

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2018

**TOMÁŠ
RAJTORA**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Analýza rizik zimního stadionu Kladno a modelace uniku amoniaku
z chladícího systému**

**Risk Analysis of winter stadium Kladno and modulation leakage of
ammonia from the system**

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Civilní nouzové plánování

Vedoucí práce: Ing. Michaela Melicharová

Bc. Tomáš Rajtora

Kladno, květen 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Rajtora**
Studijní obor: Civilní nouzové plánování
Téma: **Analýza rizik zimního stadionu Kladno a modelace úniku amoniaku z chladicího systému**
Téma anglicky: Risk Analysis of winter stadium Kladno and modulation leakage of ammonia from the system

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce bude zpracování analýzy rizik zimního stadionu v Kladně a vypracování návrhu plánu řešení konkrétních mimořádných událostí. Dále bude v programech TEREX a ALOHA provedena modelace úniku amoniaku z chladicího zařízení a následná komparace výsledků.

V teoretické části budou vymezeny základní pojmy a legislativa týkající se problematiky úniku nebezpečných chemických látek. Následně bude vymezeno použití nebezpečné chemické látky v objektu a možné dopady na zdraví osob a životní prostředí v případě úniku amoniaku.

V praktické části bude s využitím SWOT analýzy zpracována analýza rizik objektu a bude provedena modelace a vyhodnocení úniku amoniaku. Dále budou v této části analyzována již aplikovaná opatření sloužící k minimalizaci rizik. Výstupem práce bude na základě analýzy rizik návrh doplňujících opatření a způsob řešení mimořádných událostí, která představují nejzávažnější rizika.

Seznam odborné literatury:

- [1] ŠENOVSÝ, Michail, Základy požárního inženýrství, ed. 1., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2004, ISBN 80-86634-50-7
- [2] FOLWARCZNY, Libor, POKORNÝ, Jiří, Evakuace Osob, ed. 1., Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006, 125 s., ISBN 80-86634-92-2
- [3] KVARČÁK, Miloš, Základy požární ochrany, ed. 2., strava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, ISBN 80-86634-76-0

Vedoucí: Ing. Michaela Melicharová

Zadání platné do: 20.08.2019


vedoucí katedry / pracoviště


děkan

V Kladně dne 02.10.2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Analýza rizik zimního stadionu Kladno a modelace uniku amoniaku z chladicího systému 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).

V Kladně dne 17.05.2018

.....
podpis

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucí mé diplomové práce, Ing. Michaelé Melicharové, za cenné rady a přínosné připomínky při psaní této práce. Také bych chtěl poděkovat za kladný přístup a poskytnuté informace panu Josefu Poláčkovi, řediteli ČEZ zimní stadion Kladno. Dále bych také rád poděkoval panu Tomáši Mištovi ze zimního stadionu ve Slaném za spolupráci a poskytnuté informace. V neposlední řadě bych také chtěl poděkovat pracovníkům z odboru ochrany obyvatelstva a krizového řízení Hasičského záchranného sboru Středočeského kraje za poskytnutí cenných podkladů k této práci.

Abstrakt

Předmětem této práce je analýza zimního stadionu na Kladně zejména ve vztahu k potencionálním únikům. Na stadionu hrají zápasy jak HC Rytíři Kladno tak i juniorské týmy. Kromě hokeje slouží ledové plochy i k veřejnému bruslení. Pro zajištění kvalitního ledu prakticky po celý rok je stadion vybaven chladicí technologií, která vyžaduje použití nebezpečného amoniaku. Stadion vzhledem k množství této látky a svému umístění představuje potencionální riziko pro své okolí. Proto se tato práce bude zabývat možným únikem této látky a předpovědí velikosti zasazeného území. Zároveň se práce věnuje rozebírání možných situací, které by vedly k takovému úniku.

V rámci teoretické části jsou probírány aspekty ohledně legislativy podstaty pro tuto práci důležitých fyzikálních jevů a analýzy rizik. Dále jsou přiblíženy havárie zimních stadionů s únikem amoniaku.

V praktické části je pak blíže popsán zimní stadion a jeho technologie chlazení. Dále jsou v této části zkoumány události, které by mohly zapříčinit únik. Následně jsou v simulačních programech TerEx a ALOHA namodelovány vybrané úniky s různým množstvím uniklé látky a jejich výsledky jsou následně komparovány. Na konci kapitoly je provedena SWOT analýza, která zkoumá připravenost zimního stadionu kladno na únik amoniaku.

Klíčová slova

Amoniak; únik; havárie; zimní stadion; analýza rizik; ALOHA; TerEx; SWOT

Abstract

The subject of this thesis is the analysis of the ČEZ Winter Sports Arena Kladno, mainly in relation to the potential ammonia leakage. The arena is used by hockey teams, primarily by Rytíři Kladno and local junior teams. In addition to ice hockey matches and training classes, the ice rink is also used for public ice skating. To maintain high-quality ice for all year round, the arena is equipped with cooling technology which requires the use of ammonia. Due to the volume of this substance and the location, the stadium poses potential danger for its nearby environment. That is why this thesis deals both with the possible leakage of the substance and an estimate of the affected area. Simultaneously, the thesis examines a variety of situations which could lead to such a kind of threat.

Within the theoretical part, legal aspects, analyses of potential danger and physical phenomena important for this thesis are analysed. Furthermore, other accidents involving ammonia leakage are expounded.

In the chapter of „Výsledky“, the winter sports arena and its technologies are described in more detail. Another part of the chapter is examination of possible incidents which could cause the leakage. Subsequently, particular accidents are simulated in the TerEx and Aloha simulation programs and the results are compared afterwards.

At the end of the chapter, the SWOT analysis inspecting the readiness of the ČEZ Winter Sports Arena Kladno for the ammonia leakage is performed.

Keywords

Ammonia; Leak; Leakage; Winter Sports Arena; Risk Analyses; ALOHA; TerEx; SWOT

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Současný stav	14
2.1	Základní pojmy	14
2.2	Legislativa česká a evropská	16
2.2.1	Legislativa.....	16
2.2.2	Další legislativa.....	18
2.2.3	Posouzení rizik	18
2.2.4	Nezařazené objekty.....	18
2.3	Ochrana obyvatelstva.....	19
2.4	Analýza rizik	19
2.4.1	SWOT analýza	21
2.4.2	What-if	21
2.5	Úniky amoniaku ze zimních stadionů ČR.....	21
2.5.1	Zimní stadion v Chebu.....	21
2.5.2	Zimní stadion v Krnově	21
2.5.3	Zimní stadion Hvězda v Praze.....	22
2.5.4	Zimní stadion ve Znojmě	22
2.6	Cvičení HZS na ČEZ zimním stadionu Kladno	22
2.7	Zdroje rizik	23
2.7.1	Antropogenní hrozby	24
2.7.2	Únik nebezpečné látky	25
2.7.3	Dopravní nehoda.....	25
2.7.4	Aktivní střelec a sabotáž	26

2.7.5	Terorismus.....	28
2.7.6	Požár.....	28
2.7.7	Exploze.....	30
2.7.8	Přírodní hrozby	32
2.7.9	Sesuv půdy a povodně	32
2.7.10	Lesní požár	32
2.7.11	Neobvyklé jevy počasí	32
2.8	Amoniak.....	33
2.8.1	První pomoc při zasažení čpavkem.....	34
3	Cíl práce a hypotézy	37
4	Metodika	38
4.1	SWOT	38
4.2	Modelování v programu ALOHA	39
4.3	Terex	40
5	Výsledky.....	43
5.1	ČEZ zimní stadion Kladno.....	43
5.1.1	Objekty v okolí.....	43
5.1.2	Historie a současnost	45
5.1.3	Chladicí systém.....	45
5.2	Bezpečnostní systém zimního stadionu	49
5.3	Dokumentace zimního stadionu ohledně provozu chladicího systému a řešení potenciálního úniku	51
5.3.1	Havarijní plán zimního stadionu Kladno	51
5.3.2	Havarijní karta pro výron amoniaku	53

5.4	Možné průběhy havárií	54
5.4.1	Poškození odpařovacího kondenzátoru	54
5.4.2	Poškození potrubí pod ledem.....	55
5.4.3	Porucha chladicího systému ve strojovně.....	57
5.4.4	Netěsnost v okruhu.....	58
5.4.5	Požár.....	59
5.4.6	Výbuch.....	61
5.4.7	Lidský faktor	63
5.5	Současná opatření, postupy a procedury pro řešení úniku	65
5.6	Návrh dodatečných opatření	66
5.6.1	Vodní clony	66
5.6.2	Požární ochrana	68
5.6.3	Pult centrální ochrany	70
5.7	SWOT analýza.....	70
5.7.1	Strategie WT.....	71
5.8	Modelace v simulačních programech.....	73
5.8.1	Nastavení jednotných podmínek modelací.....	73
5.8.2	Modelace úniku malého množství	75
5.8.3	Modelace úniku množství dle HZS	76
5.8.4	Modelace úniku středního množství.....	78
5.8.5	Modelace úniku druhé kategorie dle havarijního plánu	79
5.8.6	Modelace úniku jedno chladicího okruhu.....	81
5.8.7	Modelace úniku z obou chladicích okruhů – katastrofický scénář...83	
5.8.8	Výsledky komparaci	85

5.9	Návrh plánů řešení konkrétních mimořádných událostí.....	85
5.9.1	Požár strojovny	86
5.9.2	Únik amoniaku	87
6	Diskuze	89
7	Závěr	95
8	Seznam použitých zkratek.....	96
9	Seznam použité literatury.....	97
10	Seznam použitých obrázků	105
11	Seznamu použitých tabulek	106
12	Seznam Příloh	107
12.1	Fotografie zimního stadionu Kladno a Slaný	108
12.2	Další dokumentace zimního stadionu Kladno	113
12.2.1	Provozní řád zimního stadionu Kladno	113
12.2.2	Plán dozoru ve strojovně chladícího zařízení	114

1 ÚVOD

Pro způsob života současné společnosti jsou nezbytné moderní technologie, které výrazně usnadňují práci a v mnohých případech umožní věci dříve nemožné či dokonce nemyslitelné. V tomto smyslu nastal velký pokrok nejen v oblasti těžkého průmyslu (metalurgie), ale i v potravinářském průmyslu kdy jeden z velkých milníků bylo rozšíření průmyslového chlazení. Tyto technologie v době vzniku způsobily revoluci v rámci problematiky uchovávání potravin. Technologie chlazení našla uplatnění i mimo potravinářský průmysl, například pro použití v zimních stadionech. Tím je umožněno zachování vysoké kvality ledu po celý rok bez ohledu na počasí.

Možnosti, které přináší použití průmyslového chladicího systému, mají svá rizika. Pro splnění očekávaných požadavků je nezbytné použít výkonný systém chlazení s adekvátním chladicím médiem. Nejrozšířenější chemickou látkou, která splňuje parametry pro daný systém je amoniak. Ten díky svým vlastnostem představuje riziko pro okolí objektu. Protože obvykle pro potřeby chlazení stačí množství do deseti tun, nejsou zpravidla tyto objekty zařazeny do kategorie A (nad 50 tun) dle zákona 224/2015 Sb. a nezpracovávají tedy havarijní plán. Zároveň tyto zařízení bývají obvykle ve velké blízkosti obydlených oblastí, v případě zimních stadionu to bývá dokonce i uprostřed měst. Paradoxně tak mohou objekty, jako jsou například zimní stadiony, představovat větší hrozbu pro obyvatele města, než továrna využívající daleko větší množství čpavku, ale vzdálená několik kilometrů.

Z důvodu možného ohrožení obyvatel se tato práce bude zabývat stadionem v Kladně, kdy budou vytvořeny simulace úniku různých množství amoniaku za pomoci modelačních programů ALOHA a TerEx a jejich výsledky následně komparovány. Dále se práce bude věnovat událostem, které by mohly

zapříčinit případný únik, a bude vypracována SWOT analýza řešící objekt a jeho připravenost na možný únik.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Základní pojmy

Pro snadnější orientaci v textu je zapotřebí si objasnit níže vybrané základní pojmy náležících do problematiky závažných chemických havárií a dalších pojmů souvisejících s analýzou rizik a tématem této práce.

Nebezpečná látka – *„Látky nebo přípravky, které za podmínek stanovených zákonem č. 356/2003 Sb. mají jednu nebo více nebezpečných vlastností, pro které jsou klasifikovány jako: výbušné, oxidující, extrémně hořlavé, vysoce hořlavé, hořlavé, vysoce toxické, toxické, zdraví škodlivé, žíravé, dráždivé, senzibilizující, karcinogenní, mutagenní, toxické pro reprodukci, nebezpečné pro životní prostředí.“* (1)

Havárie – jedná se o mimořádnou událost spojenou s lidskou činností vedoucí k poškození stroje, budovy, technologického celku, důležitého přístroje, lidského zdraví nebo života, environmentálním škodám či škodám na majetku.
(2)

Mimořádná událost – *„škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací“* (3)

Krizová situace – *„Krizovou situací se rozumí mimořádná událost podle zákona O integrovaném záchranném systému, narušení kritické infrastruktury nebo jiné nebezpečí, při nichž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav nebo stav ohrožení státu“* (4)

Závažná havárie – *„mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, např. závažný únik, požár nebo výbuch, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení, v*

němž je NL vyráběna, zpracovávána, používána, přepracována nebo skladována, vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážnému ohrožení na životy a zdraví lidí, hospodářské hrozby na ŽP nebo újme na majetku“ (5)

Havarijní plán – soubor dokumentů s popisem činností a opatření prováděných při začátku závažné havárie mající za účel zmírnění jejich následků. (6)

Evakuační plán – zobrazení únikových cest na grafické barevně zřetelné tabulce. Dokument určující zodpovědné osoby spolu s jejich pravomocemi a povinnostmi je součástí evakuačního plánu. To vše dle normy ČSN ISO 23601 a zákona č.246/2001 Sb. §33.

Dekontaminace - Souhrn opatření a postupů organizačního zabezpečení a prostředků k odstranění kontaminantů z povrchu materiálu nebo jeho struktury. Cílem dekontaminace je pak snížení zdravotních následků a nenávratných ztrát a zkrácení doby používání ochranných prostředků. (7)

Riziko – Lze jej definovat jako pravděpodobný výskyt a možnost dopadů nepříznivých událostí, které ohrožují život, zdraví, životní prostředí či majetek.

Nebezpečí – *„zdroj potenciální škody nebo situace, která může způsobit potenciální škodu“ (8)*

2.2 Legislativa česká a evropská

2.2.1 Legislativa

Legislativou v rámci tématu diplomové práce se zabývá několik zákonů a prováděcích vyhlášek. Nejdůležitějším z nich je pak zákon **224/2015 Sb.**, o prevenci závažných havárií, který v sobě implementuje evropskou normu SEVESO III, která byla vydána v roce 2012. Evropská norma Seveso uvádí pravidla a sjednocuje tato kritéria v rámci Evropy. V tomto zákoně a jeho prováděcích vyhláškách jsou stanoveny podmínky pro podnikající fyzické osoby a právnické firmy jakkoliv nakládající s nebezpečnými chemickými látkami, zejména s ohledem na prevenci závažných havárií. Za tímto účelem rozřazuje tento zákon podnik do třech kategorií na objekt kategorie A, kategorie B a nezařazené. Zařazení konkrétního subjektu do příslušné kategorie závisí na množství nebezpečných chemických látek nacházejících se v objektu, přičemž v příloze chemického zákona jsou uvedeny hraniční limity na množství daných látek, aby zůstal v příslušné kategorii. Na základě zařazení pak provozovateli vyplývají povinnosti zpracovat příslušnou dokumentaci.

Objekty **kategorie A** musí zpracovat:

- Návrh na zařazení do kategorie A
- Bezpečnostní program
- Plán fyzické ochrany

Objekty zařazené jako **kategorie B** musí zpracovat

- Návrh na zařazení do kategorie B
- Bezpečnostní zprávu
- Plán fyzické ochrany
- Podklady pro zpracování vnějšího havarijního plánu
- Podklady pro určení zóny havarijního plánování

- Vnitřní havarijní plán

Dalším právním pramenem lze nazvat vyhlášku č. **225/2015 Sb.**, o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A, nebo skupiny B. Vyhláška mimo jiné určuje požadavky na fyzické zabezpečení objektů, kategorii a povahu režimových opatření, kategorii technických prostředků a jejich vymezení a další zákonné podmínky.

Dále pak vyhláška č. **226/2015 Sb.**, pojednává o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktuře. Tato vyhláška určuje zásady k vymezení zóny havarijního plánování a pak také postup při jejím vymezení společně se strukturou a náležitostmi vnějšího havarijního plánu.

Vyhláška č. **227/2015 Sb.**, je o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku. Ve své podstatě se jedná o obsahové náležitosti pro objekty spadající do skupin A a B. Dále pak kritéria hodnocení bezpečnostní dokumentace a oblast informací s jednotlivými dokumenty a jejich oprávněním k vyžádání pro zpracovatele bezpečnostní dokumentace.

Vyhláška č. **228/2015 Sb.**, o rozsahu zpracování informace veřejnosti, hlášení o vzniku závažné havárie a konečné zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie. Ve vyhlášce je stanoveno o čem bude informována veřejnost v případě vzniku závažné havárie. Dále pak také způsob poskytnutí výše zmíněných informací.

Jako poslední je vyhláška č. **229/2015 Sb.**, o způsobu zpracování návrhu ročního plánu kontrol a náležitostech obsahu informace o výsledku kontroly a zprávy o kontrole. Z názvu jasně vyplývá, o čem pojednává tato vyhláška.

2.2.2 Další legislativa

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a směsích a o změně některých zákonů tzv. chemický zákon. Dalšími důležitými legislativními dokumenty jsou zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a zákon 133/1985 Sb., o požární ochraně. (9)

2.2.3 Posouzení rizik

K posouzení rizik je zapotřebí identifikace, analýza a hodnocení rizik což je základem prevence závažných havárií. Posuzování rizik má tři části: (10)

- Identifikace zdrojů rizik
- Analýza rizik
- Hodnocení rizik

V související vyhlášce se zákonem 224/2015 Sb. Jsou náležitosti na podmínky určující kategorizaci do skupiny A, B a nezařazené.

2.2.4 Nezařazené objekty

V případě menšího množství nebezpečné chemické látky či jejich součtů dle tabulek daných tímto zákonem a pomocí daných vzorců spadá do skupiny nezařazený. Tyto podniky zpracovávají dokument o nezařazení. Pouze za předpokladu, že nepřekročí dané limity pro jednotlivé látky. U amoniaku se jedná o 50 tun. Při zvýšení množství nebezpečné chemické látky v daném objektu o 10% současného množství nebo umístění další nebezpečných chemických látek je provozovatel povinen aktualizovat protokol o nezařazení o nové skutečnosti. (11)

2.3 Ochrana obyvatelstva

V současné legislativě je pojem ochrana obyvatelstva zakotvena v zákoně č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému. Do tohoto zákona byl tento koncept přidán v návaznosti na čl. 61 dodatkového protokolu k Ženevským úmluvám z roku 1949 o ochraně obětí mezinárodních ozbrojených konfliktů (Protokol 1), který byl přijat v roce 1977. (12) Konkrétně se jedná o zajištění plnění úkolů civilní obrany a to především varování, evakuace, ukrytí a následné nouzové přežití obyvatelstva a další způsoby k zajištění zabezpečení ochrany života, zdraví a majetku. (3)

Varování obyvatelstva spočívá v zabezpečení včasného upozornění obyvatelstva na nastalou nebo hrozící mimořádnou událost. Mimo jiné zahrnuje varovný signál, po němž následuje informování obyvatelstva o povaze nebezpečí a dalších opatřeních vedoucích k ochraně života zdraví a majetku.

Evakuací se rozumí transport osob, zvířat, technického zařízení, předmětů kulturní hodnoty a popřípadě strojů a materiálů k nutné výrobě.

Využití úkrytů k ochraně obyvatelstva, především k tomu zařízených či jiných vhodných prostor na ukrytí před účinky světelného a tepelného zařízení. Dále pak chrání před účinky radiace ať už ve formě kontaminovaného prachu tak i přímým zářením. Neméně pak snižují riziko před zasažením chemickými a biologickými látkami a před účinky zbraní hromadného ničení. (13)

2.4 Analýza rizik

Analýza rizik má v oblasti havarijního a krizového plánování klíčový význam. Jeho výsledky napomáhají k připravenosti na řešení mimořádných

událostí velkého rozsahu. Základní rozdělení si lze vyložit na základě odlišného přístupu k riziku.

První přístup je **deterministický** (orientace na následky). Tento postoj předpokládá, že vznik určité události je dle pravděpodobnosti možný či nikoliv. Nepočítá se zde s četností. V těchto případech se vychází s předpokladem, že pokud jsou bezpečnostní opatření nastavena na nejhorší možný případ („worst case scenario“), pak budou dosavadní bezpečnostní nastavení dostatečná i pro méně závažné případy. Výsledkem jsou zóny v okolí objektu, v nichž lze předpokládat nebezpečné účinky. (10)

Za další přístup lze považovat **probabilistický**, kde se každému jevu přiřazuje určitá pravděpodobnost výskytu, tudíž zde nelze říci jako v předchozím přístupu, že nějaké riziko je absolutně nemožné nebo naopak nevyhnutelné. Žádný nežádoucí jev zde není nemožný. Zkoumáme zde různé následky havarijních scénářů a je jim přiřazována jednotlivá pravděpodobnost. (10)

Kvalitativní metody hodnocení rizik jsou založeny na správné identifikaci zdrojů rizika pro dané objekty společně s analyzováním různých příčin a jejich možných dopadů. Rozhodujícím faktorem pro danou metodu jsou především úplnost, důslednost a správnost jednotlivých zkoumaných scénářů. Výstupem pak je většinou slovní hodnocení (proto kvalitativní). (10)

Kvantitativní řízení rizika je založeno především na pravděpodobnostní analýze (četnost, frekvence) daných scénářů a jejich následků (závažnost následků). Při této metodě se používají jednotlivé matematické modely spolu s hodnotami frekvencí a pravděpodobností. Tato metoda počítá se statickými daty zkoumanými v daných objektech. (14)

2.4.1 SWOT analýza

Jedná se kvalitativní metodu hodnocení rizika. Metoda je rozdělena do čtyř bodů. Síla (strengths), slabosti (weaknesses), příležitosti (opportunities) a hrozby (threats). Tato metoda bude použita i v praktické části této diplomové práce. (15)

2.4.2 What-if

V překladu co se stane když. Jedná se o kvalitativní probablistickou metodu analýzy rizik. Při této metodě spontánně hovoří skupina zkušených odborníků v dané oblasti i mimo ní o možnostech „co se stane, když“. Tato metoda není řízená, je to volná diskuze. (10) (16)

2.5 Úniky amoniaku ze zimních stadionů ČR

2.5.1 Zimní stadion v Chebu

K nehodě na zimním stadionu došlo 2. 11. 2011 o půl sedmé ráno. Únik nastal v kompresorovně uvnitř stadionu. Dle HZS šlo o malý únik, na který upozornil automatický systém hlídající únik amoniaku. Po přezkoumání okolí stadionu nebylo nalezeno vně areálu unikající amoniak. Médium, které ze systému uteklo a nijak neohrožovalo obyvatele v okolí. Veškerý amoniak zůstal v prostorách budovy, který byl následně odvětrán a nebylo tedy nutné přijímat opatření na poli ochrany obyvatelstva. (17)

2.5.2 Zimní stadion v Krnově

Dne 27. 4. 2011 byl na zimním stadionu v Krnově rodičem jednoho z mladých hokejistů zjištěn únik amoniaku během tréninku ledního hokeje svého syna. Otec neprodleně únik oznámil na linku 150. Dle mluvčí HZS Moravskoslezského kraje zde byla překročena únosná mez až pětinasobně

(příčemž nejvyšší přípustná koncentrace čpavku na pracovišti je 55 mg/m³, tudíž koncentrace se mohla pohybovat v blízkosti hranice 300 mg/m³, což je koncentrace snesitelná nejdéle po dobu třiceti minut (18)). Bylo evakuováno na 20 lidí z prostor stadionu. Tento případ nebyl ojedinělý. (19)

2.5.3 Zimní stadion Hvězda v Praze

Dne 15. 6. 2010 nastal únik amoniaku v areálu zimního stadionu Hvězda v Praze 6 - Vokovice. Z preventivních důvodů se proto předběžně evakovalo gymnázium s přibližně 300 žáky. K úniku došlo s nejvyšší pravděpodobností vlivem pochybení dělníka, který při vrtání ledu poškodil potrubí a vyvrtal do potrubí díru o průměru 6 mm. Hospitalizaci potřeboval pouze dělník zodpovědný za vznik události, který se nadýchal výparu amoniaku. Policie na místě nehody upozorňovala, aby obyvatelé nevětrali. (20)

2.5.4 Zimní stadion ve Znojmě

Na stadionu došlo k úniku amoniaku dne 28. 5. 2007 vlivem netěsnosti příruby na vedení v časných ranních hodinách. V systému kolovalo přibližně 5 tun amoniaku, přičemž nedošlo k úniku veškerého chladiva, ale jen jeho části. Při zásahu byli přítomni specialisté na chemikálie z Brna, hasiči ze Znojma a výjezdová laboratoř z Tišnova. Byly evakuovány dvě rodiny z bezprostřední blízkosti areálu. Nehoda se obešla bez raněných. (21)

2.6 Cvičení HZS na ČEZ zimním stadionu Kladno

V rámci spolupráce s HZS bylo v dubnu 2018 provedeno taktické cvičení, kterým se ověřovala připravenost hasičů na zásah v zimním stadionu při úniku amoniaku. Při tomto cvičení se předpokládal únik neznámého množství čpavku, přičemž bylo zapotřebí ze strojovny chlazení a dalších prostor evakuovat zraněné a zasažené osoby. Průběh cvičení byl následovný.

