



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Analýza rizik vybraného měkkého cíle a návrh na opatření k eliminaci vybraných hrozeb

Risk Analysis of the Soft Target and Proposal Creation in Order to Solve Specific Threats

Bakalářská práce

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

Autor bakalářské práce: Alena Krupičková
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Mirovský

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Krupičková** Jméno: **Alena** Osobní číslo: **473771**
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 vybraného měkkého cíle a návrh opatření k eliminaci vybraných hrozeb

Název bakalářské práce anglicky:

Risk Analysis Soft Targeta and Proposal Creation in Order to Solve Specific Threats

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude analýza rizik vybraného měkkého cíle a zpracování návrhu opatření k eliminaci definovaných hrozeb. V teoretické části budou vyloženy základní pojmy, dále budou specifikovány metody analýzy rizik a právní předpisy související se zadanou problematikou. V této části bude rovněž charakterizován vybraný objekt. Praktická část bude obsahovat analýzu bezpečnostní dokumentace objektu, budou zde rozebrány vybrané hrozby a provedeny analýzy s pomocí softwaru Riskan. Výstupy analýzy povedou k návržení opatření, které sníží riziko vzniku mimořádných událostí.

Seznam doporučené literatury:

- [1] 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
- [2] PROCHÁZKOVÁ, Dana, Analýza a řízení rizik, ed. 1, V Praze: České vysoké učení technické, 2011, ISBN 978-80-01-04841-2
- [3] SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS, Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích, ed. 3, Praha: Grada, 2010, ISBN 978-80-247-3051-6

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Mirovský

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 vybraného měkkého cíle a návrh opatření k eliminaci vybraných hrozeb vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Kladně dne 12. 05. 2021

.....
Alena Krupičková

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych ráda poděkovala Ing. Petru Mirovskému za odborné vedení práce, připomínky a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Mé poděkování patří také HC Rakovník, z. s. za umožnění psaní této práce, především panu místopředsedovi Tomáši Veselému za spolupráci při poskytování potřebných materiálů a zodpovězení všech mých otázek. V neposlední řadě patří obrovské poděkování mé rodině a blízkým přátelům, bez kterých bych tuto práci nemohla dokončit.

ABSTRAKT

Tématem této bakalářské práce je vypracování analýzy pro objekt zimního stadionu ve městě Rakovník a následná modelace nejpravděpodobnější mimořádné události. Cílem práce je vyhodnotit zasaženou oblast a navrhnout opatření pro zabránění nebo zmírnění následků takové události.

Teoretická část je zaměřena na legislativní rámec, který se týká problematiky úniku chemické látky a objektů, které je skladují. Definuje základní pojmy týkající se řešené problematiky a teoreticky rozebírá analýzu rizik a její metody. Následně popisuje analyzovaný objekt, jeho okolí a využití nebezpečné chemické látky.

V praktické části byla analyzována současná havarijní dokumentace a jsou vybrány náležité hrozby. V rámci ochrany měkkých cílů jsou vybrané hrozby spojovány s teroristickými útoky. Všechny hrozby jsou předběžně analyzovány a definovány, poté je vypracována analýza za pomoci softwaru Riskan, který vyhodnotí nejzávažnější riziko. Na základě výstupů z analýzy je vypracována modelace za pomoci simulačního softwaru Aloha a vyhodnocení rizikových zón.

Vybranými hrozbami jsou úmyslné narušení zásobníku ve strojově chlazení a následný únik amoniaku do okolí, následný požár a výbuch a teroristický útok aktivního střelce. Nejzávažnějším rizikem je (z výstupu analýzy rizik) únik nebezpečné chemické látky.

Klíčová slova

Analýza rizik; Riskan; Aloha; zimní stadion; protiopatření; riziko

ABSTRACT

The topic of this bachelor's thesis is to develop the analysis of the winter stadium in the town of Rakovník and the simulation of the most probable emergency event. The goal of the thesis is the evaluation of the affected area and the design of a countermeasures to prevent or mitigate the consequence of such event.

The theoretical part is focused on the legislative framework, which relates to a leakage of chemical substances and to the facilities for storing these chemicals. This part contains the basic definitions of the subject and theoretically examines the risk analysis and its methods. Then follows the description of the analyzed building, its surroundings and the utilization of the dangerous chemical substance.

The practical part evaluates the actual emergency documentation and the relevant threats are selected. Within the protection of soft targets the terroristic attacks are considered. All threats are preliminary analyzed and defined, then the final analysis is made by the Riskan software, that provides the most serious risk. Based on the outputs from the analysis, the simulation is executed by means of the Aloha software, and the evaluation of the risk zones is made.

As a relevant threats were selected the intentional damage of the tank in the cooling engine room followed by the ammonia leakage, subsequent fire and explosion, and the terroristic attack of the active shooter. The output from the risk analysis shows, that the most serious risk is the leakage of the chemical substance.

Keywords

Risk analysis; Riskan; Aloha; winter stadium; countermeasure; risk

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce.....	10
3	Přehled současného stavu.....	11
3.1	Úvod do problematiky ochrany měkkých cílů	11
3.2	Legislativa	11
3.3	Základní pojmy pro řešenou oblast	15
3.4	Analýza rizik	17
3.4.1	Identifikace rizik.....	18
3.4.2	Hodnocení rizik.....	18
3.4.3	Metody analýzy rizik.....	19
3.4.4	Analýza rizik při haváriích	20
3.5	Charakteristika objektu.....	21
3.5.1	Popis objektu.....	21
3.5.2	Popis okolí objektu	23
3.5.3	Amoniak	24
3.5.4	První pomoc při zasažení amoniakem.....	25
3.5.5	Chladící zařízení v analyzovaném objektu	25
3.6	Úniky amoniaku ze zimních stadionů v ČR.....	25
3.6.1	Zimní stadion Rosice	25
3.6.2	Zimní stadion Příbram	26
3.6.3	Zimní stadion Chomutov	26
4	Metodika.....	27
5	Výsledky	28

5.1	Analýza současné dokumentace	28
5.1.1	Havarijní plán	28
5.1.2	Požární řád	29
5.1.3	Požární evakuační plán	30
5.2	Předběžná analýza.....	30
5.2.1	Stanovení rizik	31
5.3	Charakteristika stanovených hrozeb	31
5.3.1	Rizika ve vnitřních prostorech objektu.....	32
5.3.2	Rizika vnější	34
5.4	Výsledky analýzy rizik	35
5.5	Únik amoniaku z objektu	36
5.5.1	Průběh mimořádné události.....	36
5.5.2	Modelovací program ALOHA.....	37
5.5.3	Návrhy na protipatření	40
5.6	Analýza rizik po zavedení opatření.....	40
6	Diskuze	43
7	Závěr	47
8	Seznam použitých zkratk.....	48
9	Seznam použité literatury.....	49
10	Seznam použitých obrázků	53
11	Seznam použitých tabulek.....	54
12	Seznam Příloh.....	55

1 ÚVOD

Ohrožení měkkých cílů se neustále zvyšuje v celém světě. Teroristické útoky už nebývají pouze nábožensky motivované, ale vždy jsou prováděny za účelem vyvolat paniku a strach v lidech. Teroristé si pro své útoky vybírají snadno přístupná místa, ať už se jedná o veřejná prostranství, jako například náměstí velkých měst, budovy, ve kterých se nachází vysoká koncentrace osob a zároveň se je do nich snadný přístup. Na základě zvyšujícího ohrožení byla vytvořena a zpracována metodika ochrany měkkých cílů.

V České republice je jen málo objektů, které jsou zabezpečeny proti úmyslným útokům na život a zdraví osob. Jedná se především o kulturní či sportovní akce, u kterých se využívá jen malé procento bezpečnostních opatření. Z tohoto důvodu bylo vybráno téma bakalářské práce o ochraně objektu zimního stadionu ve městě Rakovník a následné navržení bezpečnostních opatření pro tuto budovu. Tato práce může následně sloužit společnosti k případným vylepšením zabezpečení a ke zvýšení povědomí majitele a zaměstnanců o této problematice.

V teoretické části je nejprve objasněn pojem měkký cíl. Následně je vymezen legislativní rámec dotýkající se řešené problematiky a jsou definovány základní pojmy. Dále se práce zabývá charakteristikou analýzy rizik, jejími postupy a metodami. Jako poslední se teoretická část zaměřuje na popis a lokalizaci analyzovaného objektu, jeho okolí a přítomnou nebezpečnou látku uvnitř stadionu.

V praktické části je veškerá problematika řešena pomocí softwarových nástrojů, konkrétně se jedná o Riskan, Alohu a Marplot. Závěrečná část je věnována návrhu protiopatření ke snížení pravděpodobnosti vzniku mimořádné události, případně ke zmírnění vzniklých škod.

2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této bakalářské práce je vypracování analýzy rizik pro zimní stadion HC Rakovník a návrh na implementaci bezpečnostních opatření.

V teoretické části je cílem seznámit čtenáře s definicemi pojmů a legislativním rámcem, které jsou stěžejní pro řešenou problematiku, následně s charakteristikou analýzy rizik, jejími postupy a základními metodami. Dále jsou v práci popsány vnitřní i okolní prostory zimního stadionu, včetně charakteristiky amoniaku. Nakonec jsou v této části uvedeny mimořádné události úniku amoniaku, které se podobají modelové situaci řešené v praktické části.

Úkolem praktické části je vytvoření analýzy současné bezpečnostní dokumentace zimního stadionu a předběžná analýza vybraných hrozeb metodou expertního odhadu, které jsou později definovány a popsány. Následná analýza rizik je vyhodnocena pomocí nástrojového softwaru Riskan. Vybrané hrozby jsou obecné, analýza rizik však vyhodnocuje vysoké riziko u hrozeb, které jsou spojeny s problematikou měkkých cílů. Konečná modelace softwarovým programem Aloha vyznačí rizikové zóny, které mohou ohrozit celé město. Pro vyhodnocené nejzávažnější hrozby budou navržena vhodná bezpečnostní opatření.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Úvod do problematiky ochrany měkkých cílů

Stejně jako okolní státy i Česká republika se zabývá prevencí teroristických útoků a dalších násilných činů v oblastech s vysokou koncentrací osob a malým zabezpečením, proto byla vypracována Koncepce ochrany měkkých cílů pro roky 2017 – 2020.

Pojem měkký cíl je v koncepci definován jako veřejně frekventovaná místa, jako například objekt, akce nebo prostor, která jsou snadno napadnutelná. Je charakterizován velkým počtem přítomných osob a současně je zde malá míra zabezpečení proti již zmíněným útokům. Konkrétně se tedy může jednat o objekty typu škola, nákupní centra, sportovní areály, nemocnice a podobně.

V koncepci jsou uvedeny principy ochrany měkkých cílů vycházející z obecných principů ochrany měkkých cílů, právní prostředí této problematiky, přístup k ochraně těchto cílů i priority a návrhy opatření pro několik zvlášť vypracovaných úkolů [1].

Se zvyšujícím se ohrožením teroristickými útoky byla také vypracována metodika Základy ochrany měkkých cílů. Jsou zde rozepsány principy a doporučené postupy zabezpečení těchto objektů, využití bezpečnostních prvků a dokonce i metody detekce podezřelého chování [2].

