



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Modelace nehody železniční cisterny
převážející chlor na nádraží v
Ústí nad Labem**

**Modeling of the Accident of a Railway Tank
Transporting Chlorine at the Railway Station
in Ústí nad Labem**

Diplomová práce

Studijní program: Civilní nouzové plánování
Studijní obor: Magisterský
Autor diplomové práce: Bc. Jiří Vlček
Vedoucí diplomové práce: kpt. PhDr. Ing. René Mildorf

Kladno 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vlček** Jméno: **Jiří** Osobní číslo: **492536**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Civilní nouzové plánování**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Modelace nehody železniční cisterny převážející chlór na nádraží v Ústí nad Labem

Název diplomové práce anglicky:

Modeling of the Accident of a Railway Tank Transporting Chlorine at the Railway Station in Ústí nad Labem

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude analýza současného stavu připravenosti složek integrovaného záchranného systému a také orgánů krizového řízení statutárního města Ústí nad Labem, při nehodě železniční cisterny převážející chlór v centru města na západním nádraží. Teoretická část se bude zabývat současným stavem dané problematiky, budou popsány vlastnosti chlóru a jeho nebezpečnost a možnosti ohrožení pro obyvatelstvo a životní prostředí. Také budou popsány vybrané havárie, související s únikem chlóru. Praktická část se bude zabývat samotným únikem chlóru při nehodě a detailním popisem zásahu složek IZS a odpovědných orgánů. Pomocí softwarových nástrojů budou zhodnoceny možné následky nehody a určí se ohrožená oblast. Výstupem bude vytvoření mapy zasažené oblasti a komparace podobných simulací a nehod s jejich následnou evaluací.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŠIN, Robin et al., Medicína katastrof, Praha: Galén, 2017, 352 s., ISBN 978-80-7492-295-4
- [2] BERNATÍK, Aleš, Prevence závažných havárií I, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006, 86 s., ISBN 80-86634-89-2
- [3] BERNATÍK, Aleš, Prevence závažných havárií II, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006, 86 s., ISBN 80-86634-90-6
- [4] BLAŽKOVÁ, Kateřina a kol., Ochrana obyvatelstva a krizové řízení, Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015, 323 s., ISBN 978-80-86466-62-0


Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

PhDr. Ing. René Mildorf

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **21.09.2020**

Platnost zadání diplomové práce: **18.09.2022**


prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr.h.c.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
podpis konzultant(ů)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Modelace nehody železniční cisterny převážející chlor na nádraží v Ústí nad Labem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Ústí nad Labem dne 8. 5. 2021

Bc. Jiří Vlček

PODĚKOVÁNÍ

Za trpělivost, cenné rady, připomínky a odborné vedení při vypracování diplomové práce moc děkuji panu kpt. PhDr. Ing. Renému Mildorfovi. Také děkuji Ing. Martinovi Staňkovi, za odborné rady při vytváření modelací v softwarovém programu ALOHA. V poslední řadě bych chtěl moc poděkovat i své rodině za trpělivost, kterou prokázala při mém studiu.

Bc. Jiří Vlček

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou úniku chloru ze železniční cisterny po simulované nehodě s nákladním vozidlem v prostoru západního nádraží v Ústí nad Labem. Práce je zaměřena na modelaci různých variant podmínek a druhů úniků chloru v softwarovém programu ALOHA s následným podrobným vyhodnocením a s ohledem na ohrožení obyvatelstva krajského města.

Teoretická část diplomové práce se zabývá vybranými haváriemi s únikem chloru, platnou legislativou, předpisy a bezpečnostním značením při přepravě nebezpečných látek, složkami integrovaný záchranný systém (dále jen IZS) včetně poplachového plánu a plánů konkrétních činností. Dále je zde uveden popis města Ústí nad Labem a jeho postupy v případě mimořádné události, charakteristika místa simulované nehody, popis konstrukce železniční cisterny a vlastnosti chloru. Cílem práce bylo provést modelace úniku chloru za různých podmínek pomocí programu ALOHA s podrobným vyhodnocením, deskripcí výsledků a jejich vzájemnou komparací s následným vytvořením mapy nejvíce zasažených oblastí.

Výsledky modelací a jejich popis byl podrobně sumarizován v kapitole výsledky včetně mapových podkladů. Samotná deskripce všech modelací a jejich vzájemná komparace s podobnými úniky a potvrzení stanovených hypotéz je uvedena v kapitole diskuze. V závěru práce je konstatováno, že při případné havárii na tomto konkrétním místě a za nepříznivých meteorologických podmínek by měl únik chloru s vysokou pravděpodobností vážné důsledky na obyvatelstvo a zdraví osob.

Klíčová slova

Únik chloru; železniční cisterna; modelace úniku chloru; ALOHA; IZS.

ABSTRACT

This thesis is focusing on the problems of chlorine leakage from a train tank after simulated accident with a semi-truck at the site of train station Usti nad Labem – West.

The thesis is focusing on different models, conditions and chlorine leakage variants simulated in ALOHA Software with further detailed analyzes and with regards to the threat to the population of city Usti nad Labem.

Theoretical part of this thesis is focusing on selected accidents with chlorine leakage, valid legislation, regulations, and safety labelling during dangerous goods transportation, on bodies of integrated rescue system, including alarm plan and plans of specific actions. The theoretical part also includes the description of city Usti nad Labem and its processes in case of extraordinary incidents, detailed description of the site with simulated accident, description of the train tank construction and the characteristics of chlorine.

The target of this thesis is to describe different models of chlorine leakage under different conditions, using ALOHA Software, followed up with detailed analyzes, results descriptions and its mutual comparison and the map definition of most affected city sites.

Results of all models and their detailed descriptions are summarized in the Chapter Results. Map details are included, as well.

Detailed descriptions of individual models and their mutual comparison with similar leakages and confirmation of stated hypothesis is to be found in the Chapter Discussion.

As a conclusion of this thesis, it is observed, that in case of the chlorine accident at this specific site combined with adverse meteorological conditions, the leakage of chlorine would have, with high probability, very negative and serious health impact on the population of city Usti nad Labem.

Keywords

Chlorine leakage, train tank, chlorine leakage models, ALOHA, Integrated Rescue System

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce a hypotézy	11
3	Přehled současného stavu.....	12
3.1	Vybrané havárie s únikem chloru ve světě	12
3.2	Vybrané havárie s únikem chloru v České republice.....	13
3.3	Platná legislativa.....	13
3.4	Předpisy pro přepravu na železnici.....	15
3.5	Přeprava nebezpečných látek po železnici a Převážní Značení	15
3.6	Převážní dokumentace při přepravě na železnici.....	17
3.7	Bezpečnostní označení při přepravě nebezpečných látek.....	18
3.8	Databáze vlastností nebezpečných látek	21
3.9	Integrovaný záchranný systém	24
3.10	Poplachový plán IZS kraje.....	26
3.11	Stupně poplachu.....	26
3.12	Plány konkrétních činností.....	28
3.13	Popis krajského města Ústí nad Labem	34
3.14	Krizový plán města Ústí nad Labem.....	35
3.15	Charakteristika podniku Spolchemie Ústí nad Labem	36
3.16	Vnější havarijní plán a zóna havarijního plánování Spolchemie.....	37
3.17	Západní nádraží v Ústí nad Labem	39
3.18	Vlastnosti chloru	39
3.19	Popis produkce a přepravy kapalného chloru ve Spolchemii	41
3.20	Charakteristika železniční cisterny na přepravu kapalného chloru	42
4	Metodika	44
4.1	Analýza rizik	44
4.2	Program ALOHA.....	47

5	Výsledky	49
5.1	Vyhodnocení analýzy rizik	49
5.2	Popis dopravní nehody a meteorologické podmínky	50
5.3	Modelace pomocí programu ALOHA	51
5.4	Zadání základních parametrů do programu ALOHA	51
5.4.1	Modelace přímého úniku chloru za inverzního počasí	52
5.4.2	Výsledky modelace přímého úniku chloru za inverzního počasí.....	55
5.4.3	Modelace přímého úniku chloru za slunečného počasí.....	57
5.4.4	Výsledky modelace přímého úniku chloru za slunečného počasí.....	58
5.4.5	Modelace postupného úniku chloru za inverzního počasí	61
5.4.6	Výsledky modelace postupného úniku chloru za inverzního počasí	64
5.4.7	Modelace postupného úniku chloru za slunečného počasí	66
5.4.8	Výsledky modelace postupného úniku chloru za slunečného počasí....	68
5.5	Výsledky modelací zobrazené v reálných podmínkách	71
6	Diskuze.....	73
7	Závěr	85
8	Seznam použitých zkratk	86
9	Seznam použité literatury.....	87
10	Seznam použitých obrázků	92
11	Seznam použitých tabulek	95

1 ÚVOD

Zajištění maximální bezpečnosti při zpracování, výrobě, skladování a následné přepravě nebezpečných chemických látek je jeden z nejdůležitějších úkolů všech zainteresovaných subjektů zabývajících chemickým průmyslem.

Samotná přeprava nebezpečných látek je samostatnou kapitolou a dle mého názoru je v tomto řetězci pravděpodobně nejslabším článkem a to z mnoha důvodů. Celý svůj život žiji a pracuji v Ústí nad Labem, kde se v mém nejbližším okolí nachází několik velkých závodů, ve kterých se manipuluje s nebezpečnými chemickými látkami. Největší z těchto továren je podnik Spolchemie Ústí nad Labem, kde probíhá ve velkých objemech zpracování, výroba, skladování, ale i samotná přeprava těchto nebezpečných látek pro následné koncové zákazníky. Tato distribuce je uskutečňována buď pomocí automobilových cisteren, anebo pomocí železničních cisteren po železnici. Jednou z těchto nebezpečných chemických látek přepravovaných po železnici je i toxický chlor, který se ve Spolchemii vyrábí, skladuje a přepravuje. Vzhledem k mé místní znalosti a práci ve složkách Integrovaného záchranného systému jsem se rozhodl v této diplomové práci zabývat problematikou přepravy nebezpečného chloru ze závodu Spolchemie Ústí nad Labem pomocí železničních cisteren a provést simulaci a modelaci případné nehody železniční cisterny převážející chlor.

V teoretické části mé práce budou nejprve popsány historicky významné havárie s úniky chloru a současný stav problematiky přepravy nebezpečných látek včetně platné legislativy. Dále budou popsány chemické a fyzikální vlastnosti chloru a jeho toxické účinky na lidský organismus. Poté bude rozebrán jednotlivý postup složek Integrovaného záchranného systému a správních orgánů na případnou havárii s únikem chloru.

V praktické části práce bude popsána samotná simulace havárie železniční cisterny a následná modelace úniku nebezpečného chloru v prostoru dopravní nehody a její případné dopady na místo vzniku a oblast města Ústí nad Labem. Samotná modelace bude provedena pomocí softwarového programu ALOHA, kde bude využito několik variant úniků a druhu počasí. Následně bude provedeno vyhodnocení jednotlivých modelací a jejich vzájemné porovnání s vyhodnocením výsledků. Cílem práce bude vytvoření mapy zasažené oblasti a porovnání následků úniku s podobnými známými

úniky a případné navržení organizačních a technických opatření k minimalizaci následků nehody.

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem diplomové práce bude simulace dopravní nehody železniční cisterny při přepravě v prostoru železniční vlečky ze závodu Spolchemie na nádraží v Ústí nad Labem- západ a provedení softwarové modelace úniku chloru za různých podmínek pomocí programu ALOHA s vytvořením mapy zasažené oblasti a porovnání následků úniku s podobnými známými úniky. Dále budou navržena případná organizační a technická opatření k minimalizaci následků nehody.