Dne 18. 4. 2018 obdržel KOPIS informaci o úniku amoniaku ze zimního stadionu na Kladně. Při příjezdu jednotky požární ochrany zjistily, že se jedná o cvičení, avšak vše probíhá jako při ostrém zásahu. Sjely se zde jednotky ze širokého okolí, konkrétně profesionální hasiči z Kladna, Slaného a Stochova. Dále se pak na zásahu podíleli i dobrovolní hasiči zařazení do jednotek plošné ochrany z Pcher, Braškova, Hřebče a Brandýsku. Při prvním ohledání místa události zjistili hasiči únik amoniaku ze strojovny, ve které byl jeden zraněný neschopný pohybu. V dalších prostorách stadionu (konkrétně hlediště a přilehlé chodby) se nacházelo celkem šedesát lidí. Hasiči při zásahu použili přetlakové obleky s dýchacími přístroji. Strojník spolu s dalšími jedenácti lidmi neschopnými pohybu byli evakuováni za pomoci evakuačních nosítek ze zamořených prostor a předání do péče záchranářů. Zatímco další tým hasičů vytyčil nebezpečnou zónu spolu s dekontaminačním stanovištěm. Zbývajících osmačtyřicet lidí hasiči rovněž evakuovali. Profesionální hasiči zjistili netěsnost potrubí chladícího zařízení ve strojovně a tak otvor v potrubí v místě úniku ucpali. Zároveň s touto procedurou odvětrávali prostory strojovny havarijním odvětráváním a vytvořili vodní clonu před vraty strojovny, aby sráželi uniklý amoniak z ovzduší vodními kapkami na zem a následně splachovali do havarijní jímky. Následně prováděli měření čpavku v ovzduší kolem stadionu speciálními měřicími zařízeními. Hasiči neopouštěli prostor, dokud koncentrace čpavku v ovzduší neklesne na nulu. Cvičení skončilo těsně před jedenáctou dopoledne. (22)

2.7 Zdroje rizik

Při definování zdroje rizika se posuzují kritéria jako relevance a očekávatelnost. Cílem výběru do analýzy byly hrozby, které by mohly zimní stadion reálně ohrozit. Vzhledem k umístění použitých technologií, je možné předvídat, popř. očekávat a vyjádřit případné hrozby. V souvislosti s tím je

potřeba zohlednit vztah rizik mezi sebou, kdy prakticky nevýznamné riziko může působit synergicky na riziko významnější a násobit jeho následky než by to významnější riziko způsobilo samostatně. Zároveň tato synergie se může projevat ve vztahu k pravděpodobnosti, kdy se zvyšuje pravděpodobnost výskytu závažnějšího rizika, popřípadě ho přímo zapříčiňuje. Za hrozbu by se dal považovat i pád kosmických těles či napadení vyspělejších ras, přičemž ale závažnost takových rizik dalece přesahuje rámec řízení rizik zimního stadionu. Těžko lze posuzovat konkrétní projevy takovýchto událostí v analýze rizik, ale staticky je nelze vyloučit. (23)

Tato část práce se zabývá přehledem zdrojů rizik, které ohrozí životní prostředí, majetek, život či zdraví zaměstnanců a obyvatel v nedalekém okolí.

Důležitým ukazatelem k zařazení rizik je možná příčina nebo souvislost mezi jinými událostmi nepříznivého charakteru. V dalším popisu budou popsány zdánlivě triviální události, které ale mohou v různé kombinaci mít negativní dopad na další události a způsobit řetězovou reakci tzv. domino efekt, kterým se mimo jiné zabývá zákon 224/2015 Zákon o prevenci závažných havárií. Požár je nejčastějším a také nejpravděpodobnějším původcem již zmiňovaného domino efektu. Zdroje jednotlivých rizik lze rozdělit na dvě kategorie a to na antropogenní (způsobeny činností člověka) a naturogenní (způsobeny přírodou) přírodní.

2.7.1 Antropogenní hrozby

Nejedná se pouze o rizika způsobené přímou činností člověka jako je především úmyslná sabotáž či požár, ale patří sem i rizika související s používáním techniky vyvinuté člověkem či technologií.

2.7.2 Únik nebezpečné látky

Plocha zimního stadionu je neustále chlazená z důvodů udržení kvality ledu na obou ledových plochách. Chlazení probíhá přímou formou, tj. amoniak proudí v potrubí přímo pod ledem a ochlazuje jej. Množství čpavku v systému jako takovém je celkem 9 tun. (18) Únik amoniaku z chladicího systému sebou nese riziko, které tato látka představuje pro možný vznik požáru či výbuchu. Mez výbušnosti čpavku se nachází mezi 15 % a 26%, kdy se vzduchem tvoří výbušnou směs.

2.7.3 Dopravní nehoda

Ohrožení dopravní nehodou na ulicích Ke Stadionu nebo Petra Bezruče lze takřka zcela vyloučit a to díky vzdálenosti zimního stadionu od již zmiňovaných silnic s kombinací s lesním porostem. Pouze jediný možný scénář by zde bylo možné použít a to dopravní nehodu s následným požárem vozidel. Požár nabouraných vozidel by zde mohl zapříčinit vznícení lesního porostu a tím mít následné další negativní vlivy na zimní stadion jako jeho vznícení, přičemž v případě, že by se požár šířil dále prostory stadionu nelze vyloučit možnost úniku amoniaku.

Další možností ohrožení bezpečného provozu by mohla být dopravní nehoda uvnitř areálu zimního stadionu, popřípadě přímá interakce mezi dopravním prostředkem a strojovnou stadionu. Ovšem pro veřejnost je strojovna nedostupná, z jedné strany je chráněna vjezdovou branou a samotnou budovou stadionu. Z dalších stran je strojovna chráněna betonovou zdí, která je společná s fotbalovým stadionem F. Klozeho. Dalším bodem nesoucím jisté riziko by mohla být opět nehoda uvnitř areálu, ale tentokrát mezi dopravním prostředkem a hlavním uzávěrem plynu přinášející nemalé riziko vzplanutí s následnými efekty na zimní stadion. Ovšem při zjištění, že regulační plynová

stanice je na vyvýšeném bodě a oplocena, tato možnost padá. Ovšem je zde možnost úmyslného narušení člověkem.

Na jihozápad od zimního stadionu vede železniční trať vedoucí ze zastávky Kladno do stanice Kladno město. Vzhledem k vzdálenosti a množstvím překážek mezi tratí a zimním stadionem lze předpokládat, že vykolejení vlakové soupravy by nemělo efekt na stadion. Pouze za předpokladu přepravy nebezpečné látky by zde hrozilo zasažení stadionu. Opět je zde nevyhnutelné riziko vzniku požáru lesa od nehody.

Vzhledem k blízkosti letiště Václava Havla nelze vyloučit ani pád dopravního či jiného letounu. Jeho pravděpodobnost vzhledem k hustotě letecké dopravy nad ČR a blízkostí letiště je rozhodně větší než kupříkladu ohrožení pádem letadla na zimní stadion v Hradci Králové. Ohrožení z pohledu letecké dopravy představuje rovněž sportovní letiště v sousední obci Velká Dobrá (přibližně 2 km), kde z travnaté letištní plochy vzlétávají a přistávají zejména malá sportovní letadla. Díky své velikosti při pádu nenapáchají zdaleka tak velkou škodu jako velká dopravní letadla, nicméně vzhledem k nižší úrovni zabezpečení a menší zkušenosti pilotů dochází k nehodám těchto letadel výrazně častěji.

2.7.4 Aktivní střelec a sabotáž

Dalším neopomenutelným rizikem je možnost útoku na zimní stadion. Velké množství lidí, které pojme areál (cca 8 600), by mohla být dostatečná motivace pro volbu stadionu jako cíle potenciálního útoku. Při utkání se po stadionu volně pohybují diváci, což je na jednu stranu nezbytné pro plnění účelu budovy, na druhou stranu to komplikuje zajišťování bezpečnosti. Při vstupu se diváci podrobují namátkové kontrole na zjištění přítomnosti zakázaných předmětů zmíněných v návštěvním řádu zimního stadionu,

příčemž v případě, že bude takový předmět nalezen, je jeho nositel vystaven riziku nevpuštění do vnitřních prostor na zápas a zabavení předmětu. Tyto kontroly a další aktivity spojené se zajištěním bezpečnosti má na starost najatá externí bezpečnostní společnost. Stadion jako měkký cíl s vysokou koncentrací lidí a přítomností amoniaku by se tedy mohl stát cílem mnoha druhů útočníků.

Jako další možné riziko by zde mohlo být spáchání sabotáže na chladicím systému obsahující amoniak jako chladicí médium. Zde lze předpokládat, že čin by mohl spáchat bývalý zaměstnanec, jemuž bylo z jeho pohledu ukřivděno. Nelze však vyvrátit ani možnost takovéto činnosti u současného zaměstnance či jiné osoby, která zná prostory stadionu. Pro bývalého zaměstnance by bylo složitější se do objektu dostat, ale zdaleka ne nemožné, zejména pokud by svůj čin načasoval během zápasu, kdy vlivem velkého počtu osob v budově snadněji unikne pozornosti. V obou případech je pro útočníky výhodou znalost podniku, přičemž vůči externím útočníkům má zaměstnanec značnou výhodu znalosti technického zázemí stadionu.

Jako další možnost je zde přítomnost aktivního střelce motivovaného záští vůči podniku či fanouškům hokejového klubu. Vzhledem k tomu, že při takovém útoku má obvykle za cíl zabít co nejvíce lidí, prakticky jediná možnost jak jej zastavit je ho zastřelit. Za běžných okolností lze předpokládat, že útočníka by zastavil až příjezd policie, což by mělo za příčinu jistou ztrátu na životech v prostorách podniku. Avšak při velké koncentraci lidí na stadionu, jakým bývá hokejová baráž mezi jednotlivými kluby, je přítomna policie, která dohlíží na dodržování veřejného pořádku a pokojný průběh sportovního utkání. (24)

2.7.5 Terorismus

Nelze také opomenout útok na stadion, jakožto teroristický čin. Ať už by se jednalo o akt takzvaného osamocené vlka (sympatizant teroristického hnutí bez přímých vazeb na organizaci a tudíž jen velice obtížně odhalitelný před útokem) či koordinovaný útok s vyšším stupněm organizace. Ochranou měkkých cílů se zabývá v současné době mnoho vládních i soukromých subjektů a to na úrovni jak teoretické tak praktické. Pro potenciální útok je využití stadionu výhodné zejména díky přítomnosti toxické látky jakou je i amoniak a to z důvodu zneužití jakožto chemické zbraně vůči okolí stadionu, kde se nachází několik objektů, kde se může nárazově nacházet velké množství osob (například Sletišť, nemocnice, fotbalový stadion nebo Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT). Typickou událostí, kdy se v okolí stadionu nachází velký počet osob, jsou oslavy města Kladna, na kterých se běžně vyskytují tisíce až desetitisíce lidí a hrozilo by tedy v případě úniku ohromný počet raněných a pravděpodobně i mrtvých. Nicméně z pohledu zahraničního terorismu není Kladno nijak symbolické pro celou republiku a zároveň existují více vhodné terče, které poskytují více přítomných osob a jsou více symbolické. Z tohoto důvodu lze případný teroristický útok považovat za vysoce nepravděpodobný a nebude v této práci proto více rozebírán do hloubky (a také proto, že problematika terorismu je značně rozsáhlá a nad rámec této práce). (25) (26)

2.7.6 Požár

Hoření je exotermická reakce, při které vzniká světlo, teplo a dým. Pro hoření je důležité současné působení třech činitelů a to palivo, oxidační činidlo a zdroj zapálení (tzv. trojúhelník hoření). Když není pro hoření dostatek oxidace, dochází tak k nedokonalému spalování, při kterém vzniká oxid uhelnatý namísto oxidu uhličitého. (27)

Způsoby, kterými se teplo šíří dělíme na proudění, vedení a radiaci. Proudění tepla při hoření obstarává vzduch či dým, který nese teplo vzhůru (ohřívá strop a ocelové nosníky). Vedení tepla je zapříčiněno tepelnou vodivostí materiálů v dosahu požáru. Kovová konstrukce haly je v tomto případě naprosto ideální. Jako poslední je šíření radiací infračerveného záření neboli také nazývané sálavé teplo. Teplo se šíří pomocí infračerveného záření a tudíž bez dotyku. Tento způsob většinou komplikuje zásah z důvodů nemožnosti se přiblížit ke zdroji požáru. (28)

Pro lidský organizmus je největším rizikem kouř. Při hoření plastů a jim podobných materiálů na bázi ropy vzniká kyanid, jenž je pro organizmus toxický. Dalším neopomenutelným rizikem je dým a jeho teplota, která dokonce může popálit horní cesty dýchací. Díky kouři je také možnost zhoršené orientace v prostoru požáru pro zasažené, což jim znesnadňuje únik z takovýchto prostor.

Dle technické normy ČSN EN 2 rozlišujeme třídy požárů na A-požár pevných látek, B-požár kapalin, C-požár plynů, D-požár plynů a F-požár jedlých olejů. Díky tomuto rozdělení je snazší výběr hasební metody pro příslušníky HZS ČR. (29)

Dalším rozdělením je třídění dle paliva a jeho konkrétního typu vznícení. Toto třídění se používají především v modelačních programech ALOHA a jiných. Jeho základními typy jsou:

- flash fire (bleskový požár)
- jet fire (tryskový plamen)
- pool fire (požár kaluže)
- vapor cloud explosion(výbuch oblaku par)

Pool fire je hoření kaluže rozlité hořlavé kapaliny. Jedná se o stav, kdy hoří kapalina, jenž se zároveň odpařuje. Její hašení je náročné a při nesprávné technice se rychle rozšíří. (28)

Jet fire je požár při kterém hoří unikající kapaliny či páry z tlakového vedení. Velikost požáru determinuje rozdíl tlaků a průtoků.

Při požáru typu flash fire jde o takzvané vyšlehnutí (výbuch par). Požár tohoto typu vzniká na dolní mezi výbušnosti látky se vzduchem (v našem případě amoniak 14%). V uzavřené malé místnosti tento požár vyvine velký tlak a má obrovské ničivé účinky. Na stadionu kromě technické místnosti, by se jednalo o velké prostory částečně otevřené, kde by přetlak při výbuchu par nebyl tak devastující, přesto velice nebezpečný. (30)

Výbuch oblaku par (vapor cloud explosion)nastává při nenadálé ruptuře tlakového vedení s následnou exhalací par na atmosférický tlak (odpaří se na vzduchu), kde vytvoří mlžný opar hořlavé látky. Takovýto opar při explozi vybuchne a vytvoří ohnivou kouli plynů (fire ball). Při explozi vytvoří tlakovou vlnu nebezpečnou člověku. Více v kapitole detonace. (31)

2.7.7 Exploze

Dle bojového řádu jednotek požární ochrany lze definovat výbuch jako fyzikální či chemickou reakci. Fyzikální výbuch lze definovat jako zvýšení tlaku uvnitř systému na takovou míru, která způsobí rupturu vedení (kotle, výparníku, zásobníku) pod tlakem. V případě atmosférického tlaku ve vedení či vakua se jedná a implozi. (32)

U chemického výbuchu lze považovat podstatu exploze chemickou reakci s velice prudkým průběhem. Běžné výbušniny obsahují vlastní zdroj

oxidačního činidla a nepotřebuje proto přístup vzduchu pro svůj průběh. Další možností jak může výbuch proběhnout je iniciace výbušné směsi vzduchu a hořlavé látky, přičemž teoreticky je každá hořlavá látka schopná výbuchu za specifických podmínek (velikost částice, koncentrace ve vzduchu, tlak, teplota, dostatečná zdroj iniciace). (33)

Zásadním parametrem pro hodnocení výbuchu je zdali výbuchu probíhal formou deflagrace či detonace. Hlavní rozdíl mezi těmito dvěma formami je rychlost a způsob šíření exploze v materiálu. V případě detonace se jedná o velice rychlé šíření výbuchu, které má rychlost vyšší než rychlost zvuku v daném výbušném materiálu či směsi, a probíhá za velkého tlaku, který je pro její průběh nezbytný. Oproti tomu deflagrace je pomalejší (podzvuková rychlost šíření) a nedochází k vývinu tak vysokého tlaku. Co se týče uvolněné energie má jasnou převahu detonace. O tom, kterým způsobem proběhne exploze, rozhoduje především způsob iniciace, kdy pokud není zajištěn dostatečný tlak tak nedojde k detonaci. (34) (35)

Nebezpečí, které uniklý amoniak v prostorách strojovny je z pohledu výbuchu v přítomnosti iniciačního zdroje a především v uzavřenosti těchto prostor. V případě výbuchu by to mělo za efekt násobení síly výbuchu, zejména pokud by došlo k detonaci, kdy by se uvnitř odrážela tlaková vlna. Zároveň lze předpokládat, že potenciální výbuch by nejdříve probíhal jako deflagrace, která by postupně navýšila tlak do té míry, že zbytek nevybuchlé směsi by již detonovala. Největší nebezpečí pak tkví v tom, nestačí i relativně malé množství amoniaku (zlomek z celkového množství chladiva v zařízení), který svým výbuchem poškodí zbytek strojovny, čímž uvolní další amoniak a dojde ke spuštění výbušné kaskády.

Dle bojového řádu jednotek požární ochrany na nebezpečí výbuchu mohou upozornit následující znaky, jako je hluk, viditelné deformace, Nchl v ovzduší, signalizace poruchy zařízení, zvýšená teplota zařízení či vypozerování změny chování u zvířat. (36)

2.7.8 Přírodní hrozby

Přírodní hrozba označuje jev, kdy je objekt ohrožen specifickými atmosférickými jevy.

2.7.9 Sesuv půdy a povodně

Sesuv zeminy v případě zimního stadionu lze absolutně vyloučit díky rovnému terénu a hustým lesním porostem v blízkém okolí. Díky umístění lze předpokládat, že ohrožení jakýmkoliv vodním tokem také nehrozí. Jedinou možností by byli bleskové povodně, které by zasáhly maximálně strojovnu ze západní části stadionu.

2.7.10 Lesní požár

Nejpravděpodobnějším ohrožením v případě přírodních vlivů lze považovat lesní požár. Jelikož je zimní stadion obklopen ze tří stran lesním porostem a v blízkém okolí směrem na jih les pokračuje. Převážně západní vítr by mohl ohrozit stadion i v případě vzplanutí lesa na západ od stadionu v okolí sletiště. Ale díky umístění strojovny chlazení z druhé strany oproti porostu (severozápad), není pravděpodobně ohroženo okolí reakce požáru a amoniaku.

2.7.11 Neobvyklé jevy počasí

Za extrémě dnešního počasí se dají považovat výkyvy teplot, které nemají valný vliv na provoz stadionu. V případě bleskových povodní by se dalo uvažovat nad zkratem v elektroinstalaci. Největší riziko s sebou nese ale

nejspíše silný poryv větru, který by mohl zapříčinit poškození výparníků umístěných na západní straně budovy. Dále pak by poryv mohl mít vliv na strukturální integritu pláště budovy.

2.8 Amoniak

Amoniak (čpavek) NH_3 , je bezbarvý plyn či kapalina velice štiplavé vůně. S největší pravděpodobností se jedná o jednu z nejvíce rozšířených látek používaných na zimních stadionech a v potravinářském průmyslu v chladicích zařízeních. Je využívána jako významné chladivé médium díky jeho vlastnostem.

Pro lidský organizmus nebezpečný. Ve vysokých koncentracích plynu způsobuje zástavu dechu, přičemž může dojít k náhlé smrti. Vdechnutím plynu se člověk vystavuje otoku hrtanu a plic způsobující udušení. Při styku kapalného skupenství s pokožkou dochází k poleptání. Také vznikají špatně se hojící omrzliny. Zvláště nebezpečný je pro oči, v případě zasažení oční vulvy hrozí oslepnutí. Rozpouští se ve vodě, kde vytváří leptavé směsi zvláště toxické pro vodní ekosystém. (37)

Při případném úniku se amoniak odpařuje z kapalné formy na plynnou frázi a tvoří bílou podchlazenou mlhu těžší než vzduch. Takováto mlha se dobře promísí a spojí se vzduchem. Se stoupající teplotou se stává lehčí než vzduch. Je hořlavá při iniciaci vnějším zdrojem. Nebezpečí nastává při ohřevu okolo 600°C , kdy se amoniak začne rozkládat na dusík a vodík. Při tomto rozkladu představuje největší riziko právě vodík, který je extrémně hořlavý.

GHS (global harmonization system) jde o systém klasifikace nařízený Evropským parlamentem a Radou č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (nařízení CLP). Nařízení má za úkol zabezpečit volný

pohyb chemických látek a směsí při zachování vysoké úrovně ochrany lidského zdraví a životního prostředí.

Dalším označením jsou takzvané H-věty a P-věty. H-věty jsou standardizované věty o nebezpečnosti chemických látek a směsí a nahrazují předešlé R-věty. P-věty jsou fráze obsahující bezpečné pokyny pro zacházení s chemikáliemi a směsmi, dříve označované jako S-věty.

Dalším prvkem označení je signální slovo, které označuje obecně úroveň závažnosti nebezpečí. Slovo NEBEZPEČÍ označuje více nebezpečné látky, které by měly při úniku velký vliv ať už na člověka či životní prostředí. Slovo VAROVÁNÍ označuje obecně méně závažné látky či směsi látek. (38)

2.8.1 První pomoc při zasažení čpavkem

Pro záchranu postižené osoby z místnosti zamořené čpavkem je nutné použití ochranné masky se speciálním filtrem proti čpavku (filtr K) nebo dýchacího přístroje. Při nedostatečném množství dýchacích masek přiložíme v nejkrajnějším případě přes ústa hadr navlhčený 8% roztokem octa.

Otrava čpavkem

V případě otravy čpavkem, je nutné postiženého co nejrychleji přenést na čerstvý vzduch a přivolat lékařskou pomoc. V případě absence dechu u postiženého je zapotřebí uvolnit mu šaty a začít s umělým dýcháním. Zároveň pro podporu oběhového systému postiženého se doporučuje tření končetin a umístění do teplého prostředí.

Zasažení očí

Prvotní je důležité zjistit, zda postižený nepoužívá kontaktní čočky. Ty je zapotřebí z oční vulvy sejmout. Je zapotřebí násilně otevřít oči a proplachovat

vodou či ponořit hlavu do nádoby s čistou vodou. Oči vymýváme nejméně po dobu 20 minut. Není dovoleno oči třít či jakkoliv dráždit. Po výplachu očí je důležité dopravit postiženého ke specializovanému očnímu lékaři či na úrazové oddělení nemocnice.

Nasáklý oděv

Prvotně zjistíme, zda je zasažena pokožka skrz oděv. V případě zasažení pokožky přes oděv postiženého vyneseme na čerstvý vzduch a položíme jej na záda kvůli možnosti odpařování amoniaku k obličejí postiženého. Zjistíme, zda nejsou zasaženy oči. Svlékneme postiženému oděv, pokud nelze oděv sundat poléváme rychle šatstvo vodou tak aby pohltila čpavek. Vypařování čpavku se tak zpomalí a zamezíme tímto tvorbě omrzlin na těle postiženého.

Styk s pokožkou

Při postižení pokožky je nutné postižené místo oplachovat vodou. Pro usušení se použije ručník či jiný savý materiál, ale je důležité netřít s ním zasaženou pokožku.

Omrzliny

Postiženého postupně transportujeme do tepla, avšak ne rovnou do horké místnosti. Zasaženou část pokožky necháme být, ale kolem místa zásahu lehce masírujeme kůži pro podporu místního oběhu a zabráněním otékání. Je zapotřebí se chránit před případným zasažením pokožky zachránce, tudíž používáme ochranné prostředky jako rukavice či namočenou látku. Podáváme teplé nápoje, ne však ve velkém množství. Postupujeme jako v případě popálenin I. stupně. Postižené místo pokryjeme sterilním mulem, následně zakryjeme vatou (gázou) a zavážeme pružným obinadlem k zabránění posunu obvazu. Tato opatření zmírňují bolest (bolest je způsobena tlakem na nervy v místě otékání pokožky), zamezují vzniku infekce a omezují tvorbu puchýřů.

Puchýře zásadně neotvíráme. Postiženého necháváme v klidu. V případě většího zasažení pokožky převezeme postiženého co nejdříve do nemocnice.

3 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

Předmětem této práce je zkoumání bezpečnosti zimního stadionu v Kladně ve vztahu k možnému úniku amoniaku využívaného jako chladicí médium v systému chlazení ledových ploch. Hlavním cílem této práce je analýza zimního stadionu v Kladně a vypracování plánu řešení konkrétních mimořádných událostí, případně analýza již vypracovaných plánů zimního stadionu. Mezi dílčí cíle této práce patří prozkoumání událostí, které by mohly vést k úniku a namodelovat v programech ALOHA a TerEx simulace úniků různého množství čpavku a provést komparaci jejich výsledků. Na základě poznatků z výše uvedených zkoumání a modelací bude vypracována SWOT analýza, která bude řešit zimní stadion a jeho připravenost na možný únik. Mezi další cíl práce patří upozornění na problematiku podlimitních zařízení využívající nebezpečné látky v obydlených oblastech.

Hypotéza 1: Bude jeden z modelačních programů stabilně ve všech modelcích předpovídat větší dosah uniklé látky, tedy nadhodnocovat?

Hypotéza 2: Budou se lišit výsledky modelačních programů (předpověď vzdálenosti ERPG 3 a ILDH) o více než 15 %?

Hypotéza 3: Může únik amoniaku ohrozit objekt s velkým počtem osob (například škola, nákupní centrum, sportovní areály a podobně)?

4 METODIKA

K analýze rizik zimního stadionu byla vybrána metoda analýzy rizik SWOT vzhledem k její vhodnosti použití pro tuto práci. Metoda již byla popsána v teoretické části. Další analytická metoda je modelace úniku nebezpečné chemické látky do ovzduší pomocí programů TerEx a ALOHA s následnou komparací výsledných dat. Pro ilustraci možných rizik byly zvoleny následující scénáře událostí.

