

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ  
PRÁCE**

**2018**

**TEREZA  
ZBOŘILOVÁ**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**

**Analýza technických rizik Plzeňského pivovaru**

**Analysis of the Pilsen Brewery Technical Risks**

Bakalářská práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Plánování a řízení krizových situací

Vedoucí práce: kpt. Mgr. Václav Hes

**Tereza Zbořilová**

## Z a d á n í   b a k a l á ř s k é   p r á c e

Student: **Tereza Zbořilová**  
Obor: Plánování a řízení krizových situací  
Téma: **Analýza technických rizik Plzeňského pivovaru**  
Téma anglicky: The Analysis of Pilsen Brewery's Technical Risks

### Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

Předmětem bakalářské práce bude analýza technických rizik Plzeňského pivovaru, které by mohly mít bezpečnostní dopad na obyvatelstvo města Plzně.

V teoretické části budou vymezeny základní pojmy spojené s problematikou analýzy rizik objektu. Bude popsán objekt Plzeňského pivovaru. Dále budou charakterizovány softwarové nástroje, které budou využity v praktické části bakalářské práce.

Praktická část se bude zabývat vlastní analýzou technických rizik pivovar. Půjde především o rizika, jako je požár, únik nebezpečné látky a povodeň v prostoru Plzeňského pivovaru s možností následného domino efektu. K analýze bude využit software Riskan a Terex. V závěru bude vyhodnocení a vyobrazení výsledků bakalářské práce pomocí tabulek a grafů.

### Seznam odborné literatury:

- [1] ŠÍN, Robin, *Medicína katastrof*, Praha: Galén, 2017, ISBN 978-80-7492-295-4
- [2] BERNATÍK, Aleš, *Prevence závažných havárií II*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství II., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006, ISBN 80- 86634-90-6
- [3] MIKA, O. J., MATOUŠEK, J., *Hodnocení rizik souvisejících s použitím kapalného amoniaku*, *Chemické listy*, ročník 105, číslo 7, 2011, 514-517 s., ISSN 0009-2770

Zadání platné do: 20.09.2019  
Vedoucí: Mgr. Václav Hes  
Konzultant: Ing. Petr Holeček

.....  
vedoucí katedry / pracoviště

.....  
děkan

V Kladně dne 11.12.2017

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Analýza technických rizik Plzeňského pivovaru vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Plzni dne 18. 05. 2018

.....  
podpis

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu Mgr. Václavu Hesovi za odborné vedení, cenné rady a připomínky. Dále bych chtěla poděkovat společnosti Plzeňský Prazdroj, a. s. za umožnění realizace této práce a jmenovitě bych chtěl poděkovat Ing. Petru Holečkovi a Ing. Tomášovi Dytrychovi za spolupráci, poskytnutí všech potřebných materiálů a zodpovězení všech mých otázek. Rovněž bych chtěla poděkovat celé své rodině za její podporu a trpělivost při mém studiu.

## **Abstrakt**

Tématem bakalářské práce je Analýza technických rizik Plzeňského Pivovaru, která by mohla mít bezpečnostní dopad na zaměstnance podniku a obyvatele města Plzně. Práce je zpracována hlavně ze zdrojů pivovaru, HZS Plzeňského kraje a ze znalosti prostředí daného objektu.

Teoretická část se zabývá definicí pojmů, popisem areálu objektu, hlavními vybranými bezpečnostními riziky a softwarových nástrojů. Vzhledem k tomu, že se podnik nachází v centru města, je zde popsáno i ohrožení v podobě domino efektu. Dále je v této části vyobrazená povodňová situace v podniku v roce 2002.

V praktické části je zpracovaná analýza rizik pomocí softwaru Riskan a TerEx. Pomocí počítačového softwaru Riskan je zpracována komplexní analýza rizik podniku, nýbrž softwarem TerEx je vymodelován únik nebezpečné látky a to zdraví škodlivého amoniaku, který je stěžejní pro technologii v podniku jako chladicí medium.

Výsledky jsou vyobrazeny pomocí tabulek, grafů a samostatnou modelací úniku látky. Díky taktickému cvičení IZS, které v podniku proběhlo v roce 2013, jsou využity další informace a poznatky, které jsou taktéž zainteresovány ve výsledcích práce. Na závěr jsou stanovena vybraná bezpečnostní opatření a návrhy pro posílení bezpečnosti podniku.

## **Klíčová slova**

Analýza rizik, Plzeňský Pivovar, a. s., amoniak, areál podniku, RISKAN, TerEx

## **Abstract**

The bachelor's thesis contains the Analysis of technical risks of the Pilsen Brewery which may have impact on the safety of company's employees and of Pilsen citizens. The work is primarily based on the documentation and other information sources from brewery, fire brigade (HZS) of Pilsen region, and on the knowledge of environment.

The theoretical part contains the definitions of concepts, the description of the company's site, selected safe and healthy risks and the introduction to software tools. Given the fact that the company is located in the town centre the work also describes domino effect threat. This part furthermore depicts flood situation in 2002.

The practical part processes the risk analysis through Riskan and TerEx software. Riskan software is used to create a comprehensive risk analysis of the company and TerEx software is used as a tool to model potential leak of a hazardous substance, particularly ammonia, which is used for the company's technology as a cooling medium.

The results are presented in the form of charts, tables and the modelling of a substance leak itself. Further information and knowledge from the results of tactical training of HZS which took place in the company in 2013 has been included in the analysis. The conclusion part determines selected safety precautions and proposals on the reinforcement of the safety of the company.

## **Keywords**

Risk analysis, Pilsner Urquell, a. s., Ammonia, Factory komplex, RISKAN, TerEx

## Obsah

1	Úvod.....	11
2	Současný stav .....	13
2.1	Základní pojmy.....	13
2.2	Historie podniku.....	15
2.3	Popis areálu podniku .....	16
2.4	O výrobě piva.....	18
2.5	Popis rizika úniku nebezpečné látky .....	19
2.5.1	Nebezpečí úniku amoniaku.....	19
2.5.2	Ostatní nebezpečné látky v podniku.....	21
2.6	Popis požárních rizik .....	23
2.6.1	Palety a přepravky .....	23
2.6.2	Výbušné směsi .....	23
2.6.3	Hořlavé látky .....	24
2.7	Popis rizik spojených s povodní.....	25
2.8	Analýza rizik .....	26
2.9	Hodnocení rizik .....	28



2.10	Charakteristika SW nástrojů.....	28
2.10.1	TerEx.....	28
2.10.2	Riskan.....	30
3	Cíl práce.....	31
4	Metodika.....	32
4.1	Postup modelace úniku NL pomocí softwaru TerEx.....	32
4.2	Zpracování analýzy rizik pomocí softwaru Riskan.....	33
5	Výsledky.....	34
5.1	Modelace úniku čpavku pomocí softwaru TerEx.....	34
5.2	Analýza rizik pomocí SW Riskan.....	36
5.2.1	Číselníky aktiv, hrozeb, zranitelnosti a rizika.....	36
5.2.2	Aktiva.....	37
5.2.3	Hrozby.....	39
5.2.4	Zranitelnost.....	40
5.2.5	Výsledné riziko.....	41
5.3	Výsledný graf.....	42
5.4	Preventivní technická a organizační opatření.....	43

5.5	Navržená opatření.....	44
6	Diskuze.....	46
7	Závěr.....	52
8	Seznam použitých zkratek.....	53
9	seznam použité literatury.....	55
10	Seznam použitých obrázků.....	59
11	Seznamu použitých tabulek.....	60
12	Seznam Příloh.....	61

# 1 ÚVOD

Od počátku historického vývoje lidské společnosti se rozvíjí i její ochrana. Dříve mimořádné události ohrožovaly lidstvo pouze na bázi přírodních sil. V průběhu rozmachu průmyslu a dopravy se také začínají objevovat antropogenní mimořádné události, tedy události zapříčiněné člověkem, které se mohou kombinovat i s těmi přírodními. Proto má každá rozvinutá společnost k přípravě na mimořádné události velkého rozsahu přijaté právní, technické a organizační soubory a další ochranná opatření, kterými minimalizují a překonávají následky mimořádné události. Kvalitně zpracovaná analýza rizik do značné míry ovlivňuje připravenost společnosti a to jak před přírodními hrozbami, tak i před hrozbami antropogenního původu.

V práci se soustřeďuji na mimořádné události v pivovaru, a to v jednom z nejznámějších a nejrenomovanějších, v plzeňském.

Prostředí Plzeňského pivovaru znám již mnoho let a často jej navštěvuji. Je to místo, kde se nejen vaří pivo, ale slouží i pro setkávání lidí a pro jejich kulturní, sportovní a společenské vyžití. Zejména během léta v pivovaru probíhá spousta akcí, namátkou třeba pravidelné čtvrtěční koncerty na stagi před návštěvnickým centrem a hlavně je zapotřebí vzpomenout na pravidelný Pilsner Fest, kterým nejenom Plzeňané, ale i návštěvníci ze všech koutů naší vlasti a i zahraniční turisté oslavují uvaření první várky Bavorem Josefem Grollem v říjnu roku 1842.

Bakalářská práce pojednává o analýze technických rizik Plzeňského pivovaru, jako jsou např. požár, povodeň nebo únik nebezpečné látky. Jedná se o rizika s přímým možným dopadem na zdraví a životy lidí - zaměstnanců pivovaru a obyvatel města Plzně. Bakalářská práce se potom ale nezabývá riziky či dopady

na ztráty či znehodnocení surovin nebo piva nebo mající jako důsledek jiné materiální škody.

Práce se zabývá popisem objektu Plzeňského pivovaru a jeho okolí. Dále jeho historií a současným stavem. Také uvádí analytické metody a terminologii, která je spojena s problematikou analýzy rizik objektu.

Pomocí softwarového nástroje RISKAN se zhotoví celková analýza technických rizik podniku a pomocí softwarového nástroje TerEx bude znázorněna simulace úniku a následné rozptřeni nebezpečné látky. Na základě výsledků budou navržena bezpečnostní opatření pro zaměstnance podniku a blízkého okolního obyvatelstva města Plzně včetně přilehlých objektů Plzeňského pivovaru.

## 2 SOUČASNÝ STAV

K dané problematice a vybranému tématu je potřeba znát několik základních pojmů. Jelikož se práce zabývá analýzou rizik, je třeba vysvětlit pojmy, jako jsou analýza rizik, aktivum, hrozba, zranitelnost atd.

### 2.1 Základní pojmy

#### **Analýza rizik**

*„Metodický nástroj pro zjištění a ocenění rizik“ [1, str. 172]*

Proces, kdy dojde k identifikaci hrozby, pravděpodobnosti jejich uskutečnění a dopadu na chráněné zájmy, tedy určení rizik a jejich závažnosti. Analýza rizik zahrnuje: *identifikaci aktiv (definování posuzovaného subjektu a popis aktiv, které mu náleží), stanovení hodnoty aktiv (stanovení hodnoty aktiv a jejich význam pro subjekt, ohodnocení možného dopadu jejich ztráty, změny či poškození na existenci či chování subjektu), identifikaci hrozeb (definování druhů událostí a akcí, které mohou ovlivnit negativně hodnotu aktiv, určení slabých míst subjektu, která mohou způsobit hrozbu), stanovení závažnosti hrozeb a míry zranitelnosti (určení pravděpodobnosti výskytu hrozby a míry zranitelnosti subjektu vůči dané hrozbě) [2, str. 94]*

#### **Aktivum**

*„Aktivum je všechno, co má pro subjekt hodnotu, která může být zmenšena působením hrozby. Základním rysem aktiva je hodnota aktiva, která je založena na objektivním vyjádření obecně vnímané ceny nebo na subjektivním ocenění důležitosti aktiva pro daný subjekt, popřípadě kombinaci obou přístupů. Hodnota aktiva je relativní v závislosti na úhlu pohledu hodnocení.“ [2, str. 95]*

## **Domino efekt**

*„Proces, ve kterém nehoda u jedné instalace, zařízení nebo předmětu vede ke vzniku následných nehod u sousední instalace, zařízení nebo předmět a tím je vyvoláno stupňování dopadů nehody v území.“ [1, str. 166]*

Domino efekt je možnost zvýšení pravděpodobnosti vzniku závažné havárie nebo zhoršení její následků v důsledku vzájemné blízkosti zařízení, podniků nebo skupiny podniků a v nich umístění nebezpečných látek. Jedním z cílů je zvýšení bezpečnosti v areálech podniků, je vzájemné informování. Registr podniků, sousedních podniků nebo jejich skupin, při kterých by se riziko závažné havárie nebo následky závažné havárie mohli zhoršit z důvodu jejich zeměpisné polohy nebo jejich vzájemné blízkosti a z důvodu jejich zásob nebezpečných látek, je součástí informačního systému prevence závažných havárií. [3]

## **Hrozba**

*„Hrozba je síla, událost, aktivita nebo osoba, která má nežádoucí vliv na bezpečnost nebo může způsobit škodu. Základní charakteristikou hrozby je její úroveň. Úroveň hrozby se hodnotí podle faktorů nebezpečnosti, přístupu a motivace. Škoda, kterou způsobí hrozba při jednom působení na určité aktivum, se nazývá dopad hrozby.“ [2, str. 95]*

## **Nebezpečí**

Jde o vlastnost nebezpečné látky nebo fyzické či fyzikální situace vyvolávající možnost vzniku závažné havárie. Nebezpečí je latentní vlastnost látky nebo jevu, děje a faktoru způsobit neočekávaný negativní jev. Jako objekty je třeba zahrnovat veškeré technické zařízení, látky a materiály, organizaci práce a jiné činnosti, které mohou ohrozit zdraví a životy lidí, způsobit materiální škody anebo poškodit životní prostředí. Nebezpečí provází každý subjekt, projeví se pouze tehdy, je-li člověk jejímu vlivu vystaven. Synonymem je pojem zdroj rizika. [4]

## **Riziko**

*„Riziko je míra nepřijatelných dopadů způsobených pohromou o velikosti rovné hodnotě ohrožení. Riziko je pravděpodobná velikost škod, ztrát a újmy na chráněných zájmech, které odpovídá ohrožení od pohromy, které je normativně stanovené“ [1, str. 156]*

*„Riziko vzniká vzájemným působením hrozby a aktiva. Hrozba, která nepůsobí na žádné aktivum, nemusí být při analýze rizik brána v úvahu. Aktivum, na které nepůsobí žádná hrozba, není předmětem analýzy rizik.“ [2, str. 96]*

## **Zranitelnost**

*„Zranitelnost je nedostatek, slabina nebo stav analyzovaného aktiva, který může hrozba využít pro uplatnění svého nežádoucího vlivu. Tato veličina je vlastností aktiva a vyjadřuje, jak citlivé je aktivum na působení dané hrozby. Zranitelnost vznikne všude tam, kde dochází k interakci mezi hrozbou a aktivem.“ [2, str. 96]* Úrovně zranitelnosti se hodnotí podle její citlivosti a kritičnosti.