Hypotézy

- Hypotéza 1 – Dopady úniku chloru budou rozdílné za různého počasí.
- Hypotéza 2 – Při různých druzích úniků budou v zasaženém území odlišné vzdálenosti a dopady na obyvatelstvo.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

Chemický průmysl je v dnešní době jeden z nejdůležitějších a nepostradatelných oborů v celosvětovém měřítku. Česká republika (dále jen ČR) patří mezi země, kde se ve velkém objemu vyrábí, zpracovávají, skladují a přepravují nejrůznější nebezpečné chemické látky. I přes veškeré dodržování bezpečnostních a preventivních pravidel při nakládání s nebezpečnými látkami dochází během výroby, zpracování a skladování k nehodám a haváriím, které jsou většinou uvnitř uzavřených technologií nebo závodů. V těchto závodech a provozech je legislativně, organizačně a technicky zabezpečeno, jakým způsobem se má postupovat a i samotná technologie je většinou zabezpečena druhým záložním řešením, které má eliminovat následky v případě úniku nebezpečné chemické látky. Mezi tato technická řešení patří například záchytné jímky, skrápění nebo odvětrání. Tato dodatečná zabezpečení však většinou nejsou možná při samotné přepravě těchto látek. Z tohoto důvodu představuje samotná přeprava nebezpečných chemických látek velké nebezpečí pro zdraví, životy a také životní prostředí v případě jakékoliv nehody či havárie. Dopravní nehody a havárie s únikem toxického chloru nejsou tak časté, ale o to jsou závažnější vzhledem k fyzikálně chemickým vlastnostem chloru a jejich schopnosti destruovat své okolí. Proto je potřeba této problematice věnovat potřebnou pozornost.

3.1 Vybrané havárie s únikem chloru ve světě

Mississauga Kanada 1979 – havárie a výbuch železniční soupravy s chlorem a následný únik 70 tun chloru. Musela být provedena evakuace 200 tisíc osob [1, s. 6].

Berezniki Rusko 1994 – havárie v huti s únikem chloru, 30 osob zraněných a z toho 8 osob těžce [1, s. 7].

Graniteville USA 2005 – 6. ledna 2005 došlo k úniku 90 tun jedovatého chloru z havarované železniční cisterny při srážce dvou vlaků. Příčinou havárie byla lidská chyba, kdy obsluha výhybky přeměrovala vlak na již obsazenou kolej. Následkem havárie muselo být 250 osob ošetřeno z důvodu intoxikace chlorem. Byla provedena evakuace 5 400 osob z nejbližšího okolí na dobu 14 dnů, než se podařilo zasažené místo dekontaminovat. Na následky nehody na místě zemřelo osm osob a jedna osoba zemřela později na následky nadýchání se toxickým chlorem [1, s. 8, 16][2].

Jiangsu Čína 2005 – únik chloru z automobilové cisterny, 27 osob usmrcených a 285 osob muselo být hospitalizováno [1, s. 8].

3.2 Vybrané havárie s únikem chloru v České republice

Kolín 1978 – únik chloru ze železniční cisterny, 5 mrtvých a 50 osob zraněných [1, s. 9].

Neratovice 2002 – opakované úniky chloru během velkých povodní, znečištění životního prostředí [1, s. 9].

Karviná 2007 – únik chloru a oxidu síry z důvodu pravděpodobné chyby obsluhy při doplňování zásobníku kyseliny sírové na veřejném koupališti. Při úniku byla 1 osoba zraněna a byla nutná evakuace 1 000 osob [3].

Vítkov, Opava 2009 – únik chloru v úpravně vody, který si vyžádal 2 osoby zraněné a evakuaci 200 osob [1, s. 9].

3.3 Platná legislativa

V současné době je problematika nebezpečných chemických látek a nakládání s nimi přímo provázáno i s evropskou legislativou. V této kapitole bude uveden přehled nejdůležitějších zákonů, vyhlášek, norem a předpisů, které se týkají především jejich přepravy po železnici.

Evropská legislativa

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení Komise (ES) č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES. Jedná se o tzv. nařízení REACH (Registration Evaluation Authorisation Chemicals), které nařizuje

povinnosti pro registraci, hodnocení, povolování a kontrolu rizik, které přímo souvisejí s látkami, které se vyrábějí nebo uvádějí na trh.

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006. Jedná se o tzv. nařízení CLP (Classification, Labelling, Packaging), které upřesňuje označování a balení nebezpečných látek a směsí [4, s. 76]. Vyobrazení výstražných symbolů na obr. 1.



Obrázek 1 – Grafické znázornění výstražných symbolů dle CLP [4].

Česká legislativa týkající se nebezpečných látek

- Zákon č. 350 ze dne 27. října 2011 o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon), který jasně definuje co je nebezpečná látka a dále rozděluje nebezpečné látky do skupin nebezpečnosti, které jsou součástí prováděcí vyhlášky č. 402 ze dne 8. prosince 2011 o hodnocení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických směsí a také jejich označování.
- Zákon č. 224 ze dne 12. srpna 2015 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) [5].

3.4 Předpisy pro přepravu na železnici

- RID – Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí je úmluva přijatá 9. května 1980 v Bernu a byla ratifikována v ČR jako vyhláška Ministerstva zahraničních věcí č. 8/1985 Sb. o Úmluvě o mezinárodní železniční přepravě COFIF (Convention relative aux transports internationaux ferroviaires). Jedná se o mezinárodní smlouvu, která určuje podmínky pro přepravu nebezpečných látek po železnici a která je nyní každé dva roky novelizována.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady ze dne 29. dubna 2004/49/ES o bezpečnosti železnic Společenství.
- V ČR platí pro železniční přepravu obecně Zákon o drahách č. 266/1994 Sb.
- Sdělení Ministerstva zahraničních věcí 22/2019 Sb. o přijetí změn Řádu pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID) [6, s. 5, 6, 7][7].

3.5 Přeprava nebezpečných látek po železnici a přepravní značení

Přeprava po železnici představuje levnou, šetrnou a ekologickou variantu při přepravě křehkého zboží, zboží s vysokou hodnotou nebo výrobků náchylných na vlhkost a oproti jiným druhům přepravy zaručuje také i relativní vyšší bezpečnost. Její hlavní nevýhoda je vyšší časová náročnost na přepravu, která je dána složitější logistikou přepravy. V případě přepravy nebezpečných látek po železnici musí být dle platné legislativy tyto přepravní prostředky řádně označeny pro případ nehody nebo havárie. Toto speciální bezpečnostní značení se skládá z několika druhů a z označení musí vyplývat, že přepravovaný náklad má nebezpečné vlastnosti a určuje jeho základní nebezpečné vlastnosti. Z tohoto bezpečnostního značení následně mohou vycházet i zasahující záchranné složky, které budou na místě případné nehody zasahovat. Správné označení dopravních přepravních prostředků je jedna ze základních povinností odesílatele a přepravce přepravovaného zboží. V případě přepravy nebezpečných látek po železnici záleží na druhu přepravovaného zboží a podle způsobu přepravy se

rozděluje na přepravu v kusových obalech, kde je značení nebezpečných látek zajištěno výstražnými značkami na obalech a to čtvercem postaveným na vrchol o rozměru 10 x 10 cm a přepravní vůz je označen výstražnou značkou o rozměru 15 x 15 cm. Dále se rozdělení dělí na kontejnery, které jsou malé, střední nebo velké. Malé kontejnery se označují stejně jako kusové zásilky a velké kontejnery a nádržkové kontejnery do obsahu 3 m³ se značí výstražnými značkami o velikosti 25 x 25 cm. Značení nádržkových kontejnerů s obsahem větším než 3 m³ je shodné s označením kotlových vozů. Kotlový vůz neboli cisternový vůz je označen pro jednotlivé cisternové železniční vozy, které jsou označeny na každé podélné straně oranžovými tabulkami o délce 400 mm a šířce 300 mm, které neodráží světlo. Oranžová tabulka je černě orámována a podélně rozdělena černou čarou na dvě poloviny obr. 2. V horní části tabulky je uvedeno černým písmem číslo nebezpečnosti přepravované látky tzv. Kemlerův kód a v dolní části tabulky je uvedeno identifikační číslo nebezpečné látky tzv. UN číslo. Obě tato čísla jsou oddělena v tabulce vodorovnou černou čarou a jednotlivá čísla musí být nesmazatelná a odolná po dobu 15 minut působení přímého ohně. V případně použití kotlových vozů při přepravě nebezpečných stlačených nebo zkapalněných plynů musí být podle nařízení RID cisterna označena i oranžovým pruhem, který je 30 cm široký a v tomto pruhu je umístěn název přepravované látky například chlor [1, s. 65, 66][6, s. 5, 70].



Obrázek 2 – Označení kotlového vozu na kapalný chlor v areálu Spolchemie (foto Zdeněk Kadlec).

3.6 Přepravní dokumentace při přepravě na železnici

Legislativní předpis pro železniční přepravu RID upravuje přesný popis jak označení nebezpečných látek, tak i vybavení dopravních prostředků přepravními doklady. Tyto přepravní doklady musí být uloženy u vlakvedoucího a jak je vidět na obrázku číslo 2, tak v některých případech jsou umístěny i na samotném kotlovém vozu. Přepravní doklady obsahují základní údaje jak o odesílateli, tak i o příjemci. Doklady musí obsahovat přesnou adresu, název organizace, jméno fyzické osoby nebo IČO. Dále jsou zde uvedeny údaje o přepravním vozu, jakými jsou označení vozu, číslo vozu, počet náprav, vlastní hmotnost vozu a ložná hmotnost. V dokumentech je uvedené přesné označení přepravované nebezpečné látky, její název, UN číslo, Kemlerův kód, hmotnost převážené látky a druh použitého obalu. V přepravním dokladu jsou i údaje železnice, razítka, výše poplatků apod. [1, s. 68].

3.7 Bezpečnostní označení při přepravě nebezpečných látek

Bezpečnostní značení nebezpečných látek je jedním z významných objektivních opatření, která vedou k předcházení havárií s následným únikem. Toto značení podstatně přispívá ke snižování rizik při manipulaci s nimi. Existuje mnoho různých systémů značení. Mezi nejdůležitější používané systémy v ČR patří především UN systém, UN číslo, Kemlerův kód, HAZCHEM kód, systém Diamant nebo systém výstražných značek [1, s. 68].

UN systém

Jedná se o systém, který používá speciální oranžové varovné tabule o rozměrech 40 x 30 cm znázorněné na obr. 3. Tato tabule je černě orámovaná a podélně rozdělená na dvě poloviny. V dolní polovině tabulky je uvedeno identifikační číslo látky (UN číslo) a v horní polovině je uvedeno číslo nebezpečnosti tzv. Kemlerův kód [1, s. 69].



Obrázek 3 – UN systém [1].

UN číslo

UN číslo je čtyřmístné identifikační číslo látky, které je přiřazeno každé nebezpečné látce v různých třídách nebezpečnosti a jejichž přeprava podléhá předpisům ADR/RID.

Číslo je zcela unikátní pro každou danou látku a přesně ji definuje. Například chlor je vyjádřen jako UN 1017 [1, s. 69].