4.1 SWOT

SWOT (Strengths, Weakness, Opportunity, Threats) je kvalitativní metoda systémové analýzy, která se zabývá faktory mající původ buď vnitřní, nebo vnější a dále tyto faktory člení na příznivé a škodlivé. Její vypracování má podobu matice, ve které jsou jednotlivé poznatky a vlastnosti systému rozřazovány do čtyř kategorií, kterými jsou silné stránky, slabé stránky, příležitosti a ohrožení. Díky této analýze tak lze získat údaje o současném stavu zkoumaného systému a může tvořit cenný podklad pro tvorbu dalších rozhodnutí. Tato metoda díky své relativní jednoduchosti a obecnosti nalézá široké uplatnění, zejména v rámci analýzy rizik, managementu, podnikání i finančnictví.

Na základě rozdělení na do čtyř oblastí je pak možné sestavit strategii, který kombinuje dva příbuzné kvadranty a na základě v nich uvedených informací se vytváří tato strategie. Konkrétní strategie tak může být zaměřená například na silné a slabé stránky nebo na silné stránky a příležitosti.

4.2 Modelování v programu ALOHA

Program ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) slouží k modelování úniku nebezpečných látek do ovzduší. Na základě zadávaných hodnot (čas, umístění, atmosférické podmínky, typ krajiny, unikající látka, způsob úniku látky) program vypočítá nebezpečnou zónu, ve které je znázorněna koncentrace látek. Modelaci lze následně znázornit na mapě. ALOHA je výtvar společnosti NOAA (National Ocean Service, Office of Response and Restoration) a je vyvíjen již téměř 30 let. Jeho licence je freeware (volně šiřitelná). Doba vývoje a množství chemických látek v databázi řadí ALOHA mezi profesionální programy ve své třídě.

Mapovým nástrojem k ALOHA je MARPLOT, který přenáší vykreslené zóny hrozeb do map. Lze nastavit různá místa úniku při jednom nastavení. Zároveň je zde možnost nastavit satelitní mapu od Google a jiné mapové podklady.

4.2.1 Omezení programu ALOHA

Modelování v programu lze nastavit na mnoho způsobů úniku různých látek. Program počítá s maximální dobou mimořádné situace v délce 60 minut a do vzdálenosti 10 km. Jako podstatu tohoto nastavení výrobce uvádí informace, že za hodinu se může směr a rychlost proudění větru mnohokrát změnit. To samé platí o vzdálenosti. Ve vzdálenosti 10 km lze předpokládat jiné atmosférické podmínky, než panují na místě úniku nebezpečné látky.

Nedokonalost modelovacího programu spočívá v jeho předpokladu, že okolí úniku je rovné bez překážek. Avšak do modelování lze zařadit prvek „dvou podlažních budov“, ale program už nepočítá s možností turbulentního proudění mezi výškovými budovami. Stejně tak jako nepočítá s rozličným

směrem proudění mraku škodlivých par, tak nepočítá s překážkami v cestě šíření. „Plochost“ modelu nezohledňuje ani terén jako takový. V případě překážek jakými se mohou stát betonové zdi, návrší či jiné vyvýšeniny v terénu. Opačným příkladem jsou pak jámy či údolí. U nich lze předpokládat usměrnění proudění oblaku chemikálií ve směru např. právě zmiňovaného údolí.

Velmi stabilní atmosférické podmínky jsou nejčastěji večer a brzy ráno, kdy se vítr takřka nehýbe. V reálném prostředí se může stát, že v městských částech se nebude koncentrace uniklých nebezpečných chemických látek snižovat se vzdáleností od zdroje díky „cestování“ ulicemi. S touto možností program taky nepočítá.

Dalším omezením v modelování je kupříkladu příliš nízká rychlost proudění vzduchu. Program vyhodnotí únik dle zadaných hodnot. Ale v případě slabého větru na hranici měřitelnosti (1m/s), není nepravděpodobná změna jeho směru opačným směrem a dokonce i jeho intenzita. V takovýchto a podobných případech ALOHA znázorní možnou změnu (odchylku) od zóny ohrožení černou čarou. Za předpokladu slabého větru tak učiní ve tvaru kruhu kolem zdroje.

4.3 Terex

Terex (TERoristický EXpert) je dílem českém softwarové firmy T-SOFT. Využití programu při řešení aktuální krize pomáhá v rozhodování díky jeho možnosti při rychlé modelaci situace s nebezpečnou chemickou látkou či výbušninou směsí.

Program především vyniká díky jeho rychlosti použití, nenáročnosti na hardware počítače a škále možného používání. Při výsledku program vyhodnotí dva nejdůležitější perimetry a to zónu s přímým ohrožením a dále

zónu s doporučeným měřením koncentrací uniklé látky v ovzduší. Program obsahuje 12 možností nastavení:

PUFF – Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku

JET FIRE – Déle trvající masivní únik plynu se zahořením

PLUME – Déletrvající únik plynu do oblak

PLUME – Déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku

PLUME – Pomalý odpar kapaliny z louže do oblak

POOL FIRE – Hoření louže kapaliny nebo vroucí kapaliny

BLEVE – Ohrožení nádrže plošným požárem

PUFF – Jednorázový únik plynu do oblak

EXPLOSIVE – Nástražný výbušný systém

SPREAD – Šíření prachových částic

SPREAD EXPLOSIVE – Šíření prachových částic s explozí

DEGAS – Šíření těžkých plynů

V závislosti na použité metodě program nabídne různou škálu nastavení jako je teplota látky, množství v nádrži, tlak a teplota v systému, nastavení počasí a další. V této práci volíme únik „PUFF“ Jednorázový únik plynu do oblak. V nabídce zvolíme velikost uniklého množství, unikající látku, sílu větru, venkovní teplotu, úroveň oblačnosti, dobu vzniku havárie (roční období, den/noc) a možnost aglomerace v okolí úniku (obytná krajina, zemědělská, les).

V závislosti na tyto zadané údaje program vypočítá vzdálenost doporučené evakuace a vyhodnotí dvě zóny. První je IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health), kdy se jedná o míru koncentrace 1500 ppm. Druhým vykresleným perimetrem je ERPG-3, kdy jde o koncentraci 300ppm nezpůsobující zdravotní následky při expozici jedné hodiny. Program dále vyhodnocuje další míry koncentrace, jakými jsou ohrožení osob přímým

prošlehnutím oblaku, ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním,
závažné poškození budov a ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem.

5 VÝSLEDKY

5.1 ČEZ zimní stadion Kladno

Areál zimního stadionu se skládá ze dvou ledových ploch, přičemž jedna je přímo uvnitř stadionu s tribunami a druhá je v přiléhající hale bez tribun, která slouží jako tréninková. Kapacita stadionu je 8 500 diváků, z toho 1500 míst je k sezení. Sedět lze na jižní, severní a západní tribuně, pro stání jsou určeny místa na východní tribuně (za brankami/pod hodinami). (18) Počet zaměstnanců na stadionu se pohybuje okolo dvaceti osob, záleží na sezóně. V případě konání zápasu (baráže) si stadion najímá externí bezpečnostní službu.

5.1.1 Objekty v okolí

Sportovní areály města Kladna s.r.o. (dále jen SAMK) jsou účelovým zařízením města Kladna, které pečují o komplex kvalitních sportovišť. Společnost působí s více jak 30 různými sportovišti a s týmem o sto členech. ČEZ zimní stadion se nachází v ulici Petra Bezruče na jihozápadním konci města směrem na obec Velká Dobrá. V těsné blízkosti zimního stadionu se nachází Městská hokejbalová aréna, Sportovní hala BIOS, restaurační zařízení Bufet U Vondryšů a restaurace Mezi puky Kladno přímo se nacházející v areálu zimního stadionu. Tyto podniky jsou v těsné blízkosti zimního stadionu většinou pod správou SAMK. Od silnice z jihovýchodní strany jej odděluje hustý smíšený les o rozloze téměř 30 000m². Ze západní strany tvoří hranici s areálem Stadion Františka Klozeho a směrem na východ sousedí areál s firmou Autocentrum V-GROUP s.r.o. zabývající se opravou a prodejem automobilů. Přes ulici Ke Stadionu a ulici Petra Bezruče se nacházejí jednopatrové rodinné domy, oblast se jmenuje Kladno město, nachází se mezi čtvrtěmi Rozdělov a Kročehlavy.

Na severozápad od zimního stadionu je fotbalový stadion Fratiška Klozeho, který přímo sousedí se stadionem. Dále na tuto světovou stranu se nachází Oblastní nemocnice Kladno a Geriatrické a rehabilitační centrum. V těchto objektech se nachází značné množství osob. Jak v pečovatelském domě, tak v nemocnici jsou i lůžkoví pacienti, kteří by při případné evakuaci potřebovali pomoc druhých. Všude v okolí této nemocnice se nachází rodinné domy. Nedaleko od nemocnice se nachází fakulta ČVUT FBMI. Přímo na západ je přes silnici víceúčelové sportoviště zvané „Sletišťe“ a místní bazén. Sletišťe je víceúčelový areál obsahující spoustu druhů sportovního vyžití. Je zde například atletický stadion, vrhačský sektor, venkovní workout hřiště, jízdárna s koňmi, in-line dráha pro bruslaře, hřiště na volejbal, lanový park a dětské hřiště. Sletišťe slouží malým dětem, dospělým i seniorům. Tyto podniky jsou ve správě SAMK stejně jako zimní stadion. Na jihovýchod od zimního stadionu se nachází ve vzdálenosti 400 metrů sportovní gymnázium a obytné věžové domy.



Obrázek 1 Kladenský zimní stadion 1951 (zdroj: ceskatelevize.cz)

5.1.2 Historie a současnost

Historie zimního stadionu sahá do padesátých let minulého století, konkrétně výstavba začala na bývalém cvičišti Orla a to v červnu 1947. (39) Dále proběhlo v roce 1959 jeho zastřešení.

Rekonstrukce stadionu probíhala v roce 2013 až 2014, která se především týkala prostor určeným divákům, jakými byly třeba toalety. Dalším bodem rekonstrukce bylo nové osvětlení ledové plochy zároveň s jejím zúžením pro potřeby klubu. Také se rozšiřovala místa k sezení v prostorách tribuny.

V době vzniku této práce byla střecha hokejové haly v havarijním stavu a již několik let se odsouvá její nahrazení střechou novou. Současná střecha je původní z roku 1959 a prošla dvěma rekonstrukcemi, kdy první proběhla v 70. letech a druhá v roce 2013. (40) (41)

5.1.3 Chladicí systém

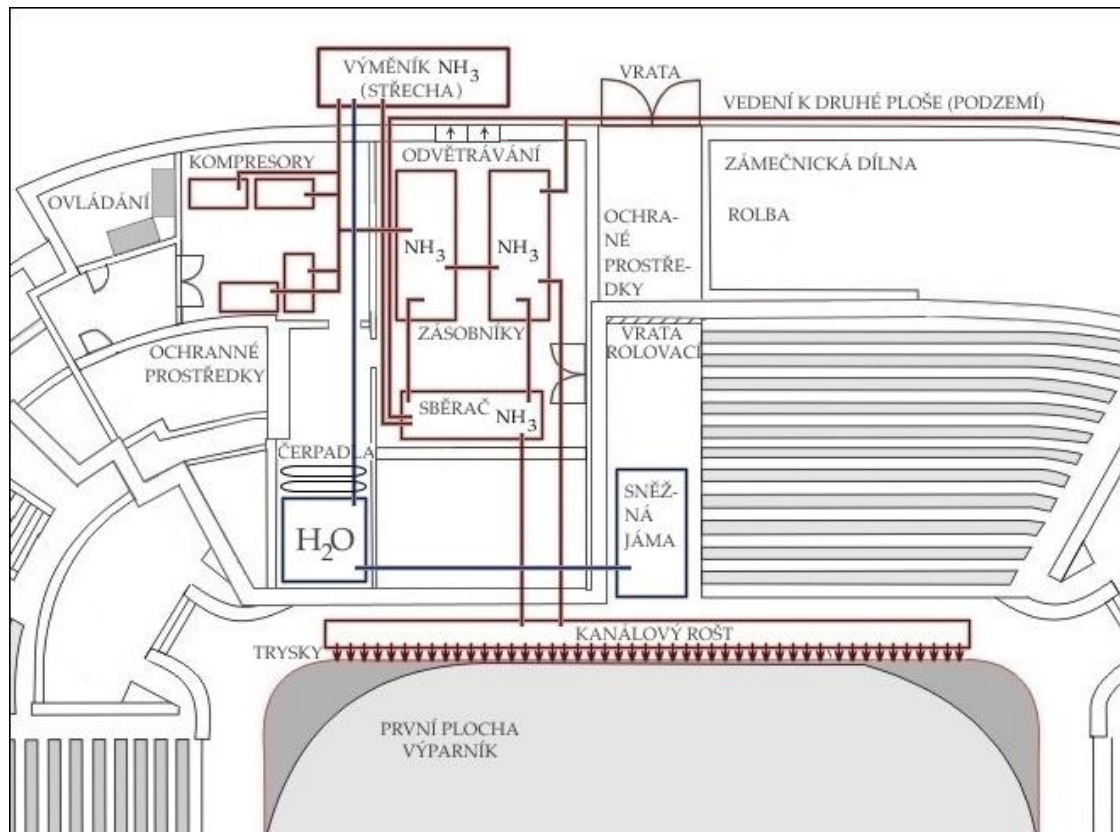
Na zimním stadionu Kladno se nachází přímé chlazení ledových ploch pomocí amoniaku. Systém využívá fyzikálního jevu, kdy při stlačení plynu vzroste jeho teplota a naopak při jeho rozpínání se ochlazuje. Systém tak využívá kompresory, kondenzátor, čerpadla a výparníky (pod ledovými plochami), aby na jedné straně okruhu vytvořil chlad a na druhé naopak teplo, přičemž na teplé straně dochází ke zkapalnění a ve studené k odpařování, čímž od svého okolí odebírá teplo a proto chladí. Díky svým vlastnostem se na kladenském stadionu jako chladicí médium využívá amoniak pod označením R717. Výhodou tohoto média je mimo jiné ekologičnost ve srovnání s jinými médii, jakými jsou například freony. Naopak značnou nevýhodou jsou jeho toxické vlastnosti. (18) (42) (43)



Obrázek 2 Zimní stadion na Kladně (autor: Bohumil Kučera)

Samotný systém se skládá ze vzájemně propojené soustavy čpavkových kompresorů (4 ks), které dále posílají amoniak výtlačným potrubím pod tlakem do deskového výměníku, kde se amoniak stlačí až na 15 bar a tím se ohřeje na 105°C. V deskovém výměníku je ochlazován vodou o teplotě 20-30°C. Posléze se voda od výměníku ohřeje a je dále využívána jako teplá voda v celém objektu stadionu. Ochlazený zkapalněný čpavek posléze putuje do sběrače, kde je skladován pod tlakem. Při výstupu ze sběrače je upravován na nízký tlak a posléze se dostává do jedné z expanzních nádob za tlaku 2 až 3 bar. Obvykle jsou tyto nádrže zaplněny na 40 % jejich kapacity. V tomto stavu je kapalný amoniak již připraven k chlazení. Z expanzních nádob putuje přes soustavu uzávěrů do manipulačního rozvodného kanálu, který je umístěn na kratší straně ledové plochy. Zde se skrz trysky vstříkují nasycené čpavkové páry do potrubního roštu ledové plochy. Na straně vstupu je mírný přetlak, který již zmiňované páry nutí k dopřednému pohybu ideální rychlostí. Z druhé strany vlivem kompresorů je vytvářen podtlak, který pomáhá s cestou zpět z roštů dle potřeby do sběrače či deskového výměníku. Zmiňovaná voda má vlastní okruh

s cirkulační nádrží umístěnou v prostorách strojovny a akumulční nádrž již mimo strojovnu k dalším potřebám jako zdroj teplé vody pro stadion. Strojovna má vlastní energetický přívod elektrické energie, a to díky náročnosti motorů kompresorů, kdy mají všechny dohromady výkon 500 kW.



Obrázek 3 Půdorys strojovny se systémem chlazení (zdroj: Autor)

Počítačové řízení chladicího systému sleduje velké množství parametrů napříč oběma chladicími okruhy, přičemž jsou tyto hodnoty zaznamenávány a jakákoliv výchylka je ihned vyhodnocována. V případě méně závažné poruchy na zařízení se vyobrazí chybový kód ve výčtu chybových kódů a to pouze za předpokladu, že zmiňovaná chyba nemá vliv na funkci či bezpečnost provozu. V případě zjištění závažnější chyby systém ohlásí přerušovaným tónem obsluze chybu, a pokud lze tak systém zajistí provoz chlazení pomocí přemostění místa poruchy. Například kdyby při běžném provozu zaznamenal systém chybu na kompresoru jedna, pak tento kompresor zastaví, uzavře okruh a bude hlásit obsluze danou chybu. Za předpokladu fatální chyby na zařízení, či při zvýšení

koncentrace čpavku v ovzduší systém na výbušnou mez systém sám odpojí veškerou elektřinu ve strojně a jejím přímém zasaženém okolí. V takovémto případě funguje pouze havarijní ventilace vyrobena a certifikována do výbušného prostředí.

Objekt sám je opatřen vlastní zásobou vody k možnosti naředění uniklého amoniaku v případě úniku a jeho splachováním do výše zmíněného zásobníku. Díky takovému řešení se čpavek nedostane do kanalizace ani do podzemních vod a tím neohrozí ekosystém kolem sebe. Naopak třeba v zimním stadionu ve Slaném tato havarijní kanalizace chybí a tudíž vše co uteče a je spláchnuto vodní clonou následně putuje rovnou do místní kanalizace. Zimní stadion Kladno má v podzemních prostorách zásobník na 240 m³ vody. Vše je umístěno v zásobníku o rozměrech 10 x 8 x 3 metry.



Obrázek 4 Dräger senzor mezi zásobníky 1 a 2 (zdroj: Autor)

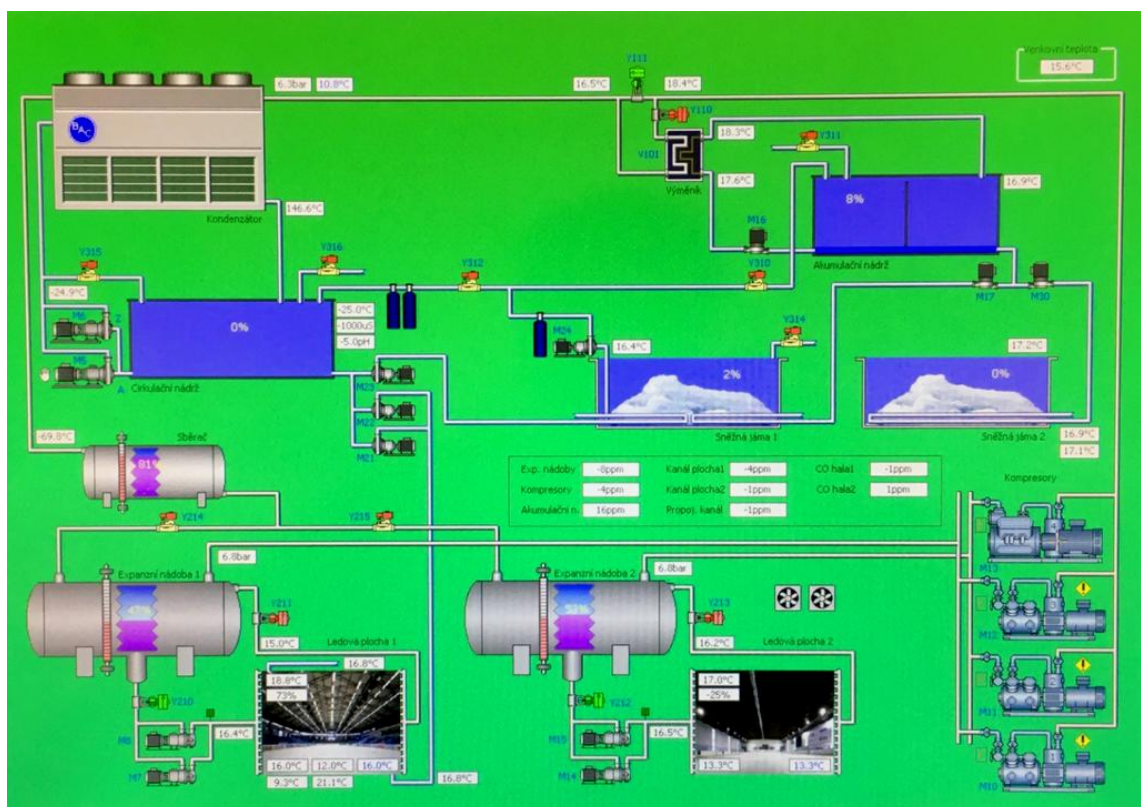
V současnosti před tímto možným únikem je chladicí zařízení opatřeno inteligentním ovládacím pultem umístěným v oddělené místnosti od provozu

strojovny (velín). Velín je oddělen od zbytku strojovny s průhledem přes okno na místnost s umístěnými kompresory. Systém vyrábí firma UNION servis s.r.o. a při výrobě spolupracovali s vedením zimního stadionu na jejich požadavcích na softwarové vybavení. V ovládacím prostředí programu lze nastavit zpoždění upozornění na kritickou změnu tlaku kvůli nabíhání chladicího zařízení, kdy se tlaky a průtoky liší od těch za běžného provozu. Toto může nastavit pouze ředitel zimního stadionu po zadání hesla. Dále je zde možnost CCTV záběrů na situaci na ledních plochách. Systém komplexně hlídá soustava čidel umístěných na potrubí. Dále systém obsahuje tzv. dräger čidla, která hlídají koncentraci čpavku v ovzduší. Čidla jsou umístěna v prostorách strojovny a to konkrétně v kompresorovně a místnosti s expanzní nádobou a zásobníky čpavku. Další čidla jsou umístěna v kanálech u každé plochy, kde potrubí ústí do roštu a také v propojovacím kanálu. Mimo jiné čidla monitorují i stav oxidu uhelnatého v obou halách. Každý kompresor má navíc vlastní obslužný systém s dotykovým monitorem. Zde lze hlídat konkrétní hodnoty za provozu. Do prostoru strojovny má vstup povolen pouze personál zimního stadionu, konkrétně se jedná o deset lidí a to: ředitel zimního stadionu, provozní mistr, čtyři strojníci, elektrikář a tři ledaři. Strojovna je opatřena koulemi na dveřích z vnější strany místo klasických klik, tudíž do prostor strojovny nevnikne nikdo bez řádných klíčů.

5.2 Bezpečnostní systém zimního stadionu

Chladicí systém je sice automatizovaný, ale je potřeba jej dozorovat vzhledem k fyzikálně chemickým vlastnostem použitého chladicího média. Pro takovéto účely jsou zakotveny povinnosti v dokumentu Plán dozoru. Dle dosavadního dokumentu lze rozdělit kontrolu nad chladicím zařízením dle stavu jeho provozu.

Při provozu zařízení je zapotřebí dle plánu provádět kontrolní činnost spojenou s obchůzkami a to nejméně 1x za hodinu. Při obchůzce má dozor provádět kontrolu v prostoru strojovny a ledových ploch. Samotná kontrola spočívá v kontrole těsností zařízení vizuálně a čichem. Dále pak zapíše provozní hodnoty zařízení do provozního deníku, v případě zjištění závady ji zapíše do denního záznamu strojovny, popřípadě zařízení vypne. Každý úkon na zařízení se zapisuje.



Obrázek 5 Ovládací systém chlazení – zařízení v klidu (zdroj: Autor)

Za provozní přestávky, kdy je nepotřebné chladit (mrazivé počasí, dostatečný chlad) se provádí obchůzka jednou za směnu (8 hodin). Kontrola probíhá ve stejném rozsahu jako u výše zmíněného dozoru nad zařízením, navíc se kontroluje tlak na nízkotlaké a vysokotlaké větvi. Oproti provozní kontrole se liší v zápisu do deníku strojovny, kdy se do něj zapisují hodnoty na elektrozařízeních (motory kompresorů a čerpadel se jménem dozorujícího strojníka, datem a stavem zařízení).

Dozor nad zařízením v klidu se provádí, když je chladicí zařízení odstaveno z důvodu periodické údržby, provádění opravných prací či při přerušení provozu. Chladivo je po tuto dobu umístěno ve sběračích a zásobnících. V takovémto případě se provádí periodická kontrola nejméně jednou za dva týdny.

V případě manuálního ovládní chladicího zařízení se kontroluje zařízení neustále. Obsluha se nesmí vzdálit z doslechu či dohledu nad tímto zařízením při nečinnosti signalizace poruch či automatického vypínání při nenormálních stavech nebo havárii.

Během pravidelných jarních odstávek probíhá údržba systému chlazení, a u vybraných částí revize, přezkušování a případně se provádí i defektoskopie za pomoci ionizačního záření.

5.3 Dokumentace zimního stadionu ohledně provozu chladicího systému a řešení potenciálního úniku

V této kapitole bude popsán obsah, struktura a účel dokumentace zimního stadionu Kladno, které lze vztáhnout k úniku média z chladicího zařízení. Tato kapitola se bude věnovat podrobněji plánu dozoru, provoznímu řádu, havarijní kartě pro výron amoniaku a havarijnímu plánu. Tyto plány řeší přímo únik i jeho předcházení (revize, údržba, dozor). V případě nedodržení dokumentace může vzniknout již zmiňovaný únik.

5.3.1 Havarijní plán zimního stadionu Kladno

Havarijní plán zimního stadionu stanovuje povinnosti a postupy pracovníků odpovědných za provoz při možném úniku čpavku ze systému chladicího zařízení. Objekt zpracoval havarijní plán, i když je dle zákona č.

224/2015 Sb. zařízení podlimitní, kdy limitní množství amoniaku je 50 tun pro skupinu A, přičemž v chladících okruzích je pouze 9 tun. (11)

Havarijný plán se dělí na tři hlavní části a to postup, plán vyrozumění a spojení, plán havarijních prací.