3.2 Legislativa

Legislativou vybraného tématu se zabývá několik zákonů a vyhlášek. Stěžejním zákonem této práce je však zákon **224/2015 Sb.**, o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi. Tento zákon zpracovává náležitý předpis Evropské unie a

vytyčí soustavu prevence závažných havárií pro objekty, ve kterých se nachází nebezpečná chemická látka za účelem snížení pravděpodobnosti a zmírnění následků závažných havárií na životy, zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetku v takových objektech a okolí. Tento zákon stanoví povinnost právnických a podnikajících fyzických osob, které využívají nebo budou využívat objekt, ve kterém je umístěna nebezpečná látka, a působnost orgánů veřejné správy na úseku prevence závažných havárií zapříčiněnou nebezpečnými látkami. S tímto cílem se objekty zařazují do třech kategorií: kategorie A, kategorie B a nezařazené. Rozřazení záleží na množství nebezpečné látky a na součtu poměrných množství nebezpečných látek umístěných v objektu, který se provádí podle vzorce. Limity pro množství látek jsou uvedeny v příloze tohoto zákona [3, 4].

Objekt zařazený do skupiny A musí zpracovat:

- návrh provozovatele na zařazení do kategorie A;
- bezpečnostní program;
- plán fyzické ochrany.

Objekt zařazený do skupiny B zpracovává:

- návrh provozovatele na zařazení do kategorie B;
- bezpečnostní zprávu;
- plán fyzické ochrany;
- vnitřní havarijní plán;
- podklady pro stanovení zóny havarijní plánování a zpracování vnějšího havarijního plánu.

Nezařazené objekty:

- uživatel objektu zpracovává protokol o nezařazení (množství nebezpečné látky je menší než množství uvedené v příloze zákona);
- uživatel aktualizuje protokol o nezařazení při každém zvýšení množství látky o 10 % nebo při umístění nové nebezpečné látky [3, 4].

Další právní předpisy, normy, vyhlášky a nařízení související s tématem budou uvedeny v následujícím seznamu.

- Vyhláška č. 225/2015 Sb., o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A nebo skupiny B.
Tato vyhláška stanovuje požadavky pro analýzu rizik v případě potenciálního útoku nebo neoprávněné činnosti, pro plán fyzické ochrany, kategorie režimových opatření, technických prostředků a rozsah vytyčených bezpečnostních opatření [5].
- Vyhláška č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury.
Definuje hranice pro zónu havarijního plánování a postupy pro jejich stanovení a potřebné náležitosti obsahu havarijního plánu [6].
- Vyhláška č. 227/2015 Sb., o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku.
Upravuje náležitosti pro obsah hodnocení rizik a jejich posouzení, obsah bezpečnostního programu, bezpečnostní zprávy a podkladů pro vymezení havarijní zóny. Dále upravuje kritéria hodnocení bezpečnostní dokumentace a obsah posudku [7].

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

Stanovuje způsob poskytnutí informací zpracovaných pro objekty skupiny B veřejnosti, obsah hlášení o vzniku závažné havárie a konečné zprávy o dopadech závažné havárie a způsob jejího zpracování [8].

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

Tato vyhláška upravuje zpracování a stanovení termínů kontrol a jejich hodnocení. Dále upravuje náležitosti ohledně obsahu zprávy o kontrole a jejich výsledcích a struktuře [9].

- Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně.

Především část šestá o postihu právnických, podnikajících fyzických a fyzických osob za nedostatečné dodržení podmínek stanovené tímto zákonem [10].

- Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích (chemický zákon).

Třetí část, konkrétně paragraf 40, který definuje změnu o požárním zákoně [11].

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

Druhá část pojednávající o právech a povinnostech právnických a podnikajících fyzických osob při mimořádných událostech [12].

3.3 Základní pojmy pro řešenou oblast

Je zapotřebí definovat pojmy, které následně budou prolínat celou bakalářskou prací, aby jim bylo porozuměno v souvislosti řešené problematiky.

Aktivum

Vše, co má pro daný subjekt nějakou hodnotu, i subjekt samotný, který je zapotřebí chránit. Aktiva můžeme definovat jako majetek subjektu a rozdělit je na hmotná (například nemovitosti, cenné papíry) a nehmotná (například informace, morálka pracovníků). Pojem aktivum vyplývá z analýzy rizik a je jejím základem k vytvoření [13, 14].

Riziko

Je možnost, že s jistou pravděpodobností dojde ke vzniku události, která je vzhledem k bezpečnosti nežádoucí. Riziko je vždy spojeno s konkrétním typem nebezpečí. Bývá vyjadřováno kombinací následků události a s ní související možnosti výskytu. Pravděpodobnost vzniku škodlivých následků vyplývá z hrozby a ze zranitelnosti zájmu [15, 16].

Mezi nejdůležitější charakteristiky rizika patří:

- míra pravděpodobnosti rizika = pravděpodobnost, že riziko nastane;
- dopady rizika = následky, které nastanou, pokud riziková situace nastane;
- předvídatelnost rizika = možnost, zda lze riziko předvídat a identifikovat;
- míra ovlivnitelnosti rizika = zda jde riziko ovlivnit, částečně ovlivnit, nebo je neovlivnitelné;

- závažnost rizika = zanedbatelné, přijatelné, nežádoucí a nepřijatelné riziko [17].

Hrozba

Je aspekt, který nepříznivě ovlivňuje bezpečnost a může poškodit aktiva. Hrozby pocházejí z různých směrů, mohou být antropogenního nebo přírodního původu a mají tendenci se hromadit. Shlukování může vést k nahromadění hrozeb, což povede k vyšším účinkům. Hlavní charakteristikou ohrožení je úroveň, která je hodnocena na základě nebezpečnosti, přístupu a motivace hrozby. Stejně jako aktiva jsou i hrozby jedním ze základů pro vytváření analýzy rizik [13].

Zranitelnost

Zranitelnost je funkcí faktorů přizpůsobení se nebezpečí a citlivosti. Zranitelnost území lze pochopit jako vnímavost území na důsledky mimořádných událostí. Je to schopnost území negativně reagovat na účinek nežádoucího jevu [16].

Závažná havárie

Jde o událost vycházející z nekontrolovatelného vývoje v procesu chodu jakéhokoliv objektu nebo zařízení, ve kterém se nachází nebezpečná chemická látka, a při níž může dojít k vážnému nebo bezprostřednímu ohrožení lidského zdraví, hospodářských zvířat nebo životního prostředí nebo ke škodě na majetku uvnitř anebo vně objektu nebo zařízení [18].

Protiopatření

Protiopatření je proces, procedura, postup nebo cokoliv, co bylo navrženo speciálně pro eliminaci působení hrozby, zmírnění zranitelnosti nebo dopadu

hrozby. Protiopatření se navrhuje za účelem zabránit vzniku škody nebo s cílem usnadnit překlenutí následků vzniklé škody. Z pohledu analýzy rizik je protiopatření definováno náklady a efektivitou [13].

3.4 Analýza rizik

Analýza rizik je stěžejní pro tuto práci. Bude na ní postavena většina praktické části, proto je zapotřebí se s tímto pojmem seznámit.

Analýza rizik je chápána jako proces definování hrozeb, pravděpodobnosti jejich uskutečnění a dopadu na aktiva, tedy určení rizik a jejich závažnosti. Následující činností je řízení rizik. Analýza rizik může být provedena do různých úrovní, může být kvalitativní, semikvantitativní nebo kvantitativní, nebo může být jejich kombinací [19, 20].

Kvalitativní analýzou rizik se rozumí využití slovního popisu rozsahu možných následků a pravděpodobností, že se tyto následky přihodí. Využité škály se upravují, aby odpovídaly okolnostem. Tento typ analýzy je méně náročný na zdroje, je založena na expertním odhadu jednotlivých aktiv, zranitelností a hrozeb [19].

Kvantitativní analýza trvá mnohem déle a je náročnější na zdroje, především proto, že veškeré hodnoty (aktiva, vzniklé škody) se musí vyjádřit v číselných hodnotách. Její přesnost závisí na kompletnosti dat, které jsou k dispozici, například modely pro jednotlivé události nebo historické záznamy o nehodách [19].

Semikvantitativní analýza využívá k hodnocení kvalitativně popsané stupnice, kterým jsou přiřazené číselné hodnoty, jejich kombinace je využita k určení míry rizika [21].

3.4.1 Identifikace rizik

První částí analýzy je identifikace rizik, což je relativně zdlouhavý a složitý proces, do něhož je vhodné zapojit zaměstnance. Úkolem je odhalit všechny potenciální hrozby, které mohou způsobit nebezpečí, zdroj úrazu nebo havárii. Nutností je do identifikace zapojit všechny faktory (chemické, biologické i fyzikální). Všichni účastníci tohoto procesu mají povinnost všechna možná rizika hlásit vedoucímu nebo analytikovi rizik.

Identifikace rizik obsahuje:

- identifikaci aktiv;
- stanovení hodnoty aktiv;
- identifikaci hrozeb a slabín;
- stanovení míry zranitelnosti a závažnosti hrozeb [20, 21].

3.4.2 Hodnocení rizik

Cílem hodnocení je zjistit a určit závažnost identifikovaných rizik. Závažnost rizik určuje analytik, který má patřičné znalosti a zkušenosti. Podstata hodnocení je stanovení a rozhodnutí, zda je riziko možné přijmout či nikoliv. Pokud je riziko nepřijatelné je zapotřebí vytyčit vhodná bezpečnostní opatření, která povedou k odstranění hrozby nebo k její eliminaci na přijatelnou míru.

Při hodnocení identifikovaných rizik se musí:

- posoudit dopady naplnění hrozeb na aktiva a na činnost organizace;
- stanovit úroveň rizik;
- rozhodnout, zda jsou rizika akceptovatelná, či nikoliv [20, 21].

3.4.3 Metody analýzy rizik

Při hodnocení rizik neexistuje žádný jednotný nebo univerzální systém z důvodu značně rozsáhlé problematiky, složitosti a vysokého počtu jednotlivých prvků a vazeb mezi nimi. Využívá se nejvíce optimální metoda vzhledem k využívaným technologiím a pracovních postupů v konkrétním pracovním prostředí, nebo kombinace různých metod.

Následně budou představeny nejvyužívanější metody analýzy rizik.

- **Check list** (kontrolní seznam) je systematický postup kontroly plnění předem určených opatření a podmínek. Jedná se o velmi efektivní, rychlou a výhodnou metodu.
- **What – if analýza** (co se stane když) je postup hledání možných dopadů vybraných situací. Využívá se nejčastěji při prověřování postupů, provozní bezpečnosti a již existujících bezpečnostních opatření. Základem této metody je brainstorming a diskuze.
- **Metoda ETA** (strom událostí) reprezentuje grafický strom procesů, které se mohou vyskytnout v analyzovaném systému. Sleduje se dění od počátku události až po její konstrukci na základě dvou kritérií, zda je příznivá či nepříznivá.
- **Metoda HAZOP** je založena na pravděpodobnosti ohrožení vyplývající z rizik. Využívá se především v chemickém průmyslu, zkoumá provozuschopnost a ohrožení. Cílem je identifikovat scénáře možných rizik, najít kritická místa a vyhodnotit potenciální rizika.
- **SWOT analýza** identifikuje silné a slabé stránky organizace, zaměřuje se na podporu silné stránky a omezení slabé stránky objektu [20, 21].

3.4.4 Analýza rizik při haváriích

Při analýze a hodnocení rizik při havárii spojené s nebezpečnými látkami je zapotřebí věnovat pozornost následujícím dvěma složkám:

- analýza a hodnocení ohrožení technologickou havárií v případě určitého objektu s následným vypracováním pravděpodobných scénářů takové havárie a určení scénáře, který je nejvíce pravděpodobný;
- analýza a hodnocení vlivu nebezpečné látky na chráněné zájmy, které se nejčastěji provádí podle analýzy vytvořených scénářů havárie s únikem nebezpečné látky [22].

