostorách budovy.

5.2.5 Stanovení rizik

SWOT analýza poukazuje na slabé, silné stránky, příležitosti a hrozby. Stanovení rizik můžeme odvodit z hrozeb. Některá rizika mohou vzniknout zanedbáním určitých hrozeb.

Mezi rizika Aquaparku Slaný můžeme tedy zařadit únik nebezpečné chemické látky, který může vzniknout vlivem špatného zabezpečení chemických látek v aquaparku, nedodržováním bezpečnosti práce s danou chemickou látkou nebo např. vlivem stárí materiálu a zařízení. Dalším rizikem, které může nastat, je vstup neoprávněné osoby na nepřístupná místa pro veřejnosti. Odtud by mohl nastat teroristický útok na měkký cíl nebo ozbrojený útok aktivního střelce. Mezi další rizika spadá možný úraz v prostorách budovy, který se může stát nejrůznějšími vlivy. V neposlední řadě je zde externí riziko v případě narušení statiky fotbalové tribuny vlivem např. živelné pohromy. V případě narušení statiky by hrozil pád střechy nebo jedné strany aquaparku.

5.3 Modelace v programu Aloha

Při práci s tímto programem bylo důležité zvolit správná data, bez kterých by modelace nemohla vzniknout. Vstupními informacemi byly Site Data, Chemical Data, Atmospheric Data a Source Strength. Z důvodu plánované rekonstrukce byl zvolen v modelacích nebezpečnější kapalný čistý chlor namísto chlornanu sodného.

- Site Data: zde se specifikuje místo úniku nebezpečné látky (čas, datum, nadmořská výška, souřadnice).

- **Chemical Data:** zde je zadána nebezpečná látka chlor (program automaticky vygeneruje molekulární hmotnost látky, bod varu, hodnotu IDLH, čili maximální koncentraci látky, která po expozici organismu v třiceti minutách nijak neohrozí a dále stanoví zóny ohrožení pro koncentraci látky v ovzduší po dobu 60 minut s hodnotami: AEGL-1: 0,5 ppm, AEGL-2: 2 ppm, AEGL-3: 20 ppm.
- **Atmospheric Data:** zde se specifikují podnebné podmínky (rychlost a směr větru, teplota vzduchu, oblačnost).
- **Source Strength:** zde je specifikace rozměrů zásobníku a míra jeho naplnění, teplota v zásobníku, dále byla stanovena velikost otvoru, jímž látka uniká.

5.3.1 Vstupní data

5.3.1.1 SITE DATA

- **Location:** SLANÝ, CZECH REPUBLIC
- **Building Air Exchange Per Hour:** 0,81

5.3.1.2 CHEMICAL DATA:

- **Chemical name:** CHLORINE
- **CAS Number:** 7782-50-5 **Molecular Weight:** 70,91 g/mol
- **AEGL – 1 (60 min):** 0,5 ppm, **AEGL – 2 (60 min):** 2 ppm, **AEGL – 3 (60 min):** 20 ppm, **IDLH:** 10 ppm
- **Ambient Boiling Point:** - 34,6° C
- **Vapor Pressure at Ambient**
- **Temperature:** greater than 1 atm
- **Ambient Saturation Concentration:** 1,000,000 ppm or 100.0%

5.3.1.3 ATMOSPHERIC DATA:

- **Wind:** 4 meters/second from ES at 3 meters
- **Ground Roughness:** urban or forest
- **Cloud Cover:** 5 tenths
- **Air Temperature:** 16° C

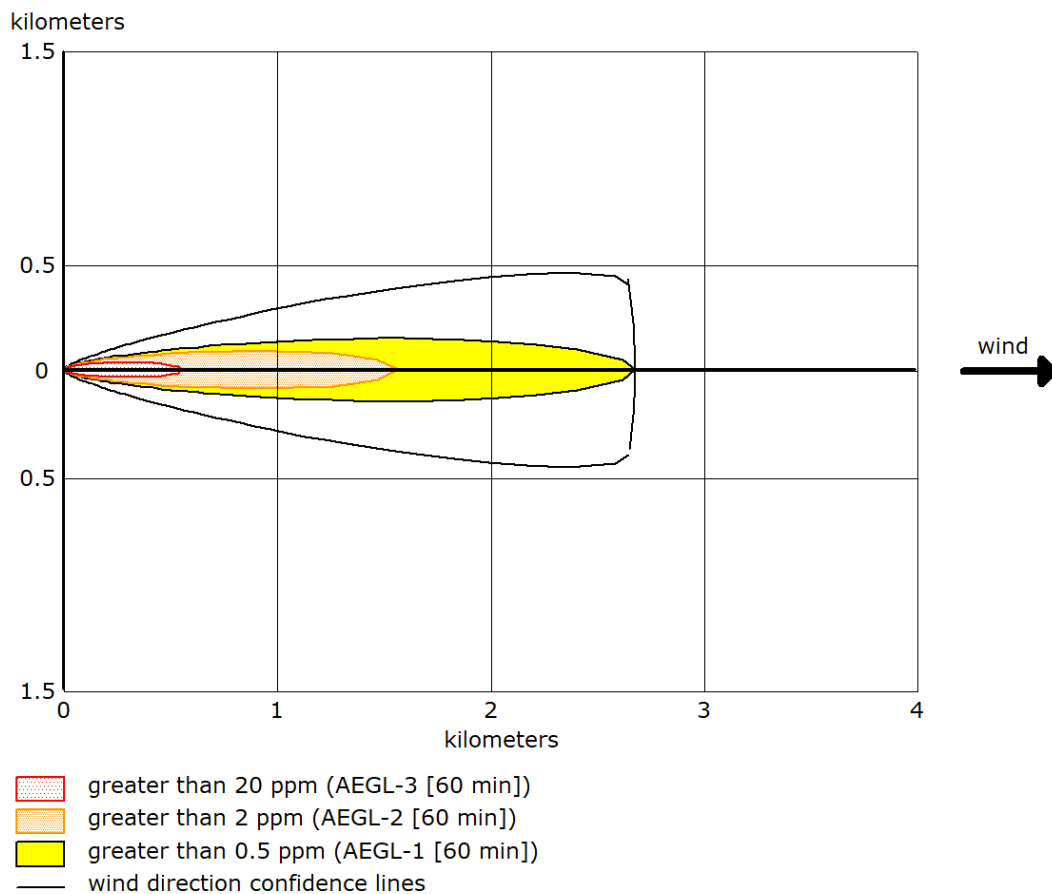
- Stability Class: D
- No Inversion Height
- Relative Humidity: 50%