## **2.2 Historie podniku**

Plzeňský pivovar nesl původně název Měšťanský pivovar a byl založen roku 1839. Pro výstavbu bylo zvoleno místo tehdejšího předměstí Bubeneč, které mělo dostatek kvalitní pramenité vody a pískovcového podloží pro vybudování sklepů. V pivovaře se mělo původně vařit pivo bavorského typu. Po uvaření první várky piva bavorským sládkem Josefem Grollem, tehdejším mistrem v pivovarnictví roku 1842, kdy sládek vytvořil unikátní recepturu z domácích českých surovin, si pivovar nechal roku 1859 zapsat svoji ochrannou známku Plzeňské pivo. Již v roce 1856 se Plzeňské pivo začalo prodávat ve Vídni a roku 1862 se dostalo až do Paříže. Časem se k Měšťanskému pivovaru připojil První akciový pivovar, dnes známý pod jménem Gambrinus a Plzeňský společenský pivovar Prior.

Po čase, kdy se všechny pivovary spojily, začalo nést společenství pivovarů jedinečný název Plzeňský prazdroj, a. s. [5]

Na počátku 20. století se pivovar stal moderním podnikem, kterému stále rostla produkce. V roce 1913 společnost vařila více než milion hektolitrů piva za rok. Silný rozvoj pivovaru byl omezen nejdříve dvěma světovými válkami a po té i znárodněním. Až později v roce 1998 společnost poprvé v historii dosáhla hranice pěti miliónů hektolitrů za rok. V roce 2002 se Plzeňský prazdroj a. s. spojil s Pivovarem Radegast a. s. a s Pivovarem Velké Popovice a. s. po té se pivovar připojil k South African Breweries Plc, k jedné z největších pivovarnických skupin na Světě. [6]

Skupina South African Breweries prodělala masivní rozvoj a v roce 2006 po sloučení s americkým gigantem Miller Breweries se přejmenovala na SABMiller. V roce 2016 potom skupina SABMiller zanikla, byla koupena pivovarnickou skupinou InBev, a Plzeňský Prazdroj byl prodán japonské pivovarnické skupině ASAHI, která je dodnes jeho majitelem. [7]

### **2.3 Popis areálu podniku**

Objekt pivovaru se rozprostírá téměř v centru města Plzně o rozloze přibližně 56,5 ha. V okolí je typická městská infrastruktura a spousta míst, kde se denně vyskytuje vysoká koncentrace lidí. V oblasti do 2 km od hranice objektu se denně pohybuje přibližně 23 000 obyvatel. Naproti objektu stojí hotel Angelo s kapacitou 144 pokojů, hned za ním se nachází Okresní soud města Plzně a Hlavní vlakové nádraží města Plzně. Vedle hotelu Angelo se potom staví nové kancelářské budovy, které mají být zprovozněny do dvou let a počet lidí pohybujících se v okolí pivovaru ještě zvýší. V blízkosti pivovaru se nacházejí dvě nákupní střediska Hornbach a Albert. Dále pivovar sousedí na východní a severovýchodní straně s fotbalovým stadionem Viktoria Plzeň, železniční tratí a elektrárnou Plzeňská teplárenská. V neposlední řadě se u popisovaného objektu na západní



a severozápadní straně slévají řeky Mže s Radbuzou v Berounku. K pivovaru přiléhají 4 obytné domy (tzv. Kroftovy domy), kde se pronajímá 62 bytů, kde trvale žije přibližně 150 osob.

Areál je rozdělen na dvě části a to na část veřejně přístupnou a část veřejně nepřístupnou. Ve veřejně přístupné části se nachází budova generálního ředitelství, budova oddělení Supply Chain, tzv. Libuše, restaurace Na Spilce, návštěvnické centrum, sportovní hala a budova, kde sídlí informační systémy, tzv. Vila.

Objekty v areálu jsou členěny dle druhu výroby na provoz Gambrinus a Prazdroj. V areálu se nachází budovy s různým využitím. Část budov je využívána pro administrativní účely, ostatní pak slouží k provozu, výrobě a skladování. Všechny budovy v areálu jsou uvedené v příloze A.



Obr. 1 Mapa Plzeňského Pivovaru [8]

## 2.4 O výrobě piva

V Plzeňském pivovaru se vaří devět značek piva plzeňského typu (Pilsner Urquell, Gambrinus, Kozel, Radegast, Birel, Excelent, Master, Klasik, Primus) a dvě značky ochuceného piva (Frisco, Kingswood). Základními surovinami pro výrobu piva jsou ječný slad, chmel, voda a speciální kmeny pivovarských kvasinek. Celková výroba probíhá v několika fázích. V první řadě je to sladování ječmene.

Cílem sladování ječmene je aktivace enzymů v obilných zrnech. Tyto enzymy potom pozitivně působí při dalším procesu výroby piva při štěpení škrobů na jednodušší a snáze zkvasitelné cukry.

Základ pro výrobu sladu, ze kterého se posléze vaří pivo Prazdroj, tvoří odrůdy sladovnického ječmene Tolar a Bojos. Základem pro výrobu piva Gambrinus je slad z odrůd Jersey, Diplom a Malz, i když odrůdová skladba se neustále vyvíjí, nicméně vždy slad pochází z Čech nebo z Moravy.

K výrobě jsou zapotřebí 3 hlavní fáze sladování ječmene:

Krok 1 – namáčení - kdy se zrna nechají ve vodě nabobtnat a zahájí klíčení – obvykle trvá 2 dny. Potom krok 2 – klíčení - "probíhá v tzv. Saladinových skříních (velkých betonových vanách vybavených klimatizací a mechanickým převrácením klíčícího zrna)" klíčí ječmen se pravidelně převrací a tím provzdušňuje, čímž se umožní přístupu kyslíku a snižuje se teplota. Po 3 až 5 dnech se naklíčený ječmen usuší a upraží, čímž se zastaví proces klíčení a zrna dostávají různé barvy a příchutě v závislosti na použité teplotě, od běžných světlých sladů přes bavorské až po karamelové, používané k výrobě černých piv. [9]

Vyrobený slad se po určité době odležení použije na druhou fázi výroby - „*příprava mladiny, se opírá o proces rmutování. Během něj dochází k přeměně cukernatých složek sladu do takzvané sladinky. Ta se po oddělení od zbytku sladového šrotu (mláta)*

povaří s chmelem. Během tzv. chmelovaru přecházejí hořké látky z chmele do roztoku. Vzniká mladina, která se ještě horká zbavuje chmele a zbytků kalů. Koncentrace extraktu mladiny rozhoduje o stupňovitosti piva a tím i o obsahu alkoholu.

*Mladina je přečerpána do vířivé kádě, na jejímž dně se usazují jemné kaly, poté odpočívá a chladí se na 6 - 7 °C. Následné zakvašení vlastní kulturou kvasnic probíhá v kovových cylindrokónických tancích (CKT) ve dvou oddělených fázích – kvašení a zrání. Při kvašení se část mladiny činností kvasinek přeměňuje na alkohol a oxid uhličitý. Řízení celého procesu usnadňuje sládkům počítačová technika. Následnou filtrací se odstraňují zbylé kvasinky. Poté už se pivo plní do transportních nádob – cisteren, KEG sudů, lahví a plechovek.“ [10, str. 1]*

## **2.5 Popis rizika úniku nebezpečné látky**

V Plzeňském Prazdroji probíhá celý proces výroby piva. Od příjmu a úpravy vstupních surovin pomocnými látkami přes vlastní výrobu (vaření) piva po jeho stáčení, skladování a distribuci. Každá fáze procesu má svá specifika a vyžaduje použití různých vstupních surovin a pomocných látek, včetně látek a směsí s nebezpečnými vlastnostmi. Dále je používáno velké množství pomocných nebezpečných látek i pro potřebu údržby a provozu technologických zařízení, prováděné čištění a sanitace, úpravy vody.

Nebezpečné chemické látky a směsi potřebné k těmto procesům jsou ve větším množství skladovány hned v několika objektech areálu a jsou používány a dočasně skladovány na konkrétních vyhrazených místech.

### **2.5.1 Nebezpečí úniku amoniaku**

Mezi nejvýznamnější činnosti s vlivem na bezpečnost patří tzv. čpavkové hospodářství. Amoniak  $\text{NH}_3$  je bezbarvý plyn ostrého štiplavého a dráždivého zápachu. Je toxický, zásaditý a lehčí než vzduch. Je nebezpečnou látkou,

která při vdechování poškozuje sliznici. Může být v plynném nebo kapalném skupenství. Z kapalného stavu se při odpařování tvoří chladná mlha, která je těžší než vzduch. Je málo hořlavý, ale se vzduchem tvoří leptavé výbušné směsi. Na člověka působí agresivně. V kapalném i plynném skupenství silně dráždí a leptá oči, dýchací cesty, plíce a pokožku. „Způsobuje dráždivý kašel a dušnost.“ [11, str. 156] Amoniak v kapalném skupenství způsobuje silné omrzliny. Při vdechnutí vyšší koncentrace může poškodit plíce a způsobit smrt. Velmi dobře se amoniak rozpouští ve vodě a tvoří zásaditý roztok hydroxid amonný. [12]

Čpavek se používá jako medium ke chlazení piva, respektive meziproduktů, které při výrobě piva vznikají, zejména mladiny a mladého piva. Chladicí systém je tvořen dvěma samostatnými od sebe oddělenými chladicími okruhy pivovaru Prazdroj (PU) a pivovaru Gambrinus (GA) s celkovou projektovanou kapacitou do 58 tun čpavku. Doplnění chladiva probíhá 1 – 2 x ročně, většinou po údržbě. [13]

Chladicí zařízení provozu Prazdroj má celkový objem 36 tun amoniaku a je tvořeno strojovnou, (kde jsou umístěny kompresory, sběrače, výměníky, expanzní nádrže, čerpadla) a sály CKT (oddělení cylindro-konických tanků, tzv. CKT, kde pivo kvasí a leží). Tlakové nádoby jsou opatřeny pojišťovacími ventily, ocelovým potrubím a dělicími armaturami, které jsou ruční a automatické. Kvůli bezpečnosti jsou ve strojovně a na sálech umístěny detektory úniku čpavku. Na střeše objektu jsou umístěny kondenzátory čpavku. Venkovní prostory střech jsou též detekovány. [13]

Chladicí zařízení provozu Gambrinus má celkovou náplň 22 tun amoniaku. Je tvořeno též strojovnou (kompresory, výměníky, expanzní nádrže a čerpadla). Čpavkové kondenzátory a sběrače jsou umístěny vně strojovny, sběrače čpavku jsou umístěny na volné ploše v záchytné jímce. Tento nebezpečný plyn je přítomen v kondenzátorech, sběračích a výparnicích, propojených potrubím.

Z uvedeného důvodu je nutno počítat s možností úniku při poruše zařízení, nebo při jeho poškození. K úniku čpavku může dojít z různých důvodů, zejména však neúmyslným mechanickým poškozením zásobníků, nebo rozvodů, mechanickou závadou na zařízení, případně jeho destrukcí. [14]

### 2.5.2 Ostatní nebezpečné látky v podniku

V areálu pivovaru se však nacházejí i další nebezpečné látky.