Kemlerův kód

Kemlerův kód je vyjádření číslem nebezpečnosti látky a to ve dvou až třímístné kombinaci čísel, která může být ještě doplněna písmenem „X“. Každá jednotlivá číslice má svůj význam, který přímo souvisí s nebezpečnou vlastností látky. Pokud jsou číslice zdvojené nebo dokonce ztrojené, tak to znamená vystupňování daného nebezpečí. Doplnění písmene „X“ před kombinací čísel znamená, že látka může prudce reagovat při kontaktu s vodou, a proto s ní nesmí látka přijít do styku. Hlavní význam použití identifikačního čísla nebezpečnosti je v poskytnutí prvotní rychlé informace pro zasahující záchranné složky o druhu nebezpečí pro zdraví a životy osob, a také pro životní prostředí. Tyto informace jsou také zcela zásadní pro určení taktických postupů při provádění záchranných prací. Velitel zásahu podle identifikačního čísla nebezpečnosti určuje například odstupovou vzdálenost nebo druh použití osobních ochranných pomůcek. Obecně jednotlivé číslice představují tato nebezpečí:

- 1 - výbušné látky (nepoužívá se)
- 2 - uvolňování plynů pod tlakem nebo jejich vznik
- 3 – hořlavost kapalin, par nebo plynů
- 4 – hořlavost pevných látek, včetně sklonu k samovznícení
- 5 – oxidační účinky
- 6 – jedovatost, toxicita
- 7 - radioaktivita
- 8 – žíravost
- 9 – nebezpečí prudké spontánní reakce
- 0 – bez významu
- X – zákaz styku s vodou

V případě použití Kemlerova kódu při označení chloru je číselná kombinace 265 a to znamená, že se jedná o podchlazený plyn, který je jedovatý a má oxidační účinky [1, s. 70][6, s. 34, 35].

HAZCHEM kód

Systém HAZCHEM kód vznikl v Londýně a byl vyvinut přímo hasiči. Je využíván v některých informačních databázích nebezpečných látek a jeho hlavní využití je ve stanovení prvotních opatření při zásahu s přítomností nebezpečných látek. Tento systém není určen pro identifikaci látek. Jeho hlavní výhodou je, že již dává návod na použití vhodného hasiva, druhu použití ochrany zasahujících a upozorňuje na případnou potřebu evakuace civilních osob ze zasažené oblasti. HAZCHEM kód je složen z jedné číslice, která určuje způsob použití hasiva a ze skupiny písmen, které určují snížení nebezpečí úniku nebezpečné látky, včetně ochrany nasazených sil. Využití jednotlivých písmen a čísel je vyobrazeno na obr. 4 [1, s. 78][8].

POMŮCKA PRO JEDNOTKY POŽÁRNÍ OCHRANY

KÓD HAZCHEM

1T

Systém se používá ve Velké Británii a v databankách o nebezpečných látkách. Není určen na identifikaci látky, ale dává návod na vhodné hasivo, ochranu zasahujících a opatření ke snížení nebezpečí při úniku látky. HAZCHEM je tvořen jednou číslicí a skupinou písmen.


1 - VODNÍ PROUD 2 - VODNÍ MLHA 3 - PĚNA 4 - SUCHÁ HASIVA

označení vozidla, obalu	pomoc. význam	opatření vzhledem k nutnosti použití ochranných prostředků	opatření vzhledem k látce
P	v	ÚPLNÁ OCHRANA	ZŘEDIT (uvážit vliv na životní prostředí)
R		DÝCHAČÍ PŘÍSTROJE	
S	v	DÝCHAČÍ PŘÍSTROJE pouze při požáru nebo rozkladu	
T		DÝCHAČÍ PŘÍSTROJE	OHRADIT
W	v	ÚPLNÁ OCHRANA	
X		DÝCHAČÍ PŘÍSTROJE	
Y	v	DÝCHAČÍ PŘÍSTROJE pouze při požáru nebo rozkladu	OHRADIT
Z		DÝCHAČÍ PŘÍSTROJE	
Z		DÝCHAČÍ PŘÍSTROJE pouze při požáru nebo rozkladu	
E		UVÁŽET EVAKUACI	

Poznámka:
WODNÍ MLHA
SUŠE HASIVO
v
 - není-li použito rozstříknou vodu.
 - látka nesmí přijít do styku s vodou.
 - "v" není součástí označení, látka může prudce nebo výbušně reagovat z následujících možných důvodů:
 - vířivá hmota nebo čísteš.
 - teplota vzplanutí pod 55°C.
 - reakce s organickými materiály nebo hořlavými látkami.
 - reakce s vodou.
ÚPLNÁ OCHRANA
DÝCHAČÍ PŘÍSTROJ
ZŘEDIT
OHRADIT
UVÁŽET EVAKUACI
 - vybušný prášek
 - protichemický oblek a izolační dýchací přístroj
 - izolační dýchací přístroj, ochranné rukavice a požární ochranný oblek
 - látku lze se souhlasem provozovatele spláchnout velkým množstvím vody do kanalizace.
 - je nutné všem prostředky zabránit úniku látky do kanalizace nebo vodotěci.
 - uvážit možnost evakuace, látka může ohrozit okolí z těchto důvodů:
 - výsoké hořlavý plyn (je třeba zjistit hustotu vzhledem ke vzduchu).
 - nebezpečí výbuchu nebo explozivního hoření
 - výsoké toxický nebo dusivý plyn.

DIAMANT

Systém pro rychlé posouzení nebezpečí při nehodách s nebezpečnými látkami DIAMANT se používá k označování obalů v USA a je součástí některých databank nebezpečných látek. Slouží pro potřebu rychlé a jednotné orientace o vlastnostech nebezpečné látky. Není určen pro přímou identifikaci látky.



NEBEZPEČÍ POŽÁRU
 POŠKOZENÍ ZDRAVÍ
 NEBEZPEČÍ SPONTÁNNÍCH REAKCÍ

SPECIFICKÉ NEBEZPEČÍ

Modré pole (vlevo) - nebezpečí poškození zdraví

4 - Mimořádně nebezpečné! Zabránit jakémukoli kontaktu bez speciální ochrany (izolační dýchací přístroj, protichemický oblek, 1 a paprsky nebo kapalina).
 3 - Velice nebezpečné! Působí v zasažené oblasti pouze v praktickém obleku a dýchacím přístrojem.
 2 - Nebezpečné! Působí v zasažené oblasti pouze v dýchacím technice a ochranném obleku.
 1 - Mírně nebezpečné! Dýchací přístroj doporučen.
 0 - Bez vlastního nebezpečí.

Červené pole (nahore) - nebezpečí požáru

4 - Extrémně lehce vzplanou při nízké teplotě.
 3 - Nebezpečí vznícení při normální teplotě.
 2 - Nebezpečí vznícení při nízké teplotě.
 1 - Nebezpečí vznícení při nízké teplotě.
 0 - Bez nebezpečí vznícení za normálních okolností.

Žluté pole (vpravo) - nebezpečí spontánní reakce

4 - Velké nebezpečí vzplanou! Vyhodit vlněti a nebezpečnou zónu. Při požáru evakuovat ohroženou oblast.
 3 - Nebezpečí výbuchu při působení horka nebo při velkém ohřevu, při nárazu a poči! Vyhodit vlněti a nebezpečnou zónu.
 2 - Možnost prudké chemické reakce! Vlněti a nebezpečnou zónu, hasivou zónu pouze z bezpečné vzdálenosti.
 1 - Při silném zahřívání nestabilní! Bezpečnostní opatření jsou nutná.
 0 - Za normálních podmínek bez nebezpečí.

Bílé pole (dole) - další nebezpečí

prázdné pole - k hašení lze použít vodu
 W - k hašení nesmí být použita voda, lze očekávat chemickou reakci látky
 X - při úniku látky hrozí nebezpečí radiačního záření
 OXY - látka přibíhá jako silně oxidující látka
 ALK - silná zásada
 COR - velká korozivní (šrávk) účinky
 ACID - silná kyselina

© SDRUŽENÍ PRO NADACI GALLUS RUBER
 KLAJNO 1998
 náklad 5000 ks
 1. vydání
 Vydáno za příspěvu státní dotace MV-
 Ředitelství HZS ČR
 Grafický návrh: Mgr. Tereziček Šepros

Obrázek 4 – Systém HAZCHEM kód a Systém DIAMANT [8].

Diamant

System DIAMANT se prioritně používá pro označení obalů nebezpečných látek v USA, ale je i součástí některých databází nebezpečných látek, které se používají v Evropě. System je určen pro rychlé a jednoduché posouzení nebezpečí při haváriích a nehodách s nebezpečnými látkami. Není určen pro přímou identifikaci nebezpečné látky, ale slouží pro orientaci ve vlastnostech látek. Značení je provedeno ve tvaru čtverce, který je postavený na vrchol a je dále barevně rozdělen do čtyř polí, ve kterých jsou uvedeny číslice od 0 do 4. Čím vyšší číslo je v daném čtverci uvedeno, tím je dané nebezpečí vyšší. Ve spodním bílém poli se čísla nepoužívají, ale je zde doplněn symbol specifického nebezpečí. Bližší specifikace systému DIAMANT je vyobrazena na obr. 4 [1, s. 80, 81].

Výstražné značky při přepravě nebezpečných látek

Jedná se o grafické symboly, které fungují jako doplněk k číselnému označování při transportu nebezpečného zboží a látek. Výstražné značky informují o nebezpečných účincích nebezpečných látek a jsou ve tvaru čtverce, který je postavený na vrchol. Na jednotlivých značkách je pak vyobrazen klíčový účinek dané látky, jak je vidět na obr. 1 [1, s. 70].

3.8 Databáze vlastností nebezpečných látek

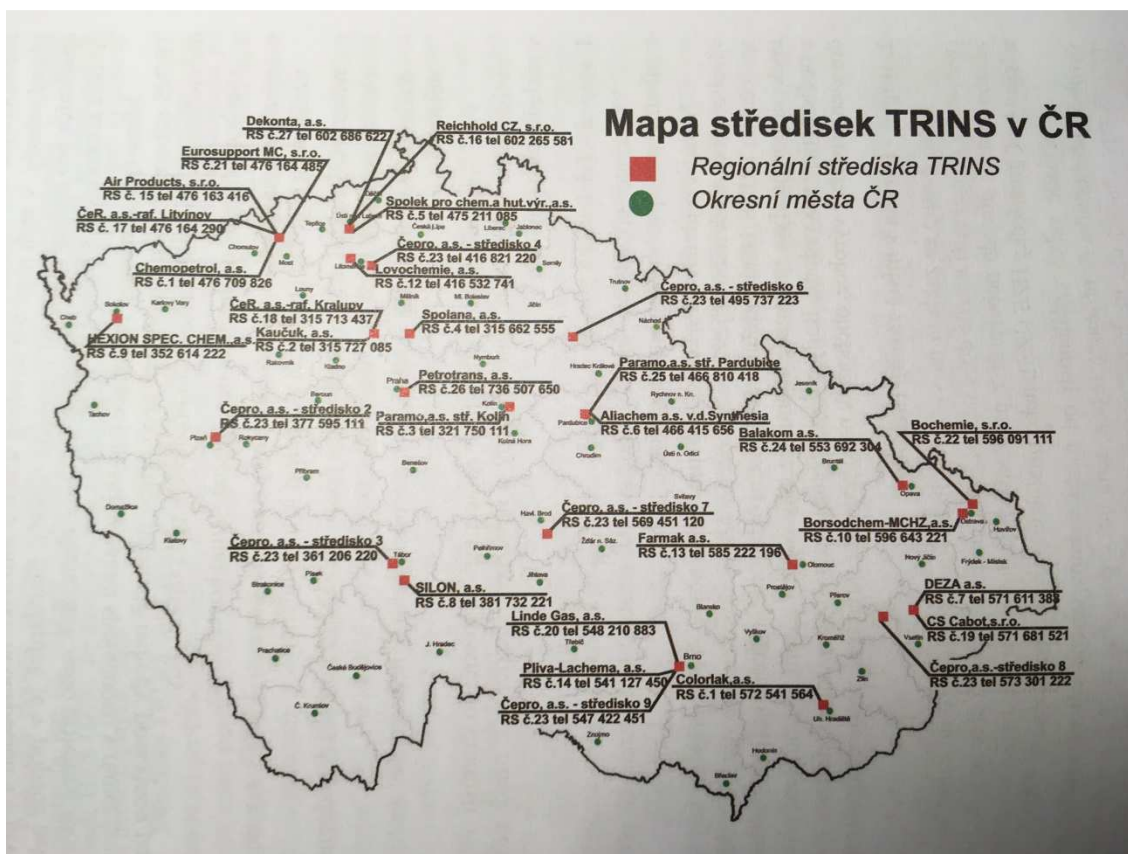
V Evropě je přibližně sedmnáct národních systémů, které mají zajistit pomoc v případě nehody při přepravě nebezpečných chemických látek. Označují se jako ICE systémy. Jejich součinnost a spolupráci koordinuje Evropská rada chemického průmyslu (CEFIC), která se snaží o co nejefektivnější zvyšování bezpečnosti při přepravě nebezpečných látek, prevenci havárií a snižování jejich případných dopadů. Tyto databáze nebezpečných látek umožňují vyhledat nebezpečnou látku podle UN čísla, Kemlerova kódu, registračního čísla CAS a tím získat o nebezpečné látce základní informace, fyzikální vlastnosti, ohrožující účinky, způsob zásahu záchranných složek nebo postupy první pomoci. V ČR je zástupcem této organizace Transportní informační a nehodový systém (dále jen TRINS). Mezi další softwarové databáze, ve kterých

můžeme vyhledat vlastnosti nebezpečných látek, patří například MEDIS-ALARM, CAMEO Chemicals atd. [1, s. 85, 86, 87][6, s. 83].