5.3.1.4 SOURCE STRENGTH:

- Leak from hole in vertical cylindrical tank
- Non-flammable chemical is escaping from tank
- Tank Diameter: 0,36 meters Tank Length: 0,5 meters
- Tank Volume: 50 liters
- Tank contains liquid Internal Temperature: 16° C
- Chemical Mass in Tank: 50 kg Tank is 70 % full
- Circular opening Diameter: 2 cm
- Opening is 20 cm from tank bottom
- Model Run: traditional Aloha tank
- Release Duration: 1 min.
- Max. Average Sustained Release Rate: 589 grams/sec
- Amount Released: 1 tank

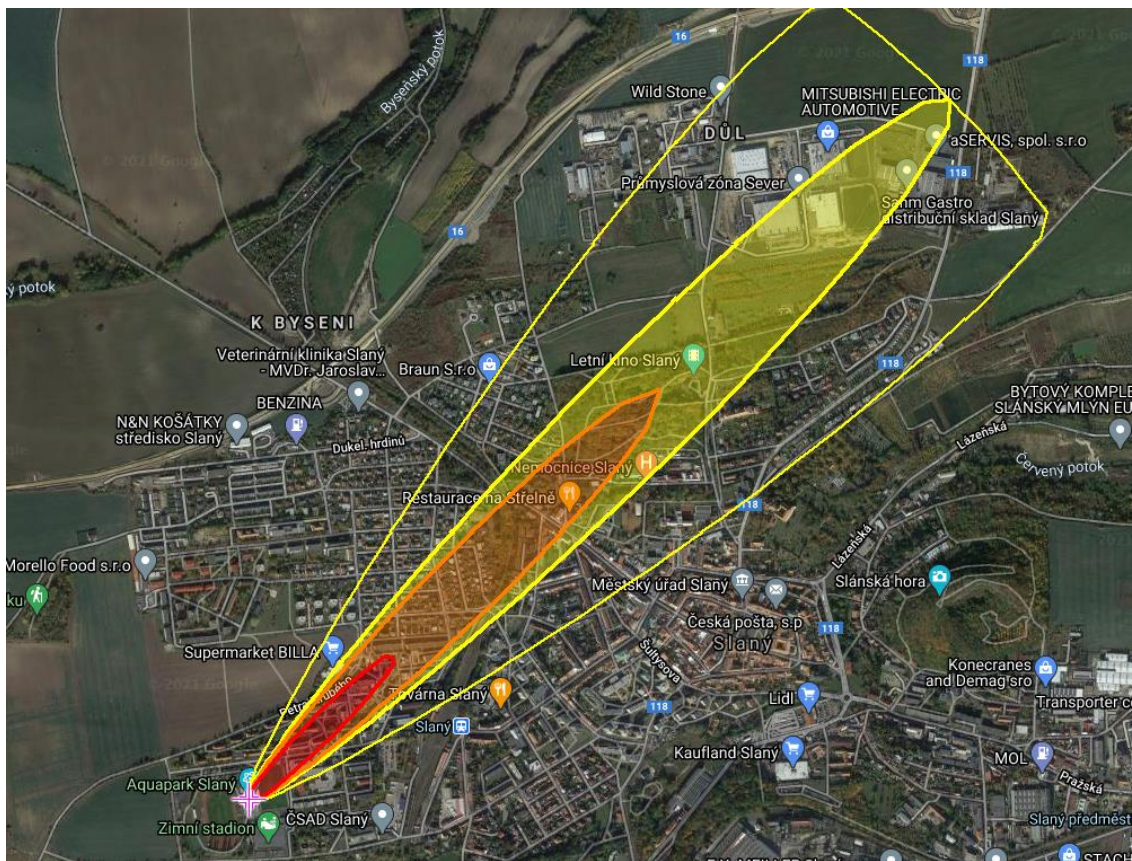
5.3.1.5 THREAT ZONE

- Model Run: Heavy Gas
- Red: 547 meters --- (20 ppm = AEGL – 3 (60 min.))
- Orange: 1600 meters --- (2 ppm = AEGL – 2 (60 min.))
- Yellow: 2700 meters --- (0,5 ppm = AEGL – 1 (60 min.))