Část havarijní plánu s názvem postup začíná popisem zařízení jako celku zimního stadionu, přičemž je v ní popsáno umístění stadionu s popisem jeho okolí a jeho otevírací doba s uvedením doby pro veřejné bruslení na druhé ploše. Dále se věnuje problematice čpavku a seznámení se situací dle místních podmínek, které zahrnují popis stadionu včetně způsobu chlazení ledových ploch, množství čpavku v systému, kapacitě stadionu, meteorologickým podmínkám v místě a popisu systému chlazení včetně výčtu zařízení spojeného s provozem chladicího systému a jejich umístění. Dalším aspektem plánu v sekci postupu se zabývá fyzikálně chemickými vlastnostmi čpavku, jeho vlivem na lidský organizmus a možnými koncentracemi čpavku s jejich limity (zjistitelná čichem, trvale snesitelná, snesitelná po dobu 30 minut a maximálně přípustná na pracovišti). Seznamem ochranných pomůcek a prostředků k likvidaci havárie jsou ochranné masky (filtr K), dýchací přístroj SATURN, gumový oblek s tepelnou izolací, ochranné rukavice, holinky, ochranné masky a jiné. Samozřejmostí je popis jejich umístění. Dále se plán v dané kapitole zabývá rozdělením poplachů do třech kategorií dle uniklého množství a schopnosti řešit nastalou situaci. Stupeň ohrožení určuje službu konající strojník dle odhadu uniklého množství. Následně plán stanovuje požadavky ohledně požární ochrany, první pomoci při úrazu čpavkem (omrzliny, kontaminace kůže a očí) a požadavky na zdravotní stav zaměstnance (tuberkulóza, bronchitida, a jiné podmínky). Možností vzniku havárie spojené s únikem se plán také zabývá, přičemž vytipovává možné zdroje úniku. Poslední část se věnuje únikovým cestám v prostorách budovy a varováním obyvatelstva.

Plán vyrozumění a spojení obsahuje seznam stupňů ohrožení a bližší specifikaci kontaktů na okolní subjekty v případě jejich možného ohrožení druhým či třetím stupněm ohrožení. Při druhém a třetím stupni havarijní komise (popř. ředitel stadionu) vyrozumí HZS o úniku kvůli likvidaci uniklého média. Dále pak Policii ČR, jenž má za úkol uzavření perimetru ohrožení. ZZS provádí na místě první pomoc a odsun zraněných do lékařského zařízení. Magistrát města Kladna se taktéž vyrozumí o dané skutečnosti. Dalším subjektem, jenž je potřeba kontaktovat je Česká inspekce životního prostředí Praha z důvodů možnosti zasáhnutí okolního ekosystému. Mezi poslední vyrozumívané subjekty patří vodohospodářská společnost a správa kanalizace v případě úniku do kanalizačního systému města. Při zásahu určuje havarijní komise v čele s vedoucím zimního stadionu rozsah vyrozumívaných subjektů.

Plán havarijních prací je poslední část havarijního plánu zimního stadionu. V této části je vyjmenováno složení havarijní komise včetně jednotlivých funkcí. V navazující části jsou zmíněné postupy při likvidacích všech třech stupňů havárie včetně postupů jednotlivých složek a následných opatření po skončení havárie. Posledním bod v kapitole se zabývá kontrolou a aktualizací havarijního plánu společně se záznamy o postupu a výčtem osob disponujících tímto dokumentem.

5.3.2 Havarijní karta pro výron amoniaku

Tento dokument se věnuje amoniaku a jeho vlastnostem, jako je popis zápachu, fyzikální vlastnosti při úniku, výbušnosti směsi se vzduchem a jeho rozpustnosti ve vodě. Dále je zde tabulka s předpokládaným množstvím úniku a jeho zónami (smrtebná a zraňující). Současně jsou v tabulce zmíněny i stupně poplachu v závislosti na množství uniklého čpavku.

Na poslední stránce tohoto dokumentu jsou umístěny toxikologické informace o čpavku, obecně ochrana a první pomoc. Následující informace jsou o provozu, technologickém zařízení, činnosti obsluhy při zjištění úniku a okamžitá opatření ve smyslu vyrozumění havarijní komise a integrovaný záchranný systém. Poslední body v tomto plánu se zmiňují o způsobu likvidace havárie a činnosti jednotlivých složek.

5.4 Možné průběhy havárií

V rámci této kapitoly budou nastíněny nejpravděpodobnější situace a okolnosti, které by mohly vést k havárii spojenou s únikem čpavku z chladicího systému.

5.4.1 Poškození odpařovacího kondenzátoru

Klíčovou součástí chladicího systému zimního stadionu je tepelný výměník na střeše strojovny. Jeho úlohou je ochlazovat stlačený amoniak, aby se s ním následně dala chladit ledová plocha. Přívod a odvod amoniaku je zajištěn 150 mm potrubím vedoucí z níže umístěné kompresorové místnosti, přičemž je v této části systému je tlak do 15 barů při náběhu systému, avšak při běžném provozu chladicího systému je tlak do 12 bar. Svým umístěním je nejvíce zranitelný, protože není chráněn budovou a je vystaven vnějším vlivům.

Při poškození hrozí únik chladicího média, kdy v závislosti na způsobu poškození výměníku se může jednat o desítky kilogramů až tuny. Mezi důležité faktory, které je nezbytné zohlednit patří, že v případě havárie této části chladicího okruhu dochází k přímému úniku amoniaku do prostředí, navíc z vyvýšené pozice, kde lze předpokládat silnější proudění vzduchu, které mrak uniklé látky roznese mnohem dál. Vzhledem k fyzikálním vlastnostem amoniaku, kdy vyjma podchlazeného stavu je lehčí než vzduch, a provozní

teplotě v této části okruhu chladicího systému (přibližně 150°C) by byl dosah úniku mnohem menší, protože uniklý plyn by ihned začal stoupat. Konkrétní průběh úniku by silně závisel na mnoha faktorech způsobů poškození (teplejší přívod/studený odvod, meteorologické podmínky, zatížení systému).

Jako možné příčiny lze předpokládat poškození vlivem přírodní katastrofy, narušení statiky budovy, pád letadla, úmyslný čin (např. prostřelením za pomoci střelné zbraně) nebo jiné nepříznivé události.



Obrázek 6 Deskový výparník (zdroj: Autor)

5.4.2 Poškození potrubí pod ledem

Možnost poškození potrubí výparníku umístěné pod ledem je dána především vlivem ukotvení branek pro lední hokej. Z důvodu bezpečnosti hráčů jsou branky nasazené na speciální kolíky upevněných do ledu, aby v případě, že hráči na sebe spadnou a jsou ve skluzu, došlo k uvolnění branky místo toho, aby se o ní zastavili a způsobila jim zranění. V některých případech

může být razance těchto střetů taková, že dojde k poškození kotvícího kolíku a je nutné jej znovu navrtat. Tím vzniká prostor pro lidskou chybu, kdy obsluha vrtacího zřízení by vrtala příliš hluboko a poškodila by vrtákem potrubí pod ledem, čímž by způsobila únik.

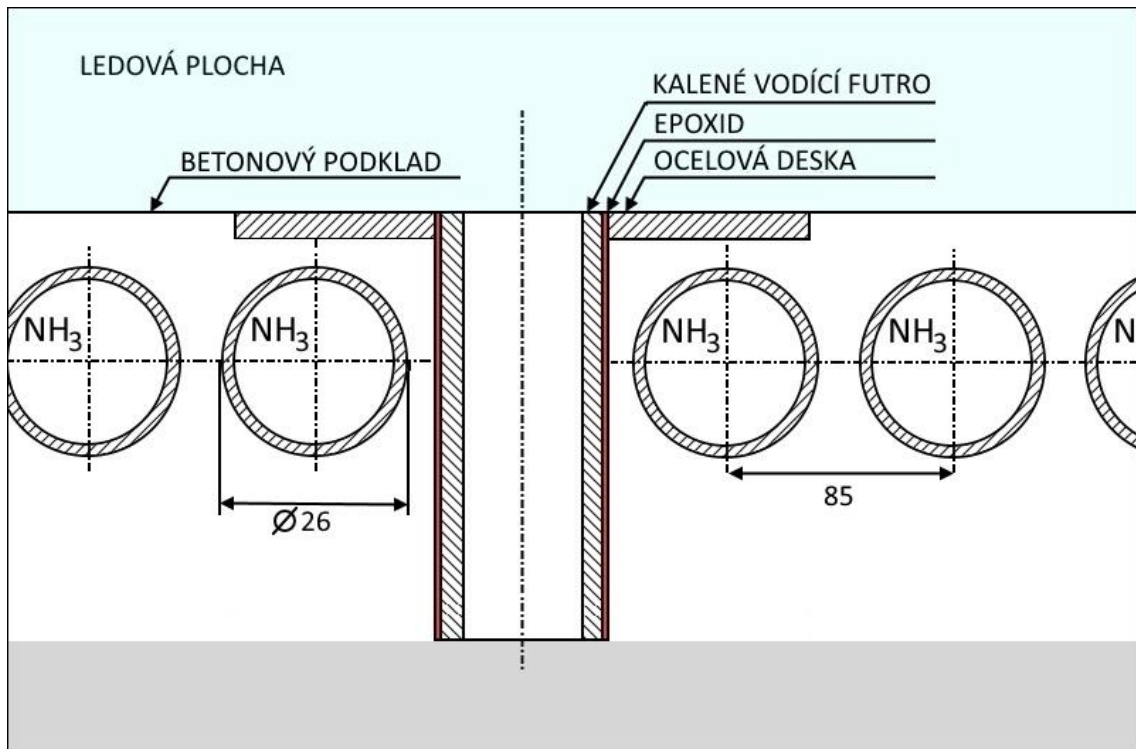


Obrázek 7 Futro pro vrtání branky shora (zdroj: Autor)

Tato varianta úniku je nebezpečná z několika důvodů. Tím prvním a nejzávažnějším je fakt, že je pravděpodobné, že tato událost se může stát během zápasu, kdy jsou na stadionu tisíce lidí a v úrovni kluziště řádově desítky až stovky osob. Dalším důvodem je pak to, že v této části chlazení je amoniak v plynném skupenství a teplotu přibližně $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proto je pravděpodobné, že uniklé médium zformuje těžký podchlazený mrak, který se bude držet při zemi. Díky tomu by došlo k významnému ohrožení zdraví a života diváků a dalších osob na stadionu a i při malém úniku by byla nezbytná evakuace objektu.

Ačkoliv je tato varianta teoreticky dobře možná, její pravděpodobnost je relativně malá, protože nutná míra pochybení je značná. Při vrtání by obsluha musela vrat výrazně hlouběji než by měla a zároveň vrták bude poskytovat jinou odezvu, jakmile narazí na podklad pod ledovou plochou. Na druhou

stranu hustota chladicího potrubí je poměrně velká (průměr činí 26 mm s roztečí 85 mm) a při opakovaném nárazu vrtáku na podklad může docházet k pomalému poškozování a opotřebení podkladové vrstvy s potrubím, což může zapříčinit nenadálé selhání integrity systému chlazení.



Obrázek 8 Bokorys chladicího roštu s futrem pro branku (zdroj: Autor)

Další možnou událostí, která by mohla vést k poškození chladicího roštu pod ledem, je pád střechy stadionu. To hrozí díky jejímu havarijnímu stavu a situaci nezlepšuje opakované odkládání její výměny za novou.

Vzhledem k tomu, že i v uzavřených prostorách stadionu představuje nebezpečí i jen relativně malé množství čpavku a zároveň se podobný incident v ČR již stal (viz zimní stadion Hvězda).

5.4.3 Porucha chladicího systému ve strojovně

Vzhledem k tomu, že chladicí systém je poměrně dosti složité zařízení skládající se z mnoha pohyblivých částí, není neobvyklé, že by mohlo dojít

k selhání některého komponentu. V extrémním případě toto selhání může vést nejen k přerušení provozu, ale i k úniku chladícího média. Vzhledem k tomu, významná část těchto zařízení se nachází ve strojovně chlazení, lze očekávat, že k potenciálnímu úniku či poruše dojde právě tam. Tento prostor je vybaven systémem čidel, která případný únik odhalí na základě přítomnosti amoniaku ve vzduchu. Další možností, jak by mohl být únik odhalen je za pomoci sledování parametrů systému, kdy prudký pokles tlaku přímo indikuje únik chladiva. Strojovna je rovněž vybavena systémem havarijního odvětrávání, kdy v případě úniku ve strojovně je zamořený vzduch odvětráván ven, čímž se uvnitř sníží koncentrace. To je důležité jednak z důvodu možnosti řešení úniku zaměstnanci a dále pak pro zabránění výbuchu vlivem vytvoření výbušné směsi čpavku se vzduchem.

K nejvíce pravděpodobným zdrojům úniku patří těsnění na hřídelích kompresorů a čerpadel, příruby, těsnění, ruptura na potrubí a ventily. Do jisté míry lze toto selhání omezit pravidelnou údržbou, kontrolami a preventivními obměnami. Nicméně i přes tyto kroky nejde eliminovat riziko úniku vlivem technického selhání. Katastrofické selhání řídicího systému vedoucí k úniku veškeré náplně jednoho chladícího okruhu je vysoce nepravděpodobné.

5.4.4 Netěsnost v okruhu

Riziko úniku se kromě strojovny týká ve své podstatě jakýchkoliv prostor, skrz které vede potrubí s amoniakem, nebo jsou v jeho blízkosti. Kromě technického selhání je potenciální příčinou i nedbalost obsluhy zařízení. Obsluha dle výše zmiňovaného plánu dozoru (kapitola 12.2.2) je povinna při provozu zařízení provádět kontrolní činnost spojenou s občůzkou obvykle jednou za hodinu. Personál při občůzce zařízení kontroluje těsnost systému vizuálně a za pomoci čichu. Následně provede zápis do provozního deníku

strojovny a zapíše zjištěné závady. V případě zastavení chladicího zařízení z důvodu poruchy to také zapíše do deníku.

Vzhledem k množství a délce potrubí nacházejících se v prostorách strojovny a ledové plochy je v případě úniku možné, že i při včasné reakci automatického systému, který uzavře poškozenou sekci, zůstane v potrubí zbytkové množství neurčitého objemu. Tento objem se může lišit v závislosti na aktuálních podmínkách, které panují v daném úseku (tlak, teplota) a na konkrétním místě úniku, protože jednotlivé části systému mají různé objemy a vyskytuje se v nich místy různé množství. Dále závisí na délce dané sekce mezi bezpečnostními ventily, která se v mnoha případech liší.

5.4.5 Požár

Vzhledem k účelu stavby lze předpokládat uvnitř i v jeho okolí v době konání zápasů ledního hokeje velké množství lidí (diváků), což představuje jisté nebezpečí z hlediska možnosti ohrožení života a zdraví požárem. Někteří diváci z tohoto pohledu představují rizikový faktor z důvodu svého chování, zejména se jedná o fanoušky vnášející do prostor stadionu pyrotechniku či jiné nebezpečné předměty představující vzhledem k jejich vlastnostem představují hrozbu z požárního hlediska. Mezi nejčastější předměty patří dýmovnice a světlice, které jsou nebezpečné tím, že při svém provozu dosahují enormních teplot. Díky své vysoké teplotě lze předpokládat, že při pádu do různých prostor stadionu může vyvolat požár. Při možném vypuknutí požáru v místech hlediště lze předpokládat paniku ze stran diváků, která spolu s dýmem způsobují nejvíc obětí. Proto je klíčové dodržování bezpečnostních pravidel (zejména diváky) a plnění technických a požárních norem.

Jako příklad by se mohl uvést incident z anglického fotbalového stadionu Bradfordu z roku 1985, kde nejspíše vlivem odhozeného cigaretového

nedopalku vznikl požár v prostorách tribuny a silného větru došlo ke vzniku masivního požáru. Požár zachvátil celou jednu tribunu podél hrací plochy během prvních třech minut. Diváci při útěku před masivním ohněm byli nuceni utéct na hrací plochu. Událost si vyžádala 56 mrtvých a 265 zraněných. Klíčovým faktorem pro vznik a rychlost šíření požáru byla skutečnost, že tribuna byla vyrobena ze dřeva a díky nedostupnosti hasicích přístrojů nebylo možné včasného uhašení požáru při jeho vzniku. (44)

Požár na zimním stadionu by měl mnohem fatálnější následky, protože se jedná o uzavřený prostor, při požáru by tedy dým neměl kam unikat. Vlivem dýmu by došlo pravděpodobně k velkým ztrátám na životech vzhledem ke kapacitě stadionu (8 500 diváků), dále by ve vnitřním prostoru nastala panika a ta by měla zásadní vliv na evakuaci objektu a další průběh záchranných a likvidačních prací a sama by nejspíše zapříčinila mnoho zraněných a možná i oběti na životech. Na stadionu je dále instalována EPS (elektronická požární signalizace), která by měla včas upozornit požární dozor na skutečnost vypuknutí požáru či zadýmení prostor v konkrétním místě díky aktivaci konkrétních čidel. V objektu jsou nainstalovány přenosné hasicí přístroje a sítě hydrantů včetně hadic.

Z pohledu rizika úniku představuje požár na zimním stadionu významné ohrožení. V případě zahoření strojovny nebo působení požáru na ostatní části chladičového systému, lze předpokládat narušení jeho integrity a způsobit následný únik. Únik v takovémto případě by mohl mít katastrofální následky, vzhledem k možnosti výbuchu čpavku.

Za další možný zdroj požáru lze označit dvě rolby pro úpravu ledu nacházející se v areálu zimního stadionu. Na hlavní ploše obstarává provoz rolba na plynový pohon, která představuje jistá rizika. Další riziko je i její

umístění vedle strojovny. Druhá rolba je na elektrický pohon. Zde nehrozí nebezpečí při jejím provozu, ale naopak při dobíjení, kdy dochází k uvolňování vodíku z prostor akumulátorových článků. Nedbalost obsluhy by tedy mohla zapříčinit i vznik požáru v těchto místech a dále se šířit prostorami stadionu.

Strojovna je ohrožena vznikem požáru zejména kvůli přítomnosti maziv v zařízeních systému chlazení a díky přítomnosti elektronických spotřebičů (motory čerpadel a kompresorů), rozvodů a ovládacích prvků. Požár těchto zařízení tak mohl vést k následnému úniku.

Dalším zdrojem požáru mohou být provozovny stravovacích zařízení v budově, zejména jejich kuchyně. Potenciální riziko požáru rovněž představuje les obklopující stadion, kdy za určitých podmínek by se mohl lesní požár přenést i na tuto budovu.

5.4.6 Výbuch

Zdrojem potenciálního výbuchu může být v rámci zimního stadionu jednak zemní plyn, sloužící v objektu pro vytápění a pro spotřebiče v kuchyni restaurace Mezi puky, a dále pak amoniak v případě jeho úniku ze systému chlazení. Významnější riziko z těchto dvou variant představuje amoniak kvůli dostupnému množství a především kvůli možnosti vyvolat domino-efekt.

Zemní plyn

Únik a výbuch zemního plynu lze předpokládat především v prostorách a nejbližším okolí výše zmíněné restaurace, kdy příčinou by pravděpodobně byla netěsnost na přívodu plynu. Nebezpečí výbuchu směsi zemního plynu a vzduchu je v koncentraci od 4 % do 15 % zemního plynu, tedy mezi takzvanými mezemi výbušnosti. V případě, že koncentrace je nižší nebo vyšší, tak k výbuchu nedojde, s vysokou pravděpodobností jen k požáru. Díky tomu je

možné případný únik včas odhalit a zamezit tak jakékoliv havárii. Co se týče účinků na lidské zdraví je zemní plyn nebezpečný při vysokých koncentracích z důvodu snížení koncentrace kyslíku, což by vedlo u osob v dané lokalitě ke ztrátě vědomí a za nedlouho i ke smrti. Potenciální nebezpečí představuje drobný dlouhodobý únik, kdy vlivem malého unikajícího množství (vytvářející koncentraci pod 1 %) může zůstat neodhalený a postupně se hromadit u stropu, protože zemním plyn je lehčí než vzduch. V případě, že se v dané místnosti nebude dostatečně větrat a únik zůstane neodhalený, hrozí iniciace tohoto oblaku. Vzhledem k tomu, že čistý zemní plyn je bez zápachu, je před distribucí odorizován a je tedy zjistitelný čichem již od 1 % koncentrace. (45)

V případě výbuchu zemního plynu v kuchyni lze předpokládat vznik značných škod v zasažených prostorech a nelze vyloučit výskyt zraněných, potažmo i přímo oběti na životě. S vysokou pravděpodobností by tento incident neměl dopad na systém chlazení a nehrozil by tedy únik. Na základě výše uvedených informací lze předpokládat, že únik plynu s takto katastrofickými následky je nepravděpodobný.

Amoniak

Kromě toxických účinků čpavku na lidské zdraví a ekosystém představuje značné riziko i z důvodu možného výbuchu. Vůči zemnímu plynu potřebuje amoniak výrazně vyšší koncentraci, aby dosáhl spodní meze výbušnosti, která činí 15 % a horní mez výbušnosti je 26 %. Zároveň zápach amoniaku je rozpoznatelný od výrazně nižších koncentrací, přičemž při dosažení výbušné koncentrace je daná koncentrace nebezpečná do té míry, že lze předpokládat, že pro usmrcení bude stačit expozice v řádu minut až desítek vteřin.

Vzhledem k monitorování koncentrace amoniaku v ovzduší strojovny a dalších prostor zimního stadionu, měření parametrů chladicího systému

pomocí počítače řídicího systému a samotnému zápachu čpavku lze prakticky vyloučit nezpozorovaný únik, kdy by hrozilo hromadění u stropu. Hlavní nebezpečí výbuchu spočívá jakožto následek relativně většího úniku (řádově uniklé kilogramy chladiva) s následnou iniciací. Největší riziko, které vyplývá z potenciální exploze je rozrušení stavby a případně i strojovny, které by mohlo vést k nekontrolovatelné havarijní situaci, kdy by unikla většina chladicího média. Nelze vyloučit ani vznik následných výbuchů vlivem nově uniklého amoniaku. Z tohoto důvodu je většina elektrických zařízení ve strojovně v případě úniku automaticky vypnuta a dále fungují zařízení certifikována pro funkci ve výbušném prostředí. Zároveň s tím se aktivuje havarijní ventilace (certifikována do výbušného prostředí), která odsává kontaminovaný vzduch ze strojovny, což současně funguje jako preventivní opatření proti výbuchu, kdy se postupně snižuje koncentrace pod mez výbušnosti.

Mezi nejpravděpodobnější příčiny potenciální exploze patří dopad jiné události (například požár) a činností člověka, tedy sabotáž nebo zejména pochybení zaměstnanců, případně zasahujících složek integrovaného záchranného systému při řešení úniku.

5.4.7 Lidský faktor

Jedním z nevýznamnějších zdrojů rizik je lidský faktor. V podmínkách stadionu se zejména jedná o zaměstnance zimního stadionu, externích firem a především strojníků chladicího systému. Ignorování nebo porušení pravidel či jiné pochybení vůči pravidlům stanovených výše uvedenou dokumentací může vést k selhání bezpečnostních mechanismů ohledně systému chlazení. Toto selhání může vést k zapříčinění úniku, nezjištění úniku včas, neschopnosti omezit rozsah úniku anebo dokonce k jeho zhoršení.

Teoreticky možnou situací, kdy by mohlo dojít k úniku, je sabotáž zaměstnance nebo msta bývalého zaměstnance. Jejich značnou výhodou pro spáchání svého plánu je detailní znalost objektu a zařízení, díky čemuž vědí, která místa jsou zranitelnější než jiná, a v případě současných zaměstnanců také bezproblémový přístup. Možnosti ochrany před tímto rizikem jsou omezené, jedna z mála věcí, kterou lze učinit je obezřetnost ohledně vlastních zaměstnanců (šance zastavit útočníka včas) a snaha o přívětivou pracovní atmosféru s ohledem na minimalizaci vzniku sporů a mezilidských problémů. Jinými slovy jde o to, nevyvářet v první řadě v lidech frustrace, aby pak neměli důvod se jakkoliv mstít.

Další oblastí, kde má značný dopad lidský faktor je úmyslná násilná činnost mající za cíl poškodit vybavení a prostory zimního stadionu. Ve své podstatě se může jednat o činy, které se mohou pohybovat od jednoduchého vandalství neukázněných fanoušků až po cílený útok na objekt s úmyslem ho poškodit konkrétním způsobem. Do jisté míry jsou nebezpečné obě varianty, protože i relativně malé vandalství může mít dalekosáhlé následky v podobě zapříčinění požáru nebo jiných závažných událostí. Potenciální přímý útok by byl pravděpodobně formou teroristického činu, kdy může být velkou motivací přítomnost čpavku využitelným jako chemické zbraně vůči návštěvníkům stadionu a nejbližšího okolí stadionu včetně nemocnice, dalších sportovních areálů a obytných oblastí. Jednou z možných variant konkrétní formy útoku může být použití nástražného výbušného zařízení na tribuně s následkem poškození strojovny nebo umístění trhaviny přímo ve strojovně.

Nicméně jedná se o scénář velmi hypotetický, protože na rozdíl od jiných zemí (například v zemích Blízkého východu, případně Spojené státy americké) nepanuje v České republice takové ohrožení terorismem a není proto důvod se

domnívat, že stadion by byl vybrán jako vhodný měkký cíl pro potenciální útok v konkurenci daleko vhodnějších cílů.

5.5 Současná opatření, postupy a procedury pro řešení úniku

Mezi prvotní reakce podle provozního řádu patří v ochranných prostředcích ovládat systém chlazení (uzavřít příslušné ventily, izolovat místo úniku, případně začít z poškozeného úseku odčerpávat médium), vyrozumění složek IZS v případě druhé či třetího stupně ohrožení (dle havarijního plánu).

Stupeň ohrožení určuje při vzniku havárie službu konající strojník podle množství uniklé nebezpečné látky. Pro běžné pracovní činnosti jsou nastaveny procedury tak, aby nemohlo dojít k úniku nebezpečného amoniaku, například při vrtání kotvících děr pro branky jsou určena přesně místa k vrtání navíc osazena ocelovým futrem pro vedení vrtáku. Jinak by totiž při nedodržení tohoto postupu mohlo dojít k navrtání roštu s proudícím čpavkem v betonovém podkladu.