Zákon číslo 224/2015 Sb., který je rozebrán v kapitole 3.2, kopíruje direktivu SEVESO III, podle které se vytváří scénáře havárií pro jednotlivé technologické celky objektu [22].

Pro hodnocení dopadů závažné havárie se využívají matematické modely, které zahrnují několik faktorů, které není jednoduché zohlednit. Jsou to především:

- Upřesnění uniklého množství nebezpečné látky a okamžité klimatické podmínky.

V současné době se analýza provádí tak, že se bere v potaz únik maximálního přítomného množství látky v objektu, tzv. deterministický přístup. Dále je důležité zohlednit klimatické podmínky, které mohou značně ovlivnit další šíření látky, a tím i závažnost dopadu. Jedná se především o rychlost větru, teplota, vlhkost, apod.

- Ekotoxické vlastnosti látky.

V případě úniku nebezpečné látky je potřeba znát její fyzikálně chemické a ekotoxické vlastnosti. Ekotoxické vlastnosti látky nejsou často uváděny v databázích či bezpečnostních listech. Pokud se jedná a méně známou nebezpečnou látku, musí se provést několik laboratorních testů.

- Stav životního prostředí.

Kvalitu životního prostředí, do kterého unikla nebezpečná látka, nazýváme pojmem zranitelnost. V závislosti na kvalitě tak můžeme odhadnout míru poškození nebezpečnou látkou, složitým faktorem je však šíření nebezpečné látky, především její rychlost a tudíž odhad velikosti zasažené plochy [23].

První krok této analýzy spočívá v systematické identifikaci iniciační události, která by mohla vést k nehodě. Dále dochází k analýze bezpečnostního systému a bezpečnostních opatření a vyhodnocení pravděpodobnosti koncových stavů a dopadů a nakonec je určena míra rizika [22].

3.5 Charakteristika objektu

Analyzovaným objektem je zimní stadion HC Rakovník.

3.5.1 Popis objektu

HC Rakovník byl založený v roce 1932 pod názvem Plavecko – bruslařský klub. Od roku 1991 byla provozovatelem Zimního stadionu Rakovník Tělovýchovná jednota HC Rakovník zaregistrovaná u ČSTV ČR dne 25.6.1991. V roce 2015 došlo ke změně názvu na HC Rakovník, z. s.

Vlastníkem veškerých nemovitostí spravovaných spolkem HC Rakovník je Město Rakovník. Kromě vlastní činnosti HC Rakovník je hala zimního stadionu

k dispozici široké veřejnosti. Mimo zimní sezonu je hala k dispozici in-line hokejistům a také k pronájmu pro nejrůznější hudební, sportovní, zábavné aj. produkce [24].

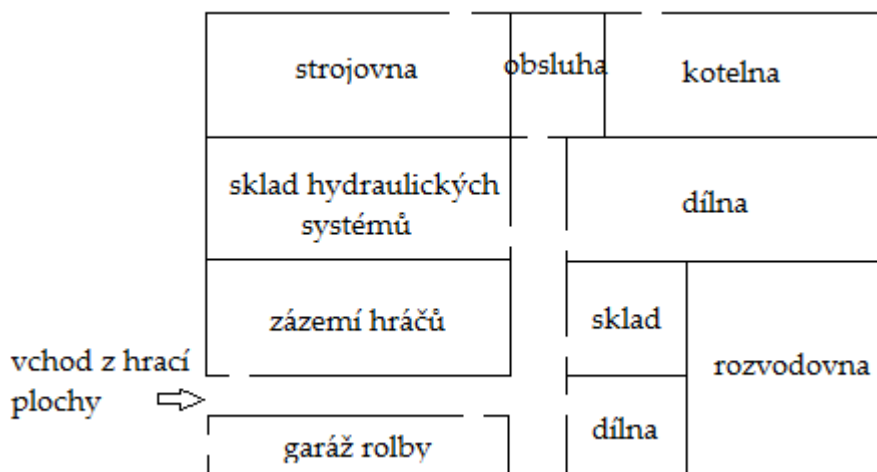
Objekt zimního stadionu je rozdělen na 3 celky:

- ubytovna + administrativní zázemí;
- vlastní zimní stadion;
- strojovna chlazení.

Budova ubytovny má 2 nadzemní podlaží, ostatní části provozu mají jedno nadzemní podlaží, budovy nejsou podsklepené. Hlavní vstup do objektu je přímo do prostoru zimního stadionu, vedlejší pak do ubytovny. Strojovna je přístupná několika vstupy ze dvora, viz Obrázek 1, podrobnější výkres půdorysu je uveden v Příloze 1. Ve strojovně chlazení se vyskytuje přibližně 320 litrů amoniaku.

Typ objektu je uzavřený areál s nepřetržitým provozem ubytovny, u ostatních celků je provoz řízen podle potřeby. Osoby se mohou pohybovat po areálu samovolně s omezenou schopností pohybu. V celém areálu se může vyskytovat zhruba 900 osob [25].

Analyzovaný objekt spadá podle zákona č. 224/2015 Sb. do kategorie B a zpracovává všechny dokumenty zmíněné v kapitole 3.2.



Obrázek 1 - Půdorys strojovny (Zdroj: autor)

3.5.2 Popis okolí objektu

Areál zimního stadionu se rozkládá v jihovýchodní části města Rakovník, v ulici nábřeží Dr. E. Beneše, vzdušnou čarou přibližně 1,5 kilometru od centra, kterým je Husovo náměstí. Přímo v objektu se nachází ubytovna, restaurace a prodejna hokejových potřeb.

Na západní straně hned vedle objektu se nachází podnik hydraulické systémy AH, kde dochází k jejich konstrukci, výrobě, údržbě a servisu. Ve stejném směru je dále kadeřnictví umístěné v rodinném domě. O 200 metrů dál se rozprostírá botanická zahrada Střední zemědělské školy o velikosti přibližně 1,5 ha, která je veřejně přístupná. Pár metrů vedle botanické zahrady se nachází Aquapark Rakovník (AquapRak), který nabízí plavecký bazén, parní lázně a sportovní halu se dvěma tělocvičnami.

Na východní straně se nachází servis autosklo a pneuservis Dyntar Rakovník a obchod s instalatérským a topenářským zbožím. Přibližně o 250 metrů dále je kominictví a obchod s krby a kamny, jejich servis a montáž.

V těsné blízkosti stadionu je umístěna trať Českých drah, směr Rakovník – Beroun. Podél celého areálu protéká Rakovnický potok, který je zdrojem vody pro zimní stadion a cyklotrasa [26].

3.5.3 Amoniak

Vzhledem k poměrně velkému obsahu amoniaku v analyzovaném objektu, který se využívá jako chladicí médium v přímých okruzích chlazení, a k velkému riziku možnosti úniku této nebezpečné látky, kdy taková mimořádná událost bude modelována v praktické části, je zapotřebí definovat její základní vlastnosti.

Vlastnosti amoniaku závisí na tom, zda se vyskytuje v plynném nebo kapalném skupenství. Amoniak se za obvyklých podmínek nerozkládá, ale reaguje s kyselinami a oxidačními činidly, s kyslíkem tvoří výbušnou směs a při požáru se mohou vytvářet oxidy dusíku a vodík díky tepelnému rozkladu [27].

Amoniak v plynné podobě je za normálních podmínek jedovatý bezbarvý plyn, který má charakteristický štiplavý zápach. Je hořlavý a výbušný, žíravý a nebezpečný pro životní prostředí. Dráždí dýchací orgány, což způsobuje křečovitý kašel, dráždí oči a leptá sliznice a kůži. Plyn je dobře rozpustný ve vodě, proto se dá lehce zkrápět, je lehčí než vzduch. Pokud dochází k odpařování z kapalně fáze, vzniká čpavková mlha, která se chová jako plyn těžší než vzduch, a může tak zatékat do níže uložených prostor [27].

Amoniak v kapalně podobě (zkapalněný plyn) způsobuje omrzliny, vře při snížení tlaku. Pokud dojde k odpařování kapalněho amoniaku, může se z jednoho litru vytvořit až tisíc litrů plynněho amoniaku [27].

Amoniak se skladuje a přepravuje ve dvou formách. První variantou je amoniak pod tlakem jako zkapalněný plyn v tlakových nádobách, cisternách

nebo zásobnících. Druhá forma je plyn rozpuštěný v kapalině (čpavková voda) v sudech, plastových kontejnerech nebo silničních cisternách [27].

3.5.4 První pomoc při zasažení amoniakem

Jako první krok je důležité odvést zasaženého z kontaminovaného prostředí a zajistit přívod čerstvého vzduchu. Postiženou osobu uvedeme do stabilizované polohy a zajistíme, aby nedošlo k prochladnutí. Pokud dojde k potřebě podpory dýchání, nikdy neposkytovat dýchání z úst do úst, kvůli možnosti intoxikace. Pokud dojde k zasažení amoniakem v kapalném skupenství, musí se postižená osobě sundat zasažený oděv, nikoliv však, pokud přiléhá ke kůži. Zasažená místa se oplachují vodou, pokud došlo ke způsobení omrzlin, měly by se oplachovat vodou vlažnou. Po poskytnutí první pomoci předáváme zraněného do lékařské péče [27].

3.5.5 Chladicí zařízení v analyzovaném objektu

V chladicím zařízení zimního stadionu Rakovník je celková náplň zásobníku amoniaku přibližně 320 litrů. Toto množství je za provozu rozděleno do tří chladicích jednotek. Amoniak je za provozu přítomen v kondenzátorech, výparnicích, kompresorech a spojovacím potrubí [25].

3.6 Úniky amoniaku ze zimních stadionů v ČR

V této kapitole budou uvedeny stejné mimořádné události, které se již staly v České republice a kterými se tato bakalářská práce bude zabývat v praktické části.

3.6.1 Zimní stadion Rosice

V roce 2013 došlo v dopoledních hodinách k prasknutí potrubí pod ledem na zimním stadionu v Rosicích u Brna. V tu chvíli se v objektu pohybovalo osm

osob, které si unikající látky všimly, uzavřely přívod plynu a z budovy včas unikly. Zasažovalo zde několik jednotek Hasičského záchranného sboru Brna, Rosic i okolních vesnic. Policisté po příjezdu uzavřeli okolí objektu, celý zásah trval zhruba čtyři hodiny [28].

3.6.2 Zimní stadion Příbram

V roce 2018 v ranních hodinách unikl amoniak kvůli poruše ventilu jednoho z čerpadel. Okamžitě byl vyhlášen druhý stupeň poplachu, který byl po třech hodinách snížen na první. Z areálu bylo evakuováno dvacet sedm osob, z toho muselo být osm osob odvezeno do nemocničního zařízení. Na odčerpání byla povolána specializovaná firma, které asistoval HZS Středočeského kraje. Celý zásah trval přibližně osm hodin [29].

3.6.3 Zimní stadion Chomutov

V roce 2018 došlo v ranních hodinách k úniku amoniaku kvůli technické závadě ve strojovně chladičového systému. Na místě události zasahoval HZS Středočeského kraje, městská i státní policie. Došlo k evakuaci sto šestnácti lidí z areálu, okolních sportovišť a domů. Celý zásah trval zhruba tři hodiny [30].