Transportní informační a nehodový systém

TRINS je systém, který poskytuje prostřednictvím svých středisek nepřetržitou pomoc při řešení mimořádných událostí a havárií, které jsou spojené s přepravou nebo skladováním nebezpečných látek na území ČR. Tento systém poskytuje svou pomoc a podporu již od 1. července 1996 a je smluvně ošetřen mezi Svazem chemického průmyslu a Ministerstvem vnitra ČR – Generálním ředitelstvím hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen MV – GŘ HZS ČR). Mezi zakládající společnosti patří velké průmyslové podniky, které se zabývají výrobou, zpracováním, skladováním a transportem nebezpečných chemických látek. Jejich podporu a pomoc je možné vyžadovat jen přes krajské operační a informační středisko (dále jen KOPIS) HZS ČR. Základním prvkem je síť jednotlivých středisek, které jsou vybaveny dle předem uvedené podpory. Uvedená síť je vyobrazena na obr. 5. Jejich hlavní náplň a podpora je rozdělena do tří stupňů.

- 1. stupeň – telefonická porada, jde o informační podporu prostřednictvím telefonické konzultace s odborníkem, který by měl podáním erudované informace o nebezpečné látce pomoci veliteli zásahu s vyřešením vzniklé situace.
- 2. stupeň – porada na místě havárie nebo nehody. Tato pomoc je požadována v případě složitějších zásahů nebo potřebě pomoci s technickým řešením na místě mimořádné události. Doprava na místo zásahu je vždy dohodnuta s ohledem na nebezpečí z prodlení dopravními prostředky hasičského záchranného sboru (dále jen HZS), nebo požádaného střediska TRINS.
- 3. stupeň – obsahuje praktickou pomoc na místě mimořádné události pomocí sil a prostředků středisek TRINS. Tato pomoc je omezena na konkrétní počet nebezpečných látek [6, s. 83-87][9, s. 79].



Obrázek 5 – Rozmístění jednotlivých středisek TRINS v ČR [6].

MEDIS-ALARM

Jedná se v současné době o nejpoužívanější softwarový informační systém chemických látek, který je používán i HZS ČR. V této databázi nebezpečných látek je možné nalézt nebezpečnou chemickou látku podle názvu, podle UN čísla nebo registračního čísla CAS a dalších identifikačních čísel. Po nalezení konkrétní látky je možné v databázi nalézt informace o klasifikaci této látky, sumární vzorec, funkční vzorec, bezpečnostní značky a výstražné symboly, ale především postupy pro zásah záchranných složek, včetně odstupových vzdáleností atd. Příklad z databáze MEDIS-ALARM na obr. 6 [9, s. 77, 78].

Identifikace:

Registrační číslo CAS:	7782-50-5
Číslo ES (EINECS/ELINCS/NLP):	231-959-5
Indexové číslo (EC):	017-001-00-7
Název REACH:	Látka je uvedena v příloze XVII. viz kapitola E8
Sumární vzorec:	Cl ₂
Funkční vzorec:	Cl ₂
Klasifikace (revidovaná):	Ox. Gas 1; H270 Press. Gas (Liq.); H280 Skin Irrit. 2; H315 Eye Irrit. 2; H319 Acute Tox. 2; H330 STOT SE 3; H335 Aquatic Acute 1; H400 Aquatic Chronic 1; H410
P-věty	viz kapitola E2
Výstražný symbol:	GHS03 (GHS04) GHS06 GHS09
Signální slovo:	Nebezpečí
Hvězdy - označení:	H270 H280 H315 H319 H330 H335 H410
Poznámky:	U
Multiplikační faktory:	M=100 M(Chronic)=1
Poznámka zpracovatele:	Klasifikace CLP se liší od harmonizované klasifikace CLP (změny jsou zvýrazněny červeně). Tučně je uvedena harmonizovaná klasifikace, ostatní třídy doklasifikovány dle jiných zdrojů. Červeně zvýrazněná klasifikace je zpřísněná harmonizovaná klasifikace CLP. Standardně vypsaná klasifikace je doplňující klasifikace CLP.

Identifikace látky v předpisech:

Synonyma:

Nouzová opatření:

ERG 2016 ERG124
ERIC 2015 2-31

Příbuzné záznamy:

CHLOR : adsorbovatelný

Obrázek 6 – Příklad databáze MEDIS-ALARM [zdroj: vlastní].

3.9 Integrovaný záchranný systém

Legislativní základ IZS v ČR je tvořen zákonem č. 239/2000 Sb. o IZS a o změně některých zákonů. Podle tohoto zákona lze hovořit o integrovaném záchranném systému, pokud se při záchranných a likvidačních pracích nebo jejich přípravě účastní současně dvě nebo více složek IZS a přitom nerozlišujeme, zda se jedná o složky základní nebo ostatní. IZS lze definovat jako koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádnou událost a při provádění záchranných a likvidačních prací [11, s. 51]. Operační a informační střediska IZS zajišťují nepřetržitou pohotovost pro příjem tísňových volání a nahlášení mimořádné události [10, s. 29-34].

Složky IZS

Základní složky zabezpečují nepřetržitou pohotovost pro příjem, vyhodnocení a neodkladný zásah na místě vzniku mimořádné události, a proto na území ČR mají rozmístěné své výjezdové základny a výjezdové jednotky na základě plošného pokrytí [10, s. 29-34].

Základní složky IZS jsou:

- Hasičský záchranný sbor České republiky;
- Jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany;
- Policie České republiky;
- Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby.

Ostatní složky IZS jsou:

- Vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil;
- Ostatní bezpečnostní sbory;
- Ostatní záchranné sbory;
- Orgány veřejného zdraví;
- Havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby;
- Zařízení civilní ochrany;
- Neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím [10, s. 29-34].

Operační střediska IZS

Jedná se o kontaktní místa pro příjem tísňových hovorů a poskytnutí pomoci v nouzi. Jejich provoz funguje v nepřetržitém režimu a kromě příjmu tísňových volání musí plnit úkoly v operačním řízení. Jde o vysoce technologicky vyspělá řídicí centra, která používají při své činnosti specializované informační systémy, které využívají především pro podporu rozhodovacích procesů při vysílání sil a prostředků na místa vzniku mimořádných událostí. Hlavním úkolem operačních středisek je vyhodnocení obsahu zprávy tísňového volání a odhad rozsahu mimořádné události, včetně možného rozšíření a požadavku potřeby sil a prostředků na místě události vedoucí k efektivní likvidaci následků mimořádné události. Mezi hlavní pilíře patří střediska základních složek IZS, které přijímají hovory na tísňových telefonních linkách:

- 150 - Hasičský záchranný sbor;
- 155 – Zdravotnická záchranná služba;
- 158 - Policie České republiky;
- 112 – Jednotné evropské číslo tísňového volání.

Jednotlivá operační střediska složek IZS jako odezvu na mimořádnou událost vyhláší potřebný stupeň poplachu, podle kterého se na místo události vysílají síly a prostředky, které řeší záchranné a likvidační práce na místě události. V místě zásahu složek řídí samotný zásah velitel zásahu (dále jen VZ) na taktické úrovni, operační střediska složek IZS na operační úrovni a je-li potřeba z důvodu rozsahu a složitosti zásahu, tak přechází řízení zásahu i na úroveň strategického řízení, které je v kompetenci představitelů správních orgánů [12].

3.10 Poplachový plán IZS kraje

Poplachový plán integrovaného záchranného systému kraje je dokument, který se zpracovává dle zákona č. 239/2000 Sb. o IZS a o změně některých zákonů pro případ povolávání jednotlivých složek při organizaci záchranných a likvidačních prací na území kraje. Důležitou součástí je také prováděcí vyhláška ministerstva vnitra č. 328/2001 Sb., která se zabývá některými podrobnostmi při zabezpečení integrovaného záchranného systému a ve znění vyhlášky č. 429/2003 Sb. V těchto právních dokumentech je ukotvena povinnost kraje provádět přípravu na mimořádné události, provádět záchranné a likvidační práce a také ochranu obyvatelstva. Plnění úkolů kraje je přeneseno na HZS kraje a schválení poplachového plánu IZS kraje je v kompetenci hejtmana kraje po předchozím projednání rady kraje. Řádně schválený dokument je uložen na KOPIS IZS pro případné využití a dále je součástí havarijního plánu kraje. Poplachový plán IZS obsahuje spojení na základní a ostatní složky, přehled sil a prostředků a způsob povolávání a vyrozumívání [11][13, s. 61].

3.11 Stupně poplachu

Součástí poplachového plánu IZS kraje jsou i jednotlivé stupně poplachu, které předem určují potřebu sil a prostředků na záchranné a likvidační práce v závislosti na druhu a rozsahu mimořádné události a také na úrovni nutnosti koordinace složek IZS při

společném zásahu. V rámci IZS se proto vyhláší čtyři stupně poplachu, které vyhláší při vyslání jednotek KOPIS nebo na místě události velitel zásahu. Čtvrtý stupeň je označován jako zvláštní stupeň [13, s. 64, 65].

- **První** stupeň poplachu se vyhláší u mimořádných událostí, které ohroží jednotlivé osoby, jednotlivý objekt nebo jeho část, s výjimkou objektu, kde je složitý zásah, jednotlivé dopravní prostředky osobní nebo nákladní dopravy nebo území do 500 m². Nebo u záchranných a likvidačních prací, které provádějí základní složky IZS a není zde nutná jejich koordinace.
- **Druhý** stupeň poplachu se vyhláší u mimořádných událostí, které ohroží nejvíce 100 osob, více než jeden objekt se složitými podmínkami pro zásah, jednotlivé prostředky hromadné dopravy osob, cenné chovy zvířat, území do 10 000 m². Nebo u záchranných a likvidačních prací, které provádějí základní a ostatní složky IZS kraje a je zde nutná jejich nepřetržitá koordinace.
- **Třetí** stupeň poplachu se vyhláší u mimořádných událostí, které ohroží více než 100 osob a nejvíce 1 000 osob, část obce nebo areálu podniku, soupravy železniční přepravy, několik chovů hospodářských zvířat, plochy území do 1 km², povodí řek, produktovody, hromadné havárie v silniční dopravě nebo havárii v letecké dopravě, jsou využívány síly a prostředky z jiných krajů a je nutná koordinace zásahu velitelem zásahu za pomoci štábu velitele zásahu a místo události je nutné rozdělit na sektory a úseky. Na základě rozhodnutí řídicího důstojníka HZS kraje je o vyhlášení třetího stupně poplachu IZS vyrozuměn prostřednictvím KOPIS hejtman kraje nebo starosta obce s rozšířenou působností (dále jen ORP).
- **Zvláštní stupeň** poplachu se vyhláší u mimořádných událostí, které ohroží více než 1 000 osob, celé obce, plochy území nad 1 km², záchranné a likvidační práce provádějí základní a ostatní složky IZS s využitím sil a prostředků z jiných krajů nebo i zahraniční pomoci a je nutná koordinace zásahu velitelem zásahu za pomoci štábu velitele zásahu, místo události je nutné rozdělit na sektory a úseky a společný zásah potřebuje koordinaci na strategické úrovni. Vyhlášení zvláštního stupně poplachu oznamuje KOPIS hejtmanovi kraje, nebo po rozhodnutí velitelem zásahu starostovi dotčené ORP. KOPIS koordinuje pomoc se sousedními

kraji a informuje o vyhlášení zvláštního stupně poplach i Generální ředitelství HZS ČR [13, s. 64, 65][14, s. 21, 22].