V budově pro úpravu surové vody, která se nachází v blízkosti centrální stáčírny, se voda před vstupem do výroby upravuje na požadovanou technologickou jakost pomocí kyseliny sírové a kyseliny chlorovodíkové. Obě kyseliny se skladují v kontejnerech vedle objektu o množství 5 - 6 tun. [15]

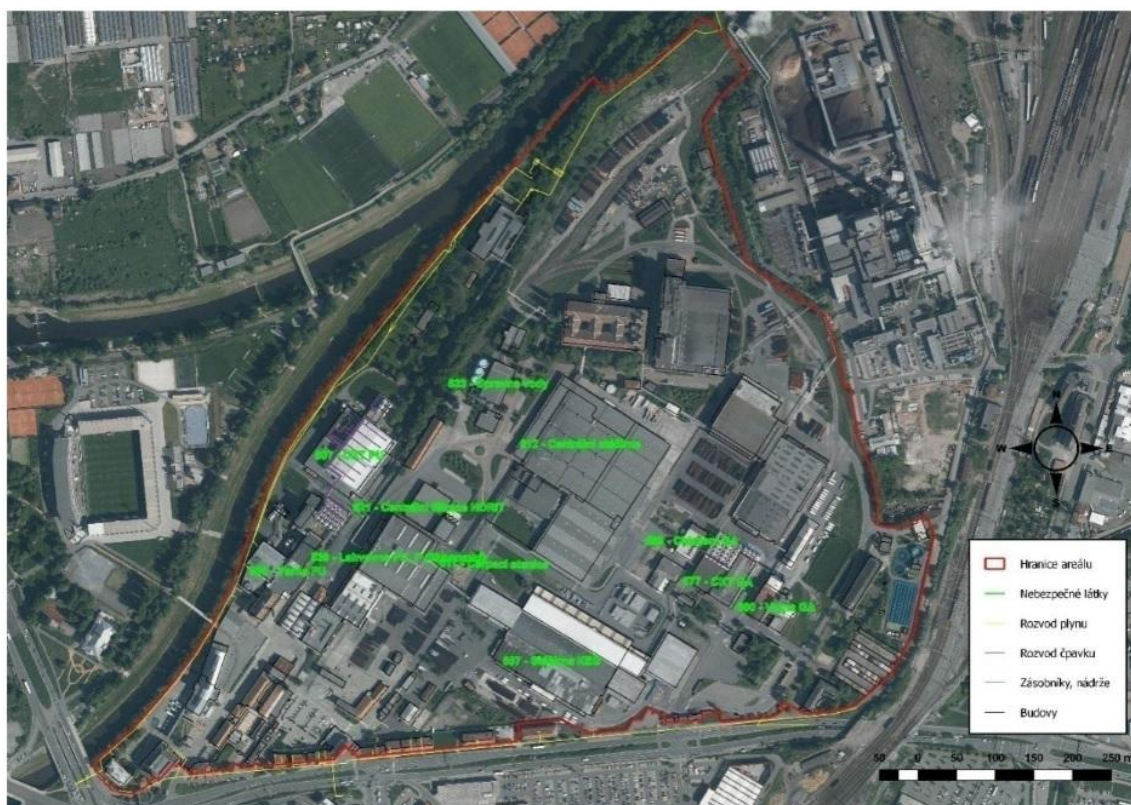
V objektu prazdrojské varny se využívají k dokonalému vyčištění veškerého strojního zařízení a potrubních systémů, které přicházejí do styku s potravinou tzv. sanitační stanice CIP (z anglického Clean-In-Place), ve kterých se nacházejí kontejnery IBC (z anglického Intermediate Bulk Container, standardní označení pro kontejnery na tekuté látky, obvykle v objemu 1 000 litrů) nebo sudy s velkým množstvím různých chemických látek a směsí. Sanitační stanice CIP se dále nacházejí i v budovách CKT Prazdroj, varna Gambrinus a CKT Gambrinus. [15]

Ve stáčírně Simonazzi se chemické látky a směsi skladují v plastových sudech nebo IBC kontejnerech umístěných na záchytných vanách. V suterénu budovy se pak nachází pět tanků, ve kterých se skladuje 50% roztok NaOH o množství 80 tun. [15]

V centrální filtraci NORIT jsou chemické látky a směsi skladované v tancích o objemu 5 až 10 tis. litrů, které jsou umístěny v záchytných jímkách. Další chemické látky a směsi v budově jsou skladovány v kontejnerech IBC, které jsou umístěné v záchytných vanách. Agresivní odpadní vody z tohoto provozu jsou

čerpány do suterénu, kde jsou umístěny 4 neutralizační tanky, kde probíhá automatická neutralizace pomocí kyseliny sírové. Neutralizační tanky jsou také umístěny v záchytné jímce. Zneutralizovaná odpadní voda je potom automaticky vypouštěna do splaškové kanalizace. Dále jsou zde na záchytné vaně v prostoru CIP stanice umístěny chemické látky a směsi pro sanitaci ultrafiltrační jednotky pro recyklaci vody. Na hale u operátorského stanoviště filtrace je dále umístěn klimatizovaný kontejner, v kterém jsou skladovány zejména vysoce hořlavé suroviny obsahující různé koncentrace etanolu pro ochucené produkty. [15]

Objekt čerpací stanice LPG skladuje zkapalněný plyn (propan), který se používá jako palivo pro manipulační vozíky a jiná vozidla na tento pohon. Propan je umístěn v tanku o objemu 15,3 m<sup>3</sup> u průmyslové čerpací stanice na oplocené betonové ploše. Stabilní čerpací stanice propanu se nachází na volném prostranství uprostřed závodu. [8]



Obr. 2 Objekty s nebezpečnými látkami v podniku [8]

## 2.6 Popis požárních rizik

Mezi nejvýznamnější požární rizika v podniku patří vzplanutí volných palet a umělohmotných přepravek na pivo a dále rizika spojená s uskladněním a používáním výbušných směsí a hořlavých látek. [8]

### 2.6.1 Palety a přepravky

Palety a přepravky se skladují ve vrstvách – přepravky zpravidla v osmi vrstvách nad sebou na paletě, a takto zaplněné palety zpravidla potom v maximálně 3 vrstvách nad sebou. Jak dřevo, tak plast jsou hořlavé látky, navíc díky konstrukci přepravek vzniká při hoření tzv. komínový efekt, který zvyšuje intenzitu hoření a rozšiřování ohně. Proto musí být uskladnění těchto komodit pečlivě kontrolováno. Venkovní uskladnění musí být odděleno od budov ve vhodné vzdálenosti kvůli vysoké teplotě požárů volných palet a beden. Přepravky s prázdnými lahvemi se při požáru chovají jinak než přepravky prázdné. Doba odhořívání je u prázdných přepravek tři krát kratší než u přepravek s lahvemi.

Při požáru je vždy nejpodstatnější včasný prvotní zásah např. při zahoření okamžité uhašení hasicím přístrojem. U prázdných přepravek je již po sedmi minutách požár značně rozšířen. Při výšce stohu 5 m prázdných přepravek šlehají plameny při požáru do výšky přibližně 12 metrů. [8]

### 2.6.2 Výbušné směsi

Výbušné směsi jsou směsi hořlavých látek (plynných, kapalných a tuhých) se vzduchem, které mohou vytvořit výbušnou směs. Jejich vznik je možný při technologickém procesu (rostlinné prachy) anebo při poruchách technických zařízení (úniky hořlavých plynů). V podniku se mohou vyskytovat především tyto výbušné směsi:

- čpavek ve směsi se vzduchem ve strojovnách chlazení,
- propan ve směsi se vzduchem v čerpacích stanicích LPG,
- zemní plyn a bioplyn ve směsi se vzduchem v kotelnách,
- bioplyn, sirovodík a vodík ve směsi se vzduchem v čistírnách a předčistírnách odpadních vod,
- směs obilného a sladového prachu se vzduchem v objektech příjmu ječmene a sladu, na sladovnách a silech varen,
- acetylén ve směsi se vzduchem na údržbách závodů,
- vodík ve směsi se vzduchem v myčkách, nabíjecích stanicích a laboratořích
- kvasniční prach ve směsi se vzduchem
- lihové směsi
- prach jemných pilin při obrábění dřeva

Výbuch směsí je nebezpečný nejen svými následky, ale především možností vzniku domino-efektu a s dalšími událostmi spojené s tímto jevem. [15]

### 2.6.3 Hořlavé látky

Ve společnosti se vyskytují především tyto hořlavé látky, klasifikované dle zákona č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů:

- lehké topné oleje jako havarijní zásoba v kotelnách,
- ropné látky ve skladech ropných látek, autodílnách a dílnách údržby,
- chemické látky v laboratořích, skladech, v CIP stanicích provozů,
- alkohol (lihoviny) ve skladech alkoholů na víno a pivo
- izolace kabelů a součásti elektroinstalací,
- nátěrové hmoty ve skladech barev,



Dále se v podniku vyskytují rovněž hořlavé látky, které zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů nezahrnuje:

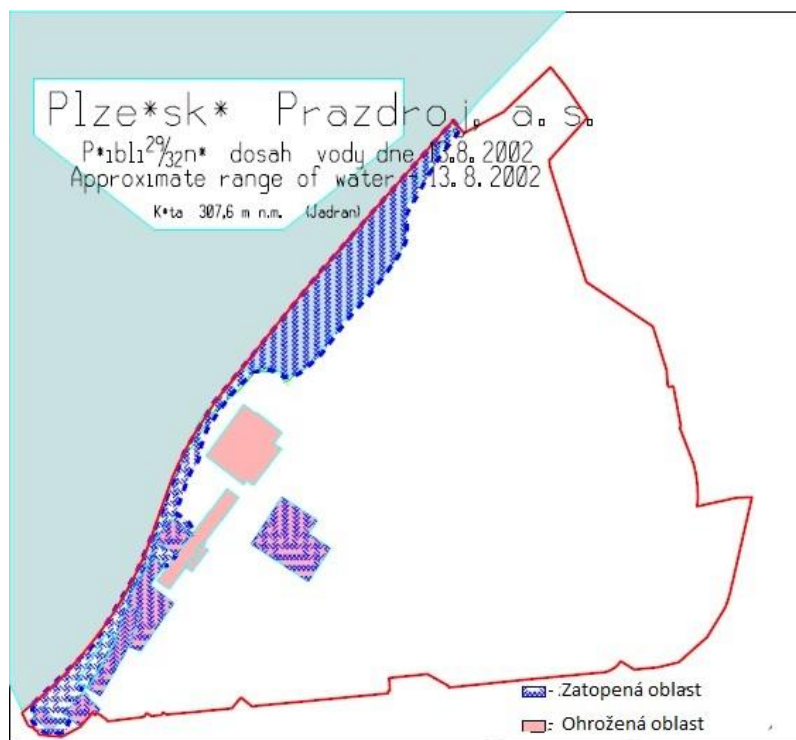
- cukr, ječmen, slad, sladový prach a květ na sladovnách a varnách
- plastové folie
- dřevěný prach
- zásoby dřeva v bednárně
- propagační předměty ve skladech propagace,
- papír v archívech a spisovnách, [15]

## 2.7 Popis rizik spojených s povodní

Areál Plzeňského Prazdroje a.s. tvoří nepravidelný trojúhelník, jehož západní stranu obtéká řeka Radbuza a v jeho severozápadní části po přítoku řeky Mže řeka Berounka. Radbuza teče okolo areálu v redukováném korytě, po soutoku s Mží pak jako Berounka v korytě přírodním. Jmenované řeky patří k řekám středoevropského typu, který je charakterizován pravidelným zvětšováním průtoků v průběhu jarního tání, přičemž extrémy se mohou vyskytnout v kterémkoliv ročním období. Nejvodnatějším měsícem bývá březen, v němž odtéká v průměru 15 % celoročního množství. Přirozený odtokový režim je do určité míry ovlivňován vodohospodářskými díly (přehradami), které v případě povodní svou retenční schopností průtokové vlny transformují, tzn., snižují vrchol a časově jej zpožďují. [16]

Povodní jsou ohroženy všechny objekty, jejichž kanalizační vstupy jsou v úrovni stoleté vody nebo níže, a jejichž konstrukce neumožňuje zabezpečení proti zpětné vodě. Jedná se zejména o suterén vily, suterén GŘ, suterén varen 7-14, nová sila, sál centrální filtrace, CKT PU, objekt louhové stanice NLPÚ a přilehlé prostory, výtahy v objektu NLPÚ, objekt nové bednárny, elektrárna, regulační stanice plynu, garáže, parkoviště a komunikace při řece. [16]

Ukázkovým příkladem je kulminace povodňové vlny v Plzni dne 13. 8. 2002, kdy voda postupně zaplavila sklepy v pivovaru, včetně historického skanzenu. Dále parkoviště pod budovou ředitelství, telefonní ústřednu, suterén budov exportu i ředitelství, suterén filtrace a varny. V poslední řadě také hlavní přívod energie do elektrárny. Názorné schéma záplavy v pivovaře je zobrazeno obr. 3. [17]



Obr. 3 Zatopený PP při povodních v r. 2002 [16]

## 2.8 Analýza rizik

*Prvním krokem ke snižování rizik je přirozeně jejich analýza. „Analýza rizik je obvykle chápána jako proces definování hrozeb, pravděpodobnosti jejich uskutečnění a dopadu na aktiva, tedy stanovení rizik a jejich závažnosti.“ [2, str. 93] Obecně jde o zjištění všech možných dopadů mimořádných událostí na chráněné zájmy a posouzení výše dočasných a trvalých ztrát a škod. Analýza je zásadním krokem v komplexním zabezpečení prevence před pohromami a přípravy na zvládnutí*

nebo alespoň zmírnění následků tohoto škodlivého působení. Pro analýzu rizik je v dnešní době velmi mnoho metodik, přístupů a softwarových nástrojů. Výsledky softwarových produktů je sestavení scénáře pohromy a hodnocení rizik pro chráněné zájmy. SW produkty jsou založeny na jednodušších či složitějších fyzikálních modelech, které předpovídají lepší či horší správnost a spolehlivost výsledků. [1]

*„Každá metoda je založená na určitém procesním modelu, který simuluje určitou možnou situaci nebo skupinu podobných situací, které mohou nastat v lidském systému.“*  
[1, str. 175]

*„Analýza rizik je součástí mnoha metodologických přístupů, především manažerských, vědeckých, marketingových a jiných oborů zabývajících se zkoumáním dopadů mimořádných událostí v nejšířším slova smyslu na nejrůznější zkoumané systémy.“*  
[18, str. 108] Každá analýza zahrnuje identifikaci aktiv, stanovení hodnoty aktiv, identifikaci hrozeb a stanovení závažnosti hrozeb a míry zranitelnosti. Identifikace aktiv spočívá ve vytvoření skupiny všech aktiv ležících uvnitř hranice analýzy rizik, která odděluje ty aktiva pro nás důležitá od aktiv ostatních. V části identifikace hrozeb se vytvoří soupis těch hrozeb, které by mohly ohrozit alespoň jedno aktivum. [19]

Pro určení vhodné metody analýzy je v první řadě nevyhnutelné určit faktický cíl analýzy a hodnocení rizik, požadavky a předpoklady potřebných metod a jaká vstupní data máme k dispozici. *„Následně lze provést výběr vhodné metody v závislosti na tom zda:*