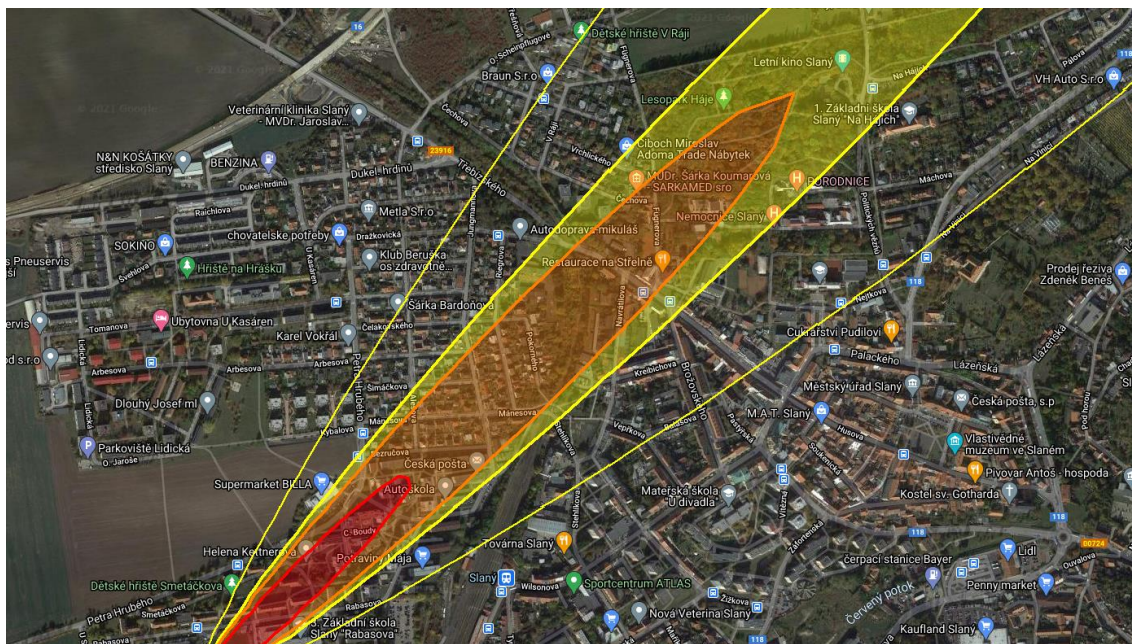


Obrázek 5 Grafické znázornění nebezpečných zón [vlastní zdroj]

Nejvyšší koncentrace 20 ppm bude dosahovat do maximální vzdálenosti 0,547 kilometru, koncentrace 2 ppm bude měřitelná do vzdálenosti 1,6 kilometru a nejnižší koncentrace chloru 0,5 ppm bude zasahovat do vzdálenosti 2,7 kilometrů.



Obrázek 6 Vyznačení 3 zón s odlišnou koncentrací chloru v ovzduší [vlastní zdroj]



Obrázek 7 Vyznačení 2 zón s odlišnou koncentrací chloru v ovzduší [vlastní zdroj]



Obrázek 8 Vyznačení evakuační zóny [vlastní zdroj]

V případě modelace úniku chloru v programu Aloha je výstupní informací zóna ohrožení rozdělená na tři části a to červenou, oranžovou a žlutou. Červená zóna představuje největší nebezpečí, jelikož v této zóně je koncentrace chloru v ovzduší 20 ppm. Červená zóna dosahuje do vzdálenosti 0,547 km od místa úniku. Oranžová zóna představuje koncentraci chloru 2 ppm a bude měřitelná do vzdálenosti 1,6 km. Žlutá zóna je specifická koncentrací 0,5 ppm a bude zasahovat do vzdálenosti 2,7 km.

5.4 Modelace v programu TerEx

V tomto programu bylo stěžejní určit typ úniku, zda jde o déletrvající nebo jednorázový. Pro účely této bakalářské práce byl zvolen únik jednorázový. Pro modelaci byly východiskem zvolit vstupní informace a to:

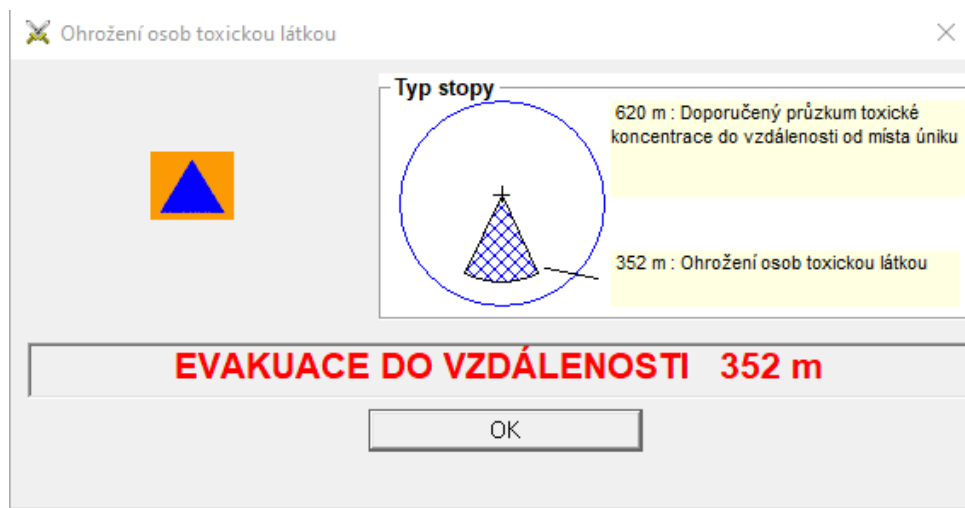
- látka: Chlor

- celkové uniklé množství látky: 1 barel
- rychlost větru v přízemní vrstvě: 4 m/s
- pokrytí oblohy oblaky: 50%
- doba vzniku a průběhu havárie: den - jaro
- typ atmosférické stálosti: C - izometrie
- typ povrchu ve směru šíření látky: obytná krajina
- směr větru: od jihozápadu na severovýchod

Důležitými výsledky, které vycházejí jako výstupní informace z modelace jsou vzdálenosti ohrožení osob toxickou látkou, do jaké vzdálenosti je potřeba evakuace osob a také doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku.