3.12 Plány konkrétních činností

Plány konkrétních činností jsou součástí havarijních plánů krajů, vnějších havarijních plánů a vnitřních havarijních plánů. Havarijní plán kraje se zpracovává pro řešení mimořádných událostí, které vyžadují vyhlášení třetího nebo zvláštního stupně poplachu. Zpracovatelem havarijního plánu kraje je HZS kraje, který participuje s krajským úřadem, krajským ředitelstvím PČR, ZZS, krajskou hygienickou stanicí a krajskou veterinární správou. Člení se na informační část, operativní část a plány konkrétních činností. Je zde uveden popis konkrétních činností pro provedení záchranných a likvidačních prací. Jedná se o základní činnosti, kterými jsou například vyrozumění, varování, evakuace atd. Způsob zpracování určuje vyhláška Ministerstva vnitra č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému ve znění vyhlášky [13, s. 67].

Plán vyrozumění

Jedná se o celkový souhrn organizačních, technických a provozních opatření, která mají zabezpečit včasné předávání informací o vzniklé mimořádné události nebo i hrozcí nebezpečí složkám IZS, samosprávě a orgánům státní správy, právníkům a podnikajícím fyzickým osobám, které jsou zahrnuty v plánu vyrozumění. K provedení vyrozumění dotčených organizací, subjektů a orgánů se využívají vyhrazené telekomunikační sítě HZS, PČR a AČR, mobilní sítě operátorů, elektronická pošta a WEB a WAP servery [13, s. 68, 69].

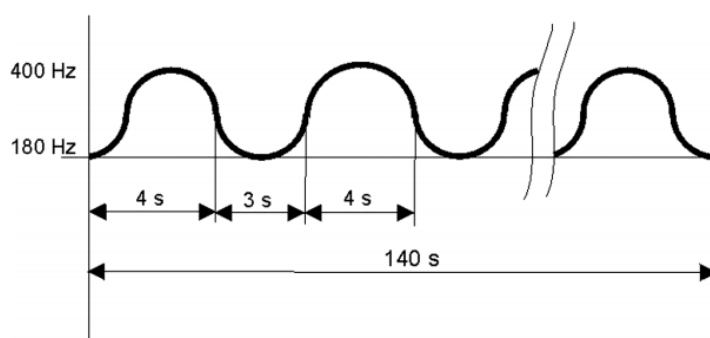
Plán vyrozumění na úrovni kraje nebo ORP

Plán vyrozumění jako součást havarijního plánu kraje obsahuje informace o předávání prvotních informací při vzniku mimořádné události a vyrozumění, povolávání složek IZS, informování hejtmána a starostů ORP a předávání informací o mimořádné události krajskému úřadu, obecním úřadům ORP a ostatním správním úřadům, jichž se vyrozumění týká. Způsob vyrozumění hejtmána kraje a starostů obcí

s rozšířenou působností a starostů obcí je prostřednictvím KOPIS HZS na pokyn řídicího důstojníka HZS kraje [13, s. 68, 69].

Plán varování obyvatelstva

Plán varování je jedno z prvních základních opatření na ochranu obyvatelstva. Varování lze definovat jako organizační, technické a provozní opatření, které vede k předání varovné informace o hrozícím nebezpečí nebo mimořádné události, které může ohrozit obyvatelstvo. Tísňová informace je organizační, technické a provozní opatření, které je v následujícím sledu po varovném signálu s předáním informací o zdroji, druhu nebo rozsahu vzniklého nebezpečí. Varování a informování obyvatelstva probíhá prostřednictvím jednotného systému varování a vyrozumění (dále jen JSVV), který je zajišťován a provozován MV – GŘ HZS ČR, pomocí koncových prvků varování, což mohou být rotační sirény nebo elektronické sirény a místní informační systémy. K varování slouží varovný signál „všeobecná výstraha“, který je znázorněn na obr. 7. Jedná se o kolísavý tón v délce 140 sekund a může být třikrát po sobě opakován. Po zaznění tohoto signálu následuje konkrétní slovní informace v délce trvání 20 sekund, která konkretizuje typ nebezpečí. Mezi standardní informace patří „všeobecná výstraha“, „nebezpečí zátopové vlny“, „chemická havárie“ nebo „radiační havárie“. Oprávnění a rozhodnout o využití varování obyvatelstva prostřednictvím JSVV má velitel zásahu, hejtman, starosta obce nebo KOPIS HZS a řídicí důstojník HZS [9, s. 94-97][13, s. 136, 137][15, s. 41, 42].



Obrázek 7 – Znázornění signálů „všeobecná výstraha“ [9].

Traumatologický plán

Smyslem traumatologického plánu je zabezpečit neodkladnou odbornou zdravotnickou péči při výskytu velkého množství zraněných nebo postižených osob, které vznikne následkem mimořádné události nebo krizové situace. Aktivace traumatologického plánu a jeho jednotlivých stupňů, je závislá na počtu zasažených při hromadném postižení osob. Hlavním úkolem traumatologického plánu je zkrácení potřebného času od ošetření zraněných a zasažených na místě vzniklé události až po příjem v nemocnici a ošetření v koncovém zdravotnickém zařízení. Důraz je v tomto případě kladen především na kvalitní ošetření na místě události. Traumatologický plán zpracovává v podmínkách přednemocniční neodkladné péče zdravotnická záchranná služba a v podmínkách nemocniční neodkladné péče ho zpracovávají jednotlivá zdravotnická zařízení. Traumatologický plán obsahuje především postupy zdravotnických zařízení, správních úřadů a organizaci neodkladné zdravotnické péče včetně pomoci obyvatelstvu zasaženému mimořádnou událostí a osobám, které provádějí záchranné a likvidační práce a byly zdravotně zasaženy mimořádnou událostí. Dále jsou zde uvedeny postupy a činnosti zdravotnické záchranné služby a komunikace s nemocnicemi, zdravotnickými zařízeními a orgány veřejného zdraví [13, s. 74-77].

Plán dekontaminace

Dekontaminace zasažených osob je jedním z prvořadých úkolů a činností, které zabraňují dalšímu ohrožení zdraví nebo života u zasažených osob a to zejména u zasažení chemickými toxickými látkami. Dekontaminaci lze charakterizovat jako souhrn metod a postupů, které vedou k účinnému odstranění nebezpečných látek na bezpečnou úroveň. Vzhledem k okolnostem na místě události může být v prvním sledu provedena částečná dekontaminace a následně úplná dekontaminace. Dekontaminace se v případě havárií a nehod s nekontrolovaným únikem nebezpečných chemických látek týká nejenom osob, ale i jejich oděvů, techniky, dopravních prostředků, terénu a ostatních zasažených prostor chemickými, radioaktivními nebo biologickými látkami. Pro dekontaminaci se na místě mimořádné události zřizuje dekontaminační prostor, který se umísťuje na návětrné straně mezi hranicí nebezpečné zóny a vnější zóny. Nejčastěji se v praxi využívá dekontaminační sprcha, která se používá na oplach

nebezpečné látky ze zasaženého povrchu a kontaminovaná voda se následně zachytává. Dle druhu nebezpečné látky na kontaminovaném povrchu se před vlastní dekontaminační sprchou nanáší dekontaminační činidlo pomocí postřikovače nebo košťátka a poté se provede dekontaminace oplachem. Dekontaminační činidlo může být například universální „Hvězda“, dále na biologické látky Persteril, chlornan vápenatý, chlornan sodný nebo obyčejné mýdlo. Při nutnosti dekontaminace velkého množství zasažených osob se využívá mobilní dekontaminační stanoviště SDO 2 viz obr. 8, které je schopno dekontaminace až 60 osob za 1 hodinu. Tímto dekontaminačním stanovištěm je vybaven každý HZS kraje a Záchrané útvary HZS ČR. Plán dekontaminace má právní oporu v zákoně č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému, zákoně č. 263/2016 Sb. atomový zákon, zákoně č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií, vyhlášky č. 328/2001 Sb. o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému ve znění vyhlášky č. 429/2003 Sb., a ve vyhlášce č. 226/2015 Sb. o zásadách vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení [9, s. 129-132][11].



Obrázek 8 – Mobilní dekontaminační stanoviště SDO 2[9, s. 132].

Plán evakuace

Plán evakuace se zpracovává pro řešení mimořádných událostí, které vyžadují vyhlášení třetího nebo zvláštního stupně poplachu. Přípravy na vlastní realizaci mají za úkol ve své působnosti hejtmáni a starostové obcí s rozšířenou působností, kteří musí zabezpečit odborné zajištění evakuace, personál a přijímací evakuační střediska. Obsahem plánu jsou definované zásady evakuace, rozsah evakuačních opatření, stanovení evakuačních zón, zabezpečení evakuace, orgány pro řízení evakuace a jejich vyrozumění a určení odpovědnosti za provedení evakuace obyvatelstva [13, s. 86-88].

Plán evakuace v zónách havarijního plánování

Evakuační plán osob ze zón havarijního plánování se zpracovává pro oblasti, které jsou ohroženy únikem nebezpečných chemických látek nebo radioaktivního záření a jeho účelem jsou účinná opatření na ochranu životů a zdraví osob pomocí evakuace. Plán evakuace ze zón havarijního plánování je součástí vnějšího havarijního plánu kraje. Způsob zpracování je určen zákonem č. 224/2015 Sb. zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a především vyhláškou č. 226/2015 Sb. o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury [5][13, s. 89].

Prostředky individuální ochrany

K individuální ochraně obyvatel před působením nebezpečných chemických látek při mimořádných událostech se využívají především improvizované prostředky. Jedná se o prostředky, které slouží k improvizované ochraně očí, povrchu těla a především k ochraně dýchacích cest před působením nebezpečných toxických látek při chemických haváriích. Hlavní podstatou je použití jednoduchých pomůcek, které jsou většinou dostupné v domácnosti, a které v omezené míře dokáží nahradit prostředky individuální ochrany, především za vojenského ohrožení. Jejich klíčovou výhodou je příprava svépomocí z dostupných prostředků. Mezi tyto prostředky patří například pro ochranu hlavy čepice, šátek, motocyklová, cyklistická nebo pracovní helma. Pro ochranu očí slouží například potápěčské, plavecké, lyžařské nebo motocyklové brýle a

pro ochranu obličeje froté ručníky nebo flanelové látky. Pro ochranu těla kombinézy, zimní kabáty, bundy nebo pláštěnky. Pro ochranu rukou používáme gumové rukavice a pro ochranu nohou gumové holínky nebo kozačky. Ochrana dýchacích cest se v případě dodatečného využití vhodných impregnačních látek dá zvýšit vlivem neutralizace škodliviny. Druh impregnační látky je závislý na druhu toxického plynu, kdy na zásaditou reakci se využívá roztok jedlé sody a na kyselou reakci roztok kyseliny citrónové nebo octové. Obě tyto látky jsou většinou běžně dostupné v každé domácnosti. Příprava impregnace pro využití při havárii chloru nebo oxidu siřičitého je následný. Příprava 5% vodného roztoku jedlé sody je následovný. Vezmeme 50 gramů jedlé sody (bikarbonát), popřípadě 5 polévkových lžic a vsypeme ho do jednoho litru vody, tento roztok následně důkladně rozmícháme. Do takto připraveného roztoku impregnace se namočí ručník, který po vyjmutí z roztoku vyždímáme a přeložíme, aby tvořil pět vrstev. Nyní můžeme přeložit tento ručník přes ústa a nos. Tento způsob byl odzkoušen i praktickými zkouškami, které proběhly u chloru při maximální koncentraci 5 ppm a při této koncentraci byla zjištěna snesitelnost po dobu 10-15 minut [9, s. 103, 104][13, s. 140, 142][16, s. 17, 78, 79, 109].