- *je známo nebo lze stanovit rozložení MU v prostoru času a lze spočítat četnostní rozložení MU (počet vs. velikost) pro určité území a zvolený časový interval, dále vypočítat a zmapovat ohrožení,*

- *je známo nebo lze stanovit rozložení  $Mu$ , stanovit scénáře dopadu ve variantním provedení a pravděpodobnosti jejich výskytu.* [20, str. 5]

V současné době existuje řada hledisek pro dělení metod analýzy a hodnocení rizik. Podle čtyř základních vlastností lze metody dělit na deterministické, probabilistické, kvantitativní a kvalitativní. [20]

## 2.9 Hodnocení rizik

Hodnocení rizik je součástí celkového řízení rizik v průmyslových podnicích. Je důležité, aby kromě identifikace zdrojů rizik a hodnocení rizik přispívalo k prevenci a řízení rizik další činnosti, především provoz a údržba zařízení, trénink operátorů, audity, vyšetřování nehod, havarijní plánování. [21]

K posouzení procesu hodnocení rizik je stěžejní znát jedno nebo více kritérií. Soubor kritérií se využívá k umožnění popisu a hodnocení všech významných důsledků případné volby jednotlivých možností a především dopadů a přínosů volby. Tento soubor musí být úplný a celkový bez překrývání. *„K hodnocení potřebujeme kvalitní data o položce a spolehlivý soubor kritérií, protože praxe potřebuje hodnocení, objektivní, nezávislé a nezaujaté.*“ [22, str. 183]

## 2.10 Charakteristika SW nástrojů

### 2.10.1 TerEx

Tento modelový nástroj je určený pro rychlé určení dopadů a následků působení nebezpečných látek nebo výbušných systémů. Nástroj zpracovala česká společnost T-soft, která se zaměřuje na speciální informační systémy, integraci a bezpečnost. Model je vytvořen jako počítačový program s návazností na geografický informační systém. Výsledky se zobrazují v mapách. Původně byl program určený pro jednotky IZS, které ho během zásahu přímo na místě operativně využívaly pro rychlé určení rozsahu ohrožení a provedení následných opatření ochrany

obyvatelstva. Jedno z opatření je např. určení bezpečnostních zón při havarijním zásahu. Dále se využívá pro provádění analýzy a hodnocení rizik pro účely v oblasti havarijního plánování. Program dokáže zpracovat výsledky i při nedostatku přesných vstupních informací. Výsledky usnadňují rychlé rozhodování, protože jsou při výpočtu uspořádány jednoduše a srozumitelně. Výstupy poskytuje v textovém či XML formátu. [11]

Program TEREX disponuje databází, která obsahuje celkem 120 nebezpečných chemických látek. Dostupné jsou uživateli také fyzikální, chemické a toxikologické vlastnosti. Tyto informace lze dále využít i při řešení některých určitých problémů, nebo mohou sloužit jako vstupní parametry do jiných softwarových aplikací, které nemají svoji databázi. Výsledky znázorňují podmínky, které odpovídají maximálním možným dopadům a následkům na okolí, tedy vždy nejhorší variantu. [11]

Program také umožňuje hodnotit rozptyly plynů v atmosféře při vyhodnocování základních havarijních situací uživatelem. Jsou to zobrazení, které vyhodnocují obsah a tvar oblaku a jsou dané zvolenou koncentrací toxické látky. TerEx také umožňuje navolit příslušný model úniku látky ze zařízení. Jedná se o model typu PULME, který umožňuje modelovat déletrvající únik plynu do oblaku, déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku a pomalý odpar kapaliny z lože do oblaku a o model typu PUFF, který umožňuje zvolit dvě možnosti modelací a to: jednorázový únik plynu do oblaku a jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku. [11]

*„Další model typu TOXI hodnotí dosah a tvar oblaku, které jsou dány zvolenou koncentrací toxické látky. UVCE hodnotí dosah působení rázové vlny, vyvolané detonací směsi látky s okolním ovzduším. Model typu FLASH FIRE hodnotí velikost prostoru, ve kterém jsou osoby ohroženy plamennou zónou, BLEVE výbuchem par expandující vroucí kapaliny, JET FIRE déletrvajícím únikem plynu nebo kapaliny pod vysokým tlakem*

*a POOL FIRE požárem rozlité kapaliny. Poslední modelem je typ TEROR, který hodnotí možné dopady detonace výbušných systémů, založených na kondenzované fázi.“*  
[23, str. 257]

### **2.10.2 Riskan**

Riskan je univerzální rizikový kalkulátor, který lze využít, jak ve veřejné správě, v telekomunikačním a finančním sektoru, tak i v průmyslových podnicích. Tento nástroj taktéž vynalezla společnost T-soft. Tento softwarový nástroj umožňuje zrychlení celého procesu analýzy rizik a tím dokáže připravit přehledné podklady pro rozhodování v rámci procesu řízení rizik. *„Základem nástroje je seznam aktiv a hrozeb (tzv. profil), který může být buď předem připravený pro obecné použití v nějaké oblasti (např. informační systém), nebo vytvořený pro konkrétní podmínky podniku. Aktiva i hrozby lze zařazovat do víceúrovňových skupin.“* [24, str. 1]

Kalkulátor disponuje seznamem aktiv a hrozeb, ze kterého lze vybrat ohrožená aktiva a k nim příslušné hrozby, které lze následně ohodnotit. Každé aktivum je možné ohodnotit zranitelností k jednotlivým hrozbám. Pro každou dvojici aktiva a hrozby nástroj vypočítá riziko, které je následně zobrazeno ve formě tabulky. Výsledná rizika jsou roztríděna do nízké, střední a vysoké úrovně dle stanovených kritérií a barevně rozlišena jejich hodnot. Následně je možné výsledky převést do formy přehledných grafů. Při zpracovávání analýzy rizik software disponuje tzv. profily analyzovaných objektů. Základem pro zpracování analýzy rizik je přehled aktivit a hrozeb hodnoceného objektu. Aktiva a hrozby podobného charakteru mohou být sektorovány do jednotlivých skupin. Při analýze můžeme tedy pracovat jak na úrovni celých skupin, tak případně na úrovni podskupin až jednotlivých prvků těchto uvedených skupin. [24]

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem práce je analýza technických rizik Plzeňského Prazdroje, a. s., popis a rozebrání vybraných rizik a stanovení vybraných bezpečnostních opatření a návrhů pro posílení bezpečnosti podniku.

V teoretické části jsou popsány základní pojmy spojené s problematikou analýzy rizik podniku. Dále je v této části vyobrazena historie podniku, jeho popis a nebezpečné látky, které se v podniku nacházejí. V neposlední řadě zde jsou vypsána vybraná rizika, která by mohla mít nepříznivý dopad na zaměstnance, návštěvníky, okolní obyvatelstvo města Plzně a provoz celého podniku.

Díličmi úkoly praktické části je analýza rizik pomocí specializovaných softwarových nástrojů Riskan a TerEx, které své výsledky zobrazí pomocí grafů, tabulek a modelací. Na základě výsledků jsou navržena možná bezpečnostní opatření.

## 4 METODIKA

Vzhledem k cíli práce byly vybrány dvě specializované softwarové metody, pomocí kterých bude provedena analýza rizik a které byly popsány v kapitole 2. 9. Tyto softwary byly vytvořeny pro krizový management jako pomocné prostředky, které napomáhají krizovým manažerům v zabezpečení kritických infrastruktur, podniků a společností. Nejprve bude použit softwarový nástroj TerEx, kde bude provedena modelace možného úniku amoniaku při technické poruše zařízení. V druhém softwarovém programu Riskan, bude zpracována celková analýza, do které budou vybrána nejvýznamnější rizika. Simulace v obou programech nám může pomoci se stanovením priorit při vytváření bezpečnostních opatření v areálu podniku.

### 4.1 Postup modelace úniku NL pomocí softwaru TerEx

Pokud se uživatel rozhodne modelovat únik nebezpečné látky v programu TerEx má možnost vybrat jednu ze čtyř základních situací při havárii, tj. rozptýl látky, výbuch, rozlet úlomků a požár. Dále vybere jeden z modelů (TOXI , UVCE, PLUME , PUFF, FLASH FIRE nebo TEROR), které jsou popsány v kapitole 2. 9. 1. Z databáze nebezpečných látek uživatel označí látku, s kterou chce modelaci vypracovat a zvolí množství, které by mohlo pravděpodobně uniknout. Dále zadá údaje, které celkové vyhodnocení může ovlivnit a to: rychlost větru v přízemní vrstvě, pokrytí oblohy oblaky, dobu vzniku a průběh havárie a typ povrchu ve směru šířené látky. Ve výsledcích výpočtu programem lze odhadem určit šíření koncentrace dané látky a určit potřebnou evakuaci osob, kterou TerEx vygeneruje. V poslední řadě se mohou výsledky přímo zobrazit v mapových podkladech Google.



## 4.2 Zpracování analýzy rizik pomocí softwaru Riskan

Při spuštění programu Riskan uživatel založí nový profil analýzy, kde stručně popíše a charakterizuje subjekt, který bude analyzovat. Dále v kolonce aktiv a hrozeb zvolí vzorový číselník KM (krizový management) nebo IT (informační technologie). V dalším oddíle uživatel vybere rozsah hodnot aktiv, rozsah pravděpodobností hrozeb a rozsah zranitelností. V posledních třech kolonkách je prostor pro zadání maximální hodnoty, dolní mez a horní mez. Po otevření aktiv uživatel vybere nebo v textovém editoru vypíše aktiva, která se týkají jeho analýzy, taktéž i hrozby. Aktiva i hrozby se musí uložit, aby po otevření dat mohl uživatel určit jejich hodnoty, pravděpodobnosti a zranitelnosti číselným označením. Následně se po doplnění těchto údajů zobrazí výsledné data rizik, která je možná exportovat do MS Exelu, kde může uživatel vygenerovat grafy z výsledných rizik.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Modelace úniku čpavku pomocí softwaru TerEx

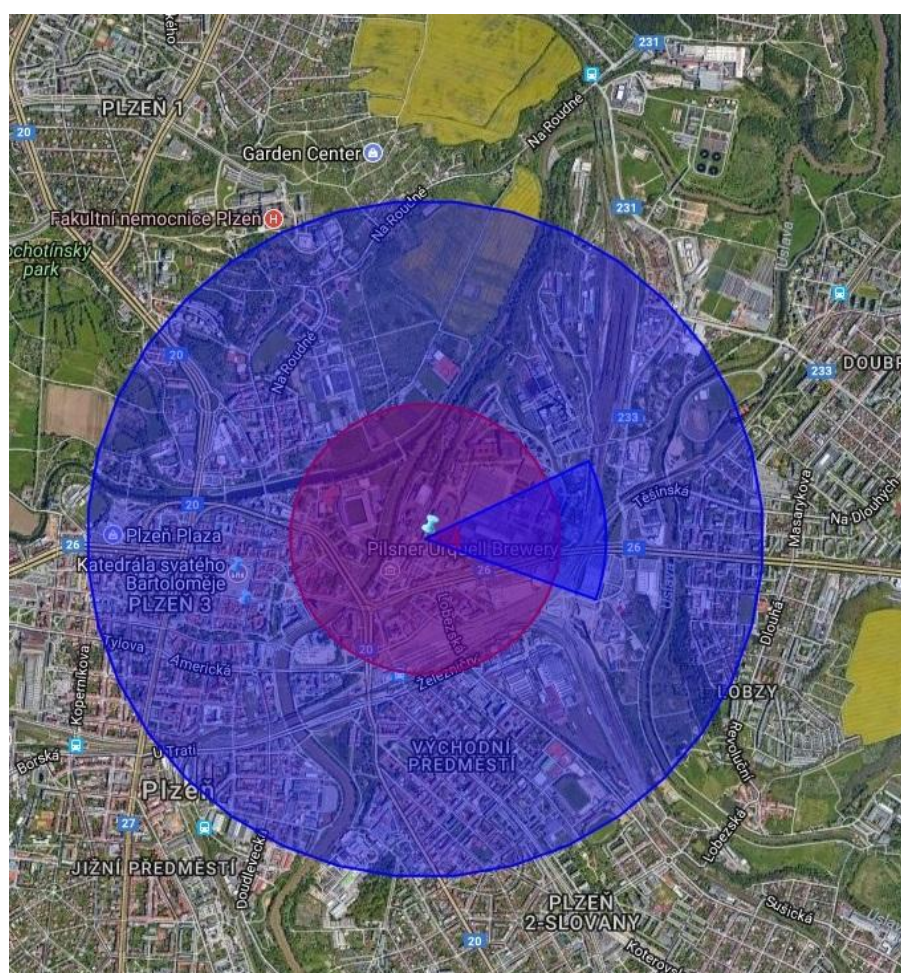
Za podnětnou událost se pro účely této analýzy považuje únik nebezpečné látky, ke kterému může dojít i přes uplatnění veškerých preventivních opatření, která vedou buď ke snížení četnosti úniku, nebo ke snížení následků již nastalé havárie.

Pro scénář havárie v programu TerEx byl zvolen model PUFF – jednorázový únik plynu do oblaku. Výchozí látkou byl zvolen nebezpečný amoniak, který má v programu stanovené hodnoty evakuace  $1\ 096\ \text{g}/\text{m}^3$  a doporučený průzkum IDLH  $210\ \text{mg}/\text{m}^3$ . Pro celkové množství uniklého plynu bylo zadáno  $10\ 000\ \text{kg}$ , což je řádově pětina celkového množství v pivovaru. Simulace havárie se udála na jaře s rychlostí západního větru  $3\ \text{m}/\text{s}$  a s 50% oblačností a typem atmosférické stálosti B – konvekce. Výsledky byly následně zaneseny do mapového podkladu.