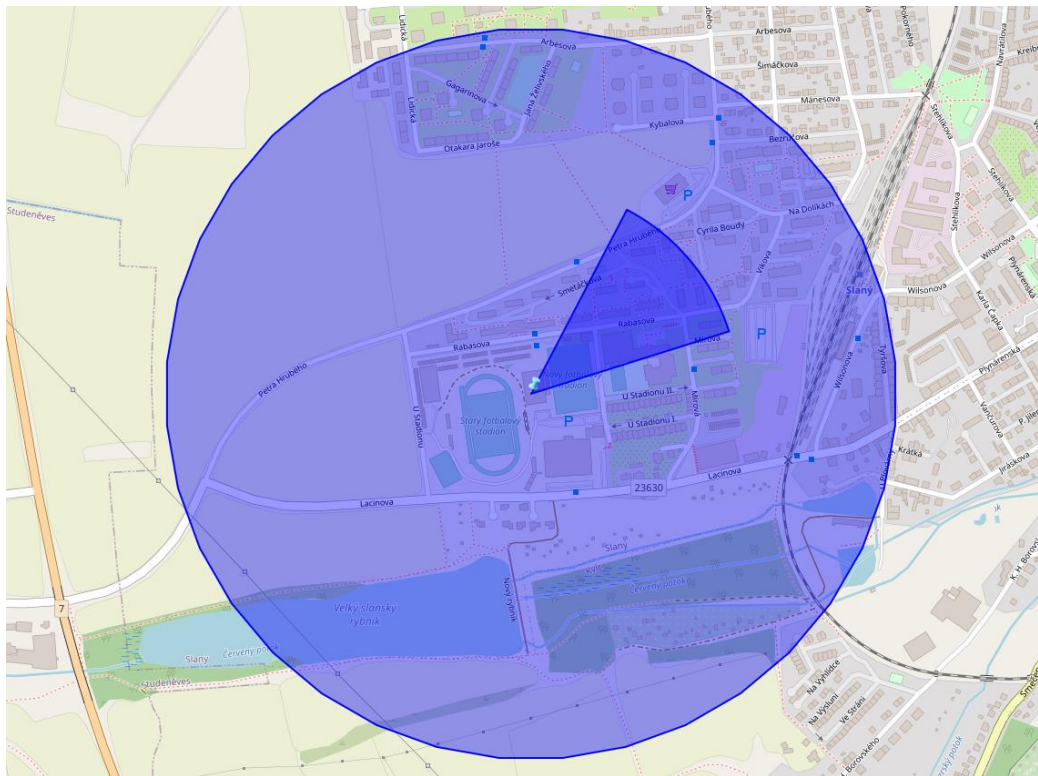
5.4.1 Jednorázový únik chloru

Pro jednorázový únik byl zvolen model modelace PUFF – jednorázový úniku plynu do oblaku.

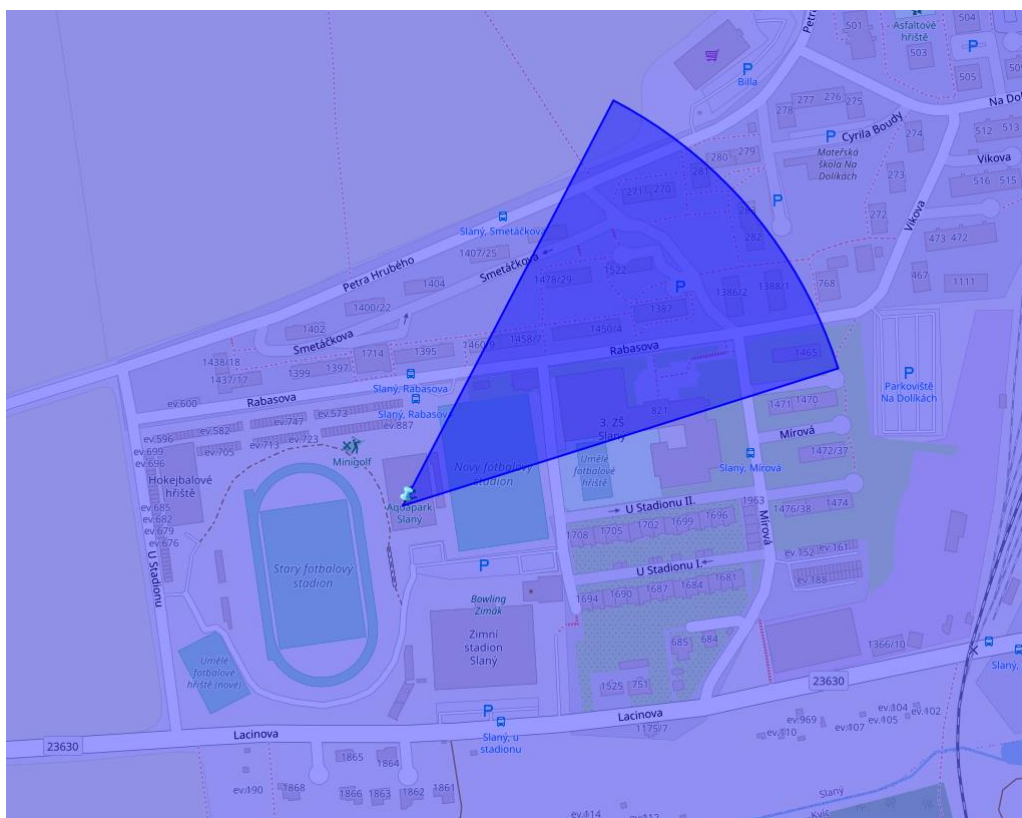


Obrázek 9 Ohrožení osob uniklým chlorem - jednorázový únik [vlastní zdroj]

Při jednorázovém úniku chloru do oblaku by se muselo evakuovat území do 352 metrů s tím, že by zde bylo ohrožení osob toxickou látkou. Doporučený průzkum toxické koncentrace by byl do vzdálenosti 620 metrů od místa úniku.