Při vyhlášení stavu ohrožení státu a válečném stavu se pro vybrané kategorie obyvatelstva provádí výdej prostředků individuální ochrany. Jedná se především o dětské ochranné vaky pro děti do 1,5 roku, dětské ochranné kazajky pro děti od 1,5 do 6 let, dětské ochranné masky pro děti od 1,5 do 18 let, ochranné masky pro osoby umístěné ve zdravotnických zařízeních a sociálních zařízeních a ochranné masky pro doprovod všech uvedených kategorií [9, s. 103, 104][13, s. 140, 142][16, s. 17, 78, 79, 109].

Plán ukrytí obyvatelstva

Ukrytí obyvatelstva je v praxi bráno jako neodkladné ochranné opatření na vzniklé nebezpečí, na které je ohrožené obyvatelstvo upozorněno varováním. Plán ukrytí obyvatelstva se využívá především při mimořádných událostech a krizových situacích a to buď v improvizovaných úkrytech, nebo ve stálých úkrytech. S využitím stálých úkrytů civilní ochrany, které jsou především určeny při vojenském ohrožení, se nedá vzhledem k delší době zprovoznění a nerovnoměrnému rozmístění příliš počítat. Z tohoto důvodu v současné době převažuje a i se upřednostňuje improvizované ukrytí

obyvatelstva, ke kterému se využívá přirozených ochranných vlastností staveb, které se nacházejí v blízkém okolí mimořádné události. Improvizovaný úkryt může být dopředu vytipovaný nebo zvolený stavebně a technicky vhodný prostor, který se před vznikem nebo po vzniku mimořádné události optimálně upraví. Jejich velkou výhodou je dostupnost a při provedení drobných úprav, které zamezí průnik nebezpečných chemických látek je to nejrychlejší způsob jak se vyvarovat kontaminaci nebezpečnou látkou. Nejvhodnější způsob ukrytí v improvizovaném úkrytu je patrová budova, kde je nutné vystoupat do co nejvyššího patra na odvrácené straně k havárii a zde improvizovanými prostředky, jakým je třeba izolační páska, utěsnit okna i dveře. Ukrytí obyvatelstva za krizových stavů v improvizovaných úkrytech je v dnešní době významný prvek kolektivní ochrany [9, s. 101, 102][13, s. 144, 145].

Pro zóny havarijního plánování provozovatele skupiny B je součástí vnějšího havarijního plánu i plán ukrytí obyvatelstva, který obsahuje způsoby využití ochranných vlastností staveb v zóně havarijního plánování a to ve stálých úkrytech nebo improvizovaných úkrytech. Podkladem pro vypracování plánu ukrytí obyvatelstva jsou data o počtu obyvatelstva, počtu evakuovaného obyvatelstva, o kapacitě a množství stálých a improvizovaných úkrytů, místa a způsoby možného ukrytí osob v zóně havarijního plánování, zásady chování obyvatelstva při ukrytí a grafický plán ukrytí. Legislativní rámec pro vypracování plánu ukrytí je v zákoně č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému, zákoně č. 263/2016 Sb. atomový zákon, zákoně č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií, zákoně č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů, vyhlášky č. 328/2001 Sb. o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému ve znění vyhlášky č. 429/2003 Sb., vyhlášce č. 226/2015 Sb. o zásadách vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a vyhlášky č. 380/2002 Sb. k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva [9, s. 101, 102][11][13, s. 144, 145].

3.13 Popis krajského města Ústí nad Labem

Město Ústí nad Labem leží na severozápadě ČR a je statutárním městem celého Ústeckého kraje. Ve městě žije necelých 93 000 obyvatel a jeho počet neustále postupně klesá. Samotné město je zasazené v centru masivu Českého středohoří a ze severu ho

obklopuje úpatí Krušných hor, proto je zde velmi rozdílná nadmořská výška od 796 metrů nad mořem (Rudný vrch) až po nejnižší bod 131 metrů nad mořem, což je hladina řeky Labe. Město Ústí nad Labem je i významným dopravním uzlem, kde se protínají všechny důležité české i mezinárodní tahy v silniční, železniční i vodní dopravě. Dostupnost města Ústí nad Labem je zajištěna od roku 2016 především napojením na celostátní dálniční síť pomocí dálnice D8, která vede západním okrajem města, čímž se výrazně snížil dojezdový čas do hlavního města Prahy, které je vzdáleno zhruba 87 kilometrů. Severním směrem je to po dálnici D8 a následně po německé dálnici A17 66 kilometrů do německých Drážďan. Město je napojeno i na mezinárodní silnici E 442, která spojuje Karlovy Vary, Ústí nad Labem, Liberec a na silnici první třídy číslo I30, která protíná centrum města. Město je i důležitým železničním uzlem a nacházejí se zde čtyři nádraží, které leží na železničním koridoru z Istanbulu, Vídně, Prahy a přes Ústí nad Labem dále do Berlína a Hamburku. Hlavní vlakové nádraží je důležitým dopravním uzlem celé veřejné dopravy v Ústeckém kraji, kde se pohybuje přibližně 6 200 cestujících za jeden den. Město Ústí nad Labem protíná i řeka Labe, do které se vlévá řeka Bílina. Řeka Labe je součástí jedné z nejvýznamnějších vodních cest a umožňuje napojení na vodní cesty mimo ČR do Německa a významné přímořské přístavy jako je například Hamburk [17].

Historie města je od roku 1841, kdy zde byla zahájena paroplavba na řece Labi, úzce spjatá s velkou koncentrací průmyslu. Mezi hlavní rozvíjející se odvětví v této době patřila textilní výroba, výstavba cukrovaru, lihovaru a hlavním symbolem se stala od roku 1856 chemická výroba, která vznikla ve Spolku pro chemickou a hutní výrobu a její provoz se stal a stále je motorem hospodářského rozvoje města [18].

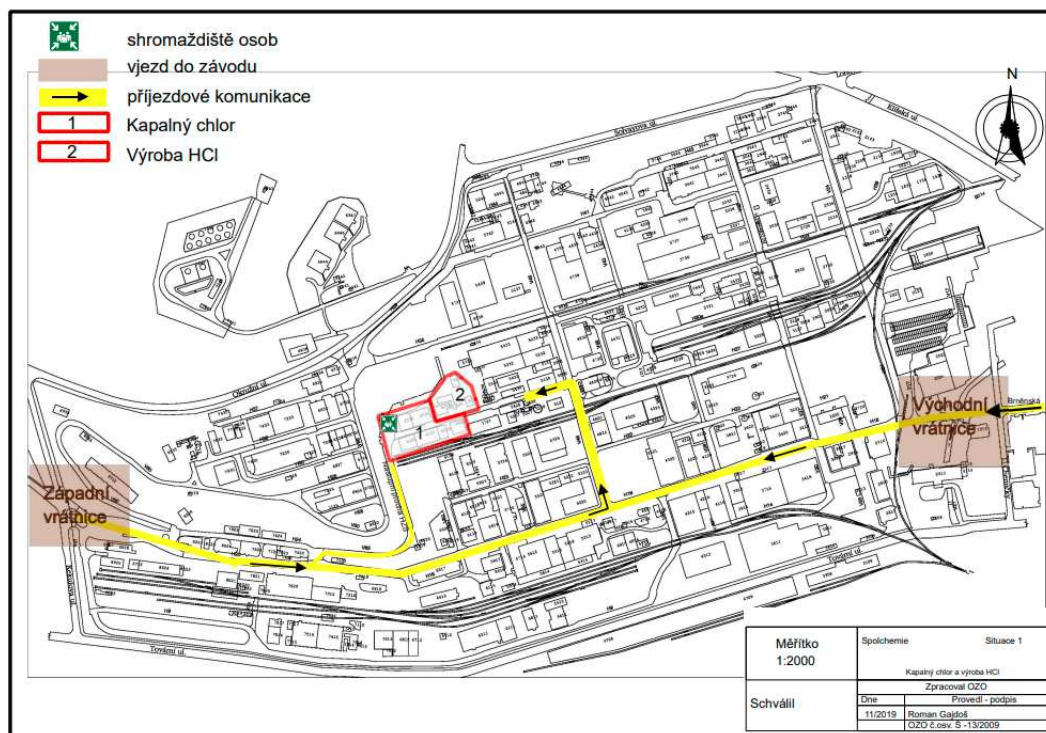
3.14 Krizový plán města Ústí nad Labem

Krizový plán města Ústí nad Labem je základním plánovacím dokumentem obsahujícím souhrn krizových opatření a postupů k řešení krizových situací na jeho spravovaném území. Hlavním významem plánu je vytvoření podmínek pro zabezpečení připravenosti na krizové situace a řešení pro orgány krizového řízení a ostatní dotčené subjekty, v první řadě orgány s územní působností, IZS, územní správní úřady a právnické a podnikající fyzické osoby na území správního obvodu města. Krizový plán se dělí na základní část, operativní část a pomocnou část. V jednotlivých částech je

obsažen například popis organizace krizového řízení, možná rizika a analýzy ohrožení, přehled prvků kritické infrastruktury, samotné provedení krizových opatření, rozpracování typových plánů pro řešení jednotlivých druhů hrozících krizových situací dle analýzy ohrožení, geografické podklady atd. Právní opora pro vytvoření krizového plánu je v zákoně č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení § 29 a 24 a nařízení vlády č. 462/2000 Sb. § 17 [9, s. 224-228][10, s. 55].

3.15 Charakteristika podniku Spolchemie Ústí nad Labem

Jedná se o jeden z největších průmyslových podniků ve městě. Chemický závod SPOLCHEMIE (Spolek pro chemickou a hutní výrobu, akciová společnost) se nachází téměř v samotném centru krajského města Ústí nad Labem. Hranice výrobního areálu chemického závodu Spolchemie je již historicky situována cca 500 metrů od samotného centra města v nadmořské výšce 160-200 metrů. V jeho přímém okolí již v dávné minulosti byly vybudovány obytné čtvrti jako například Předlice, Ovčí vrch nebo Klíše, kde je velké osídlení obyvatel. Hlavní zdroje rizik se nachází v nadmořské výšce 156 metrů [20]. V těsné blízkosti areálu cca 50 metrů protéká Klíšský potok, který se následně po 300 metrech vlévá do řeky Bíliny, která ústí za dalších 1 000 metrů do řeky Labe. Dále se nachází v těsné blízkosti areálu Spolchemie vlakové nádraží „Ústí nad Labem – západ“, které slouží i jako seřadiště vlaků a je vzdáleno 100 metrů od areálu Spolchemie.