Obr. 4 Ohrožení osob toxickou látkou - výstup TerEx

Doporučený průzkum toxické koncentrace byl vypočítán do vzdálenosti 1 575 m od místa úniku amoniaku. Evakuace osob, které by mohly být ohroženy toxickou látkou je určena do 843 m od místa úniku. Doporučená evakuace osob z budov, které by mohly být ohroženy střepy z okenních skel potenciálním výbuchem toxické látky je ze vzdálenosti do 629 m od místa úniku. Do vzdálenosti 382 m by se mohly vyskytovat osoby, které by mohly mít vážná poranění. Osoby, které by mohly být ohroženy přímým prošlehnutím je nutno evakuovat ze vzdálenosti do 155 m od místa úniku.



Obr. 5 Zanesení úniku NL do mapového podkladu – výstup TerEx

Modrá plocha kružnice znázorňuje doporučený průzkum toxické koncentrace do 1 575 m. Menší červená plocha kružnice vyznačuje možné ohrožení uvnitř

budov střeby z okenních rámu do vzdálenosti 629 m. Výseč ze středu kružnic znázorňuje pásmo ohrožení toxickou dávkou podle směru větru. Modrá výseč ukazuje na ohrožení osob toxickou látkou do vzdálenosti 843 m, malá červená výseč pak na přímé prošlehnutí oblekem do vzdálenosti 155 m.

Z výsledků je zcela patrné, že už při havárií úniku nízkých hmotností amoniaku může dojít k vážnému ohrožení nebo nebezpečného zasažení obyvatelstva v okolí podniku, kde je amoniak umístěn. Nemluvě ani o závažnějším ohrožení vlastních zaměstnanců Plzeňského Prazdroje.

## 5.2 Analýza rizik pomocí SW Riskan

### 5.2.1 Číselníky aktiv, hrozeb, zranitelnosti a rizika

V číselných tabulkách jsou každé hodnotě přiřazena slovní ohodnocení pro lepší vyhodnocování a orientaci. Tabulka zranitelnosti ukazuje úroveň zranitelnosti. Výsledné riziko je tedy závislé na všech číselných hodnotách. Z výsledků analýzy rizik můžeme vyhodnotit nejzávažnější hrozby působící na zvolená aktiva.

Tab. 1 Číselníky aktiv, hrozeb, zranitelnosti a rizika – výstup Riskan

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

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

## 5.2.2 Aktiva

Všechny vybraná aktiva jsou seřazena a ohodnocena č. 0 – 5, kdy č. 0 představuje žádnou hodnotu, zatímco č. 5 představuje velmi vysokou hodnotu pro náš chráněný zájem.

Tab. 2 Hodnocení aktiv – výstup Riskan

Zkratka	Uvolnit popisky	Název	Hodnota	Poznámka
AKTIVA - CELKEM			5	
1		Obyvatelstvo	5	
1.1		Obyvatelstvo města Plzně	5	
1.2		Zaměstnanci podniku PP	5	
2		Životní prostředí	4	
3		Území kraje	2	
3.1		Území kraje	2	
3.2		Území města Plzně	2	
6		Ubytovací zařízení	3	
6.1		Obytné domy	3	
6.2		Hotel Angelo	3	
6.3		Kancelářské budovy	3	
7		Stravovací zařízení	3	
7.1		Restaurace na Spilce	3	
9		Zásobování elektřinou, teplem	2	
9.1		Teplárna	2	
14		Sportovní zařízení	4	
14.1		Sportovní stadion Viktoria Plzeň	4	

Byla vybrána ta aktiva, která mají nějakým způsobem vliv na bezpečnostní riziko obyvatel. Největším chráněným zájmem jsou samozřejmě obyvatelé města Plzně a zaměstnanci podniku, proto jejich hodnota je velmi vysoká tj. č. 5.

Dalším zvoleným aktivem je životní prostředí, na které se v posledních letech klade veliký důraz, proto bylo ohodnoceno jako vysoké. Jelikož z výsledků

simulace úniku NL je patrné, že by havárie nikoli nepřesáhla území kraje či města Plzně, proto jsou tyto aktiva hodnocena jako nízké tedy č. 2. Jak je již zmíněno v kapitole 2. 3 podnik leží centru města Plzně, tudíž se okolo něj tyčí spousta obytných jednotek, kde se denně pohybuje velké množství osob. Těmi nejpřilehlejšími jsou Hotel Angelo, nové kancelářské budovy a obytné domy tzv. Kroftovy domy proto jsou tyto objekty ohodnoceny jako střední tedy č. 3. Přímo v areálu podniku se nachází velká podzemní restaurace a velkopivnice Na Spilce s kapacitou 700 místy pro hosty, kam chodí nejen zaměstnanci podniku, ale zejména návštěvníci a turisté. Tento chráněný zájem má hodnotu č. 3. Jako další aktivum byla zvolena plzeňská teplárna, která zásobuje teplem a teplou vodou celý pivovar a část města Plzně. Kdyby došlo k hrozícímu nebezpečí, které by mohlo zapříčinit rozsah tohoto nebezpečí směrem k teplárně, došlo by k vypnutí zařízení a k následné evakuaci teplárny. To by znamenalo výpadek dodávek tepla (ve formě páry a teplé vody) pro některé domácnosti a pro pivovar samotný. Toto aktivum je ohodnoceno č. 2. Posledním vybraným aktivem je sportovní stadion Viktoria Plzeň, který disponuje kapacitou pro 11 700 lidí při fotbalovém utkání. Při havárii v PP by mohlo na stadionu dojít k velkému zmatku a chaosu, jeho hodnota je vysoká.

### 5.2.3 Hrozby

Tab. 3 Pravděpodobnost hrozeb – výstup Riskan

Zkratka	Uvolnit popisky	Název	Hodnota	Poznámka
HROZBY - CELKEM			5	
1		Živelní pohromy	5	
1.1		Požár	5	
1.2		Požár palet a pivních přepravek	4	
1.3		Záplavy a povodně	3	
2		Průmyslové a dopravní havárie	3	
2.1		Provozní havárie s následným únikem čpavku	3	
2.2		Provozní havárie s následným únikem ostatních nebezpečných látek	3	
2.3		Provozní havárie s následným výbuchem směsí	3	
2.4		Únik hasebních látek	3	
3		Domino efekt	3	
3.1		Ohrožení budov domino efektem	3	


Byly vybrány hrozby, které by se mohly nejpravděpodobněji v podniku vyskytnout. Mezi živelní pohromy byly zařazeny požáry a povodně. Pravděpodobnost požáru palet a pivních přepravek je velmi vysoká, jelikož PP skladuje tohoto materiálu veliké množství. Do průmyslových havárií byly vybrány provozní havárie s následným únikem čpavku a s následným únikem ostatních nebezpečných látek. Tyto dvě havárie byly hodnoceny střední pravděpodobností, jelikož jak je v práci uvedeno, podnik má dva veliké zásobníky amoniaku cca po necelých 30 tunách. Další nebezpečné látky podnik skladuje v nezanedbatelném množství. Průmyslové havárie s následným výbuchem směsí byly vyhodnoceny na pravděpodobnostní střední úrovni. Při zkrápění uniklého amoniaku nebo hašení požáru, by mohlo dojít k úniku hasebních látek do kanalizace, tato hrozba je na střední pravděpodobnostní úrovni. Poslední hrozbou bylo zvoleno ohrožení budov domino efektem právě při potenciálním výbuchu chemických směsí pravděpodobnost této hrozby má hodnotu střední,

protože v areálu Prazdroje je spousta budov, kterým by toto nebezpečí mohlo hrozit.

## 5.2.4 Zranitelnost

Tabulka zranitelnosti nám ukazuje hodnoty, podle kterých určíme, která aktiva pro nás představují vysoký zájem a je třeba je chránit.

Tab. 4 Hodnocení zranitelnosti – výstup Riskan

		Aktiva		AKTIVA - CELKEM																	
				1	1.1	1.2	2	3	3.1	3.2	6	6.1	6.2	6.3	7	7.1	9	9.1	14	14.1	
Hodnoty aktiv		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
		velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká		
Hrozby		Pravděpodobnost																			
HROZBY - CELKEM		5	velmi vysoká	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
1	Živelní pohromy	5	velmi vysoká	3	3	3	3	2	0	0	0	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2
1.1	Požár	5	velmi vysoká	3	3	3	3	2	0	0	0	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2
1.2	Požár palet a pивnich přepravek	4	vysoká	3	3	3	3	2	0	0	0	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2
1.3	Záplavy a povodně	3	střední	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
2	Průmyslové a dopravní havárie	3	střední	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
2.1	Provozní havárie s následným ú	3	střední	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
2.2	Provozní havárie s následným ú	3	střední	3	3	3	3	2	1	1	1	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
2.3	Provozní havárie s následným v	3	střední	3	3	3	3	2	1	1	1	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
2.4	Únik hasebních látek	3	střední	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
3	Domino efekt	3	střední	3	3	3	3	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
3.1	Ohrožení budov domino efektem	3	střední	3	3	3	3	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1


Zranitelnost aktiv byly zadávány v hodnotách od 0 do 3. přičemž č. 0 znamenalo, že aktivum není zranitelné vůči hrozbě, naopak č. 3 je nejrizikovější a nejvýše zranitelné. Nejvíce zranitelní byli obyvatelé města Plzně a zaměstnanci podniku. Vůči vybraným hrozbám nejmenší zranitelnost představovalo území města Plzně a území kraje.



## 5.2.5 Výsledné riziko

Rizikový kalkulátor vynesl výsledky do tabulky, která znázorňuje číselné hodnoty rizik, které jsou barevně odlišeny podle závažnosti rizika. Zelená barva znázorňuje nízké přijatelné riziko, žlutá vyobrazuje střední riziko a červená líčí riziko vysoké.

Tab. 5 Výsledné riziko – výstup Riskan

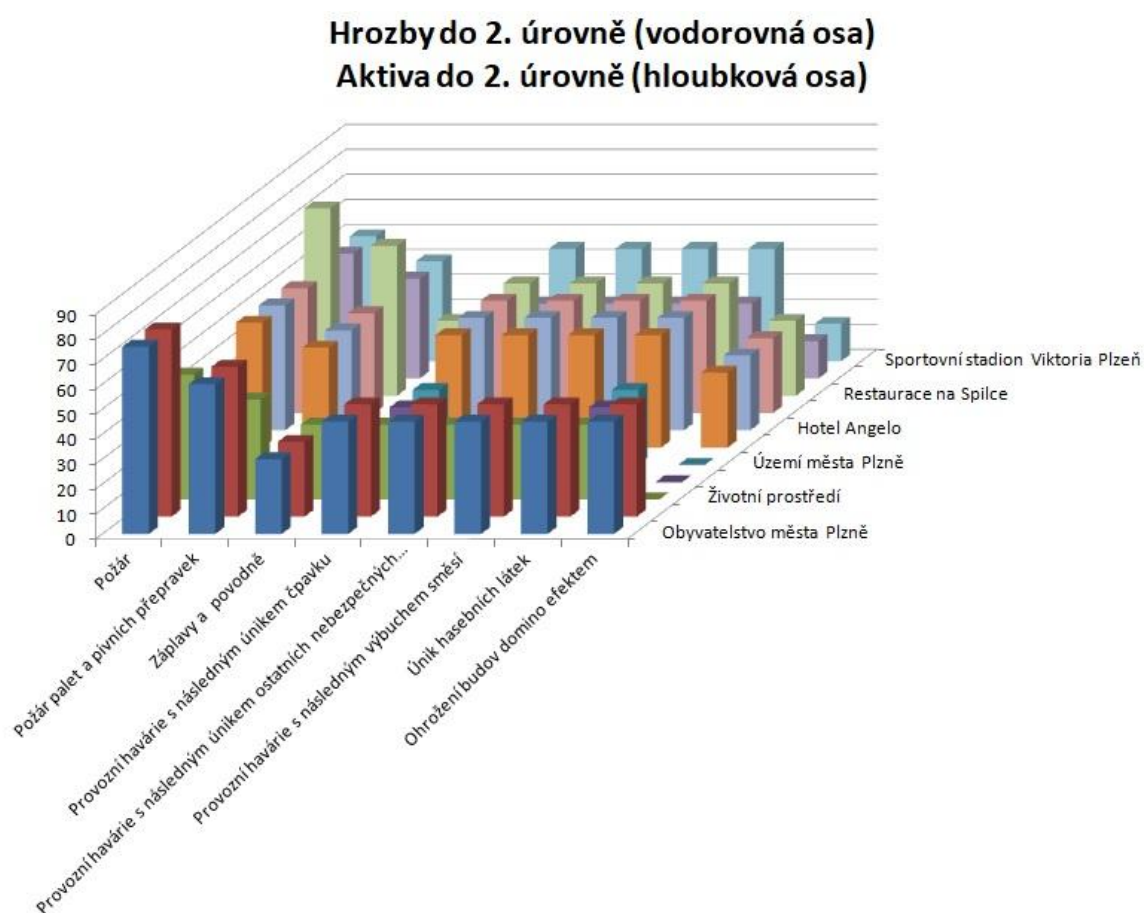
		Aktiva																			
		AKTIVA - CELKEM		1	1.1	1.2	2	3	3.1	3.2	6	6.1	6.2	6.3	7	7.1	9	9.1	14	14.1	
Hodnoty aktiv				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
<input type="button" value="Generátor grafů"/> <input type="button" value="Export do XML"/>				velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	
Hrozby		Pravděpodobnost																			
HROZBY - CELKEM		5	velmi vysoká	75	75	75	75	50	30	30	30	50	50	50	50	75	75	50	50	50	50
1	Živelní pohromy	5	velmi vysoká	75	75	75	75	50	0	0	0	50	50	50	50	75	75	50	50	50	50
1.1	Požár	5	velmi vysoká	75	75	75	75	50	0	0	0	50	50	50	50	75	75	50	50	50	50
1.2	Požár palet a pivních přepravek	4	vysoká	60	60	60	60	40	0	0	0	40	40	40	40	60	60	40	40	40	40
1.3	Záplavy a povodně	3	střední	30	30	30	30	30	0	0	0	0	0	0	30	30	0	0	0	0	0
2	Průmyslové a dopravní havárie	3	střední	45	45	45	45	30	30	30	30	45	45	45	45	45	30	30	45	45	
2.1	Provozní havárie s následným únikem	3	střední	45	45	45	45	30	30	30	30	45	45	45	45	45	30	30	45	45	
2.2	Provozní havárie s následným únikem	3	střední	45	45	45	45	30	15	15	15	45	45	45	45	45	30	30	45	45	
2.3	Provozní havárie s následným únikem	3	střední	45	45	45	45	30	15	15	15	45	45	45	45	45	30	30	45	45	
2.4	Únik hasebních látek	3	střední	45	45	45	45	30	30	30	30	45	45	45	45	45	30	30	45	45	
3	Domino efekt	3	střední	45	45	45	45	0	0	0	0	30	30	30	30	30	15	15	15	15	
3.1	Ohrožení budov domino efektem	3	střední	45	45	45	45	0	0	0	0	30	30	30	30	30	15	15	15	15	

Podle výsledného rizika lze vyhodnotit, že nejvíce jsou ohroženi obyvatelé města Plzně a zaměstnanci podniku živelními pohromami, konkrétně požárem palet a pivních přepravek. Druhou největší hrozbou je pro obyvatelstvo ohrožení domino efektem. Tyto hrozby – požár a domino efekt žádné jiné aktivum akutně neohrožuje. Dalším aktivem, které dosáhlo po aktivu obyvatelstva největšího rizika

je teplárna, tedy Plzeňská teplárenská. Teplárnu nejvíce ohrožuje právě požár, který by se mohl rychle rozšířit nebo uvolňovat jedovaté zplodiny.