Obrázek 10 doporučený průřez toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [vlastní zdroj]



Obrázek 11 Evakuační zóna [vlastní zdroj]

5.5 Komparace výsledků modelací

Porovnáním modelací, provedených v programu TerEx a Aloha, bylo zjištěno, že obě modelace určili jinou zónu, ve které by byla potřeba provést evakuace osob. V případě jednorázového úniku chloru, v programu TerEx, by byla nutná evakuace osob do vzdálenosti 352 m od místa úniku ve směru větru. Dále nám simulace úniku chloru v tomto programu stanovuje doporučený průzkum toxické koncentrace, který by byl do vzdálenosti 620 metrů od aquaparku. Program Aloha nám představuje zónu ohrožení, která je větší než v programu TerEx, jelikož nejvzdálenější bod, kam by se podle této simulace dostal chlor, by byl ve vzdálenosti 2,7 km od místa úniku. Aloha nám tedy stanovuje zónu ohrožení do vzdálenosti 2,7 km, přičemž na rozdíl od modelace v programu TerEx nám tuto zónu ohrožení dělí na tři území s různými koncentracemi chloru, která jsou specifická odlišnou mírou ohrožení. Nejvíce nebezpečná zóna je označena červenou barvou a jedná se zónu, která je ve vzdálenosti 0,547 km od místa úniku chloru. Výsledkem a nejlepším připravením na vznik mimořádné události v podobě úniku chloru, by bylo dobré počítat s oběma modelacemi a udělat jakýsi kompromis, jelikož oba tyto programy jsou specificky upravené tak, aby složky IZS měly možnost rychlé modelace a následného grafu a určení zón ohrožení. Oba tyto programy totiž nejsou nijak náročné a zdlouhavé, tudíž je počítáno s rezervou a pouhým orientačním výsledkem.

6 DISKUZE

Ačkoliv k úniku chloru v aquaparcích u nás v České republice nedochází tak často, je důležité být na takové případy připravený. V Aquaparku Slaný k takovému úniku nikdy zatím nedošlo, jelikož se zde skladuje chlornan sodný, který není tak reaktivní jako je čistý chlor. Při případném přechodu na kapalný chlor by však taková situace nastat mohla. Popis vlastností chloru a představujícího nebezpečí je v kapitole č. 2.4.

V rámci práce byla důležitá spolupráce s provozním mistrem Aquaparku Slaný. Díky němu bylo umožněno dostat se v této nelehké době do prostor aquaparku a pořídit fotografie budovy. Dalším důležitým aspektem byly poskytnuté informace, které mi pan provozní mistr byl ochotný poskytnout. Kontroly prostor budovy provádí provozní mistr osobně, dále zde probíhá spolupráce s uklízečkami a odborníky, kteří míchají chemikálie.

Budova aquaparku spadá pod celek, kterým je Víceúčelová sportovní hala Slaný. Veškeré revize a kontroly tedy probíhají spíše ve Víceúčelové sportovní hale, ve které se nachází např. zimní stadion, tělocvična pro míčové hry a badminton, kurt na squash, bowling a fitness centrum. Provozní mistr přiznal, že na budovu aquaparku se dosud zapomínalo a kladl se důraz spíše na výše jmenované objekty. Z toho vyplývá, že aquaparku chybí některé zpracované dokumenty, avšak všichni zaměstnanci byli školeni pro nejrůznější případy vzniků mimořádných událostí jako např. pracovní úraz, požár, výbuch, přepadení. Tyto mimořádné události a co v případě jejich vzniku dělat mají zakomponované v havarijním plánu pro zdolávání mimořádných událostí. V tomto dokumentu jsou taktéž obsaženy povinnosti zaměstnavatele, vedoucích zaměstnanců a zaměstnanců. Po celé budově jsou označeny únikové východy a cesty k nim.

Pro modelace úniku chloru bylo nutné stanovit jaké množství této chemické látky unikne. Jelikož se chlornan sodný skladuje v 50- ti litrových barelech, tak bylo stanoveno, že v případě přechodu na kapalný chlor by se zachovalo toto skladování. Z důvodu menší pravděpodobnosti poškození více než jednoho barelu bylo počítáno s únikem chloru z jednoho barelu. V práci bylo počítáno s náhodným poškozením barelu nikoliv záměrným. Skladování nebezpečných látek je popsáno v kapitole č. 2.1.2. Při případném

přechodu na kapalný chlor se bude v budoucnu z důvodu bezpečnosti počítat se skladováním této látky mimo budovu aquaparku a to hlavně z důvodu, aby se plynný chlor nedostával do ventilace a nebyl vháněn v případě úniku do prostor šaten a bazénů.

Pro modelaci úniku chloru byly použity softwarové programy TerEx a Aloha. Tyto programy byly vysvětleny a popsány v kapitole zabývající se metodikou č. 4.1. Program Aloha potřeboval více vstupních informací, aby vytvořil simulaci a výstupní informací byla zóna ohrožení rozdělena na tři části se specifickými ohroženími a různou koncentrací chloru v ovzduší. Vymodelované části zóny byly charakteristické koncentrací chloru 20 ppm, 2 ppm a 0,5 ppm. Každá z částí zóny představovala určité nebezpečí do určité vzdálenosti a to 0,547 km, 1,6 km a 2,7 km. Nejnižší koncentrace 0,5 ppm by byla nejdále zasahující a to do maximální vzdálenosti 2,7 km.

TerEx byl použit pro modelaci jednorázového úniku chloru. Pro tuto simulaci byl zvolen model PUFF, který představuje jednorázový úniku plynu do oblaku. Výsledkem je stanovená zóna evakuace a zóna, která je doporučena pro průzkum toxické koncentrace. Jednorázovým únikem chloru v programu TerEx byla stanovena zóna evakuace osob, která byla do vzdálenosti 352 m od místa úniku a doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti 620 m od aquaparku.

Záměrem mé práce bylo poskytnout možnou pomoc pro aquapark při stanovení rizik při přechodu na technologii s chlorem, jelikož žádný dokument o úniku nebezpečné chemické látky zatím nemají, protože zatím nebyl potřeba.