Pro účely údržby a řešení případného úniku čpavku mají strojníci k dispozici ochranné prostředky. Konkrétně se jedná o ochranné masky s filtry typu „K“ (proti NH_3 po dobu 50 minut při koncentraci 0,5 %). Dýchací přístroj SATURN S7, který je vybaven 7 litrovou lahví na stlačený vzduch při tlaku 200 bar. Kapacita tedy stačí na přibližně 40 minut střední zátěži (spotřeba vzduchu 30 l/min). V tomto času je zahrnuto oblékání, cesta na místo zásahu, práce, návrat, dekontaminace a bezpečnostní rezervu. Na samotnou práci tedy strojníkovi zbude přibližně 10-15 minut. Na ochranu celého těla před účinky amoniaku slouží ochranný tepelný oděv s tepelnou izolací. Mezi poslední ochranné pomůcky patří gumové rukavice a holínky pro každého pracovníka.

Mezi jednu z nejzranitelnějších částí chladicího systému patří odpařovací kondenzátor umístěný na střeše, v zákrytu stadionu na západní návětrné straně. Jeho opláštění je poměrně masivní a tak sám o sobě má poměrně zvýšenou odolnost vůči vnějším vlivům. Přívodní potrubí k němu má červenou barvu a tak je jasně rozeznatelné od ostatních. V případě poškození by díky reakci systému řízení chlazení došlo k odsátí chladiva, čímž by se minimalizovalo množství, které může uniknout.

5.6 Návrh dodatečných opatření

Vzhledem k pokročilému zajištění chladicího systému zimního stadionu nebyly zjištěny závažné nedostatky, které by vyžadovaly nezbytná opatření velkého rozsahu, zejména spjaté se stavebními pracemi. Níže navržená opatření slouží proto ke zvýšení úrovně bezpečnosti nad rámec požadavků stanovených legislativou a závaznými technickými normami. Jako oblast vyžadující největší pozornost na základě rozebírání možných průběhů havárií byla zjištěna oblast požární ochrany.

5.6.1 Vodní clony

V souvislosti s únikem amoniaku lze doporučit instalaci systému vodních clon, které by jednak pro podchlazený mrak vytvořily bariéru omezující jeho pohyb, vodní proud by částečně na sebe vázal část čpavku a zároveň by došlo ke zrychlení ohřevu podchlazené masy, čímž by se výrazně urychlilo relativně bezpečného rozptýlení do vyšších vrstev atmosféry.

Vodní proud vodních clon by měl mít podobu vodní tříště s malými kapičkami, které budou mít dostatečný povrch proto, aby s nimi mohl reagovat amoniak a rozpustit se do vody. Ve své podstatě by šlo o stejný typ vodního proudu, které se používá při požárech na ochranu lidí a techniky před sálavým

teplem.



Obrázek 9 Vodní stěna při cvičení HZS na Kladně 2018 (zdroj: J. Poláček)

Instalace vodních clon připadá v úvahu na tři místa: k výdechu havarijní ventilace, okolí odpařovacího kondenzátoru a případně v rámci vymezeného perimetru. U výdechu ventilace by sloužil ke snížení koncentrace amoniaku ve vypouštěném vzduchu v případě její aktivace při úniku ve strojovně. Pro případ poškození odpařovacího kondenzátoru nebo jeho přírodního potrubí lze instalovat vodní clony na střechu, umístěné okolo zařízení tvořící malý ochranný perimetr. Poslední lokace, kde lze efektivně aplikovat systém vodních clon je v rámci stanoveného perimetru s cílem udržet podchlazený mrak amoniaku na vymezeném prostoru. Stanovení tohoto prostoru musí být důkladně zváženo s ohledem na účel zařízení, aby nepřinášelo větší ohrožení, než to, kterému má zabránit. Jinými slovy by se v daném prostoru neměli vyskytovat žádné osoby, protože tam při správné funkci systému dojde k rychlému nárůstu koncentrace. V souvislosti s tím je nezbytné určit okolnosti aktivace tohoto systému, aby nevytvářel riziko pro návštěvníky stadionu.

Výhodou tohoto systému jsou relativně nízké předpokládané náklady, protože celý systém se skládá z výkonných čerpadel, potrubí a proudnic. Další výhodou je škálovatelnost systému, kdy ho lze uplatnit jak v minimalistické podobě na vybraných místech, tak v rámci celého areálu v podobě několika perimetrů, a přizpůsobit to tak dostupným prostředkům. Teoreticky by bylo možné použít pro tento systém komponenty běžně používané jednotkami požární ochrany, čímž by se dále snížila finanční náročnost a zjednodušila údržba a servis. Mezi problematické okolnosti tohoto systému je zajištění zásobování vodou a zachytávání vody s rozpuštěným čpavkem.

5.6.2 Požární ochrana

V případě požáru strojovny je pravděpodobné, že by byla narušena celistvost a uzavřenost chladicího systému a došlo by tak k následnému úniku chladiva. Na snížení tohoto rizika proto lze doporučit instalaci stabilního hasicího zařízení. Mezi nejvhodnější typy systému patří systém sprinklerů a plynové hasicí zařízení.

Systém sprinklerů je ve své podstatě síť potrubí vybavená speciálními ventily, které obsahují skleněnou kapsli citlivou na teplo. V závislosti na druhu použité kapsle dojde při dosažení konkrétní teploty k jejímu prasknutí, čímž se ventil otevře a začne z něj tryskat voda nebo jiné kompatibilní hasivo. Pro kontinuální chod hasicího systému je potrubí tohoto systému připojeno na vlastní strojovnu, která zajišťuje dostatečný průtok a tlak hasiva. Pro instalaci tohoto systému by bylo nezbytné koordinovat aktivaci tohoto systému s elektroinstalací, aby nedošlo ke spuštění systému v momentě, kdy zařízení budou pod proudem. Naopak výhodou tohoto systému je potenciální schopnost při požáru omezovat únik amoniaku za pomoci kroupení uniklé látky. Dále je tento systém vhodný pro instalaci i do dalších prostor na stadionu než jen do strojovny chlazení. (46)

Druhý typ stabilního hasicího zařízení, které by mohlo mírnit riziko požáru je plynové hasicí zařízení. Hlavním principem tohoto zařízení je snížení koncentrace kyslíku v ovzduší chráněného prostoru za pomoci vpuštění speciálního plynu. Konkrétně systém sníží obsah kyslíku z 21 % pod 15 %, čímž dojde k udušení požáru řádově během několika vteřin. Jako vhodné médium pro tento úkol se ukazuje INERGEN, což je plyn skládající se z plynů běžně se vyskytujících v atmosféře, díky čemuž je ekologicky nezávadný. Jeho největší výhodou je pak jeho bezpečnost vůči lidem, kdy díky obsahu oxidu uhličitého ve směsi dochází ke zvýšení frekvence dýchání, čímž se částečně kompenzuje nižší obsah kyslíku. To poskytuje zaměstnancům v případě aktivace systému čas opustit místnost. Samotný systém se skládá z několika částí, přičemž mezi nejdůležitější patří láhve se stlačeným plynem, sensorová síť v chráněném prostoru a řídicího počítače ovládající systém. Vůči systému sprinklerů se tento systém hodí pouze na zajištění strojovny chlazení, nicméně jeho instalace je jednodušší. (47)

Další možné opatření spočívá ve vytvoření záložních příjezdových cest k objektu pro složky IZS. V případě havárie na chladícím zařízení s únikem čpavku při hokejovém utkání, lze předpokládat velice problematický a náročný problematický příjezd s ohledem na množství evakuovaných lidí z prostor stadionu do jeho blízkého okolí. Vzhledem k jediné přístupové a příjezdové komunikaci, po které přichází fanoušci a zároveň je podél této cesty zaparkováno značné množství osobních automobilů, předpokládáme zpoždění příjezdu jednotek HZS v řádu minut až desítek minut. Tato situace by mohly mít velice neblahý vliv na šíření čpavku do okolí stadionu. Proto je nezbytné vytvořit záložní cestu pro případný zásah IZS na stadionu. Teoreticky tato cesta mohla vést podél fotbalového stadionu F. Klozeho, přičemž její výhoda by spočívala v tom, že by vedla přímo k technickému zázemí stadionu a zasahující jednotky by se nemusely dělat cestu napříč davy diváků.

5.6.3 Pult centrální ochrany

Jedná se o zařízení napojené v chráněném objektu na EPS (elektronická požární signalizace), které za pomoci ZDP (zařízení dálkového přenosu) přenese signál přímo do systému HZS "Výjezd" kdy se v nejbližší stanici HZS rozezní upozornění pro výjezd jednotky koordinované operačním střediskem požár či jiné riziko dle umístěných snímačů v objektu s PCO. V případě zimního stadionu by se jednalo primárně o čidla na koncentraci amoniaku v prostorách strojovny a hal. Dále by se jednalo o napojení EPS na PCO z důvodů ochrany návštěvníků stadionu před nebezpečím případného požáru.

Zmiňovaný systém přináší mnoho výhod vyplývajících z automatizace a včasného upozornění HZS na možný vznik rizika v daném objektu. Jednou z nejdůležitějších je zrychlení příjezdu jednotek složek IZS, které se o incidentu dozví prakticky ve stejnou dobu v jakou se incident stane.

Na základě informací poskytnutých HZS STČ je ve Středočeském kraji je na tento systém napojeno velké množství subjektů v čele s nadnárodními obchodními řetězci, jako jsou například LIDL, Kaufland, Penny, Tesco, Billa a mnoho jiných, kde jsou tyto systémy brány jako základy kultury bezpečnosti. Dalšími hojně zapojenými subjekty jsou DEPA České Pošty, skladovací haly, městské úřady a pečovatelské ústavy. V rámci problematiky této práce jsou dle HZS na PCO napojeny zimní stadiony v Čáslavi, Poděbradech a Vlašimi.

5.7 SWOT analýza

V rámci této SWOT analýzy je hodnoceno zabezpečení stadionu vzhledem k možnosti úniku amoniaku ze systému chlazení. V níže uvedené tabulce jsou uvedeny faktory, které přímo ovlivňují zabezpečení stadionu před únikem a dělí je podle toho, jestli jsou příznivé nebo nepříznivé a zdali mají vnitřní nebo

vnější původ. Konkrétně se jedná o silné a slabé stránky a příležitosti a ohrožení. Na základě této analýzy je pak možné připravit strategie na zlepšení bezpečnosti stadionu, kdy jsou možné celkem čtyři varianty zaměření (SW, SO, OT, WT). (48)

Tabulka 1 SWOT tabulka (zdroj: Autor)

	Příznivé	Nepříznivé
Vnitřní původ	Silné stránky (S-Strengths)	Slabé stránky (W-Weaknesses)
	<ul style="list-style-type: none"> • Ovládací systém chlazení • Bezpečnostní procedury • Havarijní ventilace • Pravidelné revize a údržba • Havarijní plán • Čidla na unik NH₃ v objektu • Ostraha a strojník 24/7 	<ul style="list-style-type: none"> • Absence automatického hasicího zařízení • Nenapojení na PCO • Jedna příjezdová komunikace • Zastaralé ochranné prostředky • Špatný stav střechy stadionu
Vnější původ	Příležitosti (O-Opportunities)	Hrozby (T-Threats)
	<ul style="list-style-type: none"> • Zkušenosti obsluhy • Dlouholetá praxe vedení • Spolupráce s IZS, současná i budoucí 	<ul style="list-style-type: none"> • Sabotáž • Terorismus • Umístění v obydlené oblasti • Nevhodné umístění ochranných prostředků pro zaměstnance

5.7.1 Strategie WT

Jako nejvhodnější strategie na základě SWOT analýzy se jeví strategie WT, tedy se zaměřením na slabé stránky a hrozby, protože je zde největší prostor pro zlepšení a alokované finanční prostředky investované do těchto faktorů přinesou největší efekt na zlepšení bezpečnosti a připravenosti vůči úniku.

Mezi největší nedostatky ohledně bezpečnosti a připravenosti stadionu na únik patří absence stabilního hasicího zařízení ve strojovně, kdy případný požár by se mohl rychle rozhořet, poškodit systém chlazení a způsobit únik. Toto riziko lze minimalizovat instalací autonomního hasicího systému, který případný požár uhasí nebo alespoň výrazně utlumí a omezí případné škody do příjezdu HZS. (28) Další problematický bod z pohledu požární ochrany je příjezdová cesta k zimnímu stadionu, která nemá svoji zálohu.

Prostor pro zlepšení představují osobní ochranné prostředky a jejich umístění. Vzhledem k jejich používání při některých úkonech při údržbě jsou tyto prostředky umístěné v blízkosti strojovny, což dává z uživatelského hlediska smysl vzhledem k jejich váze. Problém to může být při úniku amoniaku, kdy se tyto prostředky mohou stát nedostupné kvůli zamoření daného prostoru. Řešení tohoto problému je přesunutí těchto prostředků do bezpečné vzdálenosti od strojovny, aby byly pro strojníky dostupné i v případě úniku amoniaku.

Další problém tkví ve stáří některých konkrétních ochranných prostředků, které i přes svoji funkčnost nemusí odpovídat současným požadavkům, zejména pokud byly vyrobeny k jinému účelu. Příkladem tomu jsou ochranné masky, které jsou používány se speciálním filtrem nebo v kombinaci s dýchacím přístrojem Saturn S7. Hlavním nedostatkem současných ochranných masek jsou malé zorníky, které výrazně omezují výhled z masky a celkově ergonomii používání. U dýchacích přístrojů spočívá problém v tlaku plnění 200 bar, kdy poskytují o třetinu menší kapacitu než modernější přístroje pracující s tlakem až 300 bar. Proto je tomto případě doporučeno v rámci možností problematické prvky ochranných prostředků obměnit novějšími, které budou splňovat požadavky na ně kladené.

Jako potenciální příčinu možného úniku lze považovat pád střechy stadionu nebo její části na ledovou plochu. Vedení stadionu a město Kladno jsou si vědomy špatného stavu střechy a už několikrát se plánovalo její nahrazení, nicméně vždy bylo zatím odloženo. V tomto případě nelze dělat nic jiného než doporučit provést nahrazení střechy v nejbližší možné době.

Jako poslední bod doporučený v rámci této strategie je připojení zimního stadionu na pult centrální ochrany, čímž se výrazně zkrátí doba vyrozumění HZS v případě úniku amoniaku.

5.8 Modelace v simulačních programech

V rámci této práce bude použit modelovací software za účelem předpovědění zasažené oblasti s následným odhadem rozsahem dopadů způsobené únikem chladiva. Za tímto účelem budou využity modelovací programy TerEx od české firmy T – SOFT a.s a ALOHA od NOAA a EPA. Modelovány budou jednak situace s různým množstvím uniklé látky a pak také za různých atmosférických podmínek, přičemž ale pro modelace úniku různých množství bude použito jednotné nastavení (vyjma množství a způsobu uvolnění látky). Následně jejich výsledky budou vzájemně komparovány s ohledem na odchylku ve velikosti zasažené plochy a koncentrace v různých vzdálenostech od zdroje úniku.

5.8.1 Nastavení jednotných podmínek modelací

Z důvodů porovnatelnosti výsledků z jednotlivých modelací zde upřesníme nastavení pro oba programy. Vzhledem k omezeným možnostem zadávání přesných meteorologických dat (zejména vlhkost vzduchu, výšku inverzní vrstvy a stabilitu atmosféry) budou simulace přizpůsobeny podmínkám nastavitelným v programu TerEx, tedy jarní den v TerExu a

v ALOZE 17 °C, 50% vlhkost. Míra oblačnosti byla stanovena na 50 %. Dále bylo nastaveno počasí bez inverze a třída stability atmosféry byla ponechána na hodnotě navrženou programem ALOHA. Při volbě rychlosti větru bylo nezbytné se vyhnout rychlostem pod 1 m/s, protože při této rychlosti jsou předpovědi značně nepřesné a ve skutečnosti se uniklá látka může šířit jinak. Proto rychlost větru byla stanovena jako 5 m/s. Vzhledem k umístění stadionu byla jako typ krajiny zvolena obydlená oblast. Z důvodu srovnatelnosti výsledků byl zvolen přímý typ úniku označený ALOZE jako „Direct“ a v TerExu jako „PUFF“.

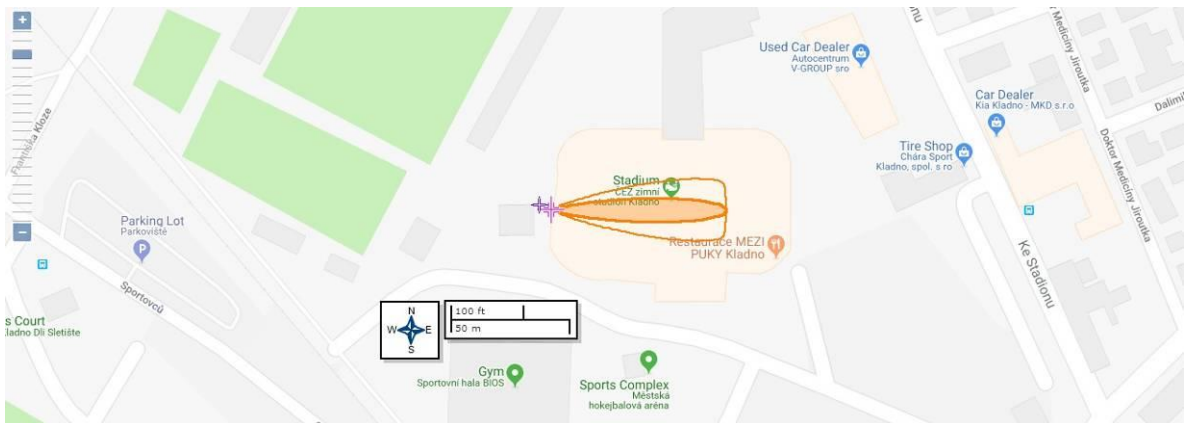
Tabulka 2 Zadávané podmínky pro modelace (zdroj: Autor)

	Aloha	TerEx
Teplota	17° C	17° C
Síla větru	5 m/s	5 m/s
Směr větru	Západní	nedefinováno
Roční období	nedefinováno	Den - jaro
Relativní vlhkost	50%	nedefinováno
Oblačnost	50%	50%
Povrch	Obytná krajina	Obydlená plocha
Inverze	Ne	nedefinováno
Látka	Amoniak	Amoniak
Typ úniku	PUFF	Direct

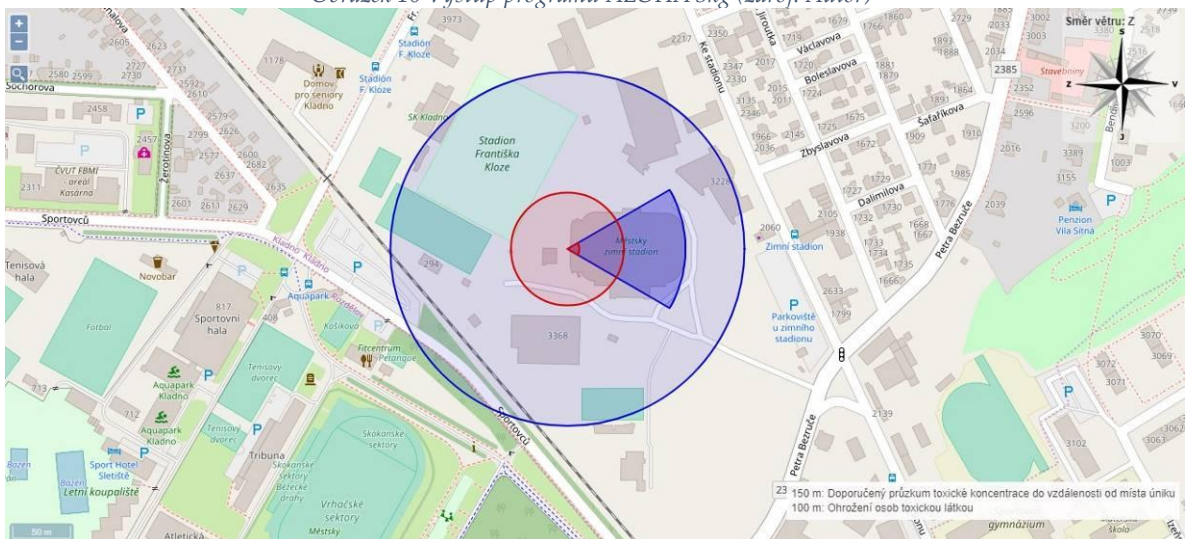
Pro zobrazení výstupních dat byly v ALOZE nastaveny koncentrace používané v TerExu (protože v něm nejdou na rozdíl od Alohy měnit), tedy na 209,86 mg/m³ (ERPG-3) a 70,15 mg/m³ (IDLH), kdy první je koncentrace uváděná jako „ohrožení osob toxickou látkou“ a druhá jako „Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku“.

5.8.2 Modelace úniku malého množství

Tyto modelace mají za účel simulovat únik malého množství vlivem například netěsnosti, která výrazně nenarušuje uzavřenost a celistvost systému a je poměrně snadno řešitelná bezpečnostními mechanismy řízení chlazení. V rámci havarijního plánu zimního stadionu by se tedy jednalo o havárii nejnižšího stupně, tedy řešitelnou vlastními silami. Jako malé množství pro účely modelace bylo zvoleno množství 5 kg amoniaku. Předpokládaným scénářem k této havárii by byla nejspíše netěsnost příruby ve vedení či přímo na kompresoru v oblasti hřídele vedoucího od elektromotoru.



Obrázek 10 Výstup programu ALOHA 5kg (zdroj: Autor)

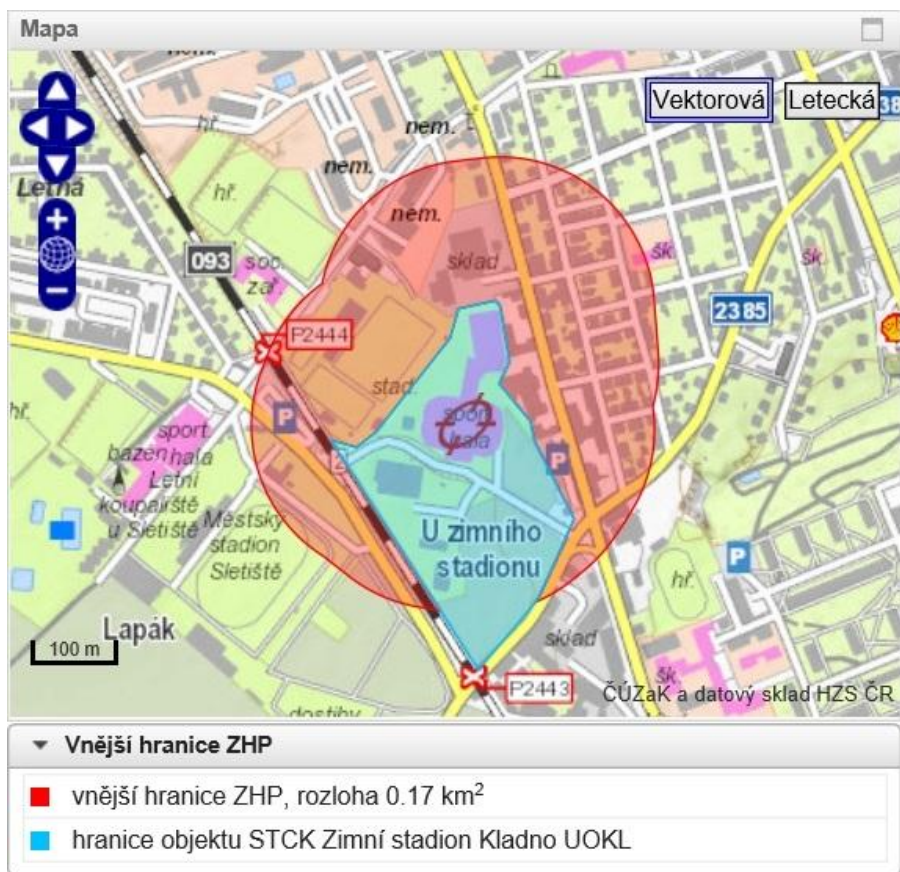


Obrázek 11 Výstup programu TerEx 5kg (zdroj: Autor)

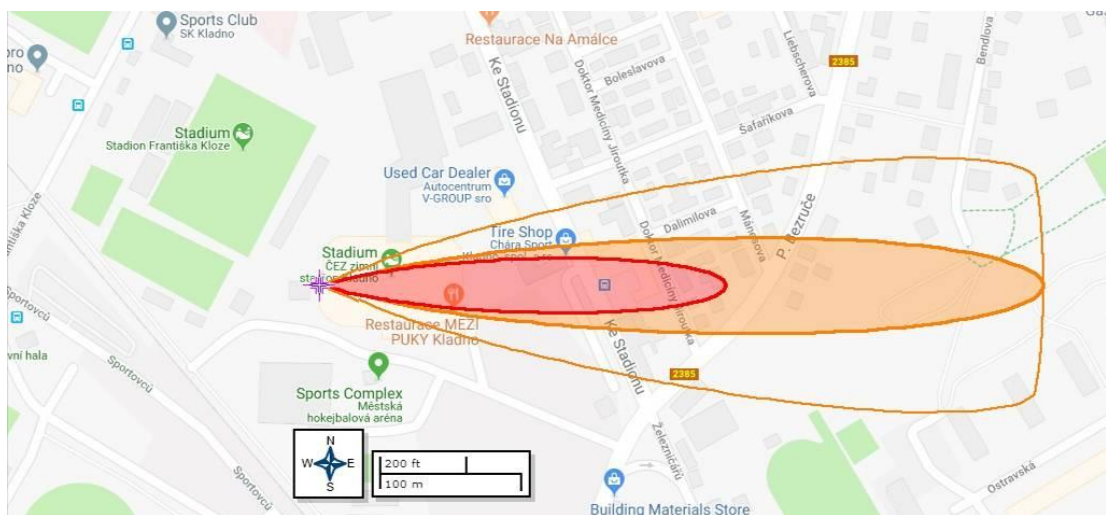
Výše uvedené modelace (Obrázek 10, Obrázek 11) ukazují, že v případě úniku 5 kg čpavku by únik byl nebezpečný v oblasti o podrobné velikosti jako má vlastní stadion. Nicméně ani jedna z modelací nebere v potaz uzavřené prostory stadionu, které způsobí větší koncentraci než by byla v otevřené krajině. Na druhou stranu pokud dojde k úniku ve strojovně, lze tento únik řešit pomocí havarijní ventilace, která uniklou látku postupně vyvětrá ven. Je více než zajímavé, že výsledky obou programů se od sebe liší o více než 100 % (42 m vs. 100 m).