### 5.3 Výsledný graf

Z výsledných rizik byl vygenerován 3D graf, který barevně odlišenými sloupci znázorňuje výšku rizika v grafické podobě.



Obr. 6 Graf znázorňující výsledná rizika – výstup Riskan

Z grafu vyplývá, že rizikem, největším ohrožením pro obyvatelé města Plzně a zaměstnance podniku představuje požár a provozní havárie s následným únikem čpavku. Pro životní prostředí je největším rizikem únik hasební vody, která by se mohla dostat do kanalizace a řeky Radbuzy. V případě velkého rozsahu průmyslové havárie je nejvíce ohrožen městský stadion Viktoria Plzeň,

který přiléhá k Závodu Plzeň a překročení mraku NL území města Plzně. V případě výbuchu spadá největší riziko na Hotel Angelo, restauraci Na Spilce a další budovy v podniku, kde by mohlo dojít k následnému domino efektu a narušení statiky těchto budov. Dalším rizikem přímo hrozícím restauraci Na Spilce je požár, jelikož restaurace je podzemí budovy a disponuje pouze jedním hlavním vchodem rozděleným dvojitým schodištěm.

#### **5.4 Preventivní technická a organizační opatření**

Celý systém chlazení, kde se používá čpavek, je řízen pomocí řídicího systému. V rámci technologie chlazení v části Prazdroj a Gambrinus jsou instalovány automatické armatury s ručním jištěním a dálkově ovládané armatury svedené do řídicího systému. V jednotlivých provozních místnostech jsou umístěna čidla čpavku ve správné výšce, které napomáhají k rychlé identifikaci úniku s hlášeným alarmem a které zajišťují rychlé provedení adekvátní reakce na únik látky. Dále jsou v provozních místnostech chlazení instalovány ventilátory se zavedeným systémem jejich provozu a používání. Zaměstnanci čpavkového hospodářství mají k dispozici dýchací přístroje a jsou cvičeni pro provádění zásahu při bezprostředních pracích pro omezení úniku. Potrubní větve jsou kryty ocelovou ochranou, tak aby v případě možného nárazu nákladního automobilu nebo jiné těžké techniky nedošlo k protržení potrubí čpavku. Před podjezdem se sníženým potrubím jsou instalovány pomocné svislé tyče, které upozorňují na dovolenou výšku dopravního prostředku. Před vnějšími nárazy jsou větve čpavku chráněné pomocí kovových a betonových ohrazení, ocelovým krytím nebo izolací, která je odolná proti neopatrnému nárazu. K minimalizaci následků přispívá i dobrá vybavenost areálu zásahovými prostředky. Areál podniku tvoří převážně komunikace a zpevněné manipulační plochy, které jsou odvodněny pomocí jednotné kanalizace na městskou čistírnu odpadních vod. Dále jsou prováděna provozně technická preventivní opatření v souladu s havarijním plánem (kontrola funkčnosti kanalizační sítě).

Závod Plzeň zajišťuje provádění pravidelného školení pracovníků v oblasti bezpečnosti práce a vedení průkazných záznamů o přezkoušení. Dále je zajišťována údržba a opravy v potřebném rozsahu s dodržováním stanovených bezpečnostních postupů a jsou vypracovány provozní postupy a opatření k bezpečnému provádění činností ve všech stádiích provozu včetně provádění kontroly jejich dodržování. V neposlední řadě se provádějí pravidelné provozní kontroly, provozní prohlídky, zkoušky, revize a řádné vedení dokumentace. [8]

## 5.5 Navržená opatření

Pro menší riziko úniku hasební vody bych zvolila přistavění dalších odvodních kanálků nebo vystavění vyšších obrubníků kolem komunikací a zpevněných ploch. Dalším možným opatřením by mohlo být přímé odčerpávání kontaminované vody z místa zásahu do předem určené nádoby, voda by se tedy do kanalizace vůbec nedostala. Opatření restaurace Na Spilce proti požáru tkví ve vybudování únikové cesty, která umožní evakuaci všech osob z ohroženého objektu na volné prostranství a umožní přístup zásahovým jednotkám do napadených prostorů a dostatečného množství hasebních zařízení. Proto by bylo vhodné navrhnout plán nechráněné únikové cesty, která je trvalým volným prostorem s požárním rizikem a která nemusí být oddělena stavebně ani požárně dělícími konstrukcemi. *„Nechráněná úniková cesta vede buď do venkovního prostoru, nebo do chráněné únikové cesty a požívá se:*

- *k pohybu osob uvnitř požárních úseků,*
- *ke spojení nadzemních podlaží (mezi sebou nebo k východu z objektu) o výškovém rozdílu 9 m,*
- *ke spojení podzemního podlaží s východem na volné prostranství,*
- *ke spojení dvou podlaží,*

- *ke spojení prvního podzemního s nadzemním podlažím v případě, že existuje možnost za požáru tuto nechráněnou únikovou cestu požárně oddělit od ostatních prostorů“ [25, str. 348, 349]*

Dalšími opatřeními ke snížení požárního rizika doporučuji zvážit vyšší využití systémů stabilních hasicích zařízení, zejména v provozech se zvýšeným požárním rizikem, jako například bednárna, kde se pracuje s velkým objemem dřeva a dřevěných výrobků. Instalace stabilních hasicích zařízení musí být v každém případě součástí investičních akcí, ať se jedná o stavbu nových provozů či rekonstrukci stávajících.

Jinak je podnik proti požáru v areálu dobře zabezpečen a nepotřebuje další návrhy pro zabezpečení, to platí i v případě provozní havárie s následným únikem nebezpečné látky.

Je viditelné i skvělé zabezpečení proti úniku čpavku včetně připravenosti řešit následky případného úniku. Plzeňský Prazdroj se tomuto tématu dlouhodobě věnuje a toto je patrné i ve výsledku ohodnocení tohoto rizika v Riskanu.

## 6 DISKUZE

Rizika jak antropogenního nebo přírodního charakteru patří v dnešní době do všedního života každého občana České republiky. Je jen na nás, jak se k těmto hrozbám a rizikům postavíme. Podle zákona 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií spadá Plzeňský Prazdroj do objektů zařazených do skupiny A. Díky tomu má podnik zpracované příslušné dokumenty a opatření v podobě bezpečnostního programu na základě posouzení rizik závažné havárie.

Pro vybraná bezpečnostní opatření a návrhy k posílení bezpečnosti při úniku amoniaku z článku pana O. J. Míky a J. Matouška je předložený soubor následujících opatření: *„sběr přesných dat ohledně množství a stavu amoniaku v jednotlivých zdrojích rizika, základní data o používané technologii, kde se amoniak používá, historická data ohledně proběhlých závažných poruch a závažných havárií, přesné umístění zařízení s amoniakem, detekční a monitorovací systémy pro zajištění havarijního úniku amoniaku, možnosti vytvoření vodních clon pro zmírnění havarijních dopadů uniklého amoniaku, zpracování možných havarijních scénářů úniku amoniaku, zpracování možných opatření na zmírnění dopadů velké poruchy nebo havárie, stanovení rychlého a spolehlivého varování dotčeného obyvatelstva, stanovení přesných informačních toků pro včasné a úplné vyrozumění základních složek IZS, stanovení přesně definovaných informačních toků pro oznámení události státním správním orgánům, vypracování havarijních plánů pro objekty a zařízení s amoniakem, případně havarijních karet zařízení, která amoniak obsahují.“* [26, str. 516] Podle bezpečnostní dokumentace podniku, závod Plzeň splňuje všechna tato opatření.

Přínosem pro navržení dalších opatření bylo také taktické cvičení složek integrovaného záchranného systému (*„tzn. cvičení, které se po předchozím projednání se zúčastněnými složkami s cílem dosáhnout odborné připravenosti členů koordinačních orgánů a velitelů IZS při řízení sil a prostředků více složek IZS“* [27, str. 71]), které se v Plzeňském Prazdroji uskutečnilo dne 24. 9. 2013. Tématem taktického

cvičení bylo únik amoniaku z chladírenské technologie, záchrana zasažených pracovníků a následná evakuace podniku Plzeňský Prazdroj, a.s. Cílem cvičení bylo prověřit a procvičit taktické postupy jednotek PO a složek IZS při úniku velkého množství kapalného čpavku do okolí, ověřit aktuálnost zpracované dokumentace zdolávání požáru pro Plzeňský Prazdroj a jeho vnitřní havarijní opatření, procvičit spolupráci složek IZS při varování a informování obyvatel o mimořádné události procvičit spolupráci složek IZS při opatření vedoucímu k rozsáhlému dopravnímu omezení. Vzhledem k velkému množství úniku čpavku a ke směru možného šíření toxického mraku byl preventivně také evakuován blízký fotbalový stadion Viktoria Plzeň. Dále byla svolána stálá skupina krizového štábu Magistrátu města Plzně (více o činnostech stálé krizové skupiny v příloze „B“) a byly informovány podniky v okolí pivovaru, které by mohly být ohroženy v případě změny směru větru. Hlavním cílem vnitřního havarijního opatření PP bylo prověření postupů při likvidaci havárie většího rozsahu a součinnost se složkami IZS. Dále se cvičení zaměřovalo na evakuaci objektů pivovaru ohrožené havarijním únikem nebezpečné látky, prověření provozuschopnosti systému včasného varování zaměstnanců závod Plzeň pomocí elektronickou sirénou, odesílání SMS a varování na PC. V neposlední řadě se ověřovala připravenost obsluhy chlazení. Mezi návrhy na opatření je nutné prověřit funkčnost sirény dle jednotlivých hlásičů, protože v některých částech pivovaru nebyla siréna slyšet a nebylo rozumět mluvenému slovu. V rámci investic tedy bylo nařízeno dozvučit areál pivovaru, což bylo posléze realizováno a dále bylo nařízeno pravidelně aktualizovat telefonní seznam a ověřit telefonní služby, jelikož někteří zaměstnanci neobdrželi SMS a nebyl použit systém odesílání varovných zpráv na PC kvůli jeho nefunkčnosti. *„Evakuace proběhla hladce bez výrazných nedostatků, až na ojedinělé případy, kdy osoby neopustili objekt a nereagovali na vyhlášení havarijního stavu. Po vyhlášení havárie a upřesnění ohrožené oblasti se zaměstnanci shromáždili na branách Plzeňského Prazdroje. Při zjištění chybějící osoby zaměstnanci nahlásili postrádajícího službě na bráně.“* [28, str. 7]

Jednotky PO najížděly ze seřadiště u restaurace Na Spilce v rámci platných dojezdových limitů včetně jednotky pivovaru. Činnost proběhla koordinovaně s drobnými chybami ve stanovených postupech. Navržená opatření byla stanovena hodnotiteli činnosti požární ochrany v nebezpečné zóně. *„Mezi členy průzkumných skupin je třeba rovnoměrně rozložit zátěž. Doplnit profesionální radiostanice u dobrovolné podnikové jednotky a zahrnout do odborné přípravy situaci, kdy zazní píšťala, je možné provést rychlou instrukci zbylým členům a okamžitě se začít vracet na seřadiště.“* [28, str. 3]

Evakuaci městského stadionu Viktoria Plzeň zajišťovala Městská policie Plzeň a zaměstnanci soukromé bezpečnostní agentury SBS IVA. Návštěvníkům byla nutnost evakuace sdělena prostřednictvím moderátora. Opuštění stadionu proběhlo zcela bez problémů, všechny složky postupovaly v součinnosti a koordinace celého zákroku byla na vysoké úrovni. Jako shromaždiště evakuace bylo určené parkoviště Na Rychtářce. Evakuace stadionu se zúčastnilo 2 300 figurantů. *„Přínosem byla ověřena funkčnost taktických postupů jednotek IZS, ostatních složek IZS při vzniku mimořádné události v praxi. Dále byl prověřen a následně shledán jako účinný evakuační plán stadionu Viktoria Plzeň ve Štruncových sadech.“* [28, str. 8]

V celkovém vyhodnocení cvičení splnilo své stanovené cíle. Složky IZS a dotčené instituce si reálně ověřily své postupy při řešení události tohoto typu. Především byla procvičena vnitřní havarijní připravenost závodu Plzeň, vyhledání a záchrana zraněných osob v technologickém zařízení CKT Prazdroj zajištěná JPO a ZZS, vzájemná koordinace složek IZS při zásahu s větším únikem amoniaku. Dále byla zajištěna rozsáhlá opatření v okolí podniku Prazdroj, tzn. úplná uzávěra komunikací v okolí podniku zabezpečená PČR, varování a vyrozumění obyvatel města. V neposlední řadě byla svolána stálá pracovní skupina krizového štábu Magistrátu města Plzně v čele s primátorem města Plzně s informativním charakterem pro subjekty v možné zóně úniku NL. Cvičení bylo velmi přínosné



pro všechny zúčastněné složky a instituce. Do budoucna by bylo vhodné i nadále plánovat podobné typy cvičení ve spolupráci s firmou Plzeňský Prazdroj. [28]

Diskutabilní je, jestli místo evakuace v podniku nezvolit spíše improvizované ukrytí, jelikož únik amoniaku a následný vznik toxického mraku je velmi rychlý a na evakuaci by bylo málo času. Záchranáři i zachraňovaní by se pohybovali v ovzduší ovlivněném vysokou koncentrací amoniaku v toxickém mraku. Všichni by potřebovali individuální ochranné dýchací přístroje. Významným se proto jeví ochranný faktor přečkání události v uzavřených budovách. Toto přečkání by bylo účinné, pokud by lidé dotčení působením pohybujícího se toxického mraku byli včas varováni a přesně věděli, jak se mají v budovách chovat, tzn. zavřít okna, vypnout klimatizace a zavřít dveře. Samozřejmě by nejspíš záleželo na množství uniklé látky a na proškolení a přičetnosti zaměstnanců.