Na simulace mimořádných událostí v podobě úniku chloru z Aquaparku Slaný byly použity dva programy a to softwarový program TerEx a softwarový program Aloha. Obě tyto modelace byly použity z důvodu porovnání výsledků viz. kapitola č. 5.5. Z této kapitoly vychází jasný závěr a to, že obě modelace určili jinou zónu ohrožení. Každopádně v případě modelace v programu TerEx by bylo nutné evakuovat budovy, které se nachází v evakuační zóně. V této zóně se nachází fotbalový stadion se zázemím, 3. ZŠ Slaný dětské hřiště a sídliště, ve kterém je hodně panelových domů. Evakuační zónou pro osoby z těchto zařízení, včetně osob z aquaparku, by, podle mého návrhu, mohlo být pole za

fotbalovým hřištěm označené modrou barvou v obrázku č. 12. Jednalo by se o bezpečnou vzdálenost od Aquaparku Slaný, zároveň při změně proudu větru by osoby byly v dostatečné vzdálenosti. Důvod, proč by místo evakuovaných osob nemohlo být na fotbalovém hřišti je ten, že zde bude místo pro osoby postižené mimořádnou událostí a bude jim zde poskytována neodkladná zdravotnická péče od poskytovatelů zdravotnické záchranné služby. Dále by zde byla dostupná technika složek IZS k řešení mimořádné události.



Obrázek 12 Místo pro shromáždění evakuovaných osob [www.google.cz/maps + malování]

Jednalo by se o vysoký počet osob. Např. ve škole by bylo předpokládáno s přibližně 500 osobami, v aquaparku přibližně 20 osobami, na dětském hřišti cca s 5 osobami, z 11 panelových domů, které se v této zóně nachází, by se dalo počítat s přibližným počtem 2000 osob a v neposlední řadě z fotbalového hřiště, v době herního utkání, by se počítalo s přibližně 60 osobami. Celkový přibližný odhad evakuovaných osob by byl okolo 2500. V případě úniku chloru by se však nemuseli evakuovat horní patra panelových domů z důvodu fyzikálních a chemických vlastností chloru viz. kapitola č. 2.4.



Obrázek 13 Budova 3. ZŠ Slaný [vlastní zdroj]

Ve výstupním materiálu z programu Aloha by byla evakuace nutná ještě v Mateřské škole v ulici Cyrila Boudy č. 284, dále Husník Jiří – Hv Studio, Kamnářství – krby, kamna, sporáky, pece a další 3 panelové domy.

Dalším bodem diskuze byla komparace výsledků s jinou diplomovou prací. V tomto bodě byla zvolena diplomová práce s názvem Řešení mimořádné události v Aquaparku v Uherském Hradišti, kterou vypracovala tehdejší Bc. Kamila Kubičková v Českých Budějovicích roku 2016. Školním zařízením, kde tato osoba studovala, byla Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta Zdravotně-sociální, Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva. Tato práce se zabývala problematikou celé mimořádné události úniku chloru z aquaparku od počátečního úniku až po evakuaci osob a ochraně před uniklým chlorem. Součástí této práce byla modelace úniku chloru v programu TerEx a Aloha. Jelikož se jednalo o diplomovou práci, tak zde byl proveden podrobnější výzkum v obou programech. V práci bylo počítáno se dvěma meteorologickými situacemi a to se zimním obdobím a letním obdobím. V porovnání s touto prací byla použita komparace úniku chloru z Aquaparku Slaný s únikem chloru z Aquaparku v Uherském Hradišti v zimním období. V diplomové práci bylo stanovena

vyšší vstupní data, proto se výsledek modelací velice liší. Největším rozdílem bylo stanovené množství uniklého chloru, který v práci, se kterou byla provedena komparace, činil 975 kg. Tento rozdíl je zcela zásadní, jelikož v bakalářské práci ohledně Aquaparku Slaný bylo počítáno s únikem chloru z jednoho barelu, který může obsahovat maximálně 50 kg chloru [33].

Výsledná komparace v programu Aloha spočívá ve stanovení vzdálenosti jednotlivých zón s odlišnou koncentrací uniklého chloru v ovzduší. V diplomové práci se jednalo o stanovení červené, oranžové a žluté zóny do vzdáleností 2,3 km, 5,6 km a 9,6 km. V práci s únikem chloru z Aquaparku Slaný byly hodnoty červené, oranžové a žluté zóny 0,547 km, 1,6 km a 2,7 km. Tyto výsledky se liší z důvodu zvolených vstupních informací. Největším rozdílem je stanovené množství uniklého chloru, které stanoví v diplomové práci 975 kg a v této práci cca 40 – 50 kg. Dalším velkým rozdílem bylo stanovené období a meteorologická situace, kdy by případný únik nastal. Zatímco v této práci se jednalo o jarní období s 16 stupni Celsia a 50% oblačností, tak v diplomové práci bylo počítáno se 3 stupni Celsia v zimním období a 10% oblačností. Tyto skutečnosti mohly výrazně ovlivnit výsledek a stanovení vzdálenosti zón od místa úniku [33].

Výsledná komparace v programu TerEx měla obdobné informace. Komparace výsledků je tedy opět výrazně ovlivněna množstvím uniklé látky. Pro obě modelace byl zvolen model úniku chloru PUFF, který simuluje jednorázový únik plynu do oblaku. V diplomové práci je stanovena, touto modelací, evakuační zóna do vzdálenosti 1623 m od místa úniku. V bakalářské práci je evakuační zóna do vzdálenosti 352 m. Doporučený průzkum toxické koncentrace od místa úniku je poté v diplomové práci vyhodnocen do vzdálenosti 2490 m a v bakalářské práci do vzdálenosti 620 m [33].