5.8.3 Modelace úniku množství dle HZS

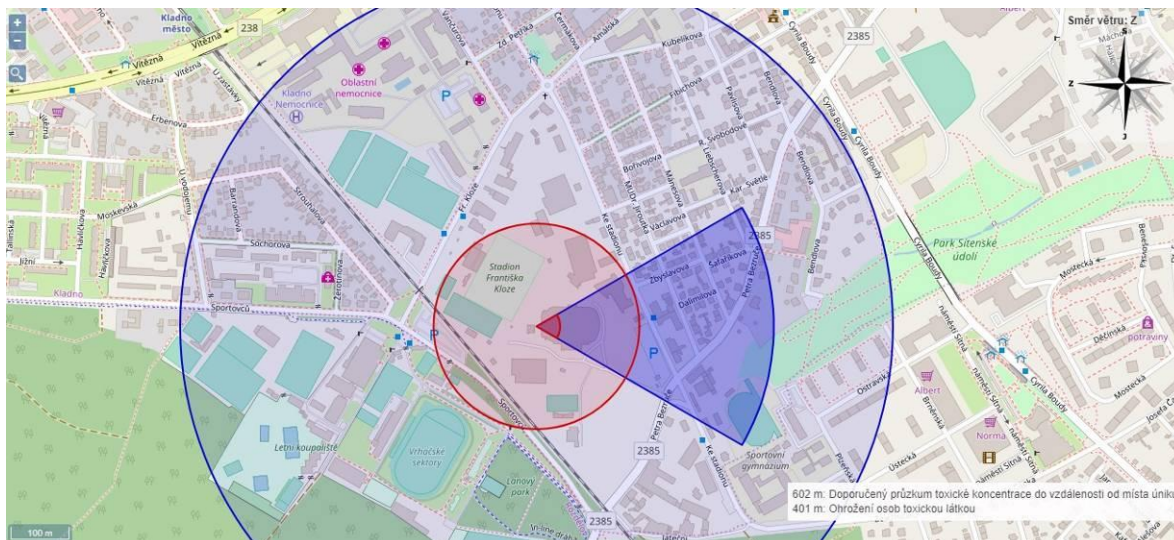
V rámci této modelace je simulována situace, kdy dojde k úniku již většího množství látky než v modelaci předchozí. V této simulaci je předpokládán únik 220 kg, jehož příčinou by mohla být netěsnost na výtlačném potrubí vedoucím k deskovému výměníku umístěnému na střeše strojovny. Stejně jako v předchozím případě by tento scénář úniku měl být zvládnutelný vlastními silami podniku a na základě havarijního plánu by se stále jednalo o první kategorii ohrožení. Při konzultacích u HZS Středočeského kraje oddělení ochrany obyvatelstva a krizového řízení byla poskytnuta modelace v programu Optizon, kterou vypracovalo HZS na základě úniku stejného množství čpavku. Kvůli použití programu Optizon (stanovování zóny havarijního plánování) nelze jeho výstup přímo porovnat s výsledky Alohy a TerExu a zároveň pro ojedinělost této modelace, nebude zahrnuta do komparace a její účel je zde spíše informativního charakteru. Množství uniklé látky v modelacích v rámci této kapitoly bylo zvoleno záměrně pro porovnání s modelací vypracovanou HZS.



Obrázek 12 Výstup programu Optizon (zdroj: HZS STČ)



Obrázek 13 Výstup programu ALOHA 220kg (zdroj: Autor)

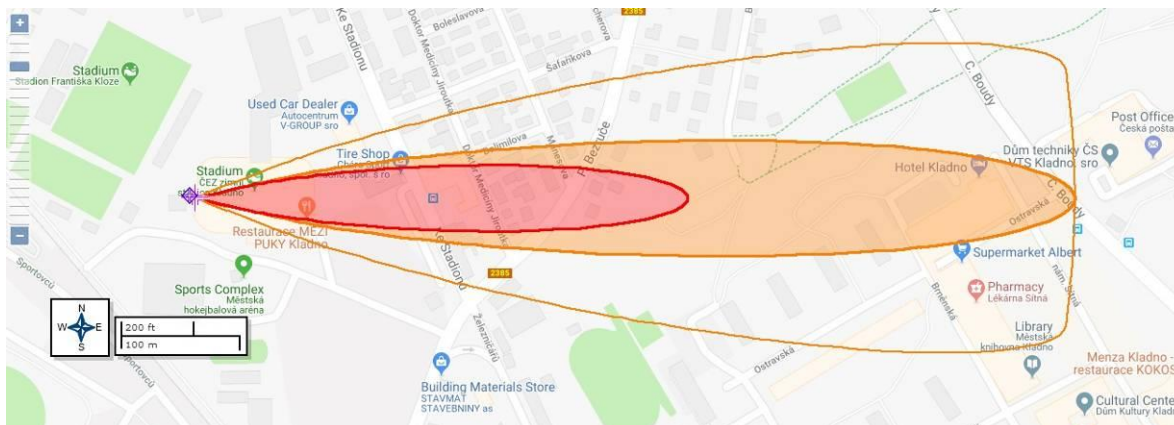


Obrázek 14 Výstup programu TerEx 220kg (zdroj: Autor)

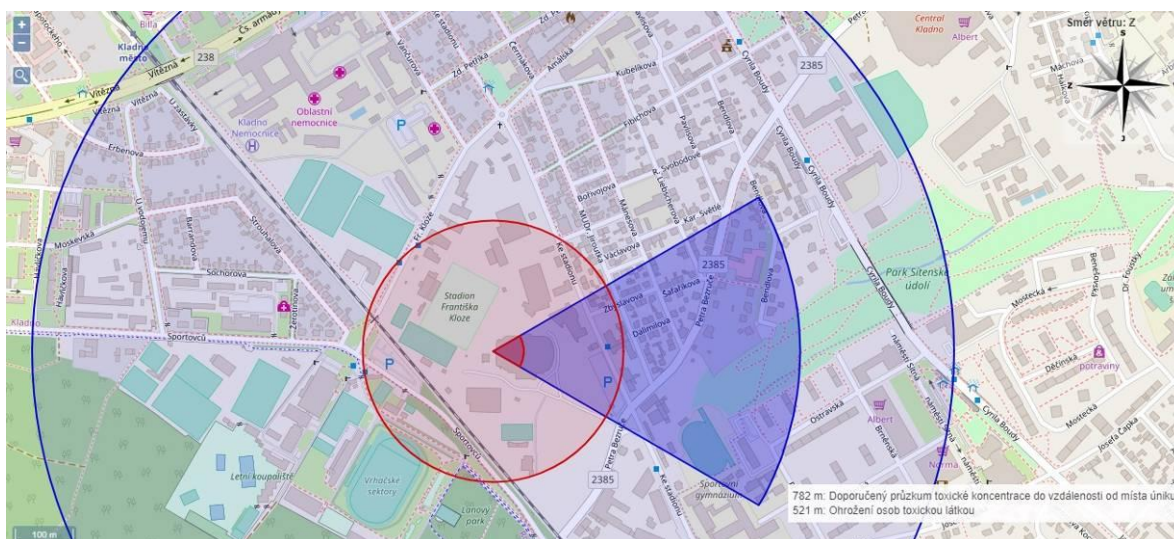
Ve výsledcích všech třech programů můžeme vidět již větší shodu než v případě modelace 5 kg, zejména u výstupů Optizonu a Alohy. I v tomto případě stanovil program TerEx větší dosah látky než ALOHA, ačkoliv nyní je tento rozdíl již menší (288 m vs. 401 m). Zasažená oblast je již výrazně větší, v ohrožení je obytná oblast vyskytující se západně od stadionu do hloubky několika ulic. Mezi další významné objekty, které by mohl únik ohrozit patří Sletišťe a Aquapark Kladno, které ale výstup programu Optizon již nezahrnuje.

5.8.4 Modelace úniku středního množství

V rámci této modelace se simuluje situace, kdy vlivem většího poškození systému chlazení, případně pochybení člověka, dojde k úniku desetině kapacity chladicího média jednoho okruhu, tedy 450 kg amoniaku. Dle havarijního plánu se stále jedná o první stupeň ohrožení, tedy do jedné tuny uniklé látky. Tato událost podle tohoto plánu by stále měla být řešitelná pomocí vlastních sil a prostředků zimního stadionu Kladno.



Obrázek 15 Výstup programu ALOHA 450kg (zdroj: Autor)



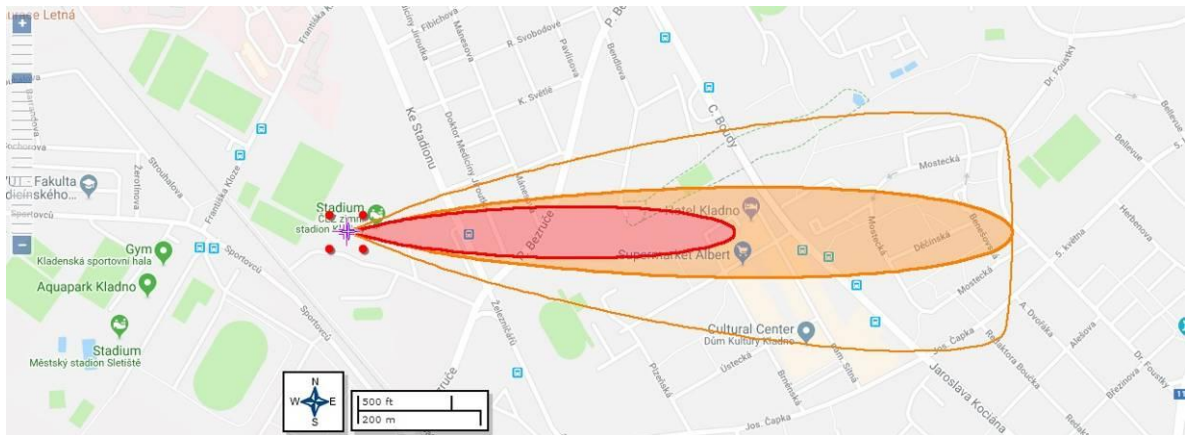
Obrázek 16 Výstup programu TerEx 450kg (zdroj: Autor)

Ve výstupech modelací úniku 450 kg můžeme vidět, že zóna ohrožení sahá již významně hlouběji do obydlených oblastí a částečně již do areálu Oblastní nemocnice Kladno. Rozdíl mezi výsledky obou programů se opět zmenšil a postupně se tedy k sobě blíží (521 m vs. 417)

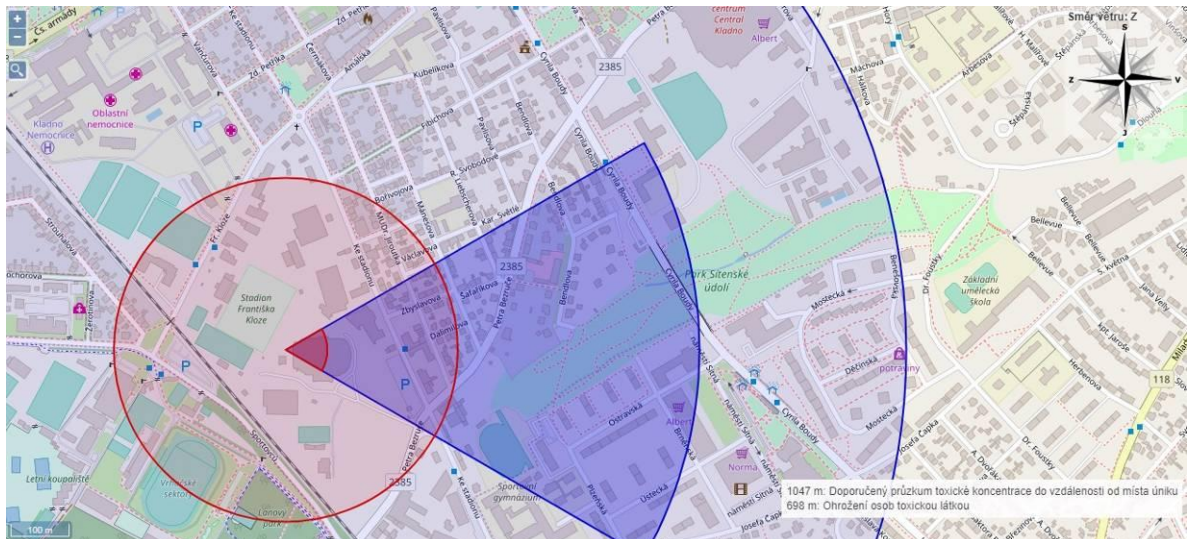
5.8.5 Modelace úniku druhé kategorie dle havarijního plánu

Pro tyto modelace byly vybrány dvě potencionální množství, a to 1000 kg a 1500 kg. V rámci tohoto scénáře předpokládáme částečný únik, který podle havarijního plánu spadá do druhé kategorie, která je od 1000 kg do 2000 kg. Předpokládaný únik se odlišuje od úniku první kategorie v ohrožení nejen pracovníků strojovny, ale i celého objektu stadionu včetně jeho ostatních

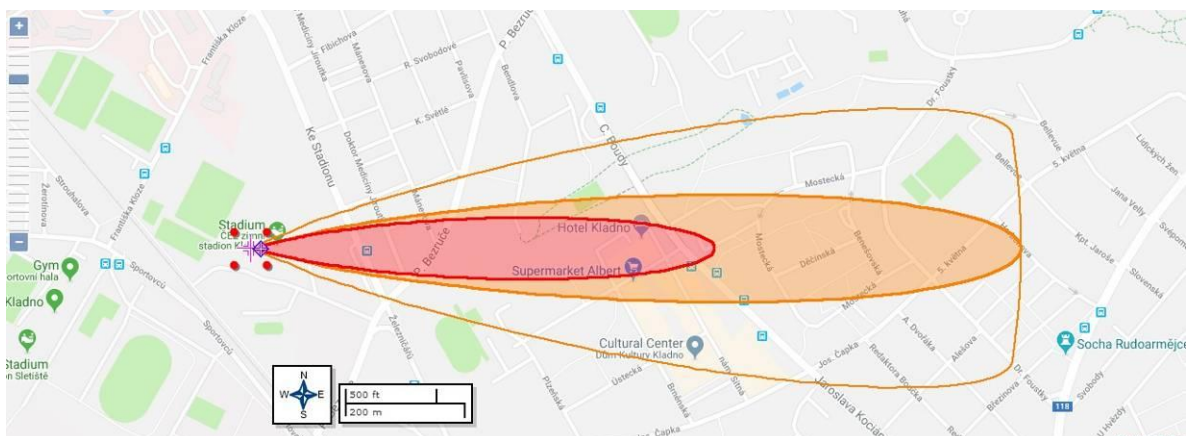
zaměstnanců. Při hokejovém utkání by byli v ohrožení i návštěvníci zimního stadionu. Zde lze předpokládat spolupráci se složkami IZS.



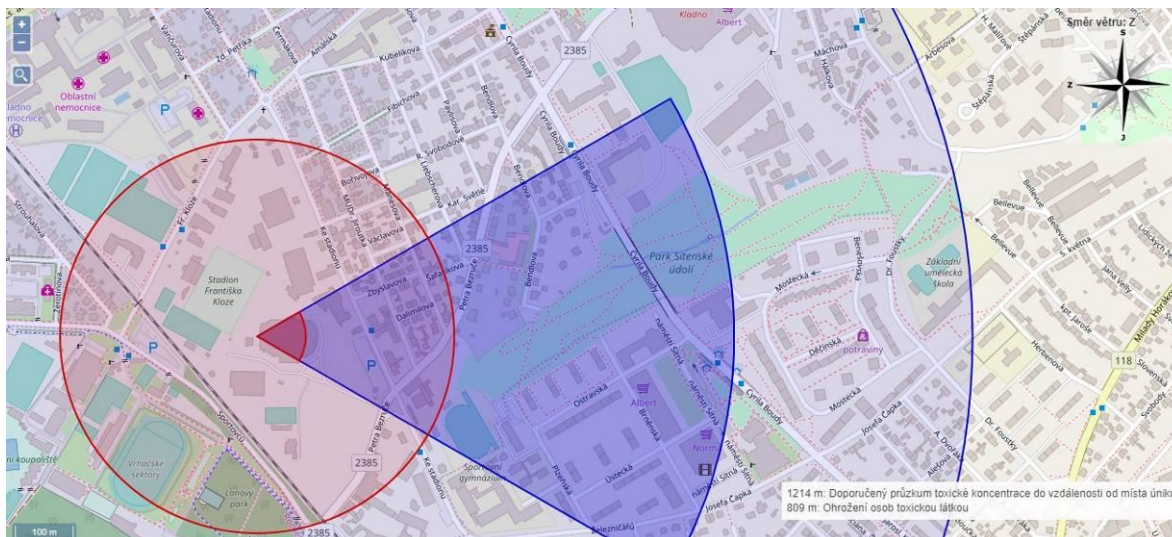
Obrázek 17 Výstup programu ALOHA 1000kg (zdroj: Autor)



Obrázek 18 Výstup programu TerEx 1000kg (zdroj: Autor)



Obrázek 19 Výstup programu ALOHA 1500kg (zdroj: Autor)



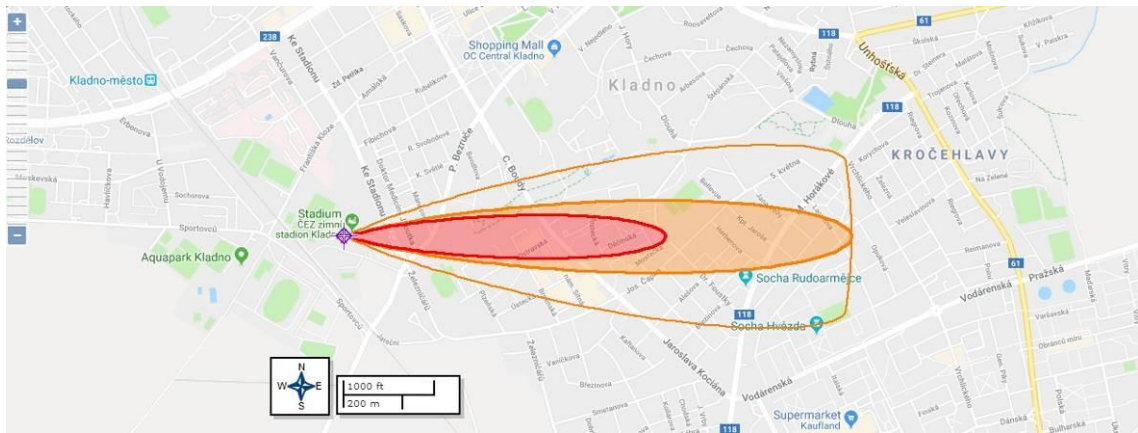
Obrázek 20 Výstup programu TerEx 1500kg (zdroj: Autor)

Na výše uvedených simulacích můžeme vidět únik 1000 kg a 1500 kg amoniaku z chladicího systému. V obou případech dle predikcí může zóna ohrožení dosahovat až k ulici Cyrila Boudy a tedy přímo ohrožovat nemalou část obydlých oblastí nebo při nepříznivém větru i nemocnici. Výsledky se nadále k sobě blíží, přičemž v rámci simulace úniku 1 500 kg je rozdíl již jen 29 m.

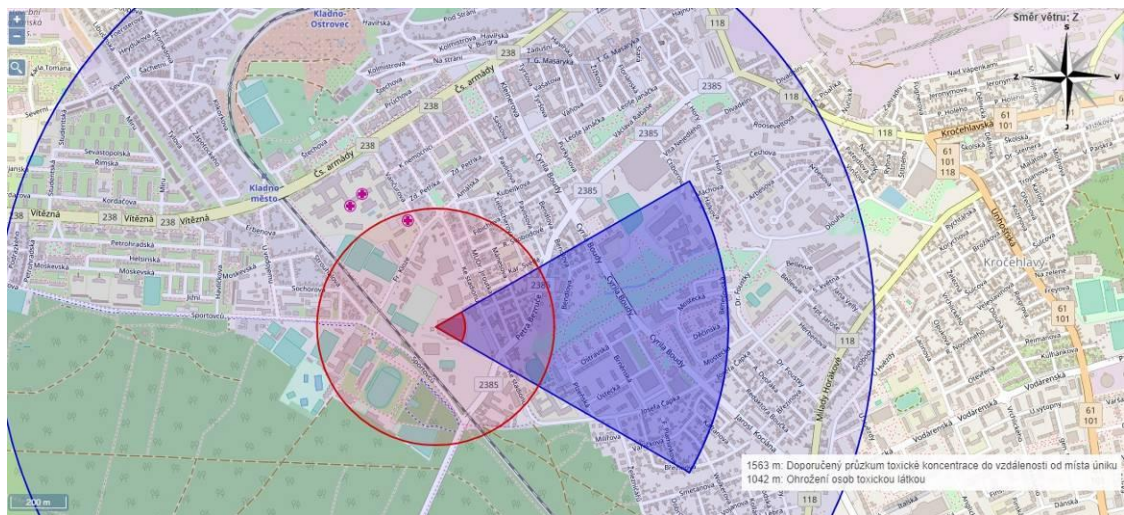
5.8.6 Modelace úniku jedno chladicího okruhu

Tato modelace předpokládá únik z jednoho ze dvou zásobníků včetně ostatních částí daného okruhu. V rámci tohoto scénáře se předpokládá prakticky kompletní selhání bezpečnostních opatření a jedná se o situaci tedy vysoce nepravděpodobnou. Jedná se o únik 3 000 kg a 4 500 kg, z důvodů potencionální částečného selhání a pak také úplné selhání systému. Příčinou takovéto události by mohla být sabotáž ze stran zaměstnance, požár strojovny nebo neočekávané selhání ovládacího systému chlazení a jeho bezpečnostních prvků. Jedná se tedy o situaci spíše hypotetickou, nicméně stále nevylučitelnou a vzhledem k možným dopadům je potřeba ji zohlednit a zahrnout do modelací. Podle havarijního plánu stadionu by se jednalo o třetí stupeň

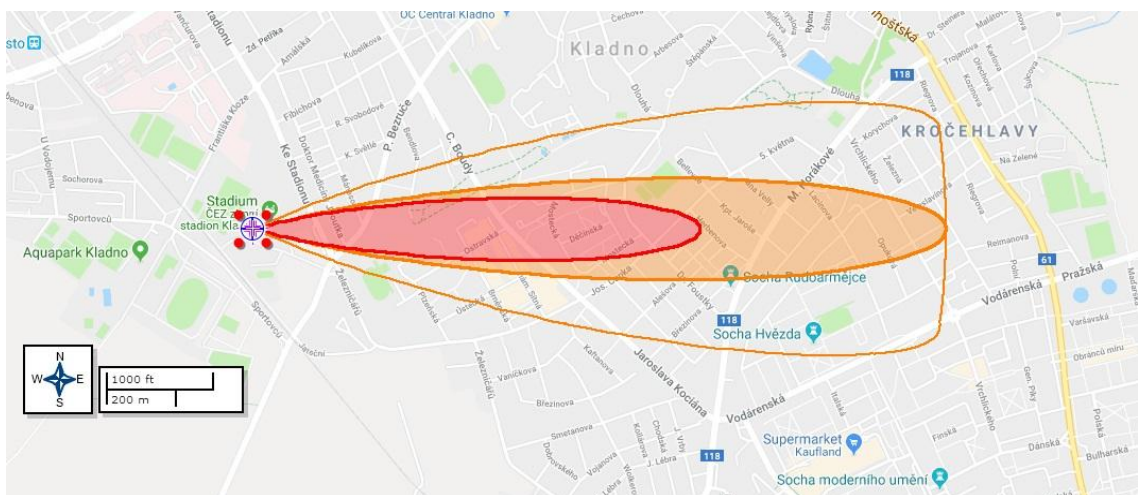
havárie, kdy dojde k úniku více než dvou tun amoniaku. Pro řešení této situace se předpokládá nezbytná spolupráce s IZS a únik ohrožuje okolí stadionu.