4 METODIKA

V bakalářské práci je největší pozornost věnována analýze rizik a modelaci mimořádné události, ze kterých budou vycházet výsledky a následný návrh opatření. Analýza rizik byla popsána v teoretické části, v praktické části k jejímu vyhodnocení bude využit software Riskan. Modelová situace bude zaměřena na úmyslné poškození chladicího zařízení a následný únik nebezpečné látky z objektu, konkrétně amoniaku, za využití programu ALOHA. Později je namodelovaná situace přenesena do mapového podkladu za využití mapového systému Marplot.

Hlavní funkcí softwaru Riskan je v této práci předběžná analýza rizik. Jeho výstupem je přehledná tabulka definující neakceptovatelná rizika pro objekt. Vstupní údaje budou zadávány podle kvalifikovaného odhadu, předchozích zkušeností a znalostí objektu. Výsledná pravděpodobnost se určí následujícím vzorcem: $R = A \times H \times Z$, součin aktiva, hrozby a zranitelnosti[31].

System ALOHA modeluje atmosférický rozptyl, který se užívá pro hodnocení dopadu úniku nebezpečných chemických látek. Také však umožňuje modelaci způsobených požárů nebo výbuchů těmito nebezpečnými látkami. Grafické výstupy vyznačují stopu oblaku toxické látky uvolněné do atmosféry nebo zasaženou zónu požárem či výbuchem [32].

Marplot je mapový systém využívající elektronické mapy, ve kterých se po propojení se softwarem Aloha vykreslí namodelovaná situace. Dochází k vykreslení ohrožených zón přímo v místě nehody po vycentrování správné polohy na mapě [33].

5 VÝSLEDKY

5.1 Analýza současné dokumentace

V této kapitole je věnována pozornost obsahu a zpracování dokumentace zimního stadionu Rakovník. Analýza se zabývá následujícími dokumenty: havarijní plán, požární řád a požární evakuační plán.

5.1.1 Havarijní plán

Havarijní plán objektu zimního stadionu Rakovník se skládá z pěti částí:

- grafická část;
- poplachová směrnice;
- plán vyrozumění a spojení;
- plán havarijních prací;
- havarijní karta pro výron amoniaku.

Grafická část obsahuje grafické znázornění objektu, zejména strojovny chladičového zařízení s vyznačením veškerého zařízení, jako například hlídač průtoku, snímač teploty a podobně.

Poplachová směrnice popisuje její samotný účel, kterým je stanovení povinností a postupů pracovníků, kteří jsou odpovědní za provoz zimního stadionu za mimořádných podmínek, kterými může být havárie zařízení s nebezpečnou chemickou látkou. V této směrnici je uveden také seznam ochranných pomůcek pro výron amoniaku a návod na způsob jejich použití, rozdělení poplachu podle druhu a zásady první pomoci. Zabezpečuje také ochranu osob a pracovníků. V této části by měly být a jsou vypsány všechny únikové cesty v objektu.

Plán vyrozumění a spojení obsahuje postup varování obyvatel a provedení opatření pro uzavření pásma, které může být zamořeno. Také zahrnuje telefonické kontakty na složky IZS.

Plán havarijních prací obsahuje složení havarijní komise, charakteristiky stupňů ohrožení a postupy při likvidaci havárie podle stupně ohrožení.

Poslední částí havarijního plánu je havarijní karta pro výron amoniaku, která pokrývá informace o nebezpečné chemické látce, její parametry účinků toxické koncentrace a plán dozoru ve strojovně chladícího zařízení. Plán dozoru je složen z obecné části a obsáhlé části provádění dozoru nad zařízením.

Havarijní plán zimního stadionu Rakovník je velice dobře zpracovaný. Obsahuje značně rozsáhlý obsah, pokrývá všechny důležité náležitosti a je podrobně a srozumitelně sepsán.

5.1.2 Požární řád

Objekt zimního stadionu má dva požární řády, jeden pro prostory sportovní haly, druhý pro příruční sklad hořlavých kapalin, zpracované podle zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně.

Oba řády se skládají ze stejných částí – charakteristika prostoru, požárně technické parametry látek, požadavky pro zajištění požární ochrany, opatření k zamezení vzniku a šíření požáru, zvláštní povinnosti zaměstnanců a přílohy.

Požární řád je rozsahem i náplní dostačující podmínkám zpracování obsahu. Je viditelně vyvěšen v objektu pro zaměstnance i ostatní osoby pohybující se v prostorách stadionu.

5.1.3 Požární evakuační plán

Požární evakuační plán upravuje postup a průběh evakuace v objektu, který je ohrožený požárem, mimořádnou událostí, nebo jinou živelnou pohromou. Dále upravuje podmínky evakuace osob a materiálu. Vychází z vyhlášky č. 246/2011 Sb., o požární prevenci.

V tomto plánu je konkrétně uvedeno, kdo evakuaci řídí, popřípadě zástupce, a jakým způsobem. Dále jsou určeny a v příloze graficky znázorněny únikové cesty, způsob evakuace, místo shromáždění osob, první pomoc postiženým osobám a evakuace materiálu, která probíhá pouze v případě, že byla dokončena evakuace osob.

Požární evakuační plán analyzovaného objektu splňuje všechna kritéria stanovená pro zpracování tohoto plánu. Je stejně jako požární řád vyvěšen v objektu.

5.2 Předběžná analýza

Smyslem předběžné analýzy je provedení prvotní selekce a usnadnění tak orientace v posuzované oblasti. Pro kritéria pravděpodobnosti a následků je použito základní nastavení uvedené v následující tabulce.

Tabulka 1 - Základní nastavení (Zdroj: hzscr.cz)

Kvantitativní označení	Pravděpodobnost		Následky	
	Kvalitativní označení	Slovní popis	Kvalitativní označení	Slovní popis
1	Málo pravděpodobné	Existuje téměř jen teoretická možnost.	Nízké	Malý lokální dopad na životy a zdraví osob, majetek, životní prostředí.

2	Pravděpodobné	Je to možné, ojedinělý výskyt.	Významné	Větší dopad na životy a zdraví osob, majetek, životní prostředí regionálního charakteru.
3	Velmi pravděpodobné	Častý výskyt.	Katastrofické	Velmi rozsáhlé dopady na životy a zdraví osob, majetek, životní prostředí nebo ekonomickou či společenskou stabilitu.

5.2.1 Stanovení rizik

Rizika jsou stanovena podle expertního odhadu a dřívějších zkušeností ze zimních stadionů v České republice. Hodnota jim je přidělena podle Tabulky 1.

Tabulka 2 - Stanovení rizik (Zdroj: autor)

Rizika ve vnitřních prostorách	Požár	2
	Výbuch	2
	Únik nebezpečné chemické látky	3
Rizika ve vnějších prostorách	Teroristický útok	2
	Povodně	1

5.3 Charakteristika stanovených hrozeb

Výběr rizik čili hrozeb pro analyzovaný objekt je hodnocený podle jejich pravděpodobnosti vzniku a dopadů na chráněné zájmy, jimiž jsou životy a zdraví osob, majetek, dále dopady na životní prostředí a okolí objektu.

5.3.1 Rizika ve vnitřních prostorech objektu

Do této skupiny zařazujeme veškerou neodbornou instalaci a obsluhu, závadné stavy, nedostatečnou údržbu, nedodržené nosnosti, pohyb osob a dopravních prostředků, nedostatečné osvětlení, nezajištěný a volný přístup nepovolaných osob do nebezpečných míst. Dále sem zařazujeme i závažnější rizika jako je požár, výbuch, únik nebezpečné látky v areálu a práce se zvýšeným požárním nebezpečím [34].

Požár

Požár je definován jako veškeré nežádoucí hoření, při kterém dojde ke smrti nebo zranění osob či zvířat, k poškození majetku nebo životního prostředí, dále nežádoucí hoření, při kterém byly výše uvedené zájmy bezprostředně ohroženy [35].

V analyzovaném objektu může dojít k požáru v několika případech, např. při práci s otevřeným ohněm v přítomnosti hořlavých látek – sváření, špatná údržba a skladování tlakových nádob, vznícení při úniku nebezpečné chemické látky.

V předběžné analýze bylo požáru uděleno číslo 2, jelikož riziko takové mimořádné události je vysoce pravděpodobné, ale v minulosti se v analyzovaném objektu taková událost nestala.

Výbuch

Výbuch je chápán jako prudká oxidace nebo rozkladná reakce, která se vyznačuje nárůstem tlaku, teploty nebo oběma veličinami současně. Dalšími následky výbuchu může být tepelná radiace, oblaka kouře a hoření. Aby došlo k výbuchu, musí být přítomny tři faktory: přítomnost paliva (v analyzovaném

objektu nebezpečná chemická látka), oksylichovadlo a iniciační zdroj. Pokud dosáhne koncentrace nebezpečné látky dolní meze výbušnosti, může dojít k explozi, pokud je iniciační zdroj dostatečně silný [36].

V analyzovaném objektu není přímé riziko výbuchu, ale při špatném skladování a údržbě tlakových nádob a při vznícení uniklé toxické látky, může k této mimořádné události za výše zmíněných podmínek dojít.

Výbuchu bylo uděleno taktéž číslo 2, jelikož je závislý na požáru a chemické nebezpečné látce.

Únik nebezpečné chemické látky

K úniku nebezpečné látky může dojít několika způsoby od poruchy na zařízení (např. poškození potrubí) až po záměrné poškození cizí osobou. V této práci se za příčinu úniku amoniaku bude považovat cizí zavinění z různých důvodů, např. pomsta bývalého zaměstnance, způsob provedení teroristického útoku. Závažnost následků a chování látky, v tomto případě amoniaku, závisí na jeho fyzikálně chemických vlastnostech, které jsou popsány v této práci, a množství uniklé látky [18].

V předběžné analýze, podle metody expertního odhadu, byla úniku amoniaku udělena nejvyšší pravděpodobnost. Z hlediska měkkého cíle tímto způsobem dojde k největšímu narušení provozu a ohrožení osob. Zároveň je zde poměrně snadný přístup do strojovny chlazení, kde je umístěn zásobník amoniaku.

5.3.2 Rizika vnější

Tato skupina zahrnuje rizika, jako jsou dopravní nehoda, přeprava nebezpečných látek, únik nebezpečné látky mimo areál, teroristický útok, krádež a povodně [34].

Teroristický útok

Pojem terorismus je velmi těžké definovat, ale je chápán jako použití enormního a agresivního násilí, anebo výhrůžky s použitím takové agrese, které jsou předem naplánovány za účelem vyvolat strach a zasáhnout větší počet osob [29].

Při předběžné analýze je teroristický útok spojen s útokem aktivního střelce, který je z hlediska ochrany měkkých cílů poměrně pravděpodobný. V minulosti se žádná podobná událost nestala, proto bylo tomuto útoku uděleno číslo 2.

Povodně

Povodně jsou vymezené jako dočasné zvednutí hladiny vodních toků, při kterém dochází k zaplavování území mimo koryto vodního toku a následkem toho vznikají škody. Příčinou povodní jsou přírodní jevy, především dešťové srážky, tání ledu apod. [36].


V případě analyzovaného objektu je takové riziko malé, ale ne nereálné. Přibližně padesát metrů od stadionu se nachází potok, ze kterého může po delších srážkách k povodním dojít. V minulosti se zatím tak ale nestalo, proto byla udělena hodnota 1.

5.4 Výsledky analýzy rizik

Chráněnými aktivy v analyzovaném objektu jsou lidé z hlediska ochrany života a zdraví, konkrétně se jedná o zaměstnance zimního stadionu, hráče a návštěvníky objektu. Dalším důležitým aktivem je objekt a všechny jeho části, ze kterých se skládá. Poslední chráněnou hodnotou je okolní prostředí, ať už se jedná o znečištění životního prostředí, tak i o ohrožení okolních objektů, které mohou být zasaženy.