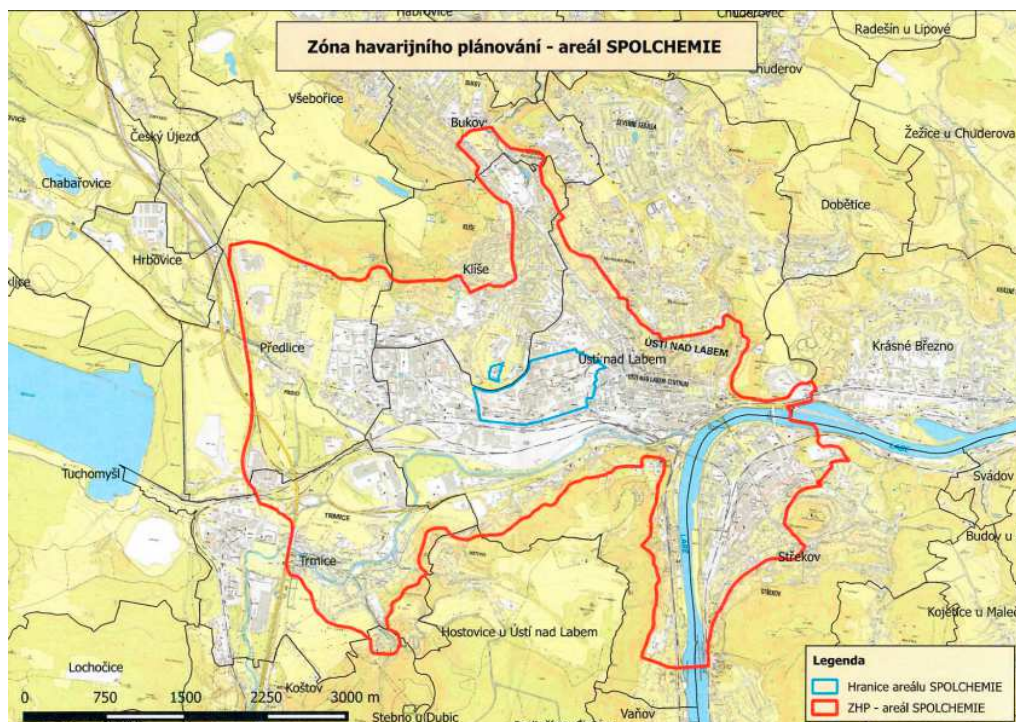
Obrázek 9 – Areál chemického závodu Spolchemie Ústí nad Labem [27].

Počátky výroby v tomto závodě sahají až do roku 1856. V současné době se jedná o jednoho z největších exportérů v Ústeckém kraji i v ČR a je jeden z předních a klíčových hráčů evropského chemického průmyslu. Přes 80 % produkce se vyváží do 80 zemí a 5 kontinentů. Hlavní výrobní činností SPOLCHEMIE je výroba chloru, hydroxidu sodného a draselného, kyseliny chlorovodíkové, různých druhů syntetických pryskyřic, epichlorhydrinu a perchlorethylenu [21]. V jednotlivých objektech areálu závodu je nakládáno s celou řadou nebezpečných chemických látek s nebezpečnými vlastnostmi, které mohou ohrozit zdraví a životy zaměstnanců závodu. Ale pouze havárie spojené s únikem chloru a propylenu mohou ohrozit i obyvatelstvo města Ústí nad Labem na zdraví a životě mimo hranice závodu [18].

3.16 Vnější havarijní plán a zóna havarijního plánování Spolchemie

Vnější havarijní plány se zpracovávají na základě zákona č. 239/2000 Sb. o IZS a o změně některých zákonů a zákona č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených nebezpečnými chemickými látkami pro provozovatele, kteří jsou zahrnuti

do skupiny B a podle vyhlášky č. 226/2015 Sb. o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a pro které krajský úřad určil zónu havarijního plánování. Hlavní náplní vnějšího havarijního plán jsou ochranná opatření pro obyvatelstvo a životní prostředí. Vnější havarijní plán se dělí na informační část, operativní část a plány konkrétních činností. V těchto jednotlivých částech jsou uvedeny údaje o provozovateli, určení zdrojů nebezpečí, popis území zóny havarijního plánování, plánovaná opatření a způsob koordinace řešení havárie a plány konkrétních činností při řešení havárie, jakými jsou vyrozumění, varování, evakuace, individuální ochrana obyvatelstva, dekontaminace nebo záchranné a likvidační práce. Zónu havarijního plánování stanovuje krajský úřad v blízkém okolí provozovatele zařazeného do skupiny B a to na základě podkladů, které shromažďuje provozovatel a následně tyto podklady zpracovává HZS kraje a to podle vyhlášky č. 226/2015 Sb. o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení. V zóně havarijního plánování jsou plánovány a uplatňovány požadavky na ochranu obyvatelstva například koncových prvků varování a vyrozumění. Její vnější hranice se upravuje podle terénních, urbanistických nebo klimatických podmínek a to i s ohledem na možný rozptyl nebezpečné chemické látky nebo případné tlakové vlny. Grafické znázornění zóny havarijního plánování pro podnik Spolchemie obr. 10 [9, s. 185-190][11][22].



Obrázek 10 – Znázornění zóny havarijního plánování [22].

3.17 Západní nádraží v Ústí nad Labem

Vlakové nádraží Ústí nad Labem - západ obr. 12 je jedno z několika nádraží v krajském městě. Jde především o nádraží sloužící jako seřadiště vlaků pro průmyslové podniky ze širokého okolí, ale hojně se využívá i pro osobní dopravu. Jedná se o dopravní uzel pro směry do Teplic, Most, Cheb a na opačnou stranu směr Děčín, Litoměřice, Lysá nad Labem a Kolín [23]. Nádraží je situováno přímo před chemickým závodem Spolchemie cca 100 metrů od jeho areálu a spojeno je pomocí železniční vlečky. Tuto železniční vlečku ještě protíná silnice v ulici Tovární, která je velice frekventovaná. Na toto místo se bude vztahovat i simulovaná nehoda s následnou modelací úniku chloru ze železniční cisterny.

3.18 Vlastnosti chloru

Chlor patří mezi plyny, které se hojně využívají v širokém průmyslu, k dezinfekci ve zdravotnictví, potravinářství, domácnostech nebo úpravě bazénové či pitné vody. Chemický vzorec chloru je Cl_2 , UN kód 1017, číslo CAS 7782-50-5 a Kemler kód 265. Chlor je za normální teploty a tlaku žlutozelený toxický plyn se silným dráždivým a dusivým účinkem a to i při velmi nízké koncentraci. Kapalný chlor přechází do plynné fáze, která je 2,5 x těžší než vzduch (plyn se hromadí v nižších polohách terénu i objektů). Unikající kapalný chlor vytváří toxický mrak šířící se v závislosti na aktuálních meteorologických podmínkách, reliéfu a členitosti okolního terénu. Z jednoho litru zkapalněného chloru se může za normálních podmínek vytvořit až 475 litrů plynného chloru. V ČR jsou určeny pouze pracovní limity prostředí tzv. přípustné expoziční limity (PEL) a nejvyšší přípustné koncentrace (NPK), které jsou v souladu s platnými hygienickými předpisy, ale jejich hodnoty jsou nastaveny z pohledu opakované zátěže a nikoliv akutního zasažení v podobě havárií. Pro chlor jsou tyto limity dány PEL $0,5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ a NPK-P $1,5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Pro účely havarijního plánování a ochrany obyvatelstva během havárií a úniků nejsou v ČR závazně toxikologické limity definovány. Proto pro plánování v zóně havarijního plánování a zóně možného ohrožení jsou nejčastěji používanými hodnotami AEGL, ERPG a IDLH. Tyto hodnoty se využívají v softwarových programech pro modelaci úniků nebezpečných chemických látek a umožňují podle hladiny koncentrace plánování opatření v těchto zónách. Hodnota AEGL (Acute Exposure Guideline Levels) znamená

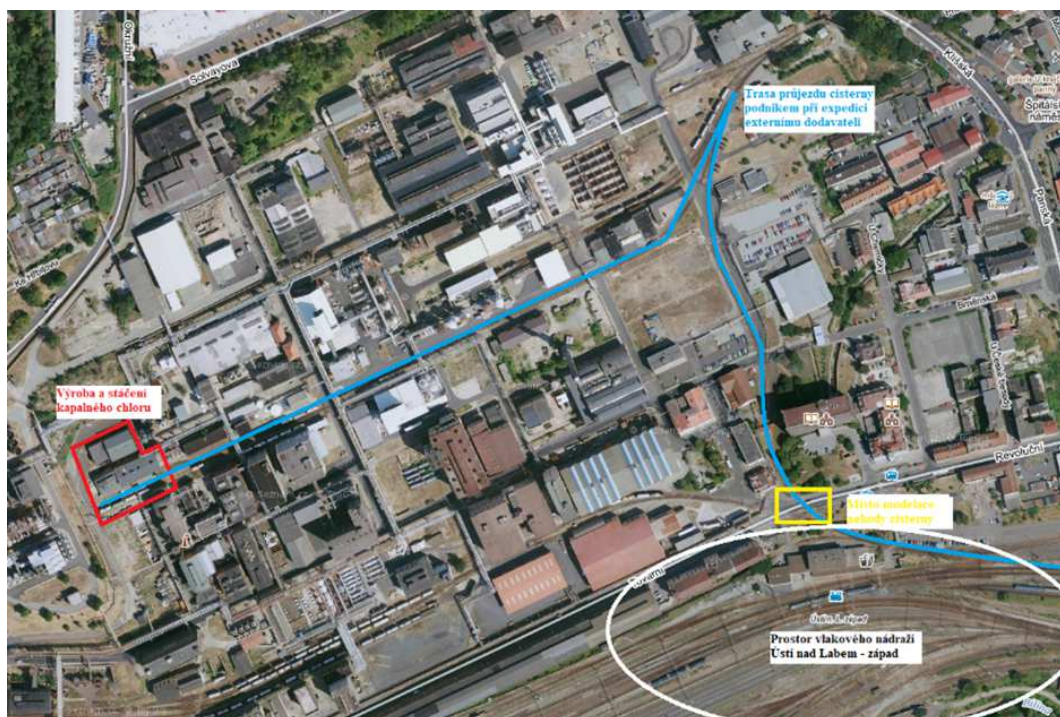
akutní působení toxických látek rozptýlených ve vzduchu na populaci pro různé vztažené doby expozice a pro různé stupně závažnosti toxických účinků. Tato hodnota se ještě dále rozděluje na tři prahové hodnoty závažnosti toxických účinků. AEGL 3 – akutní toxicita, koncentrace nebezpečné látky v ovzduší, nad kterou se předpokládá, že běžná populace včetně vnímavých jedinců, může zakusit zdravotní účinky ohrožující život nebo může dojít k smrti. AEGL 2 - nevratné dlouhotrvající zdravotní poškození, koncentrace nebezpečné látky v ovzduší, nad kterou se předpokládá, že běžná populace, včetně vnímavých jedinců, může zakusit nevratné nebo jiné vážné, dlouhotrvající nepříznivé zdravotní účinky nebo může dojít k zhoršené schopnosti úniku. AEGL 1 – neohrožuje život, koncentrace nebezpečné látky v ovzduší, nad kterou se předpokládá, že běžná populace, včetně vnímavých jedinců, může zakusit patrné nepohodlí, podráždění, nebo určité smysly nepostřehnutelné symptomatické příznaky. Účinky nejsou oslabující, jsou přechodné a vratné po přerušení expozice. Hodnota ERPG (Emergency Response Planning Guidelines) je hodnota hodinové maximální koncentrace toxických látek v ovzduší. I tato hodnota se dále rozděluje na tři stupně závažnosti toxických účinků. ERPG 1 - hodnota maximální koncentrace látky v ovzduší, do které je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili jiné, nežli mírné přechodné nepříznivé účinky na svém zdravotním stavu nebo postřehli zřetelně nepříjemný zápach. Havarijní hodnota ERPG 1 pro chlor je 1 ppm. ERPG 2 - hodnota maximální koncentrace látky v ovzduší, do níž je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili nebo se u nich vyvinuly nezvratné nebo další vážné účinky nebo příznaky, které by mohly poškodit jejich schopnosti podniknout záchrannou činnost. Havarijní hodnota ERPG 2 pro chlor je 3 ppm. ERPG 3 - hodnota maximální koncentrace látky v ovzduší, do níž je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili nebo se u nich vyvinuly účinky ohrožující zdraví nebo život. Havarijní hodnota ERPG 3 pro chlor je 20 ppm. Hodnota IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) maximální koncentrace látky v ovzduší, které může být zdravý pracovník vystaven po dobu až 30 minut a ještě být schopen uniknout bez ztráty života nebo bez nevratného poškození zdraví. Havarijní hodnota IDLH pro toxický chlor je 10 ppm [1, s. 60][24][25].