Při reálné situaci úniku amoniaku v Plzeňském Prazdroji má HZS Plzeňského kraje k dispozici tzv. havarijní karty, které jsou represivní částí vnějšího havarijního plánu a jsou nástrojem pro rozhodování v případě vzniku havárie s únikem nebezpečných látek. Jsou určeny složkám, které se podílejí na organizaci zásahu, minimalizaci následků MU a ochraně obyvatelstva. Pro závod Plzeň jsou zpracovány dvě havarijní karty: chlazení Prazdroj a chlazení Gambrinus. V listu „A“ je uvedeno místo, zdroj ohrožení a zóna ohrožení. Dále jsou zde vyčleněné síly prostředky pro ZLP, jednak základní složky IZS a i ostatní složky IZS. Mezi ostatní složky IZS v tomto případě např.: Městská policie, ČEZ Distribuce a. s., GasNet s. r. o. a Vodárna Plzeň. V kartách jsou také vymezeny úkoly KOPISU a telefonní čísla vybraných právnických osob. List "B" obsahuje počet ohrožených osob, ohrožené významné objekty, relace pro varování obyvatelstva, rozsah evakuace individuální ochranu a ukrytí. Karty také zahrnují grafické znázornění ohrožené oblasti, konkrétně zdroj ohrožení a zónu ohrožení. Takto zpracované havarijní karty jsou velice přínosné hlavně pro usnadnění operativních úkolů při MU v objektu, který je zařazen do skupiny „A“ dle zákona 224/ 2015 Sb. [29, 30]

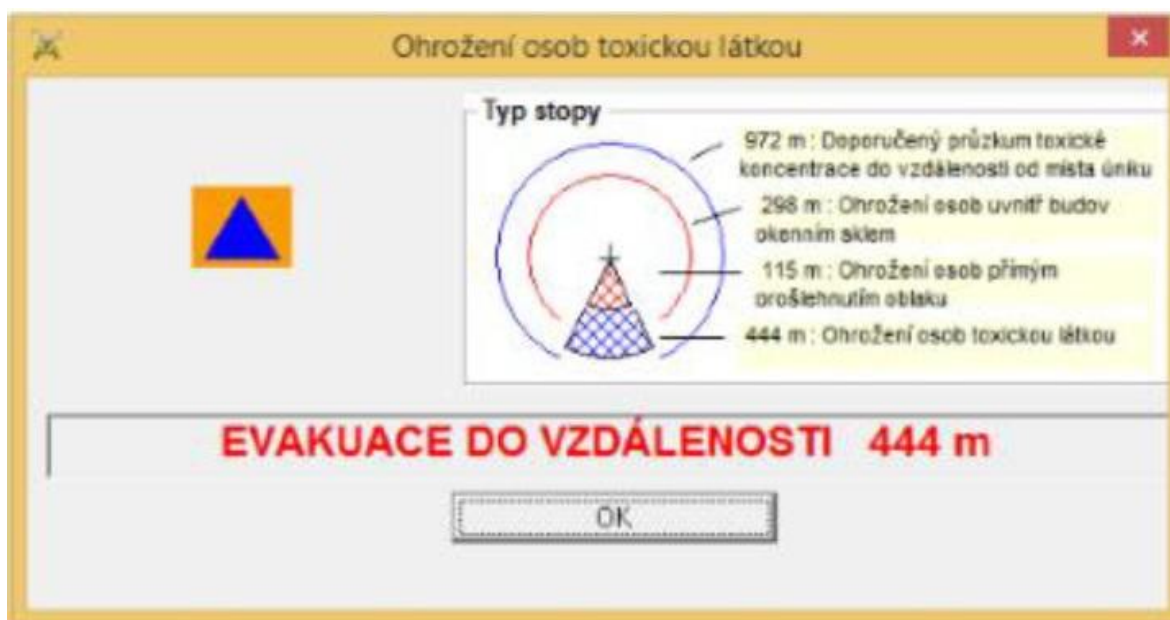
Pan inženýr Pavel Mach se ve své diplomové práci zabývá unikem amoniaku při dopravní nehodě cisterny. Pro modelaci havárie zvolil mimo jiné i softwarový nástroj TerEx. Jako vstupní data vybral 10 213 kg amoniaku, rychlost větru 3 m/s, pokrytí oblohy oblaky 87,5 %, podzimní den, typ atmosférické stálosti D-izotermie a typ povrchu ve směru šíření látky obytnou krajinu. V programu taktéž zvolil model PUFF, což je jednorázový únik do oblaku. Jeho výsledné hodnoty se značně liší od mé modelace, jelikož výsledek evakuace osob z důvodu ohrožení toxickou látkou byl do vzdálenosti 1 014 m. [31]

Myslím, že hlavním důvodem tak rozdílných výsledků je typ atmosférické stálosti, jelikož při termické konvekci se jedná o výstupné a kompenzující sestupné pohyby vzduchu v atmosféře, zatímco při izotermii se teplota v atmosféře s přibývajícím výškou nemění. [32, 33]



Obr. 7 Výstup pana Ing. Macha [31, str. 44]

Paní inženýrka Vladimíra Malovíková ve své diplomové práci také pracovala se softwarovým nástrojem TerEx a vymodelovala únik amoniaku ze zimního stadionu. Jejím zvoleným modelem byl jednorázový únik plynu do oblaku – PUFF.



Obr. 8 Výstup paní Ing. Malovíkové [34, str. 48]

Množství uniklého amoniaku bylo 600 kg, přičemž rychlost větru v přízemní vrstvě bylo zvoleno 6 m /s, pokrytí oblaky 25 %, letní den, typ atmosférické stálosti C – izotermie a typ povrchu ve směru šíření látky – rovina. Ohrožení osob toxickou látkou bylo vypočítáno na 444 m. Je zajímavé, že výsledky paní inženýrky Malovíkové se těm mým podobají více než pana inženýra Macha, přičemž celkové množství uniklé látky i dalších údajů více korespondují s modelací úniku pro 10 213 kg amoniaku. [34]

Na další hrozby, které jsou v práci uvedeny, má Závod Plzeň připravena bezpečnostní opatření a havarijní plány. Snad jen v případě úniku velkého množství hasební vody (10 t), která by mohla překonat vzdálenost mezi hospodářstvím PU a řekou Radbuzou je třeba uvažovat o vybudování efektivního opatření, jelikož manipulační plochy a komunikace v areálu jsou ohraničeny pouze nízkým obrubníkem a v případě zanesení kanalizačních vpustí, může dojít k přetečení těchto obrubníků. [8]

## 7 ZÁVĚR

Náplní bakalářské práce byla analýza technických rizik Plzeňského pivovaru a modelace úniku nebezpečné látky pomocí vybraných softwarových nástrojů.

Začátek práce se zabýval popisem základních pojmů, které se dotýkaly dané problematiky a analýzy rizik. Dále byl popsán objekt Prazdroje jeho historie, výroba piva, podnik jako takový a jeho bezprostřední okolí. Další kapitoly byly věnované rizikům spojené s únikem nebezpečných látek, požárním rizikům a rizikům spojených s povodněmi. V neposlední řadě byly charakterizovány specializované softwarové nástroje pro zpracování analýzy.

První vybranou metodikou byla zpracována analýza technických rizik, a jejíž výsledky určily nejpravděpodobnější hrozby a nejranitelnější zájmy. Druhou metodikou byla zpracována modelace úniku nebezpečné látky, výsledky nám ukázaly, jak velké by mohlo být ohrožení při šíření čpavku z jednorázového úniku. Dílčími úkoly byly zpracovány opatření před tímto nebezpečím úniku i dalšími hrozbami, které byly vybrány.

Hlavním přínosem bakalářské práce je můj nový pohled na hodnocení bezpečnosti podniku Závodu Plzeň a celkové nahlédnutí do problematiky analýzy rizik. Zajímavé bylo porovnání modelací úniku nebezpečné látky se zadanými rozdílnými hodnotami, které byly využity pro modelování úniku stejné látky, ale v jiných mimořádných událostech. V podniku mohou porovnat mé výsledky analýzy rizik s analýzou, kterou zpracovávali krizový manažeři. Na základě velké podobnosti výsledků se mohou ujistit, že rizika jsou optimální a přijatelná vzhledem k náročnosti provozu tak rozsáhlého podniku a využívání moderní technologie k výrobě piva.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

GA – pivovar Gambrinus

GŘ – Generální ředitelství

CIP – Clean - In - Place – soubor vybavení k čištění pivovarských technologií

CKT - oddělení cylindro - konických tanků

CKT PU - oddělení cylindro - konických tanků pivovaru Prazdroj

HZS – Hasičský záchranný sbor

IBC - Intermediate bulk container

IZS – Integrovaný záchranný systém

KOPIS – krajské operační a informační středisko

KS – krizová situace

LPG - Liquefied Petroleum Gas

NLPU – Nová Lahvovna Prazrdoje

MU – mimořádná událost

ORP – obec s rozšířenou působností

PO – požární ochrana

PP – Plzeňský Prazdroj

PU – pivovar Prazdroj

SaP – síly a prostředky

SW - software

ZLP, ZaLP – záchranné a likvidační práce

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. PROCHÁZKOVÁ, Dana. Analýza a řízení rizik. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-048-41-2.
2. SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích. 3., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, c2010. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3051-6.
3. Ministerstvo životného prostredia SR. Proces prevencie závažných priemyselných havárií v SR. In: Wwww.enviroportal.sk [online]. Bratislava: DMS, 2017 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.enviroportal.sk/uploads/files/SEVESO/2018/ProcesprevencieZPHSR.pdf>
4. BERNATÍK, Aleš. Prevence závažných havárií I. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-866-3489-2.
5. Pivo v Plzni od roku 1295 do 1993. In: Http://www.pivovary.info [online]. Plzeň, 2008, 5. 5. 2008 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.pivovary.info/view.php?cisloclanku=2008050018>
6. KRATOCHVÍLE, Antonín. Pivovarství českých zemí v proměnách 20. století. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2005. ISBN 80-865-7616-7.
7. KEJHA, Josef, Jiří JANOUŠKOVEC a Vladimír JURINA. Příběh, který nepřestává inspirovat: Plzeňský Prazdroj - od roku 1842. Plzeň: Nava, 2012. ISBN 978-80-7211-427-6.
8. Plzeňský Prazdroj. Bezpečnostní program prevence závažné havárie. Plzeň, 2017.

9. What is malting?. Wwww.sugarcreekmalt.com [online]. Lebanon [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <http://www.sugarcreekmalt.com/malting-process.html>
10. České pivo. 2018. Wwww.prazdroj.cz [online]. Inspiro [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.prazdroj.cz/nas-pribeh/ceske-pivo>
11. SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA. Prevence nehod a havárií: Mimořádné události a prevence nežádoucích následků. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-73-9.
12. SKŘEHOT, Petr. Prevence nehod a havárií: Nebezpečné látky a materiály. Česko: PINK PIG, 2009. ISBN 978-80-86973-70-8.
13. Plzeňský Prazdroj. Plán opatření pro případ čpavkové havárie chlazení Prazdroj závodu Plzeň. 6. Plzeň, 2010.
14. Plzeňský Prazdroj. Havarijní plán pro případ úniku čpavku. 6. Plzeň, 2007.
15. Plzeňský Prazdroj. Nebezpečné výbušné a hořlavé látky. Plzeň, 2017.
16. Plzeňský Prazdroj. Havarijní plán pro případ povodně – závod Plzeň (Povodňový plán). 5. Plzeň, 2008.
17. KAČENA, Michal. Situace v Plzeňském Prazdroji – 14. 8. 2002. In: www.prazdroj.cz [online]. Plzeň, 2002, 14. 8. 2002 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://www.prazdroj.cz/511-situace-v-plzenskem-prazdroji-14-8-2002>
18. ŠTĚTINA, Jiří. Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4578-7.