Hrozby byly vybrány podle kapitoly 5.2.1 a vyplněné hodnoty se opíraly o předběžnou analýzu

Tabulka 3 - Výsledná data (Zdroj: autor)

		Akt.:											
		Lidé	Zaměstnanci	Hráči	Návštěvníci	Objekt	Administrativní záze ...	Ubytovna	Hrací plocha	Okolí	Znečištění	Okolní objekty	
		1.	1.1	1.2	1.3	2.	2.1	2.2	2.3	3.	3.1	3.2	
hod.:		5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	2	
Hrozby		pra.:											
1.	Vnitřní prostory	5	75	75	75	75	60	60	60	60	45	45	20
1.1	Požár	3	30	30	30	30	36	24	24	36	18	18	6
1.2	Výbuch	2	20	20	20	20	16	16	16	16	12	12	8
1.3	Únik nebezpečné látky	5	75	75	75	75	60	60	60	60	45	45	20
2.	Vnější prostory	2	30	20	30	30	24	16	16	24	18	18	12
2.1	Teroristický útok	2	30	20	30	30	24	16	16	24	6	0	4
2.2	Povodně	2	20	20	20	20	16	8	16	16	18	18	12

Analýza rizik byla provedena v rámci softwaru Riskan, v němž byly nejprve určeny hodnoty rozsahu hodnot aktiv 0 – 5, rozsah pravděpodobností hrozeb 0 – 6 a rozsah zranitelností 0 – 3. Na základě zvolených parametrů činí maximální hodnota 90, kde dolní mez vysokého rizika je 59 a dolní mez středního rizika²⁹. Podrobné číselníky k analýze jsou uvedeny v příloze.

Totožně jako v předběžné analýze vyšlo nejvyšší ohrožení u hrozby úniku nebezpečné chemické látky ze strany cizího zavinění. Tato mimořádná událost má nejzávažnější dopad na chráněné zájmy.

Dalšími závažnými hrozbami jsou požár a teroristický útok, které mají také velké dopady na aktiva.

5.5 Únik amoniaku z objektu

V této kapitole bude vytvořena modelová situace, jejímž tématem je únik nebezpečné látky amoniaku do ovzduší úmyslnou poruchou zásobníku. Je zde vytvořena modelová situace, která popisuje průběh a důvod útoku na měkký cíl. Následně jsou vymodelovány zóny ohrožení podle vstupních informací a navržena bezpečnostní opatření pro zabránění vzniku podobné mimořádné události nebo k jejímu zmírnění.

5.5.1 Průběh mimořádné události

V průběhu hokejového tréninku dojde k nepozorovanému vniknutí bývalého zaměstnance do strojovny chlazení. Narušitel využije jeden ze dvou vstupů zvenčí, díky předchozí obsluze jako zaměstnanec zná všechny přístupové cesty. Motivem útoku je pomsta z důvodu výpovědi po dlouholetém pracovním poměru. Ve strojovně chlazení záměrně poškodí zásobník, který obsahuje přibližně 320 kilogramů amoniaku.

Záměrně si ke své pomstě vybere čas v dopoledním tréninku A-týmu, kdy se všechny osoby pohybují kolem hrací plochy, ale zároveň neohrozí návštěvníky. Současně se v dopoledních hodinách objektu pohybují i administrativní pracovníci.

5.5.2 Modelovací program ALOHA

Předmětem této modelace je únik nebezpečné látky amoniaku do ovzduší a ohrožení jeho toxicitou. Cílem je stanovení nebezpečí ohrožení podle jednotlivých rizikových zón. Výsledná riziková zóna je nakonec vyobrazena na mapovém podkladu pomocí softwarového programu Marplot.

Program Aloha nabízí několik předdefinovaných mezních hodnot pro definování jednotlivých zón. V tomto případě, vzhledem k chemické látce, je vybrána hodnota AEGL. Tyto hodnoty jsou vyjádřeny jednotkou ppm (parts per million = počet částic na jeden milion), jedná se o výraz pro jednu miliontinu.

Referenční hodnoty AEGL pro amoniak jsou následující:

- AEGL – 3 = život ohrožující dopad, smrt – 1100 ppm
- AEGL – 2 = dlouhodobé nepříznivé zdravotní problémy, trvalé následky – 160 ppm
- AEGL – 1 = mírné nepříznivé dopady na zdraví – 30 ppm [30].

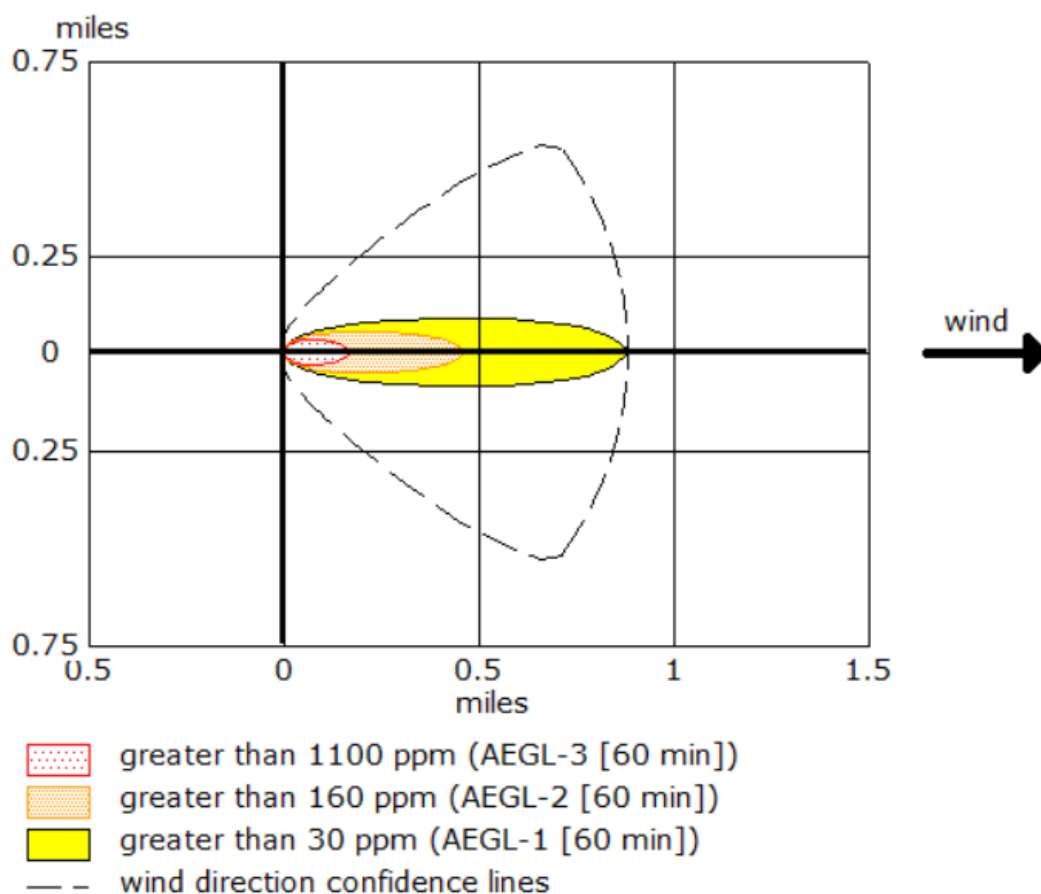
Vstupní informace pro výpočet modelace:

- nebezpečná látka: amoniak
- rychlost a směr větru: 2 m/s, severozápadně
- teplota a vlhkost vzduchu: 8°C, 70 %
- způsob úniku: toxické ohrožení obyvatelstva

- rozměry zásobníku: 0,7 x 0,9 metrů, maximální obsah 346 litrů
- rozměr poškození: 3 centimetry

Podrobné informace ze softwaru Aloha pro výpočet modelace jsou uvedeny v příloze.

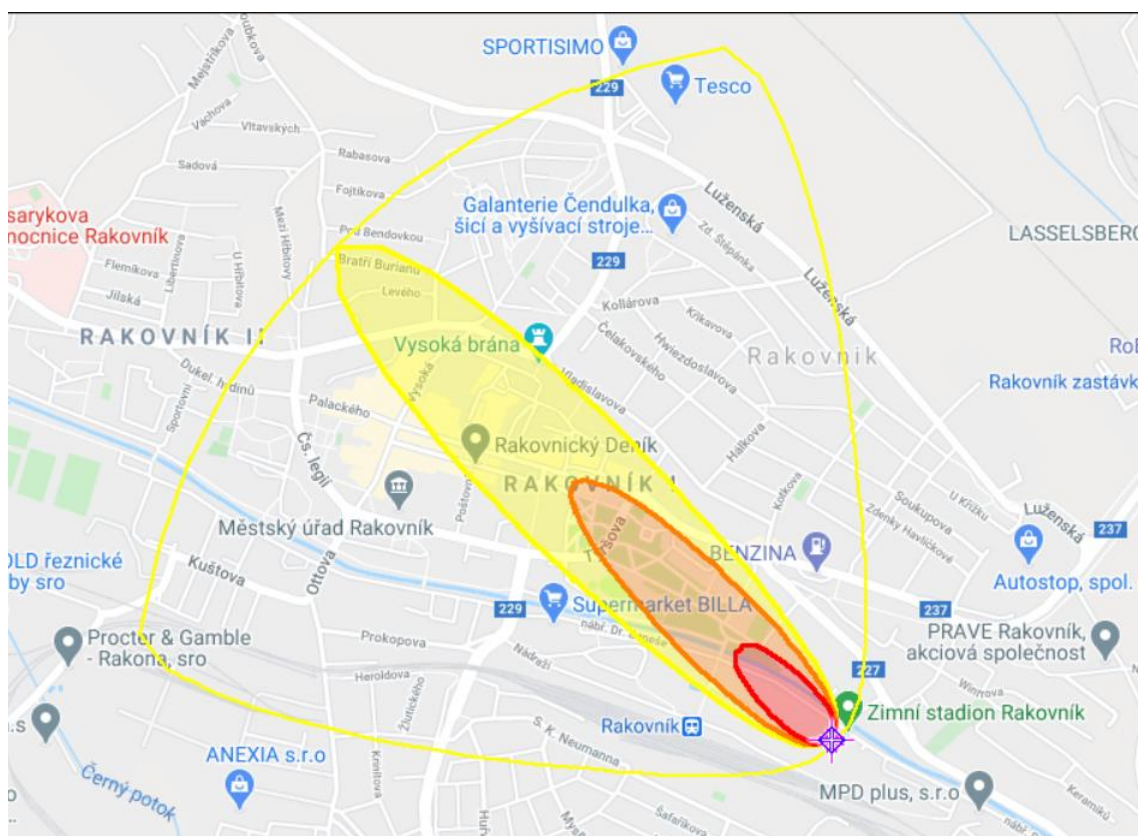
Po zadání všech potřebných vstupních informací došlo ke grafickému vyhodnocení zóny ohrožení, které jsou znázorněny na následujícím obrázku.



Obrázek 2 - Zóna ohrožení (Zdroj: autor)

Software vyhodnotil zónu nejvyššího ohrožení, červenou zónu (AEGL – 3), do vzdálenosti 350 metrů, oranžovou zónu do 770 metrů a žlutou zónu s nízkým ohrožením do vzdálenosti přibližně 1,5 kilometru. Přerušovaná čára vyznačuje podle legendy linii směru větru.