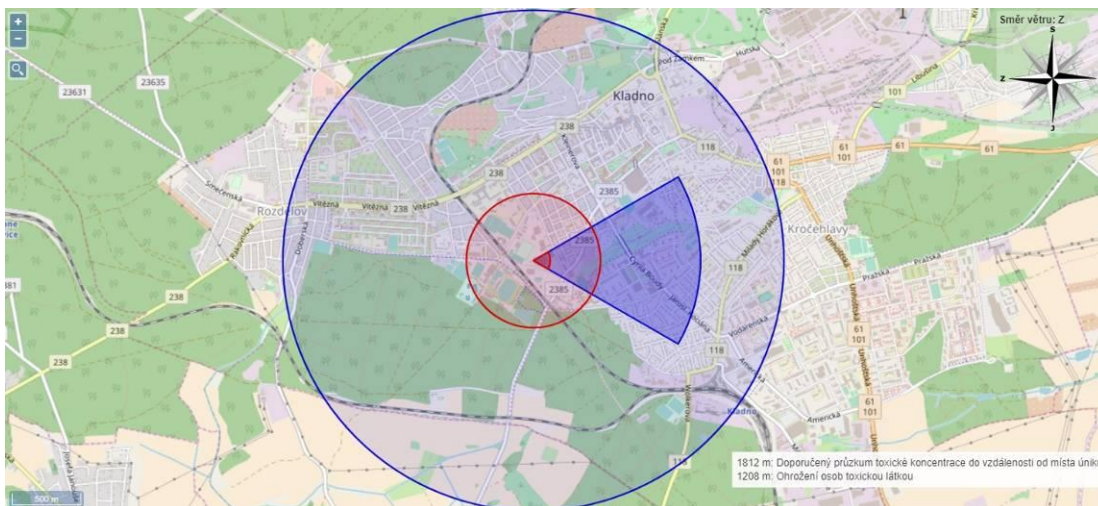
Obrázek 21 Výstup programu ALOHA 3000kg (zdroj: Autor)



Obrázek 22 Výstup programu TerEx 3000kg (zdroj: Autor)



Obrázek 23 Výstup programu ALOHA 4500kg (zdroj: Autor)



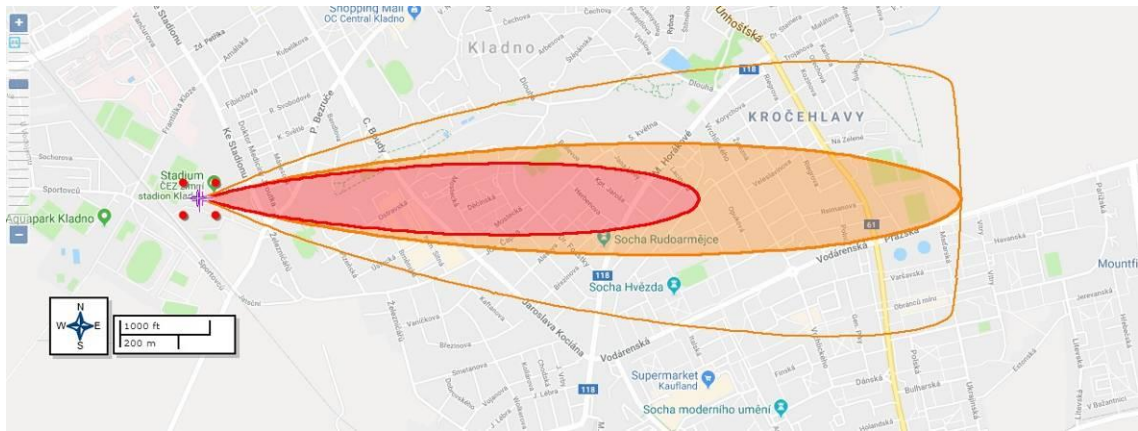
Obrázek 24 Výstup programu TerEx 4500kg (zdroj: Autor)

Na výše uvedených modelacích byl simulován únik dvou třetin chladiva a následně i veškerého chladiva v jednom okruhu. Z výsledků vyplývá, že uniklý amoniak by mohl ohrozit návštěvníky obchodního centra Central Kladno a blízké sídliště s panelovými domy. Rozsah možných následků je při tomto scénáři vlivem dosahu úniku značný a lze předpokládat větší počet zasažených a případně i mrtvých. Rozdíl mezi výsledky při těchto množství prakticky mizí, respektive vlivem zaokrouhlení vzdálenosti v programu ALOHA se mění v její prospěch (1 042 vs. 1 100 a 1 208 vs 1 300).

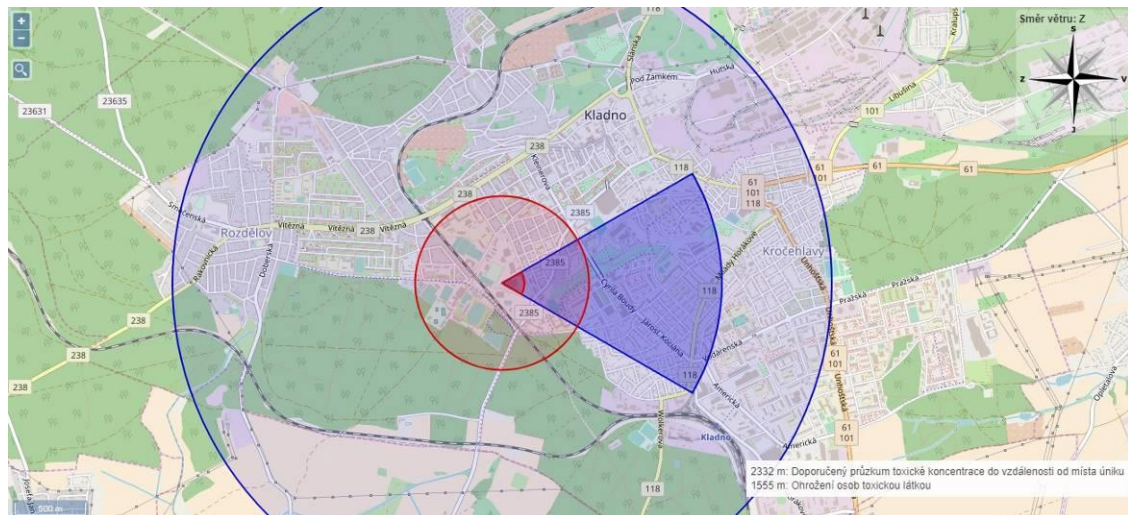
5.8.7 Modelace úniku z obou chladicích okruhů – katastrofický scénář

V rámci těchto modelací se bude řešit potenciální únik veškerého chladiva z obou okruhů. Jedná se o krajně nepravděpodobnou variantu, ale stále ji je nezbytné zohlednit. Příčinou takovéto události by mohla být sabotáž ze stran zaměstnance, teroristický útok na zařízení nebo vlivem jiné mimořádné události vedoucí k velkému poškození chladicího systému stadionu. Příkladem takové události by například mohl být výbuch uniklého čpavku, což by vedlo k destrukci strojovny a dalších částí stadionu a daná situace by byla neovladatelná. Rozsah této havárie by byl enormní a nebylo by ji možné řešit

bez značného príspevní IZS. Podľa havarijného plánu štadiónu by sa jednalo o tretí stupeň havárie (tedy nad dvé tuny uniklého čpavku).



Obrázek 25 Výstup programu ALOHA 9000kg (zdroj: Autor)



Obrázek 26 Výstup programu TerEx 9000kg (zdroj: Autor)

V rámci poslední varianty dosahuje do značné hloubky města a lze proto předpokládat velké následky na zdraví a životech obyvatel města Kladna. Výsledky obou programů se opět liší, vůči předchozí modelaci rozdíl již opět narůstá (1 555 vs. 1 700) a stejně jako v předchozím případě to je tentokrát ALOHA, která poskytuje větší odhad.

5.8.8 Výsledky komparaci

Scénář těchto modelací není přímou modelací, která by reflektovala skutečný průběh havárie. Zvolen byl jednorázový únik, kdy dojde k uvolnění látky do jedné minuty, ačkoliv reálný únik by trval déle, čímž by se omezil dosah. Na druhou stranu ani jeden z programů neumí v dostatečné míře zohlednit členitost městské zástavby, kdy například hrozí, že mrak uniklé látky „poteče“ ulicemi a jeho koncentrace se bude snižovat výrazně pomaleji než při šíření ve volné krajině. Proto jsou tyto výsledky spíše jen orientační a slouží především pro srovnání obou programů. Z důvodu komparace byl použit jednotný scénář, ve kterém se liší jen množství uniklé látky mezi jednotlivými modelacemi, čímž se omezil vliv jiných parametrů na předpověď a skutečně tedy lze řešit rozdílnost předpovědí obou programů ve vztahu jen k množství látky.

Tabulka 3 Výsledné vzdálenosti při simulovaných únicích (zdroj:Autor)

Modelace		5	220	450	1 000	1 500	3 000	4 500	9 000
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
TerEx	ERPG-3 209,87 mg/m ³	100	401	521	608	809	1 042	1 208	1 555
	IDLH 68,93 mg/m ³	150	602	782	1 047	1 214	1 563	1 812	2 332
ALOHA	ERPG-3 209,87 mg/m ³	42	288	417	634	780	1 100	1 300	1 700
	IDLH 68,93 mg/m ³	74	514	745	1 100	1 300	1 700	2 000	2 600

5.9 Návrh plánů řešení konkrétních mimořádných událostí

Na základě informací zjištěných v rámci předchozích kapitol jsou v této kapitole navrženy plány řešení konkrétních mimořádných událostí. Vybrané události jsou považovány za nejvíce rizikové. V rámci těchto plánů budou

rozebírány klíčové oblasti pro zvládnutí těchto situací a omezení jejich dopadu. V každé oblasti jsou pak řešeny hlavní činnosti, které nesmějí být opomenuty.

5.9.1 Požár strojovny

Při zjištění požáru ve strojovně je nezbytné zvážit a případně zajistit souběžně níže uvedené činnosti. Osoba, která zjistí (zpozoruje) požár je povinna jej neprodleně uhasit. Pokud nelze uhasit požár vlastními silami, je nutné jej ohlásit v ohlašovně požárů (vrátnice).

- **Vyrozumění** – V případě, že se jedná o požár, který není drobného rozsahu a není tedy řešitelný za pomoci nainstalovaných přenosných hasicích přístrojů, je nezbytné o dané události neprodleně informovat HZS a vedení stadionu.
- **Varování** - V případě, že požáru je nezbytné o situaci varovat zaměstnance a návštěvníky objektu a následně přijmout opatření k zajištění jejich bezpečí. V případě rozsáhlejšího požáru, u kterého je podezření, že by mohl způsobit únik, je vhodné o dané situaci informovat okolí stadionu (řešit ve spolupráci s HZS)
- **Evakuace** – Při vypuknutí požáru je nezbytné zajistit bez odkladu evakuaci stadionu. Všemi dostupnými způsoby a prostředky se snažit zabránit vzniku paniky. Na provádění evakuace se budou podílet zaměstnanci stadionu (nutno případně přidat do pracovních smluv). Pokud daná situace dovolí, tak je žádoucí zajistit bezproblémový přístup složkám HZS ke strojovně.
- **Řešení situace vlastními silami a prostředky** - V fázi rozhořívání požáru mají strojníci šanci se pokusit oheň uhasit ručními hasicími přístroji. Dále je důležité pokud situace dovolí zajistit chladicí okruh

(uzavřít příslušné ventily a zastavit kompresory a čerpadla) a případně vypnout proud ve strojovně kromě čidel na amoniak (riziko iniciace výbušné směsi uniklého amoniaku a vzduchu). Pokud se tímto způsobem nepodaří situaci vyřešit, je nezbytné, aby se strojníci stáhli do bezpečí, učinili možná opatření proti šíření požáru a kouře a podíleli se v případě potřeby na evakuaci objektu.

- **Následné činnosti** - Po uhašení požáru je nezbytné zajistit kontrolu statiky budovy a kontrolu poškození chladicího okruhu, zdali nehrozí únik amoniaku.

5.9.2 Únik amoniaku

Při zjištění úniku amoniaku je zapotřebí určit pravděpodobný zdroj úniku, rozsah úniku (množství) a je nezbytné zvážit a případně zajistit souběžně níže uvedené činnosti.

- **Vyrozumění** – V případě aktivace čidel systému detekce uniklého amoniaku nebo při zjištění jeho zápachu je nezbytné o tom neprodleně uvědomit službu konajícího strojníka chladicího systému. Ten situaci prověří a rozhodne, o jakou kategorii události dle havarijního plánu stadionu se jedná. Podle příslušné kategorie následně vyrozumí strojník vedení stadionu a případně i HZS a další subjekty uvedené v havarijním plánu.
- **Varování** - Pokud dojde k potvrzení úniku čpavku, je nezbytné posoudit možné dopady s ohledem na bezpečnost lidí v objektu a v jeho okolí. V případě potřeby dojde k varování osob na stadionu o současné situaci a budou vydány pokyny k postupu s ohledem na místa s výskytem amoniaku. V případě rozsáhlejšího úniku je

nezbytné o dané situaci informovat okolí stadionu (řešit ve spolupráci s HZS)

- **Evakuace** – Při vyhlášení evakuace je nezbytné znát alespoň přibližně oblast, kam unikl čpavek a podle toho upravit evakuační trasy a shromaždiště osob. Dále je klíčové všemi dostupnými způsoby a prostředky se snažit zabránit vzniku paniky. Na provádění evakuace se budou podílet zaměstnanci stadionu. Pokud daná situace dovolí, tak je žádoucí zajistit bezproblémový přístup složkám HZS ke strojovně.
- **Řešení situace vlastními silami a prostředky** – Za pomoci osobních ochranných prostředků strojníci provedou zajištění systému chlazení, které spočívá v zastavení chodu chlazení, izolování místa úniku a případně i zapnout odsávání amoniaku z poškozeného úseku. Pokud se tímto způsobem nepodaří situaci vyřešit, je nezbytné, aby se strojníci stáhli do bezpečí, učinili možná opatření proti úniku mimo strojovnu a podíleli se v případě potřeby na evakuaci objektu či na jiných nezbytných činnostech.
- **Následné činnosti** - Po vyřešení úniku amoniaku je nezbytné zajistit kontrolu systému chlazení, zajistit vyšetření zdroje a příčiny úniku, zajistit nápravu a zabránit opakování události. Dále je třeba prověřit, že v objektu se nikde nenalézá uniklý amoniak (například uvězněn u stropu mimo dosah čidel).

6 DISKUZE

V rámci této práce byla řešena problematika úniku čpavku ze zimního stadionu s ohledem na možné následky a příčiny. V části Současný stav byly přiblíženy základní informace z oblasti analýzy rizik, příslušné legislativy a potenciálních zdrojů rizik. Z těchto informací se mimo jiné vycházelo při tvorbě kapitoly Výsledky, ve které byla blíže popsána technologie chlazení ve zkoumaném stadionu, byly analyzovány situace, které by mohly zapříčinit únik čpavku, a byly vytvořeny modelace úniků různého množství amoniaku ze systému chlazení.

Vyhodnocení modelací

Součástí práce je zpracování modelací úniku různého množství amoniaku za pomoci simulačních softwarů ALOHA a TerEx a následně jejich výsledky komparovat. Smyslem této komparace je zjistit chování obou programů v závislosti na množství uniklé látky, respektive jak a o kolik se budou lišit. Z tohoto důvodu byly všechny ostatní parametry zadány pro všechny simulace stejně, aby se vyřadil jejich vliv na výsledek.

Z pohledu uživatelského prostředí je patrný rozdílný přístup k uspořádání programu. Zatímco TerEx má veškerá vstupní data přímo zobrazen, u ALOHY je nezbytné se k nim přes horní lištu proklikat. Na druhou stranu jednoduchost a přehlednost TerExu je vykoupena omezenými možnostmi, co se týče detailností a množství vstupních parametrů a celkové přizpůsobitelnosti modelace. Z tohoto důvodu byly modelace v ALOZE nastaveny tak, aby se co nejvíce přibližovaly hodnotám, které poskytuje TerEx. Rovněž bylo potřeba z důvodu srovnatelnosti výsledků změnit nastavení výstupních dat z ALOHY, aby se jednalo o stejné údaje jako v případě TerEx. Pro modelace byla zvolena množství, která lze předpokládat u různých situací

mající za příčinu únik, od relativně drobných s pár kilogramy látky až po úniky velmi rozsáhlé. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v Tabulka 4.

Tabulka 4 Výsledky modelací (zdroj: autor)

Modelace	ERPG 3			ILDH		
	TerEx	ALOHA	Rozdíl (%)	TerEx	ALOHA	Rozdíl (%)
5 kg	100	42	-58,00	150	74	-50,67
220 kg	401	288	-28,18	602	514	-14,62
450 kg	521	417	-19,96	782	745	-4,73
1 000 kg	608	634	4,28	1 047	1 100	5,06
1 500 kg	809	780	-3,58	1 214	1 300	7,08
3 000 kg	1 042	1 100	5,57	1 563	1 700	8,77
4 500 kg	1 208	1 300	7,62	1 812	2 000	10,38
9 000 kg	1 555	1 700	9,32	2 332	2 600	11,49

Při modelacích bylo zjištěno, že při malých množstvích program TerEx předpovídá výrazně větší vzdálenost dosahu koncentrace než program ALOHA, respektive výsledek ALOHY je o 58 % menší pro ERPG 3 a pro IDLH o 50,67 %. Relativně podobný výsledek je i v případě modelace 220 kg i 450 kg s tím rozdílem ale, že se vzájemný rozdíl průběžně zmenšuje.

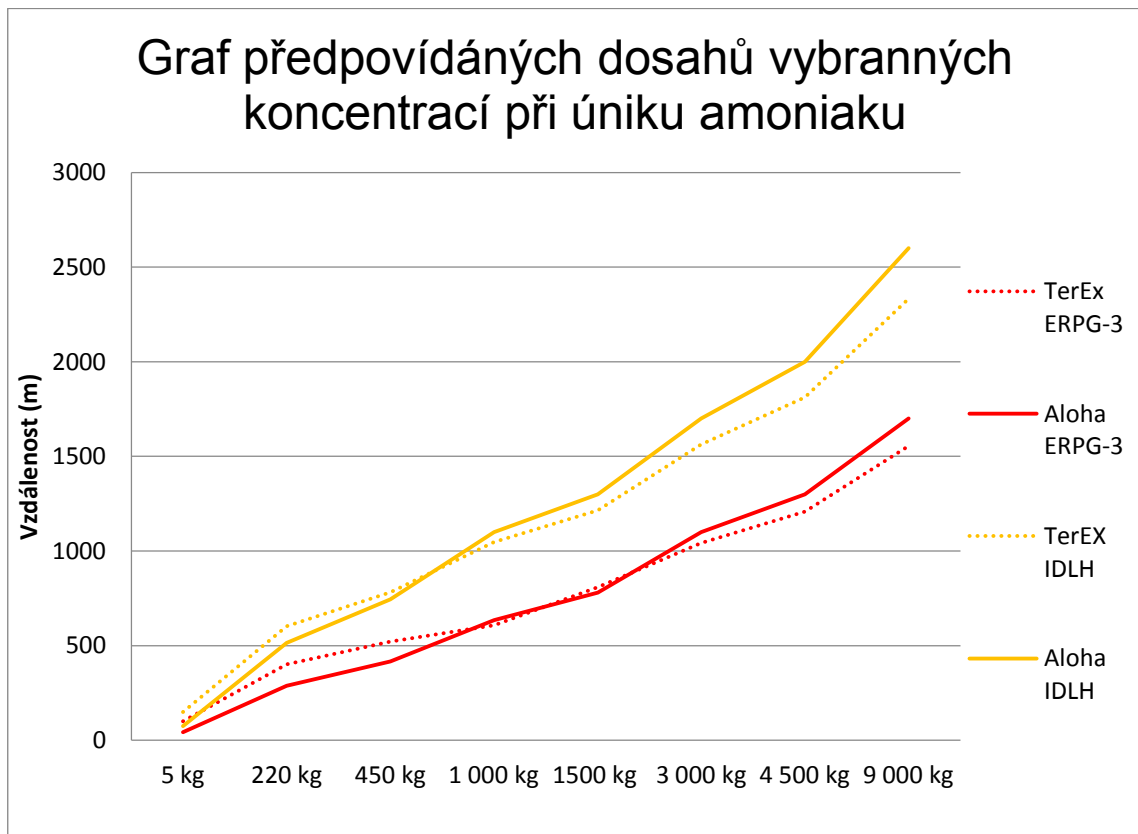
Na základě modelací 1000 kg a 1500kg lze odhadnout, že někde mezi nimi dochází ke shodě předpovědi vzdálenosti ERPG 3. Pro koncentraci IDLH se programy shodují někde mezi hodnotami 450 kg a 1 000 kg.

Od modelace amoniaku 1 500 kg a více program ALOHA předpovídá větší vzdálenost než program TerEx, jak v případě koncentrace ERPG 3 tak i v případě IDLH.

Na základě dat získaných modelací lze vyzorovat trend, kdy u malých množství uniklého amoniaku předpovídá program TerEx stabilně větší

vzdálenost než ALOHA, přičemž se výsledky obou programů sbližují až do oblasti shody, načež ve větších množstvích se tento trend obrací a rozdíl mezi modelacemi opět roste, ale pomalejším tempem a ve prospěch programu ALOHA. Na Graf 1 můžeme vidět tento trend přenesený do grafu a jeho chování. Místo, kde program ALOHA bude předpovídat větší vzdálenost je závislé na nastavení ostatních parametrů, zejména na rychlosti větru, teplotě a stabilitě atmosféry. Kromě umístění bodu průtnutí mají tyto parametry vliv i na strmost grafu.

Graf 1 Předpovědi vzdáleností vybraných koncentrací (zdroj:autor)



Na základě zjištěných dat je hypotéza 1 („Bude jeden z modelačních programů stabilně ve všech modelcích předpovídat větší dosah uniklé látky, tedy nadhodnocovat?“) nepotvrzena, protože u menších množství předpovídá program TerEx větší vzdálenost a u větších to dělá naopak program ALOHA.

Hypotéza 2 („Budou se lišit výsledky modelačních programů (předpověď vzdálenosti ERPG 3 a ILDH) o více než 15 % ?“) je rovněž nepotvrzena, protože v množstvích od 5 kg až do 450 kg je rozdíl mezi programy větší než 15 %.

Hypotéza 3 („Může únik amoniaku ohrozit objekt s velkým počtem osob (například škola, nákupní centrum, sportovní areály a podobně)?“) je potvrzena, protože na základě modelací v programech ALOHA, TerEx a výsledků programu OPTIZON (poskytnutých HZS STČ) ohrožuje (při koncentraci ERPG 3) již únik 220 kg amoniaku sousedící fotbalový stadion, část areálu nemocnice a část sportovního areálu Sletišť.

SWOT analýza

V rámci SWOT analýzy zimního stadionu v Kladně ve vztahu k bezpečnosti a připravenosti na možný únik čpavku bylo zjištěn aktuální stav, který lze charakterizovat jako poměrně dobrý. Vedení zimního stadionu aktivně řeší problematiku prevence závažných havárií a jsou této oblasti věnované nemalé finanční prostředky. Příkladem tomu může být moderní automatizované řízení systému chlazení vybaveným čidly na amoniak, havarijní ventilace a dobrovolně vypracovaný havarijní plán. Velkým kladem je také aktivní spolupráce s IZS, což dokládá nedávné cvičení v areálu stadionu. Jako významný prostor pro zlepšení se pak ukázala požární ochrana, ve které je největší nedostatek absence autonomního stabilního hasicího zařízení. Mezi další navržená opatření patřilo připojení k PCO a modernizace osobních ochranných prostředků pro strojníky.

Na základě této analýzy lze zimní stadion v Kladně hodnotit jako poměrně dobře zabezpečený, kdy na jedné straně jsou využívány moderní bezpečnostní systémy a na straně druhé naopak některé oblasti zůstaly

opomenuty (požární zabezpečení). Po zapracování připomínek uvedených v této práci lze označit zabezpečení stadionu vůči uniku amoniaku jako na vysoké úrovni.

Havarijní scénáře a srovnání se zimním stadionem ve Slaném

V rámci zkoumání možných havarijních scénářů bylo zjištěno, že mezi nejproblematičtější událostí patří požár strojovny, výbuch a selhání lidského činitele. Všechny tři události mohou vést k významnému narušení bezpečnostních opatření a procedur, která jsou připravena a uplatňována pro prevenci a řešení případného úniku. V případě požáru je největším problémem absence stabilního hasicího zařízení, kdy vzniká prodleva mezi vznikem požáru, jeho detekcí a následným hašením. Ta může vést k rozhoření požáru do situace, kdy požár bude obtížně zvladatelný a zapříčiní to poškození chladicího okruhu a následný únik s rizikem výbuchu. Zdrojem možného výbuchu je uniklý amoniak, přičemž hlavní riziko spočívá v tom, že již relativně malé množství látky může za určitých okolností vybuchnout a spustit výbušnou kaskádu, kdy se výbuchem naruší systém chlazení, díky čemuž unikne další amoniak, který může dále explodovat a poškozovat další části chlazení a stadionu. Selhání lidského činitele je nebezpečné v několika podobách. Tou nejvíce závažnou je selhání strojníků chladicího systému, kdy pochybení či porušení pravidel a postupů stanovených havarijním plánem a další příslušnou dokumentací může způsobit únik a případně i výše zmíněné události. V souvislosti s těmito riziky se práce dále zabývala současnými uplatňovanými opatřeními a obsahem dokumentace stadionu k podniku. Následně byly vypracovány návrhy možných opatření, která by významně snižovala rizika úniku, požáru i výbuchu. Zároveň by se jejich aplikací snižoval vliv lidského faktoru na pohotovost reakce na zmíněné události.

Při vypracování práce se díky HZS střeďočekského kraje naskytla příležitost získat informace ohledně zimního stadionu ve Slaném a porovnat tak zabezpečení a připravenost na únik vůči stadionu zkoumaným v této práci. Vůči Kladenskému stadionu má tento stadion výhodu v menším množství amoniaku v systému chlazení, protože má jen jednu ledovou plochu. Další výhodou, kterou v této práci zkoumaný stadion momentálně nemá, je napojení na systém PCO. Na druhou stranu ve Slaném chybí systém pro zadržetí vody s rozpuštěným čpavkem v případě havárie. Dále je zde vůči kladnu jen poloautomatický systém, který v případě problému pouze upozorní obsluhu a nic nevykoná. Uzavírání poškozených míst nebo třeba vypínání kompresorů (aby netlačil médium do místa uniku) závisí na strojních a případná reakce tedy bude mít značnou prodlevu. Tím přímo dojde k úniku většího množství, než při podobné situaci na Kladně, kde automatizovaný systém sám izoluje poškozené části systému a odstaví strojovnu v případě potřeby. Při návštěvě byl po vizuální stránce patrné, že zařízení ve strojovně ve Slaném jsou starší než na Kladně. Největším problémem zimního stadionu ve Slaném je ale jeho umístění, kdy je v jeho těsné blízkosti se nalézají obydlené oblasti a na jedné straně sousedí s aquaparkem.

7 ZÁVĚR

Tato práce se zabývala problematikou potenciálního úniku čpavku ze systému chlazení ledových ploch na zimním stadionu. Byly zkoumané jak příčinné souvislosti s únikem, tak i možné následky. Na základě zkoumání v této práci bylo zjištěno, že stadion nepředstavuje momentálně pro své okolí bezprostřední nebezpečí, nicméně je v jeho zabezpečení prostor pro zlepšení.