Z těchto komparací výsledných modelací vyplývá logický výsledek a to, že množství uniklého chloru je přímo úměrný vzdálenosti nebezpečné zóny. Jednodušeji řečeno, čím větší množství uniklého chloru, tím to zasáhne větší oblast a bude se muset evakuovat nebo varovat větší množství osob a objektů. V případě úniku chloru v Aquaparku v Uherském Hradišti je zde větší nebezpečí z důvodu lokace aquaparku, který je situován uprostřed města. V případě směru větru na jakoukoliv stranu by se zde muselo evakuovat

hodně budov. V případě Aquaparku Slaný se zde nabízí možnost v případě směru větru ze severozápadu, že by se nemusela evakuovat jiná budova než budova aquaparku. Jelikož Aquapark Slaný je situován na kraji města a jihovýchodně se zde nachází fotbalové hřiště a pole [33].

V případě přechodu na kapalný čistý chlor by se dalo předejít vážným mimořádným událostem několika způsoby. Jako první by se dalo použít lepší zabezpečení skladovaného chloru. Návrh na větší bezpečnost i zabezpečení by mohlo být postavení nové menší budovy mimo Aquapark Slaný a v něm skladovat nebezpečné chemické látky. Zamezilo by to tak, v případě úniku chemické látky, nasání do ventilace, pod kterou se doteď skladují chemické látky a jejich roznesení do prostor s bazény a šaten. Dalším zabezpečením by mohla být čidla, která by identifikovala chlor v ovzduší a dalo by se tak v případě zachycení většího množství chloru zasáhnout včas a zamezit dalšímu úniku.

Prevenčí mimořádné události v podobě úniku chloru by mohla být případná informovanost obyvatel a osob bydlících v blízkosti aquaparku. Návrhem by bylo sepsat informace, kterými by se osoby řídili ve svých domácnostech v případě úniku nebezpečné chemické látky. Příkladem by bylo zavření všech dveří a oken, dále jejich utěsnění v podobě mokrých kusů oblečení, hadrů, utěrek, ručníků nebo kapesníků. Dále si chránit dýchací cesty, oči nos a ústa. Bezpečnější je zvolit zahalení celého těla dlouhými rukávy, delšími kalhotami atd.

Jako další prevence by mohly být častější revize a kontroly. Dále možné cvičení složek IZS v aquaparku a dokumentace řešení modelové situace. Nádoba, ve které se skladuje chlor by mohla mít dvojitou ochranu zabezpečení, tzn. dvojitý uzávěr s těsněním. Časté školení pracovníků ohledně bezpečnosti a manipulace s nebezpečnými chemickými látkami by se dalo taky považovat za jakousi připravenost a předejití mimořádné události.

7 ZÁVĚR

Zásadními cíli bakalářské práce byly modelace úniku chloru, jejich komparace, stanovení rizik pro Aquapark Slaný a určení zóny ohrožení v případě úniku chloru z Aquaparku Slaný.

V bakalářské práci byla provedena analýza rizik metodou SWOT, která poukázala na drobné nedostatky v aquaparku. Touto cestou byla stanovena rizika mezi která patří hlavně únik nebezpečné chemické látky. Na druhou stranu vyzdvihla silné stránky, kterých má Aquapark mnoho. Dalším bodem byly modelace úniku chloru v softwarových programech TerEx a Aloha. Výsledky těchto modelací byly odlišné, jelikož se jedná o programy, které nepotřebují velké množství času a vstupních informací, protože jsou postaveny na rychlém vyhodnocení situace a stanovení zón ohrožení. Takto rychlé modelace a vyhodnocení je nezbytně nutné pro rychlý, přesný a co nejlepší zákrok složek integrovaného záchranného systému v místě zásahu. Díky rychlosti těchto programů je možná skoro okamžitá reakce složek IZS a zachránění nespočtu lidských životů, jejich zdraví, dále také zvířat a v neposlední řadě životního prostředí.

Únik nebezpečných chemických látek nehrozí pouze u aquaparků ale i u dalších objektů např. zimních stadionů, elektráren, průmyslových zařízení až po vozidla, která tyto chemické nebezpečné látky převážejí. Ačkoliv tato problematika není na denním pořádku, je důležité být na takové mimořádné události připraven, proto je nutné provádět různá cvičení, která napomáhají rychlejší reakci složek IZS při vzniku skutečné mimořádné události.

Bakalářská práce byla postavena na základních informacích získaných během tříletého studia bakalářského programu Plánování a řízení krizových situací.

Tato práce bude poskytnuta Aquaparku Slaný, jakožto dokument, ze kterého by se mohlo čerpat při sepsání různých dokumentů v případě přechodu z chlornanu sodného na kapalný čistý chlor.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

HZS – Hasičský záchranný sbor

IZS – Integrovaný záchranný systém

ZZS – Zdravotnická záchranná služba

PČR – Policie České republiky

JPO – Jednotky požární ochrany

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. *VSH Slany: Aquapark* [online]. Slaný, Česká republika [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <http://www.vshslany.cz/aquapark>
2. PANOCHA, Václav. *Integrovaný záchranný systém (IZS) v České republice*. Praha: Armex, 1997. ISBN 80-902283-0-5.
3. Integrovaný záchranný systém. *HZSCR* [online]. 2009, 26. 6. 2009 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/integrovaný-zachranný-systém.aspx>
4. *112: odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha: Generální ředitelství HZS ČR, 2001-. ISSN 1213-7057.
5. ČESKO. § 2 písm. a) zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 28. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239#p2-1-a>
6. ČESKO. § 1 odst. 1 zákona č. 320/2015 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 28. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-320#p1-1>
7. ČESKO. § 1 odst. 2 zákona č. 320/2015 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 28. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-320#p1-2>
8. *Systém zdravotnické záchranné služby v ČR. Záchranná zdravotnická služba* [online]. Praha, 2002, 11. 4. 2002 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://zachrannaslužba.cz/system-zzs-v-cr/>
9. ČESKO. § 1 odst. 1 zákona č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 28. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273#p1-1>
10. ČESKO. § 2 odst. 1 zákona č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 28. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273#p2-1>