19. Fakulta bezpečnostného inžini. Prehľad a stručný popis používaných metód analýzy rizika. In: [Http://fsi.uniza.sk](http://fsi.uniza.sk) [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: [http://fsi.uniza.sk/kkm/old/publikacie/kp/kp\\_kap\\_8.pdf](http://fsi.uniza.sk/kkm/old/publikacie/kp/kp_kap_8.pdf)
20. KRÖMER, Antonín, Petr MUSIAL a Libor FOLWARCZNY. Mapování rizik. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-086-9.
21. BERNATÍK, Aleš. Prevence závažných havárií II. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-866-3490-6.
22. PROCHÁZKOVÁ, Dana. Bezpečnost, krizové řízení a udržitelný rozvoj. Praha: Univerzita Jana Amose Komenského, 2010. ISBN 978-80-86723-97-6.
23. PROCHÁZKOVÁ, Dana. Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství. V Praze: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04842-9.
24. T-SOFT. Riskan: Nástroj pro podporu analýzy rizik. In: [Http://www.tsoft.cz](http://www.tsoft.cz) [online]. Praha, c2017 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.tsoft.cz/dokumentace/#undefined>
25. KYNCL, Jaromír. Bezpečnost objektu ve světle moderních technologií. Praha: Komora podniků komerční bezpečnosti České republiky, 2014. ISBN 978-80-260-71-15-0.
26. MIKA, O. J. a J. MATOUŠEK. Chemické listy: Hodnocení rizik souvisejících s použitím kapalného amoniaku. 7. Praha: Česká společnost chemická, 2011. ISBN 0009-2770.
27. ŠÍŇ, Robin. Medicína katastrof. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-295-4.

28. HZS PK, územní odbor Plzeň. Prazdroj 2013: Vyhodnocení taktického cvičení složek IZS. Plzeň, 2013.
29. HZS Plzeňského kraje. Plzeňský Prazdroj, a. s.: Chlazení Gambrinus.
30. HZS Plzeňského kraje. Plzeňský Prazdroj, a. s.: Chlazení Prazdroj
31. MACH, Pavel. Přípravenost Policie České Republiky na zásah u dopravní nehody s únikem nebezpečné chemické látky na území města Kladna a v jeho okolí. Kladno, 2017. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce plk. RNDr. Tomáš Holec.
32. Termická konvekce a podmínky jejího vzniku. In: Meteo-aktuality.blog.cz [online]. Meteoaktuality.cz, 2016, 22. ledna 2016 v 16:09 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <http://meteo-aktuality.blog.cz/1601/termicka-konvekce-a-podminky-jejeho-vzniku>
33. Pojmy z meteorologie. In: In-pocasi.cz [online]. Plzeň: InMeteo, 2007, 29. 07. 2007 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/pojmy-meteorologie/>
34. MALOVÍKOVÁ, Vladimíra. Analýza rizik sportovního areálu, zajištění bezpečnosti v rámci mezinárodního turnaje. Kladno, 2016. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce: Ing. Jiří Halaška, PH. D.
35. HZS Libereckého kraje. KRIZOVÉ ŘÍZENÍ. In: Wwww.hzslk.cz [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <http://www.hzslk.cz/45-krizove-rizeni.html>
36. Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1 Mapa Plzeňského Pivovaru [8].....	17
Obr. 2 Objekty s nebezpečnými látkami v podniku [8] .....	22
Obr. 3 Zatopený PP při povodních v r. 2002 [16].....	26
Obr. 4 Ohrožení osob toxickou látkou - výstup TerEx.....	34
Obr. 5 Zanesení úniku NL do mapového podkladu – výstup TerEx.....	35
Obr. 6 Graf znázorňující výsledná rizika – výstup Riskan.....	42
Obr. 7 Výstup pana Ing. Macha [31, str. 44].....	50
Obr. 8 Výstup paní Ing. Malovíkové [34, str. 48] .....	51

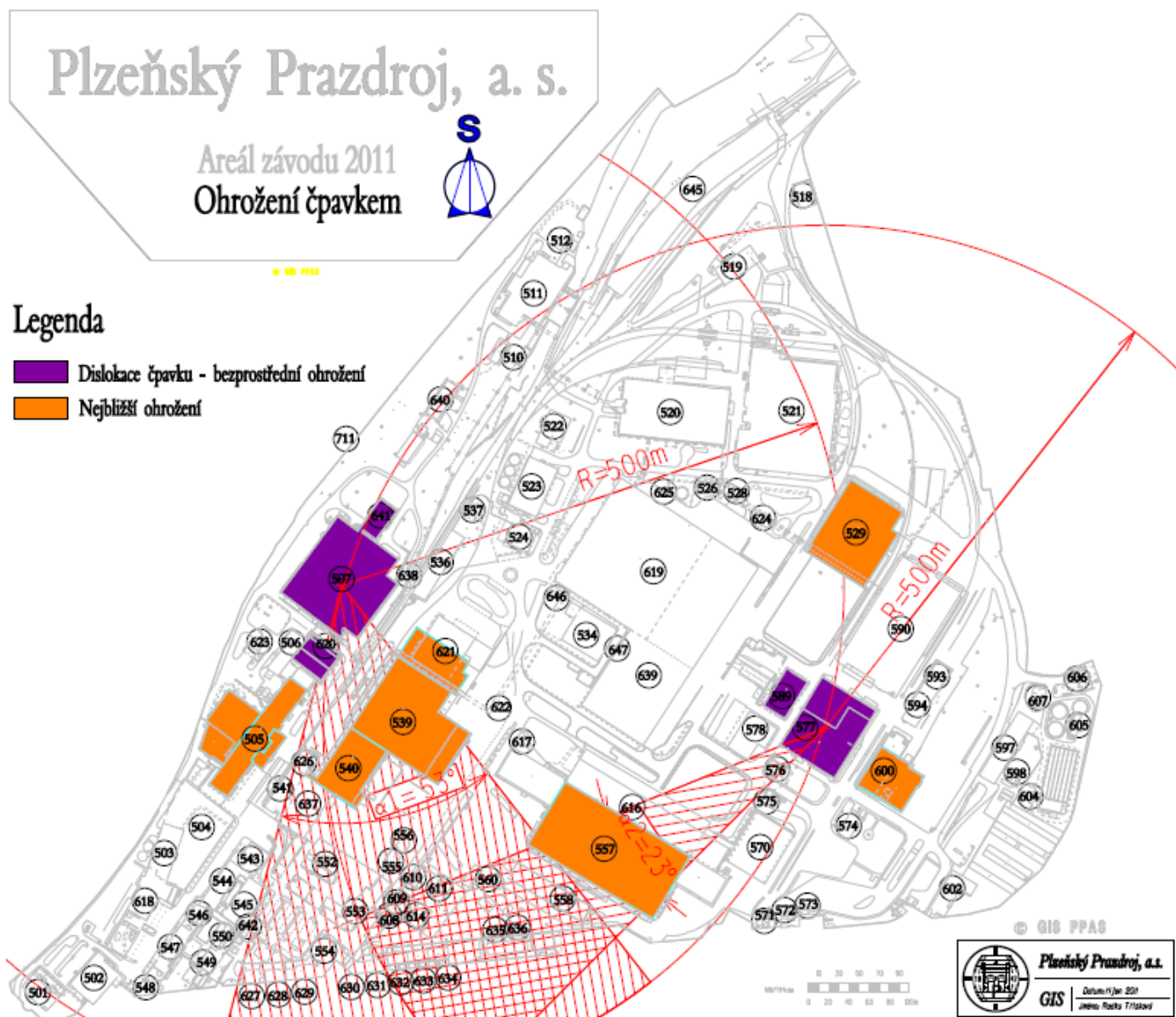
## 11 SEZNAMU POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1 Číselníky aktiv, hrozeb, zranitelnosti a rizika – výstup Riskan .....	36
Tab. 2 Hodnocení aktiv – výstup Riskan .....	37
Tab. 3 Pravděpodobnost hrozeb – výstup Riskan .....	39
Tab. 4 Hodnocení zranitelnosti – výstup Riskan .....	40
Tab. 5 Výsledné riziko – výstup Riskan .....	41

# 12 SEZNAM PŘÍLOH

## Příloha A Seznam budov [8]

Objekt č.	Název budovy	Poznámka	Objekt č.	Název budovy	Poznámka	Objekt č.	Název budovy	Poznámka	Objekt č.	Název budovy	Poznámka
501	Vila	Správa budov	606	Vrátnice Na sklárně	Správa budov	547	Skupinový nákup	Správa budov	639	CSP - Centrální sklad piva B	Logistika
502	Generální ředitelství	Správa budov	607	ČOV	Energetika	548	Vila LIBUŠE	Správa budov	640	Historická řemesla	
503	Stoky - hala	Výroba	608	Garáže	Správa budov	549	Rest. Na spílce + sklad	Správa budov	641	CKT PU B II	
504	Spilky - garáže	Správa budov	609	Hasičská zbrojnice	Správa budov	550	Formanka - PUB	Správa budov	642	Ústřední skladiště CP 28/2	
505	Varna PU	Výroba	610	Mýčka vozíků	Logistika	552	Trafostanice	Energetika	643	Ležácké sklepy PU	
506	Příjem sladu	Výroba	611	Opravná vozíků	Logistika	553	Autodílna	Logistika	644	Sklepy GA	
507	CKT - PU	Výroba	614	Nabíječka VZV	Logistika	554	Jídelna PU	Správa budov	645	Skladová plocha Haic	
510	Sklad hot. vyr. + stání VZV	Energetika	616	CSP - Centrální sklad piva A	Logistika	555	Trafostanice	Energetika	646	Trafostanice	
511	Elektrárna	Energetika	617	Čerpací stanice LPG		556	Výtah	Výroba	647	Kompresorovna	
512	RS - plynu	Energetika	618	Návševnické centrum		557	Stáčárna lahvi + KEG	Stáčárny	711	Oplocení areálu	
518	Sklad dřeva	Správa budov	619	Centrální stáčárny		558	Býv. sklad sudů	Logistika	713	Muzeum pivovarské	
519	Remíza lokotraktorů	Sladovna	620	CKT PU A II		560	Garáže	Správa budov	714	Parkán	
520	Sladovna II	Aišman	621	Filtrace+BBT		570	Přístřešek pro obaly	Logistika	715	Vodárna Roudná	
521	Nová sladovna	Sladovna	622	Potrubi most		571	Nová vrátice PA6 - GA	Správa budov			
522	Odšlezoňovací stanice	Energetika	623	Výdej mláta PU		572	Nová vrátice PA6 - GA	Správa budov			
523	Úpravná vody	Energetika	624	Regulační stanice páry		573	Nová vrátice PA6 - GA				
524	Vodojem	Energetika	625	Sprinklerovna		574	Dispečer	Logistika			
526	"Žlutý dům"	Odbyt	626	Sládkův dům	Výroba	575	CQ <sub>ka</sub>	Energetika			
528	Trafo	Energetika	627	U Prazdroje 13		576	Trafo	Energetika			
529	Lahvovna Gs	Stáčárny	628	U Prazdroje 15		577	CKT Gs	Výroba			
534	Sklad export	Logistika	629	U Prazdroje 17		578	Údržba	Výroba			
536	Archiv + výp. stf.	Správa budov	630	U Prazdroje 19		589	Chlazení Gs	Energetika			
537	Vodárenská věž	Energetika	631	U Prazdroje 21		590	Kaiser - archiv	Logistika			
539	Nová lahvovna PU	Stáčárny	632	U Prazdroje 23		593	Logistika	Logistika			
540	ODC - sklady + Tech. servis	Logistika	633	U Prazdroje 25		594	Tepl. hospod. - varna GS	Výroba			
541	Bednárna-expozice, býv.výstav	Logistika	634	U Prazdroje 27		597	Sladovna IV	Logistika			
543	Služby - podatelna	Správa budov	635	U Prazdroje 27a		598	Zahradnictví	Správa budov			
544	Vedení závodu Plzeň	Správa budov	636	U Prazdroje 27b		600	Varna Gs	Výroba			
545	Reprezentační koutek	Správa budov	637	ODC Plzeň		602	Datové centrum	Správa budov			
546	Kanceláře Marketingu	Správa budov	638	Potrubi uzel		604	ČOV - trafo	Energetika			
						605	ČOV	Energetika			



## Příloha B činnosti stálé pracovní skupiny krizového štábu

*Stálá pracovní skupina krizového štábu, která při řešení krizové situace nebo při koordinaci záchranných a likvidačních prací jedná nepřetržitě. [35, str. 1]*

Úkoly stálé pracovní skupiny krizového štábu:

- *příprava podkladů pro rozhodovací činnost předsedy krizového štábu (např. v oblasti ochrany obyvatelstva, přípravy a vyhlášení regulačních*

*opatření, ukládání pracovní povinnosti a výpomoci, zabezpečení nezbytných dodávek, vyhlášení a odvolávání krizových stavů) včetně návrhů řešení,*

- *sledování, analýza a vyhodnocování průběhu MU nebo KS, opatření přijímaných orgány krizového řízení, složkami IZS a územními správními úřady,*
- *dokumentování postupů řešení MU nebo KS, vedení přehledu o nasazených SaP a o ostatních disponibilních silách využitelných pro řešení MU nebo KS,*
- *podpora činnosti hejtmana nebo starosty ORP při koordinaci ZaLP,*
- *zajištění provedení úkolů ochrany obyvatelstva a dalších úkolů stanovených předsedou krizového štábu,*
- *operativní součinnost s ostatními krizovými štáby, orgány krizového řízení a dalšími subjekty podílejícími se na řešení MU nebo KS,*
- *organizační zabezpečení informovanosti obyvatelstva a hromadných informačních prostředků,*
- *analýza dopadů krizových opatření v území, pro které byl vyhlášen krizový stav, navrhování jejich změn,*
- *vedení evidence finančních nákladů souvisejících s řešením MU nebo KS,*
- *organizační zabezpečení materiální, technické a informační podpory nasazeným SaP [36, str. 250]*