Mezi hlavní přínosy práce patří zjištění současného bezpečnostní situace na zimním stadionu v Kladně, porovnání chování programů ALOHA a TerEx při měnícím se množství uniklé látky a upozornění na problematiku podlimitních objektů (podle zákona č. 224/2015 Sb.) v přímé blízkosti obydlených oblastí v Kladně. Tyto objekty mohou teoreticky představovat větší nebezpečí tím, že jsou ve větší blízkosti lidem a přitom nejsou na ně kladeny tak vysoké požadavky na zabezpečení ve srovnání s objekty zařazenými jako kategorie B nebo dokonce kategorie A umístěných za městem. Tento problém často pramení z rozrůstání zástavby městy, kdy objekty stojící původně mimo město jsou v průběhu času už na jeho kraji a později přímo v něm. Vzhledem k tomu jaké nebezpečí mohou objekty využívající nebezpečné látky představovat pro své nyní již obydlené okolí, nabízí se otázka, zda je způsob stanovení kategorie objektu dostatečný, když se posuzuje jen množství vybraných látek. Lepší postup by bylo určování kategorie objektu s ohledem nejen na množství, ale i okolí objektu a především na množství obyvatel v okolí. Nicméně toto je již na samostatnou práci, která by se tomuto tématu mohla věnovat do hloubky, jaké si zaslouží.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

IZS – Integrovaný záchranný systém

HZS – Hasičský záchranný sbor

ZZS – Zdravotnická záchranná služba

PCO – Pult centrální ochrany

ZDP – Zařízení dálkového přenosu

EPS – Elektronická požární signalizace

IDLH – Immediately dangerous to life and health

ERPG – Emergency response planning guideline

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) Nebezpečné látky. *Hasičský záchranný sbor České Republiky* [online]. b.r. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/nebezpecne-latky.aspx>
- (2) BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-807-3850-050.
- (3) *Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů*. In: . 2000, 239/2000. Dostupné také z: <http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?r=2000&cz=239>
- (4) *Zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon): Krizový zákon*. In: . 2000, ročník 2000, 240/2000 Sb. Dostupné také z: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=240&r=2000>
- (5) Pojmy a definice krizového řízení. *Hasičský záchranný sbor České Republiky* [online]. b.r. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/krizove-rizeni-a-cnp-ke-stazeni-ff.aspx?q=Y2hudW09Nw%3D%3D>
- (6) ŠENOVSKÝ, Michail, Vilém ADAMEC a Michal VANĚK. *Bezpečnostní plánování*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního

inženýrství, 2006. ISBN 978-808-6634-524.

- (7) *Dekontaminace (v požární ochraně)*. 1.vyd. Praha: SPBI, 2003. ISBN 80-86634-31-0.
- (8) ŠENOVSKÝ, Michail, Milan ORAVEC a Pavel ŠENOVSKÝ. *Teorie krizového managementu*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2012. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-807-3851-088.
- (9) *Krizové zákony: krizový zákon, integrovaný záchranný systém, hospodářská opatření pro krizové stavy, obnova území ; Hasičský záchranný sbor ; Požární ochrana : zákony, nařízení vlády, vyhlášky : redakční uzávěrka ..* Ostrava: Sagit, 2015. ÚZ. ISBN 978-807-4881-350.
- (10) KRÖMER, Antonín, Petr MUSIAL a Libor FOLWARCZNY. *Mapování rizik*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-807-3850-869.
- (11) ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií)*. In: . 2015, 224/2015.
- (12) KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše a Libor FOLWARCZNY. *Ochrana obyvatelstva*. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a

bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-134-7.

- (13) *Ministerstvo vnitra: Ukrytí obyvatelstva* [online]. b.r. [cit. 2018-04-22].
Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/ukryti-obyvatelstva.aspx>
- (14) BABINEC, František. *Management rizika: Loss Prevention & Safety Promotion*. Brno: Slezská Universita v Opavě, 2005.
- (15) BERNATÍK, A. *Prevence závažných havárií II*. 1. vyd. Ostrava: SPBI, 2006.
ISBN 80-86634-90-6.
- (16) SKŘEHOT, Petr. *Prevence nehod a havárií*. Vyd. 1. Česko: PINK PIG, 2009.
ISBN 978-808-6973-340.
- (17) KASAL, Martin. *Informační web HZS Karlovarského kraje: Únik čpavku se nedostal mimo stadion* [online]. 2011 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z:
<http://www.hzs-kvk.cz/mluvci/phprs/view.php?cisloclanku=2011110002>
- (18) KUBICA, Lukáš. *Havrijní plán zimního stadionu Kladno: Směrnice HP-1*. 2. vyd. Kladno, 2011.
- (19) ŠTOS, Jakub. *Stadion v Krnově musí po čtvrtém úniku čpavku projít revizí* [online]. 2011 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z:
https://ostrava.idnes.cz/stadion-v-krnove-musi-po-ctvrtem-uniku-cpavku-projit-revizi-prl-/ostrava-zpravy.aspx?c=A110427_110147_ostrava-zpravy_sot

- (20) TŘEKEŠ, Čeněk a Jiří MEIXNER. Čpavek zamořil pražský zimní stadion, zápach vyprázdnil i blízké školy. *IDnes* [online]. iDnes, 2010 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: https://zpravy.idnes.cz/cpavek-zamoril-prazsky-zimni-stadion-zapach-vyprazdnil-i-blizke-skoly-131-/domaci.aspx?c=A100615_084244_praha_cen
- (21) GROSSMANN, David. Ze zimního stadionu ve Znojmě unikl čpavek. *Deník.cz* [online]. 2007 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: https://www.denik.cz/z_domova/unik_cpavku_znojmo.html
- (22) *Hasiči prověřili svoji akceschopnost na kladenském zimáku* [online]. b.r. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <http://kladenskelisty.cz/166850/foto-hasici-proverili-svoji-akceschopnost-na-kladenskem-zimaku/#home>
- (23) ŠENOVSKÝ, Pavel. *Bezpečnost občanů a rizika v území*. 1. vydání. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-807-3851-729.
- (24) DOSS, Kevin a Charles SHEPHERD. *Active Shooter: Preparing for and Responding to a Growing Threat*. Butterworth-Heinemann, 2015. ISBN 9780128027837.
- (25) Typologie terorismu. *Ministerstvo vnitra České Republiky* [online]. b.r. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/cthh/clanek/terorismus-a-mekke-cile-typologie-terorismu-typologie-terorismu.aspx>

- (26) JANOŠEC, Josef. *O terorismu: pro pracovníky bezpečnostního systému*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-807-3850-975.
- (27) *Proces hoření: Trojúhelník hoření* [online]. b.r. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://www.guard7.cz/lexikon/proces-horeni>
- (28) KUČERA, Petr. *Požární inženýrství: dynamika požáru*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-074-6.
- (29) ČSN EN 2. *Třídy požárů*. 1994.
- (30) Definice pojmů. *Informační systém pro analýzy domino efektů* [online]. b.r. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.domino-efekty.cz/isde/definice-pojmu/>
- (31) *Výbuch páry vlivem varu vzniklý rozpínavostí kapaliny* [online]. b.r. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: http://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php/V%C3%BDbuch_p%C3%A1ry_vlivem_varu_vznikl%C3%BD_rozp%C3%ADnavost%C3%AD_kapaliny
- (32) BRUMOVSKÁ, Irena. *Požární ochrana: příručka pro podnikatele*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2004. ISBN 80-866-4031-0.

- (33) MOKOŠ, Ladislav. Základní požárně technické charakteristiky a jejich význam v technické praxi. *BOZPinfo* [online]. 2007 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/zakladni-pozarne-technicke-charakteristiky-jejich-vyznam-v-technicke-praxi>
- (34) ECKHOFF, Rolf. *Explosion Hazards in the Process Industries*. 2. Gulf Professional Publishing, 2016. ISBN 9780128032749.
- (35) ANTAKI, George. *Piping and Pipeline Engineering: Design, Construction, Maintenance, Integrity, and Repair Mechanical Engineering*. CRC Press, 2003. ISBN 9780203911150.
- (36) *Bojový řád jednotek požární ochrany - taktické postupy zásahu: Nebezpečí výbuchu: Metodický list 16/N*. MV GŘ HZS, 2017.
- (37) Čpavek. *Unipetrol: orlengroup* [online]. b.r. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.unipetrolrpa.cz/CS/NabidkaProduktu/petrochemicke-produkty/agrochemikalie/Stranky/cpavek.aspx>
- (38) Značení GHS / CLP - Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií. *Bezpečnostní tabulky* [online]. b.r. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostni-tabulky.cz/znaceni-latek-GHS-narizeni-CLP.html>
- (39) VYKOUK, Jaroslav. *Stručné dějiny Kladna* [online]. b.r. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: http://www.koralekkladno.cz/cz/leve-menu/mesto-kladno/historie/c872?format=detailed&id_startDocument=-1&subAction=newInput

- (40) *Kladenský ČEZ stadion čeká na novou střechu* [online]. b.r. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: https://kladensky.denik.cz/zpravy_region/kladensky-cez-stadion-ceka-na-novou-strechu-20171219.html
- (41) *Rekonstrukce střechy ČEZ stadionu se odkládá* [online]. b.r. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: https://kladensky.denik.cz/zpravy_region/rekonstrukce-strechy-cez-stadionu-se-odklada-20180205.html
- (42) ANANTHANARAYANAN, P.N. *Basic Refrigeration and Air Conditioning*. 3. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education, 2005. ISBN 978-00-70495-00-5.
- (43) *Kompresorové chlazení* [online]. b.r. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <http://www.iqenergy.cz/firmy/chlazení/kompresorove/kompresorove-chlazení/>
- (44) *Stadion Valley Parade v anglickém Bradfordu zažil před 30 lety jeden z nejhorších požárů ve fotbalové historii* [online]. b.r. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/110776-stadion-valley-parade-v-anglickem-bradfordu-zazil-pred-30-lety-jeden-z-nejhorsich-pozaru-ve-fotbalove-historii/>
- (45) *Bezpečnostní list zemní plyn odorizovaný. EON* [online]. b.r. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.eon-distribuce.cz/o-nas/distribucni-soustava/technicke-informace/plyn/-a14509---IORX0wk3/bezpecnostni-list>

- (46) KRATOCHVÍL, Václav, Šárka NAVAROVÁ a Michal KRATOCHVÍL. *Stavby a požárně bezpečnostní zařízení: malá encyklopedie požární bezpečnosti objektů a technologií*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010. ISBN 978-80-86640-53-2.
- (47) BROMANN, Mark. *Fire Protection for Commercial Facilities*. CRC Press, 2016. ISBN 9781439827215.
- (48) ČASTORÁL, Zdeněk. *Základy moderního managementu*. Vyd. 1. Praha: Univerzita Jana Amose Komenského, 2009. ISBN 978-808-6723-761.

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Kladenský zimní stadion 1951 (zdroj: ceskatelevize.cz).....	44
Obrázek 2 Zimní stadion na Kladně (autor: Bohumil Kučera).....	46
Obrázek 3 Půdorys strojovny se systémem chlazení (zdroj: Autor).....	47
Obrázek 4 Dräger senzor mezi zásobníky 1 a 2 (zdroj: Autor).....	48
Obrázek 5 Ovládací systém chlazení – zařízení v klidu (zdroj: Autor).....	50
Obrázek 6 Deskový výparník (zdroj: Autor).....	55
Obrázek 7 Futro pro vrtání branky shora (zdroj: Autor).....	56
Obrázek 8 Bokorys chladicího roštu s futrem pro branku (zdroj: Autor).....	57
Obrázek 9 Vodní stěna při cvičení HZS na Kladně 2018 (zdroj: J. Poláček) ...	67
Obrázek 10 Výstup programu ALOHA 5kg (zdroj: Autor)	75
Obrázek 11 Výstup programu TerEx 5kg (zdroj: Autor).....	75
Obrázek 12 Výstup programu Optizon (zdroj: HZS STČ).....	77
Obrázek 13 Výstup programu ALOHA 220kg (zdroj: Autor)	77
Obrázek 14 Výstup programu TerEx 220kg (zdroj: Autor).....	78
Obrázek 15 Výstup programu ALOHA 450kg (zdroj: Autor)	79
Obrázek 16 Výstup programu TerEx 450kg (zdroj: Autor).....	79
Obrázek 17 Výstup programu ALOHA 1000kg (zdroj: Autor)	80
Obrázek 18 Výstup programu TerEx 1000kg (zdroj: Autor).....	80
Obrázek 19 Výstup programu ALOHA 1500kg (zdroj: Autor)	80
Obrázek 20 Výstup programu TerEx 1500kg (zdroj: Autor).....	81
Obrázek 21 Výstup programu ALOHA 3000kg (zdroj: Autor)	82
Obrázek 22 Výstup programu TerEx 3000kg (zdroj: Autor).....	82
Obrázek 23 Výstup programu ALOHA 4500kg (zdroj: Autor)	82
Obrázek 24 Výstup programu TerEx 4500kg (zdroj: Autor).....	83
Obrázek 25 Výstup programu ALOHA 9000kg (zdroj: Autor)	84
Obrázek 26 Výstup programu TerEx 9000kg (zdroj: Autor).....	84

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 SWOT tabulka (zdroj: Autor)	71
Tabulka 2 Zadávané podmínky pro modelace (zdroj: Autor)	74
Tabulka 3 Výsledné vzdálenosti při simulovaných únicích (zdroj:Autor)	85
Tabulka 4 Výsledky modelací (zdroj: autor)	90

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Sběrač čpavku Kladno (zdroj: Autor)

Příloha 2 Zásobníky čpavku Kladno (zdroj: Autor)

Příloha 3 Ovládání kompresoru Kladno (zdroj: Autor)

Příloha 4 Čpavkový kompresor Kladno (zdroj: Autor)

Příloha 5 Zimní stadion Slaný (zdroj: Autor)

Příloha 6 Čpavkový kompresor, v pozadí sběrač čpavku Slaný (zdroj: Autor)

Příloha 7 Ovládací pult Slaný (zdroj: Autor)

Příloha 8 Vodní clona - cvičení HZS Kladno (zdroj: Josef Poláček)

Příloha 9 Evakuace raněných - cvičení HZS Kladno (zdroj: Josef Poláček)

Příloha 10 Provozní řád zimního stadionu Kladno

Příloha 11 Plán dozoru ve strojovně chladicího zařízení

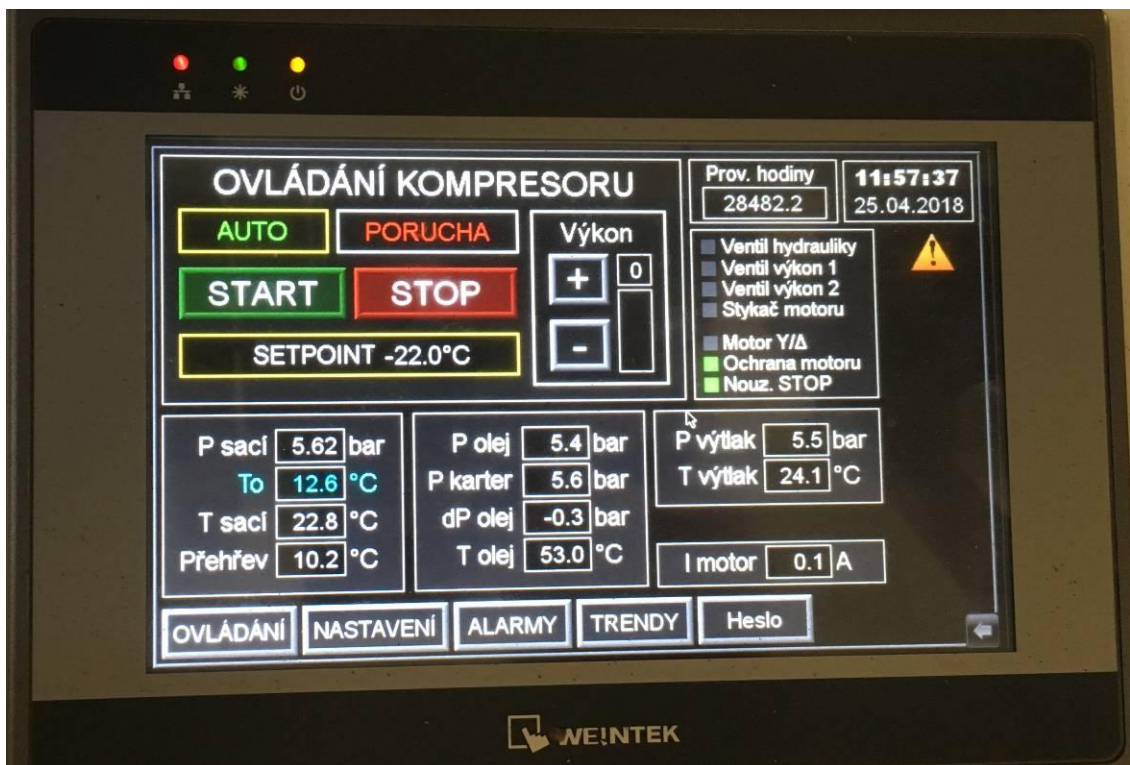
12.1 Fotografie zimního stadionu Kladno a Slaný

Příloha 1 Sběrač čpavku Kladno (zdroj: Autor)

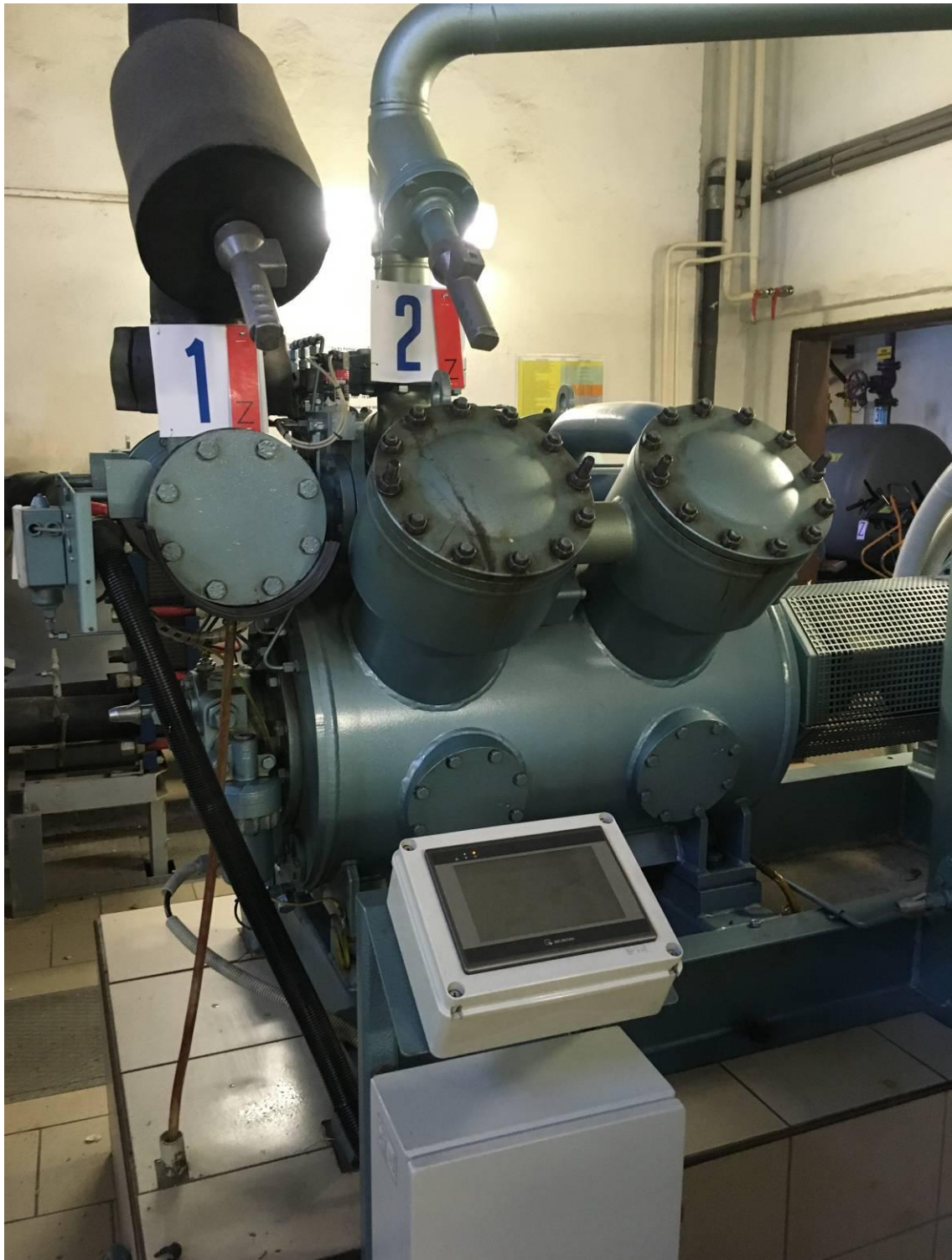


Příloha 2 Zásobníky čpavku Kladno (zdroj: Auotor)





Příloha 4 Čpavkový kompresor Kladno (zdroj: Autor)



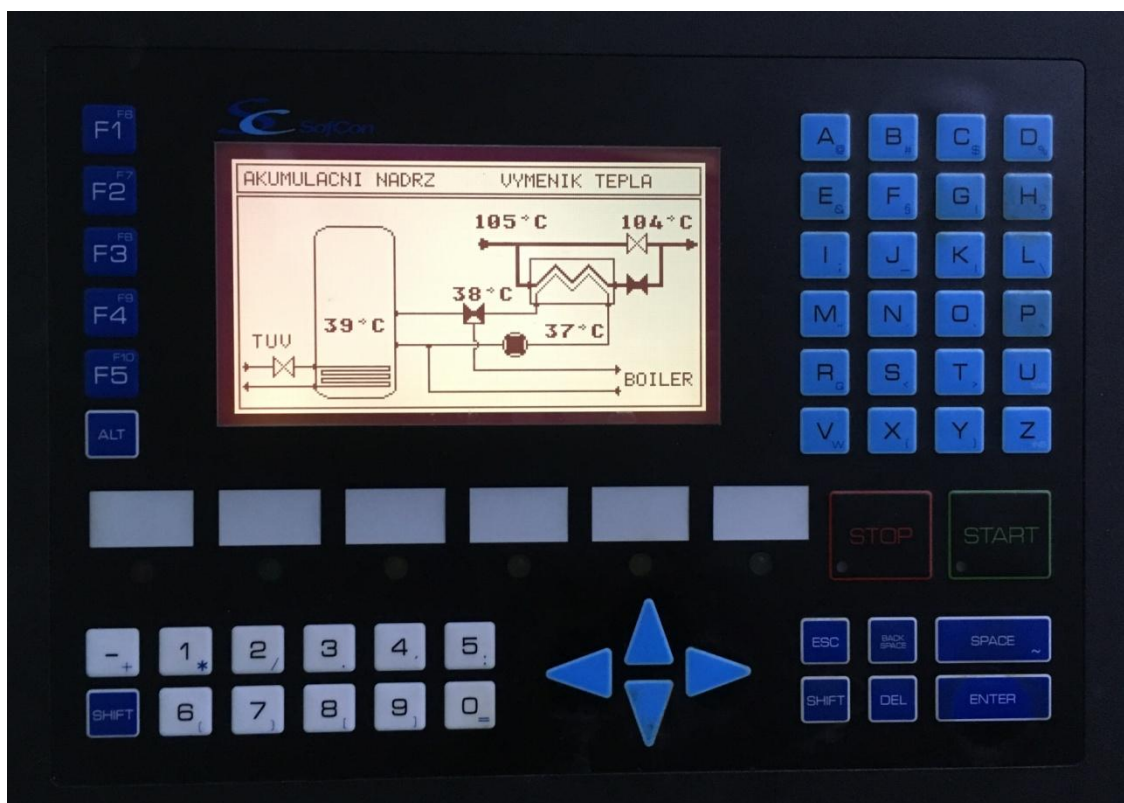
Příloha 5 Zimní stadion Slaný (zdroj: Autor)



Příloha 6 Čpavkový kompresor, v pozadí sběrač čpavku Slaný (zdroj: Autor)



Příloha 7 Ovládací pult Slaný (zdroj: Autor)



Příloha 8 Vodní clona - cvičení HZS Kladno (zdroj: Josef Poláček)





12.2 Další dokumentace zimního stadionu Kladno

12.2.1 Provozní řád zimního stadionu Kladno

Dokument ujasňuje základní povinnosti a kompetence při zajišťování provozu mezi jednotlivými subjekty provozovatele (SAMK) a nájemcem (HC Kladno s.r.o.). V dokumentu se vyjmenovávají dokumenty související s provozem a procesy na zimním stadionu. Dále se zde nachází kontaktní matice s telefonními čísly na zastupující členy jednotlivých subjektů souvisejících s provozem a jinými procesy týkající se zimního stadionu.

V kapitole odpovědnost jsou uvedeny jednotlivé odpovědnosti pronajímatele, včetně úkonů spojených se zamrazením lední plochy před zahájení sezóny, její údržbou a rozpouštěním, údržba technologických zařízení včetně revizí a zkoušek, správa stadionu jako celku jeho oprava a údržba a součinnost při konání extraligových utkání.

V navazující kapitole se pojednává o odpovědnosti nájemce, jakými jsou jednotlivé utkání a tréninky. Mimo jiné i pronájmy ledových ploch soukromým subjektům a bruslení pro veřejnost.

Poslední kapitola se týká záznamů o revizích jednotlivých zařízení společně s jejich výčtem.

Posledním bodem jsou pak změny v dokumentu a jeho přílohy.

12.2.2 Plán dozoru ve strojově chladícího zařízení

Dokument má tři části a to obecná část (vysvětlení), provádění dozoru a činnosti přesahující povinnosti dozoru dle návodu k obsluze.

V první části (obecná) se dokument věnuje vysvětlení termínů spojených s dozorem (provozní přestávka, zařízení v klidu a dozor nad chladícím zařízením).

V kapitole provádění dozoru jsou vypsány jednotlivé kontrolní činnosti při různých režimech o provozu včetně periodicity kontroly systému s následnou obchůzkou a způsobem zápisu do deníku strojovny.

Poslední části jsou konkrétně vyčteny jednotlivé činnosti, které nespádají do režimu běžné činnosti obsluhy. Zároveň se zde plán i zmiňuje o způsobu a podmínkách provádění servisních činností pouze dle návodu k obsluze a vždy ve dvojicích.