11. ČESKO. § 3 odst. 1 zákona č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 28. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273#p3-1>
12. Policie ČR. *Policie ČR* [online]. [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/o-nas-policie-ceske-republiky-policie-ceske-republiky.aspx>
13. PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Analýza a řízení rizik*. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04841-2.
14. PALEČEK, Miloš. *Prevence rizik*. Praha: Oeconomica, 2006. ISBN 80-245-1117-7.
15. GEMIGNANI, Zach, Chris GEMIGNANI, Richard GALENTINO a Patrick Jude SCHUERMANN. *Efektivní analýza a využití dat*. Přeložil Jiří HUF. Brno:
16. PRICE, Joseph M. *Srdeční choroby, cholesterol, chlór*. Přeložil Ondřej DOBIÁŠEK, přeložil Michaela VOJTOVÁ. Praha: ISI (Czech, 2005. ISBN 80-903593-4-5.
17. NEKVASIL, František, Jan TREBICHAVSKÝ a Milan BLOHBERGER. *Škodliviny II - halogeny (F, Cl, Br, I, At)*. Kutná Hora: NSO, 1998.
18. ČAPOUN, Tomáš. *Chemické havárie*. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8.
19. VALÁŠEK, Jarmil. *Bojové otravné látky, biologická agens a prostředky individuální ochrany*. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2007. ISBN 978-80-86640-99-0.
20. *Zásady první pomoci při zasažení dezinfekčními přípravky. STATUTÁRNÍ MĚST PŘEROV* [online]. Přerov, 2006, 6.4.2006 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.prerov.eu/cs/magistrat/krizove-situace-a-ochrana-obyvательства/zasady-chovani-pri-prvni-pomoci/zasady-prvni-pomoci-pri-zasazeni-dezinfekcnimi-pripravky.html>
21. *Zdravotnická první pomoc - laická první pomoc při otravách. BOZPINFO* [online]. 2006, 19.10.2006 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/zdravotnicka-prvni-pomoc-laicka-prvni-pomoc-pri-otravach>
22. *Kyselina sírová. Vmd-drogerie* [online]. Česká republika [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.vmd-drogerie.cz/kyselina-sirova-vitriol/>

23. Algicid modrý. *Guaa-chemie* [online]. 2008, 2008 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: https://www.guaa-chemie.cz/fotky23752/fotov/_ps_29Algicid-MODRY-GUAA-chemie.pdf
24. $Al_2(SO_4)_3$ – síran hlinitý. *Wekon* [online]. [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <http://wekon.cz/al2so43-siran-hlinity/>
25. KYSELINA CHLOROVODÍKOVÁ. *Krizport* [online]. [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.krizport.cz/ohrozeni/nebezpecne-latky/kyselina-chlorovodikova>
26. Chlorovodík. *Arnika* [online]. Praha, Česká republika, 2014, 2014 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://arnika.org/chlorovodik>
27. REGENERAČNÍ ČINIDLA - TABLETOVÉ A JINÉ SOLI. *AQUANORD* [online]. Brno, Česká republika: AQUANORD, 2018, 2018 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.aquanord-cz.cz/regeneracni-cinidla-tabletove-a-jine-soli/>
28. LUDÍK, RNDr. Ing. Tomáš a Ing. Jiří BARTA. *TerEx modelování a simulace* [online]. 2012 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/24737178-Terex-modelovani-a-simulace-studijni-pomucka-pro-predmet-krizove-scenare.html>
29. ALOHA. *Office of Response and Restoration* | [online]. USA, December 22, 2020 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://response.restoration.noaa.gov/aloha>
30. ALOHA. *EPA* [online]. USA [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/comeo/aloha-software>
31. Časopis 112 ROČNÍK XIV ČÍSLO 7/2015: SWOT analýza. *HZSCR* [online]. Česká republika: HZS, 2017, 7/2015 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xiv-cislo-7-2015.aspx?q=Y2hudW09Mw%3d%3d>
32. SWOT analýza. *Managementmania* [online]. Česká republika, 2011, 30.09.2020 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/swot-analyza>
33. KUBÍČKOVÁ, Bc. Kamila. *Řešení mimořádné události v Aquaparku v Uherském Hradišti*. České Budějovice, Česká republika, 2016. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Fakulta Zdravotně-sociální Katedra radiologie. Vedoucí práce Prof. RNDr. Jiří Patočka, DrSc.

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Budova Aquaparku Slaný [vlastní zdroj]	12
Obrázek 2 Budova Aquaparku Slaný z druhé strany [vlastní zdroj]	12
Obrázek 3 Lokace Aquaparku Slaný [zdroj: www.google.cz/maps + malování]	33
Obrázek 4 Chlornan sodný [vlastní zdroj]	34
Obrázek 5 Grafické znázornění nebezpečných zón [vlastní zdroj]	41
Obrázek 6 Vyznačení 3 zón s odlišnou koncentrací chloru v ovzduší [vlastní zdroj] ..	42
Obrázek 7 Vyznačení 2 zón s odlišnou koncentrací chloru v ovzduší [vlastní zdroj] ..	42
Obrázek 8 Vyznačení evakuační zóny [vlastní zdroj]	43
Obrázek 9 Ohrožení osob uniklým chlorem - jednorázový únik [vlastní zdroj]	44
Obrázek 10 doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [vlastní zdroj]	45
Obrázek 11 Evakuační zóna [vlastní zdroj]	45
Obrázek 12 Místo pro shromáždění evakuovaných osob [www.google.cz/maps + malování]	49
Obrázek 13 Budova 3. ZŠ Slaný [vlastní zdroj]	50

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 Množství skladovaných chemických látek v Aquaparku Slaný [vlastní zdroj]	13
Tabulka 2 SWOT analýza [vlastní zpracování].....	34