Po grafickém vyhodnocení v programu Aloha byly stejné parametry přeneseny do mapového programu Marplot. Zde byla vyznačena přesná poloha analyzovaného objektu a podle vstupních informací vyznačeny rizikové zóny ve městě Rakovník.



Obrázek 3 - Mapový podklad Marplot (Zdroj: autor)

Z tohoto obrázku je zcela evidentní, že únik amoniaku ze zimního stadionu zasáhne poměrně velkou část města. Největší riziko (AEGL – 3) nesou přítomné osoby v objektu a nejbližší okolí, přibližně do 350 metrů. Druhá nejzávažnější zóna (AEGL – 2) okrajově sahá až k centru města. Celé náměstí města Rakovník je pak ohroženo žlutou, nejmírnější, rizikovou zónou (AEGL – 1), která sahá až do vzdálenosti 1,5 kilometru od zimního stadionu.

Z této modelace také vyplývá závažnost informování okolních objektů o případných rizicích úniku, jejich varování o takové mimořádné události a vzájemná spolupráce. Pokud by atmosférické podmínky byly méně příznivé,

oblast AEGL – 3 by mohla také zasáhnout vlakovou stanicí a oblast AEGL – 1 by mohla ovlivnit chod Masarykovy nemocnice.

5.5.3 Návrhy na protiopatření

Nezákladnějším opatřením proti úmyslnému poškození zásobníku s chemickou látkou je ztížení přístupu do strojovny chlazení. Vstupy do objektu se uzamkají pouze přes noc a přes den jsou odemčeny kvůli rychlému a snadnému přístupu zaměstnanců. Z tohoto důvodu by se doporučení tedy týkalo především vstupů ze dvora, kde není žádný jiný ochranný prvek, pouze oplocení. Další přístup do strojovny je pouze přes hrací plochu, kde se celý den nachází odpovědná bezpečnostní osoba.

Dalším možným protiopatřením je přidání detektoru úniku chemické látky přímo do strojovny chlazení. Jeden takový detektor se již v současnosti nachází v kotelně. Poledním opatřením proti nežádoucímu vniknutí nepovolených osob jsou kamerové systémy. Ty by mohly být umístěny u všech vchodů, ve strojovně chlazení a kotelně. Kamerové záznamy by sledovala kompetentní osoba a zabránila by tak případné mimořádné události.


Při úniku nebezpečné látky, jako je amoniak, hrozí vysoké riziko požáru. V analyzovaném objektu se nenachází žádná požární signalizace, proto by bylo zapotřebí tuto signalizaci do zimního stadionu nainstalovat. Naopak je však v objektu rozmístěno 22 hasicích přístrojů, což je na jeho rozlohu optimální.

5.6 Analýza rizik po zavedení opatření

Po přijmutí a zavedení navržených bezpečnostních opatření by se mělo projevit snížení pravděpodobnosti rizika, jak v provozu objektu, tak i při nové analýze v softwaru Riskan. Při vytváření nové analýzy se nemění žádná vstupní

data, veškerá aktiva a potenciální hrozby zůstávají stejné jako v prvním případě použití softwarového nástroje Riskan. V tomto kalkulátoru by se mělo snížení hrozby projevit zejména u hrozeb úniku nebezpečné látky a teroristického útoku.

Tabulka 4 - Výsledná rizika po zavedení opatření (Zdroj: autor)

		Akt.:											
		Lidé	Zaměstnanci	Hráči	Návštěvníci	Objekt	Administrativní záze ...	Ubytovna	Hrací plocha	Okolí	Znečištění	Okolní objekty	
		1.	1.1	1.2	1.3	2.	2.1	2.2	2.3	3.	3.1	3.2	
hod.:		5	5	5	5	4	3	4	4	4	4	3	
Hrozby		pra.:											
1.	Vnitřní prostory	4	40	40	40	40	48	24	32	48	48	48	36
1.1	Požár	3	30	30	30	30	36	9	24	36	24	24	18
1.2	Výbuch	3	30	30	30	30	36	18	24	36	36	36	27
1.3	Únik nebezpečné látky	4	40	40	40	20	32	12	16	32	32	32	24
2.	Vnější prostory	2	20	10	20	20	16	6	8	16	16	16	12
2.1	Teroristický útok	2	20	10	20	20	16	6	8	16	0	0	0
2.2	Povodně	2	0	0	0	0	16	6	8	16	16	16	12

Došlo ke snížení rizika úniku nebezpečné chemické látky na střední stupeň z nejvyšší úrovně pravděpodobnosti pro ohrožení zaměstnanců, hráčů, dále pro ohrožení analyzovaného objektu, konkrétně pro hrací plochu. Z hlediska ohrožení návštěvníků, administrativního zázemí objektu, ubytovny a okolních objektů úroveň ohrožení dokázala klesnout na nejnižší možnou míru pravděpodobnosti. Návrh opatření pro zvýšení zabezpečení vchodů do objektu snížilo riziko úniku nebezpečné látky a to především proti nežádoucím vstupům nepovolaných osob do vnitřních prostor pro zaměstnance nebo pro uživatele ubytovacích služeb. Ohrožení návštěvníků při hokejovém utkání bylo

sníženo díky zvýšené fyzické kontrole při vstupu do objektu a zákaz pohybu mimo okolí hrací plochy.

Výrazné snížení nastalo i v případě teroristického útoku, kde došlo k poklesu hrozbyobzvlášť ve vztahu k ochraně životů a zdraví osob přítomných v objektu. Příčinou je v první řadě zvýšené fyzické zabezpečení a ztížení vstupu do všech částí zimního stadionu.

Došlo k mírnému zvýšení ohrožení výbuchem, aby bylo patrné výrazné snížení u ostatních hrozeb. Riziko požáru zůstalo stejné jako při první analýze (viz. Tabulka 3). Jelikož navržená opatření slouží především ke včasné detekci vzniku požáru a jeho zastavení. Riziko vzniku však zůstává stejné díky skladování hořlavých látek a tlakových nádob.

6 DISKUZE

Nejvýznamnější hrozbou pro měkké cíle představuje teroristický útok, který je v této bakalářské práci prezentován úmyslným poškozením zásobníku chemické látky ve strojově chlazení s následným únikem toxických výparů do atmosféry. Oblast terorismu nabízí v analyzovaném objektu vedle zmíněného úmyslného poškození zásobníku chemické látky i útok aktivního střelce. Na tyto útoky navazuje hrozba v podobě požáru, vzniklým na základě vzplanutí toxické látky, jehož dalším následkem může být výbuch.

Všechny vybrané bezpečnostní hrozby byly nejprve předběžně analyzovány prostřednictvím metody expertního odhadu. V dalším kroku byla realizována analýza rizik pomocí nástrojového softwaru Riskan, z jehož výstupních údajů bylo zřejmé, že nejpravděpodobnějším a nejzávažnějším rizikem je únik nebezpečné chemické látky z poškozeného zásobníku, jak již bylo zmíněno výše. Následná modelace v modelovacím a simulačním programu Aloha stanovila ohrožené zóny, které zasahují většinu města Rakovník a ohrožují tím majoritu zde žijícího obyvatelstva.

Jelikož analyzovaný zimní stadion nezohledňuje žádnou formu teroristického útoku jako jeho bezprostřední hrozbu, nemá aplikované žádné opatření, které by případnou vzniklou situaci eliminovalo. Z tohoto důvodu je v kapitole 5.5.3 navrženo hned několik možných vylepšení a zabezpečení. Speciálně pro útok aktivního střelce je možnost navržení celé řady opatření. Jedná se především o kontrolu zprostředkovanou procházením bezpečnostními rámy pro detekci kovu před vstupem do objektu. Bezpečnostní rámy umožňují odhalit skryté zbraně, které se útočník snaží pronést do vnitřních prostor stadionu. Příklad zavedení bezpečnostních rámů v praxi je v současné době možné vidět pouze v O2 aréně. Žádné jiné zimní stadiony takové opatření nevyužívají. Vedle bezpečnostních rámů je důležitá přítomnost bezpečnostního

pracovníka, jenž bude zajišťovat kontrolu zavazadel, tašek a kabelek. Ostatní vchody, jako například vchod pro zaměstnance, by měly být zabezpečeny ostrahou.

Nyní k samotné komparaci rakovnického zimního stadionu a O2 arény jako nejlépe zabezpečeného sportovního a kulturního objektu v České republice. Při vstupu návštěvníci prochází přes turnikety, dříve zmíněnými bezpečnostními rámy pro detekci kovů a nakonec jsou povinni poskytnout ke kontrole bezpečnostním pracovníkům své tašky, popřípadě mít veškeré své věci v průhledné tašce nebo obalu. Osoby považované z bezpečnostního hlediska za nežádoucí nemají jinou možnost se do objektu dostat, jelikož všechny ostatní vchody, i ty pro zaměstnance či vystupující, jsou zabezpečeny ostrahou. O2 aréna i její okolí jsou monitorovány kamerovými systémy se záznamem. Záznamy se uchovávají po dobu 21 kalendářních dnů za účelem ochrany života, zdraví a majetku. Na oficiálních internetových stránkách O2 arény je také veřejně přístupný seznam zakázaných předmětů, mezi které jsou řazeny například hořlaviny, zbraně nebo natlakované předměty.

Výsledky předběžné analýzy a analýzy rizik zpracované za pomoci softwaru Riskan označují shodně za nejpravděpodobnější riziko únik amoniaku záměrným poškozením. Útok aktivního střelce byl označen jako druhé nejvíce pravděpodobné riziko. Následoval požár, který může nastat jako samostatné riziko nebo jako riziko navazující na únik nebezpečné látky. I přes kvalitně zpracovanou požární dokumentaci je objekt proti vzniku a šíření požáru zabezpečen nedostatečně. Neopomenutelným problémem je nepřítomnost jakékoliv požární signalizace v objektu zimního stadionu, zejména pak ve strojovně chlazení, která je místem s nejvyšším rizikem vzplanutí. Ve strojovně chlazení se naopak nachází dostatečné množství dobře přístupných hasicích přístrojů a viditelně označených únikových cest a východů.

Posledním závažným rizikem je výbuch, který nejčastěji vzniká jako následek požáru. Riziko výbuchu hrozí především z důvodu skladování látek v tlakových lahvích. Nedostatečná požární opatření ve svém důsledku zvyšují pravděpodobnost jejich exploze.

Na základě výsledné modelace pomocí Alohy bylo zjištěno, že i malé narušení zásobníku, což znamená porušení pláště o velikosti tří centimetrů, ohrozí majoritní část obyvatelstva žijících ve městě Rakovník. Po detekci úniku amoniaku zaměstnanci zimního stadionu by mělo následovat okamžité alarmování složek integrovaného záchranného systému a informování okolních objektů a města pro další krok, čímž je varování obyvatel prostřednictvím sirén a všeobecné výstrahy. Po akustickém upozornění následuje tísňová informace z hromadných sdělovacích prostředků, například rozhlasu. Celý komplex zimního stadionu musí být v co nejkratším časovém intervalu evakuován. Vzhledem k předpokladu šíření chaosu a paniky mezi evakuovanými osobami by měla být evakuace řízená odpovědnými orgány.

Po příjezdu složek IZS Policie České republiky uzavře zasaženou oblast, Hasičský záchranný sbor zabrání dalšímu nechtěnému úniku a poté zajistí odčerpání toxické látky, na které může být najata i soukromá firma za asistence Hasičského záchranného sboru. Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby zajistí první pomoc postíženým, případně transport do nemocničního zařízení.

Pokud by však byly v den mimořádné události méně příznivé atmosférické, zejména povětrnostní, podmínky, mohlo by dojít až k ohrožení Masarykovy nemocnice, která se nachází přes celé město od zimního stadionu. Evakuace nemocničního zařízení je velice náročná a zatěžující pro všechny zaměstnance i pacienty. V případě jihozápadního směru větru by došlo k ohrožení osob v Aquaparku a na vlakovém nádraží.

Ke všem výše zmíněným opatřením, které by mohly vést k zabránění nebo alespoň ke zmírnění mimořádné události, by bylo vhodné zvýšení fyzického zabezpečení. Přes noc není objekt rakovnického zimního stadionu nijak hlídáný, ale pouze se zamyká. V denních hodinách, kdy se nekoná žádné hokejové utkání, se do objektu může dostat jakákoliv nežádoucí osoba, jelikož všechny vchody jsou odemčeny a nejsou hlídány žádnou ostrahou. V případě hokejového utkání dochází pouze ke kontrole vstupenek dvěma bezpečnostními osobami, žádné jiné zabezpečení není realizováno.

Všechna uvedená doporučená opatření se pohybují ve finančně dostupných sférách. Případné najmutí fyzické ostrahy vyžaduje další zainvestování, které však může zabránit katastrofě a tím ušetřit za případné opravy škod způsobené mimořádnými událostmi.

Tato bakalářská práce je přínosem pro zimní stadion v Rakovníku, pro jeho majitele, který na základě analýzy může rozhodnout o instalaci několika protiopatření a najmutí bezpečnostní agentury pro zabezpečení fyzické ostrahy. Přispívá i zaměstnancům pro lepší zaručení bezpečnosti jich samotných i celého objektu a návštěvníků. Následně slouží i okolním objektům, které nemusí znát veškerá rizika spojená s únikem toxické látky nebo jak poskytnout první pomoc sobě a dalším postiženým osobám.

7 ZÁVĚR

Cíl této bakalářské práce, tedy analýza rizik zimního stadionu a navržení doporučujících bezpečnostních opatření pro snížení pravděpodobnosti vzniku mimořádné události případně pro zmírnění jejích následků, byl splněn. Bezpečnostní opatření byla navržena na základě analýzy rizik, která identifikovala všechny možné hrozby a vyhodnotila nejzávažnějším rizikem únik nebezpečné látky, jehož dopad na všechna aktiva je závažný. Na únik amoniaku do ovzduší podle analýzy rizik může navazovat požár i výbuch vzhledem k vlastnostem látky.

Na základě analyzování veškeré dostupné bezpečnostní dokumentace bylo zjištěno, že ze strany zimního stadionu je největší pozornost věnována požární dokumentaci, která odpovídá standardům stanovených na tyto objekty. Naopak technická bezpečnostní opatření proti požáru v analyzovaném objektu chybí, jedná se zejména o požární signalizaci a hlásiče. V dostupné dokumentaci je věnována pouze malá část úniku amoniaku mimo objekt nebo jiné formě úmyslného útoku či poškození, z tohoto důvodu jsou v této práci navrhovaná opatření věnována právě těmto hrozbám.

Výsledky práce lze využít do budoucna jako podklad pro analýzu rizik zimního stadionu v souvislosti s problematikou měkkých cílů a pozdější implementaci bezpečnostních opatření. Mimo jiné může sloužit pro majitele objektu a zaměstnance ke zvýšení povědomí o řešené problematice.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

HC – Hockey Club (hokejový klub)

ETA – EventTreeAnalysis (strom událostí)

HAZOP – Hazard and Operability Study (analýza ohrožení provozuschopnosti)

ČSTV – Československý svaz tělesné výchovy

HZS – Hasičský záchranný sbor

AEGL – AcuteExposureGuidelineLevels

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Koncepce ochrany měkkých cílů pro roky 2017 – 2020.
- [2] Základy ochrany měkkých cílů – metodika.
- [3] Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií.
- [4] *Analýza rizik zimního stadionu Kladno a modelace uniku amoniaku z chladicího systému*. Kladno, 2018. Bakalářská práce. České Vysoké Učení Technické.
- [5] Vyhláška č. 225/2015 Sb., o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A nebo skupiny B.
- [6] Vyhláška č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury.
- [7] Vyhláška č. 227/2015 Sb., o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku.
- [8] Vyhláška č. 228/2015 Sb., o rozsahu zpracování informace veřejnosti, hlášení o vzniku závažné havárie a konečné zpracování zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie.
- [9] Vyhláška č. 229/2015 Sb., o způsobu zpracování návrhu ročního plánu kontrol a náležitostech obsahu informace o výsledku kontroly a zprávy o kontrole.
- [10] Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně.
- [11] Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích.
- [12] Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému.
- [13] SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích: skripta. 3., rozšířená a aktualizovaná vydání* Praha: Grada, 2010. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-7005-5.

[14] *Ochrana obyvatelstva v případě krizových situací a mimořádných událostí nevojenského charakteru*. Brno: Tribun EU, 2014. ISBN 978-80-263-0721-1.

[15] KRÖMER, Antonín, Petr MUSIAL a Libor FOLWARCZNY. *Mapování rizik*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-086-9.

[16] *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta*. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-86466-62-0.

[17] KOUDELKA, Ctirad a Václav VRÁNA. *Rizika a jejich analýza* [online]. Ostrava, 2006 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: <https://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Magisterske%20nav/prednasky/web/RIZIKA.pdf>. Technická univerzita Ostrava.

[18] SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA. *Prevence nehod a havárií: skripta*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-86973-73-9.

[19] *Modelové scénáře pro vybrané zátěžové situace: Model scenariosforselected stress situations : monografie*. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2018. ISBN 978-80-7251-489-2.

[20] SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích: skripta*. 4., rozšířené a aktualizované vydání Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-8787-9.

[21] Analýza rizik. *GUARD7* [online]. [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: <https://www.guard7.cz/lexikon/analyza-rizik>

[22] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Bezpečnost lidského systému*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. ISBN 978-80-86634-97-5.

[23] ŠENOVSKÝ, Pavel. *Bezpečnost občanů a rizika v území*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-172-9.

[24] Historie klubu. *HC Rakovník* [online]. Rakovník, 2012 [cit. 2021-01-13]. Dostupné z: <http://www.hcrakovnik.cz/stranka-9>

[25] RAIS, Vítězslav. *Operační karta*. Rakovník, 2012.

[26] Zimní stadion Rakovník. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2021-01-22]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=13.7405958&y=50.0989526&z=17&source=firm&id=423457>

[27] Zásahy s únikem čpavku. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. [cit. 2021-01-22]. Dostupné z: <https://storage.pozary.cz/article/4/f/4fa65633eabc0/115-unik-amonaku.7w9lqd0mhl.pdf?t=1611323338>

[28] Na stadionu v Rosicích praskla trubka pod ledem, unikal toxický čpavek. *iDNES* [online]. [cit. 2021-01-22]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/brno/zpravy/unik-cpavku-v-zimnim-stadionu.A130411_111638_brno-zpravy_mav

[29] Na zimním stadionu v Příbrami unikl čpavek. Osm lidí skončilo s příznaky intoxikace v nemocnici. *iRozhlas* [online]. [cit. 2021-01-22]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/pribram-cpavek-zimni-stadiun-unik_1805090936_gol

[30] Proč došlo k úniku čpavku na zimním stadionu? Město Chomutov se vyjádřilo k ranní havárii. *E-chomutovsko* [online]. [cit. 2021-01-22]. Dostupné z: <http://www.e-chomutovsko.cz/zpravy/chomutov/36298-proc-doslo-k-uniku-cpavku-na-zimnim-stadionu-mesto-chomutov-se-vyjadriilo-k-ranni-havarii>

[31] *Využití geografických informačních systémů v procesech mapování hrozeb a rizik*. Zlín, 2015. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

[32] ALOHA – modelování a simulace. *Moodle* [online]. [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/26279/mod_resource/content/1/Studijn_i_pomucka_Aloha.pdf

[33] *Nástroje používané k vyhodnocení úniku nebezpečných toxických látek*. Zlín, 2019. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

[34] VESELÝ, Tomáš. *Tematický plán a časový rozvrh školení o požární ochraně*. Rakovník, 201[30] Vyhláška č. 246/2001 Sb., o požární prevenci.

[35] *Nebezpečí spojená s výbuchy*. Bochum: Verlag Technik & Informatione.K, 2016. ISBN 978-80-87676-19-6.

[36] MAREŠ, Miroslav, Jaroslav REKTOŘÍK a Jan ŠELEŠOVSKÝ. *Krizový management: případové bezpečnostní studie*. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-92-7.

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Půdorys strojovny (Zdroj: autor).....	23
Obrázek 2 - Zóna ohrožení (Zdroj: autor).....	38
Obrázek 3 - Mapový podklad Marplot (Zdroj: autor)	39

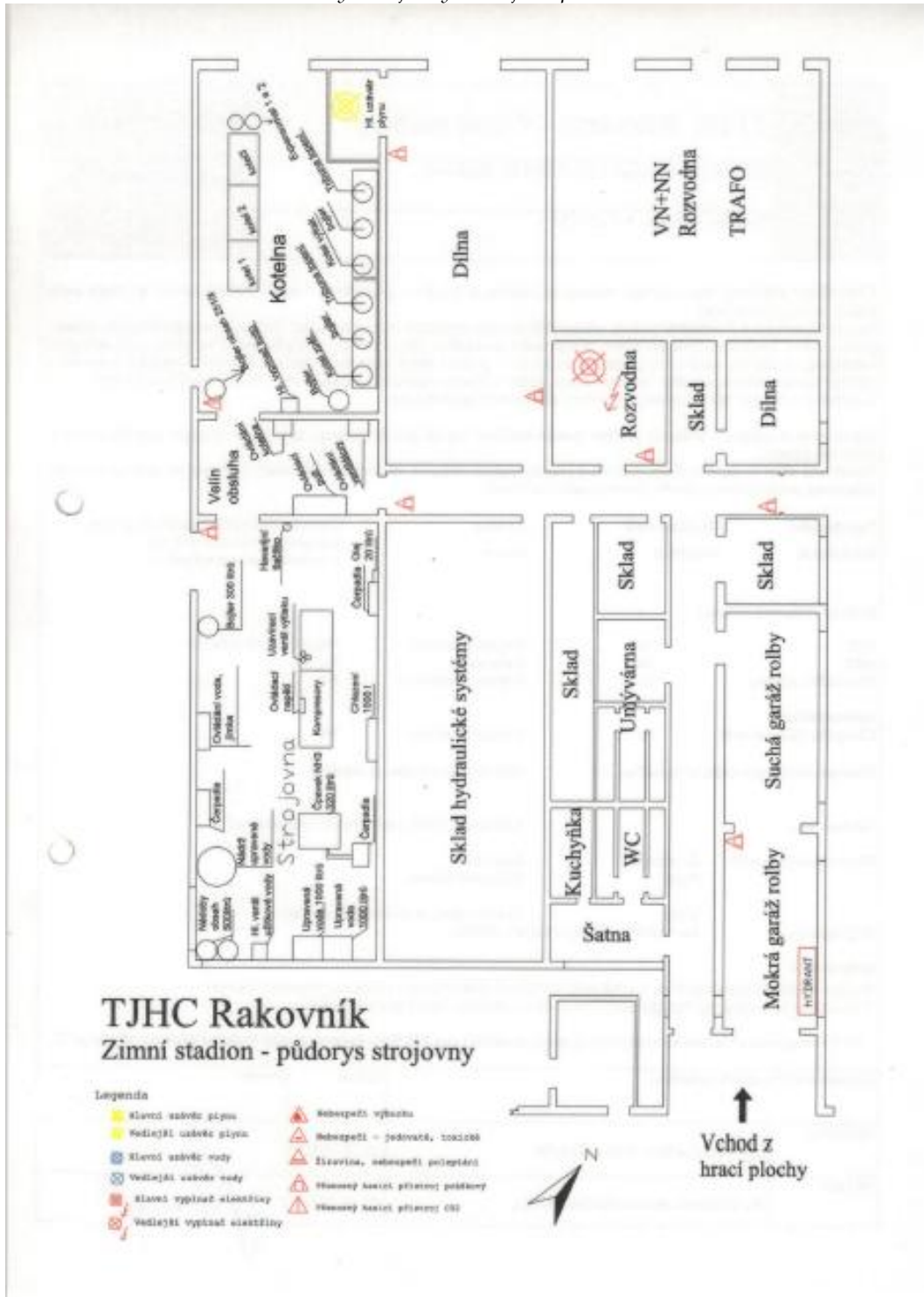
11 SEZNAMPOUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 - Základní nastavení (Zdroj: hzscr.cz)	30
Tabulka 2 - Stanovení rizik (Zdroj: autor).....	31
Tabulka 3 - Výsledná data (Zdroj: autor).....	35
Tabulka 4 - Výsledná rizika po zavedení opatření (Zdroj: autor)	41

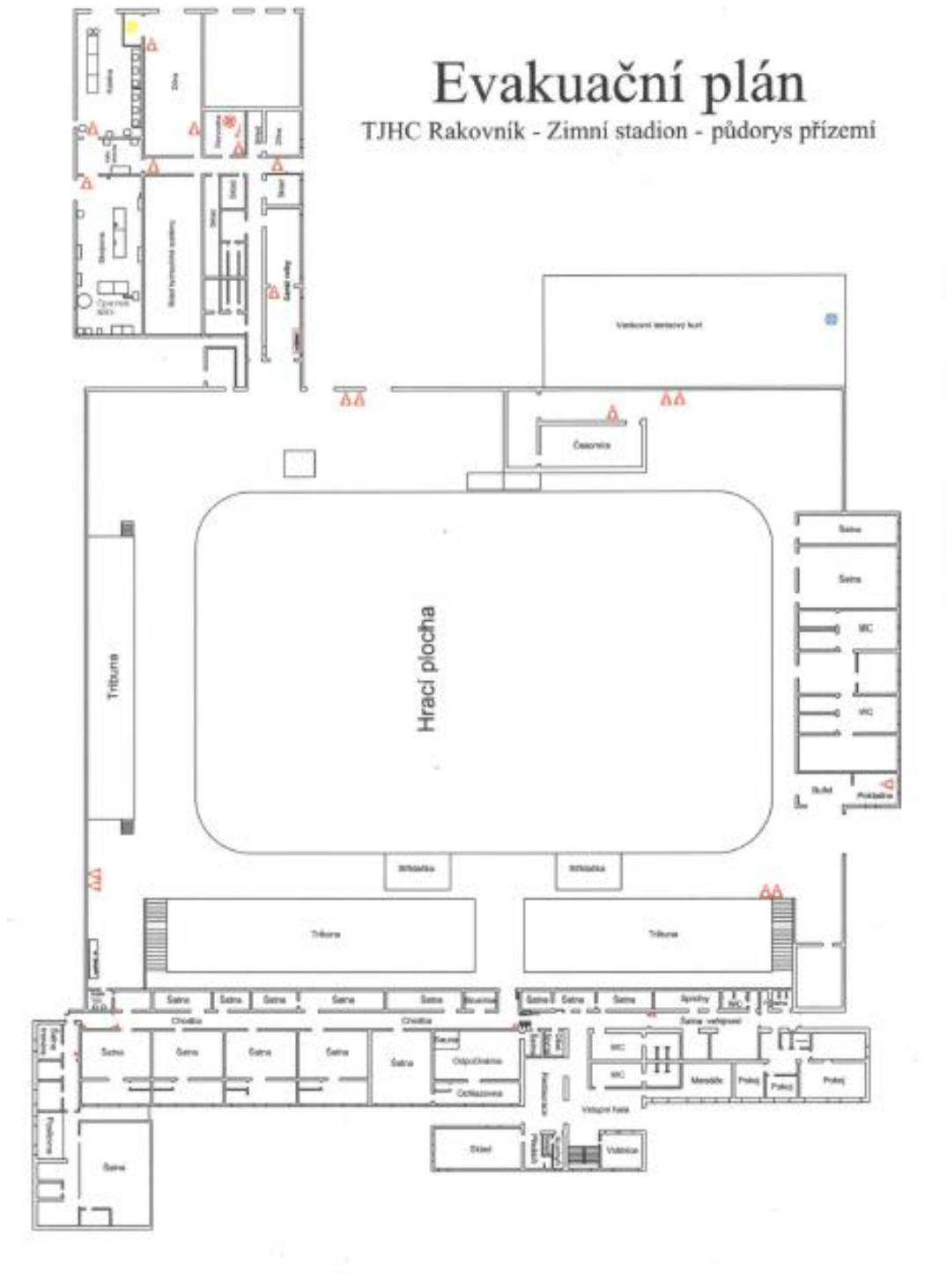
12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Půdorys strojovny (Zdroj: bezpečnostní dokumentace)	56
Příloha 2: Evakuační plán přízemí (Zdroj: bezpečnostní dokumentace).....	57
Příloha 3: Evakuační plán 1. patra (Zdroj: bezpečnostní dokumentace).....	58
Příloha 4: Zranitelnost (Zdroj: autor)	59
Příloha 5: Číselníky (Zdroj: autor)	59
Příloha 6: Vstupní informace (Zdroj: autor)	60

Příloha 1: Půdorys strojovny (Zdroj: bezpečnostní dokumentace)

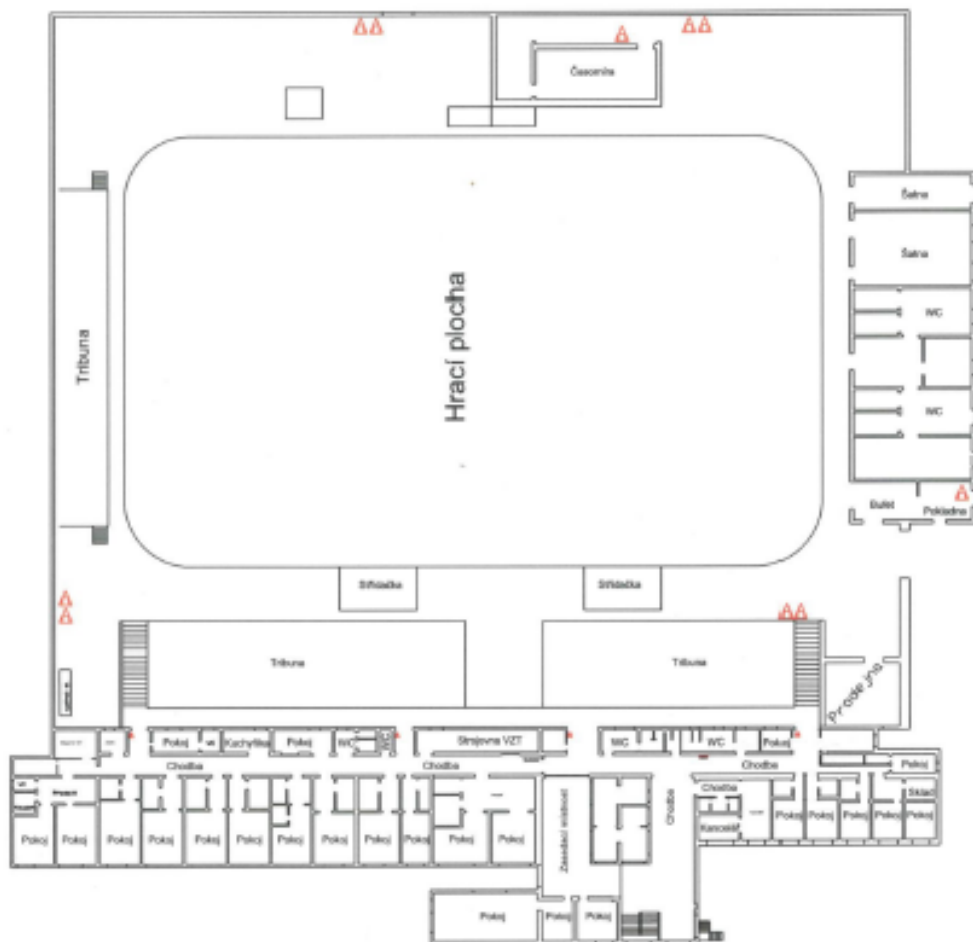


Příloha 2: Evakuační plán přízemí (Zdroj: bezpečnostní dokumentace)




Evakuační plán

TJHC Rakovník - Zimní stadion - půdorys 1. patro



Příloha 4: Zranitelnost (Zdroj: autor)

		Akt.:										
		Lidé	Zaměstnanci	Hráči	Návštěvníci	Objekt	Administrativní záze ...	Ubytovna	Hrací plocha	Okolí	Znečištění	Okolní objekty
		1.	1.1	1.2	1.3	2.	2.1	2.2	2.3	3.	3.1	3.2
hod.:		5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	2
Hrozby		pra.:										
1.	Vnitřní prostory	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
1.1	Požár	3	2	2	2	2	3	2	2	3	2	1
1.2	Výbuch	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1.3	Únik nebezpečné látky	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
2.	Vnější prostory	2	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3
2.1	Teroristický útok	2	3	2	3	3	3	2	2	3	1	0
2.2	Povodně	2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	3

Příloha 5: Číselníky (Zdroj: autor)

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

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

ZRANITELNOST AKTIVA	
0	žádná
1	nízká
2	střední
3	vysoká

VÝSLEDNÉ RIZIKO	
Nízké	0 - 29
Střední	30 - 59
Vysoké	60 - 90

MAXIMÁLNÍ MOŽNÉ RIZIKO	90
------------------------	----

Příloha 6: Vstupní informace (Zdroj: autor)

SITE DATA:

Location: RAKOVNIK, CZECH REPUBLIC
Building Air Exchanges Per Hour: 0.32 (sheltered double storied)
Time: April 10, 2021 1315 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMMONIA
CAS Number: 7664-41-7 Molecular Weight: 17.03 g/mol
AEGL-1 (60 min): 30 ppm AEGL-2 (60 min): 160 ppm AEGL-3 (60 min): 1100 ppm
IDLH: 300 ppm LEL: 150000 ppm UEL: 280000 ppm
Ambient Boiling Point: -29.5° F
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2 meters/second from SE at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths
Air Temperature: 8° C Stability Class: C
No Inversion Height Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 0.7 meters Tank Length: 0.9 meters
Tank Volume: 346 liters
Tank contains liquid Internal Temperature: 8° C
Chemical Mass in Tank: 189 kilograms
Tank is 87% full

Circular Opening Diameter: 3 centimeters
Opening is 0.35 meters from tank bottom
Note: RAILCAR predicts a stationary cloud or 'mist pool' will form.
Model Run: traditional ALOHA tank
Release Duration: 2 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 276 pounds/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 278 pounds
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 290 yards --- (1100 ppm = AEGL-3 [60 min])
Orange: 814 yards --- (160 ppm = AEGL-2 [60 min])
Yellow: 1558 yards --- (30 ppm = AEGL-1 [60 min])