Při kontaktu s plynným chlorem dochází při nižších koncentracích k podráždění očí a dýchací soustavy, to způsobuje křečovitý a dráždivý kašel. K dráždění dochází vlivem chemické reakce chloru s vlhkostí sliznic a kůže za vzniku kyseliny chlorné a kyseliny

chlorovodíkové. Vysoké koncentrace plynného chloru působí žíravě na pokožku a dochází k silnému dráždění a poleptání sliznic dýchacích cest, očí a pokožky. Tento účinek může být opožděný a může následovat až do 36 hodin po expozici. Při vyšších koncentracích může způsobit i smrt. Čím je barva uniklého chloru tmavší, tím vyšší má koncentraci. První pomoc při zasažení chlorem je vyvést postiženého z místa zasažení a zajistit přívod čerstvého vzduchu, v případě potřeby zahájit podporu dýchání křísícími přístroji. Z důvodu možnosti intoxikace záchránce neprovádět dýchání z úst do úst. Při zasažení zkapalněným plynem nebo vodným roztokem chloru je potřeba co nejrychleji svléknout zasažený oděv a potřísněná místa oplachovat vodou cca 15 min. Následně je třeba postiženého předat k lékařskému ošetření [16, s. 112, 113][25][26, s. 88, 89, 91].

3.19 Popis produkce a přepravy kapalného chloru ve Spolchemii

Spolek pro chemickou a hutní výrobu a.s. v Ústí nad Labem je v současnosti jediným výrobcem chloru v ČR poté, co Spolana Neratovice ukončila v listopadu roku 2017 svou výrobu chloru. Ve Spolchemii byla v dubnu 2017 ukončena původní amalgámová metoda výroby a byla nahrazena membránovou elektrolýzou [26, s. 90]. Spolchemie a její provoz je na základě množství skladovaných a zpracovávaných nebezpečných chemických látek zařazena do kategorie B dle zákona č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi. Chlor se vyrábí v elektrolýze a je přiváděn potrubím do výrobní kapalného chloru, kde se komprimuje a část se zpracovává v návazných provozech. Zbývající chlor se následně zkapalňuje při tlaku 0,28 MPa a stéká do zásobníků, odkud je přetlakem vzduchu plněn do skladovacích zásobníků. V areálu Spolchemie lze chlor skladovat v kapalném stavu v pěti zásobnících a v železničních cisternách. Z největších zásobníků je vždy minimálně jeden udržován prázdný jako bezpečnostní rezerva [27]. Plnění železničních cisteren se provádí na třech stáčecích pozicích a to pomocí tlakového sušeného vzduchu ze zásobníků kapalného chloru přes pneumatické rychlouzavírací dálkově ovládané ventily [28]. Takto naplněná cisterna je připravena k transportu po vlečce v areálu podniku a převzata některým z přepravečů, kteří ji přepravují po železnici ke koncovému zákazníkovi. Situační obrázek železniční vlečky u areálu Spolchemie je na obr. 14, 15.

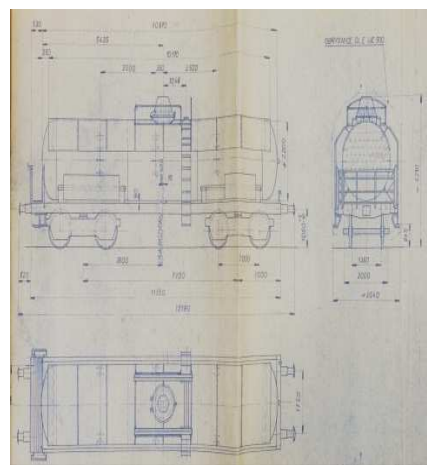


Obrázek 11 - Situační obrázek výroby, stáčení a transportní trasy cisterny s místem modelace nehody. Železniční nádraží Ústí nad Labem – západ.

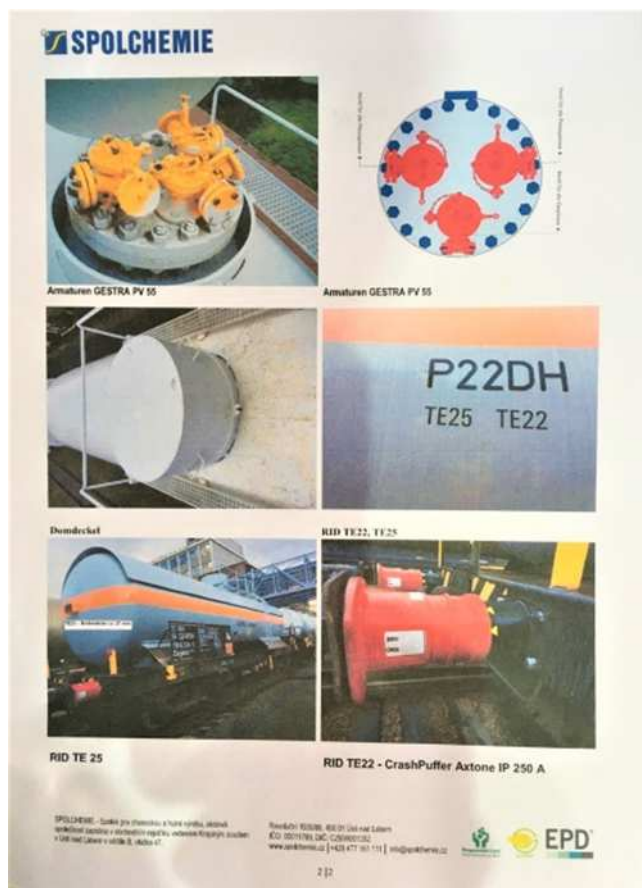
3.20 Charakteristika železniční cisterny na přepravu kapalného chlóru

Železniční vůz neboli kotlový vůz je odborný název podle nařízení RID pro cisternové železniční vozy. Jejich běžný obsah pro přepravu nebezpečných látek je od 24 m^3 do 63 m^3 . Železniční cisterny pro přepravu chlóru obr. 12 jsou podlouhlého, válcového tvaru se silou materiálu hlavního kotle 25 mm, o objemu cca 40 m^3 , celkové hmotnosti 80 tun, nosnosti přepravované látky 45 tun, vlastní váhy 32,9 tun a celkové délky 12,79 metrů. V horní části železniční cisterny je umístěno ochranné víko, pod kterým jsou umístěny tři bezpečnostní pneumatické ventily o průměru 40 mm a zpětnými ventily obr. 13.

Vnitřní potrubí cisterny má přívod a odvod kapalného chlóru z klenutého dna cisterny. Přívod a odvod chlorového odplynu je zapuštěn tak, aby cisterna nemohla být přeplněna nad povolenou hranici 80 % objemu. Cisterna musí splňovat předpisy pro přepravu nebezpečných chemických látek na železnici RID [1, s. 68][28, s. 14-17].



Obrázek 12 - Kotlový vůz na kapalný chlor v areálu Spolchemie a jeho nákres (foto Zdeněk Kadlec).



Obrázek 13 - Ventily a ochranné víko železniční cisterny [29].

4 METODIKA

V teoretické části diplomové práce v přehledu současného stavu byla využita obsahová analýza, která vycházela z detailního zpracování odborné literatury pomocí bibliografické rešerše, která byla vypracována Severočeskou vědeckou knihovnou v Ústí nad Labem. Současně zde byla použita platná legislativa, významné internetové prameny a taktéž sdělení zaměstnanců provozu Spolchemie. Pro samotnou modelaci havárie železniční cisterny v praktické části, bude vybráno potencionálně nebezpečné místo s vypracováním dvou parametrických analýz rizik. Na základě výsledků analýzy bude popsána fiktivní nehoda železniční cisterny. Následovat bude samotná simulace úniku chloru ze železniční cisterny s modelací několika variant úniku pomocí softwarového programu ALOHA a následným podrobným vyhodnocením s ohledem na ohrožení obyvatelstva krajského města. K vyhodnocení výsledků simulace bude použita deskripce všech modelací a jejich následná vzájemná komparace. Výstupem jednotlivých modelací bude vytvoření dílčích map zasažených zón a jejich explanace ke konkrétním oblastem. Samotná modelace úniku bude provedena pomocí softwarového programu ALOHA, který je pro tento druh simulace nejlepším dostupným programem a to především z důvodu následné komparace výsledků a jejich validity. Tento postup a zvolení programu ALOHA byl předem konzultován s odborníkem na modelace úniků nebezpečných chemických látek [30]. Dále bude pro jeden z modelovaných scénářů použita predikace reakce složek IZS a orgánů krizového řízení na úrovni místní samosprávy. Na závěr bude provedena komparace s některými vybranými úniky chloru.

4.1 Analýza rizik

Podle dostupných informací, které vydává na základě ustanovení zákona č. 224/2015 Sb., § 35 odstavec 1 o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi Krajský úřad Ústeckého kraje jsou nejzávažnějšími zdroji rizika závažné havárie v areálu Spolchemie zásobníky chloru, železniční cisterny s chlorem, potrubní rozvody chloru, zásobník propylenu a železniční cisterna s propylenem. Scénáře závažné havárie, při kterých by byly ohroženy na životě osoby mimo areál, jsou masivní únik chloru ze zásobníků, ze železniční cisterny i potrubí a únik propylenu ze zásobníku nebo ze železniční cisterny [22]. Proto byla pro analýzu rizik vybrána železniční cisterna, která se pohybuje při

posunu mimo areál Spolchemie a to konkrétně na vlečce směr nádraží Ústí nad Labem – západ. Jedná se o vysoce frekventovanou ulici, která se nachází ve středu krajského města a je zde velký provoz nejenom nákladních automobilů, ale i autobusů, trolejbusů a osobních vozidel. Konkrétní místo železniční vlečky na obr. 14, 16 [31][32].



Obrázek 14 – Železniční vlečka Spolchemie, západní pohled [zdroj: vlastní].



Obrázek 15 - Železniční vlečka východní pohled [zdroj: vlastní].

Pro samotné numerické kvantifikování rizika byla použita dvouparametrová analýza, pro jejíž výpočet byla použita rovnice:

$$\mathbf{\underline{Riziko (R) = Pravděpodobnost (P) \times Následky (N)}}$$

Tato rovnice nám vyjadřuje pravděpodobnost (P) vzniku vybraného scénáře události, násobenou následky (N), které by nastaly v případě, že by k modelové situaci došlo. Výsledkem je numericky vyjádřené výsledného rizika (R). Toto výsledné riziko lze chápat jako nejvyšší míru rizika v hodnotovém vyjádření vzniku negativních následků pro tuto konkrétní mimořádnou událost [14][33][34][35].

Tabulka 1 – Stanovení hodnot pravděpodobnosti a následků.

	Pravděpodobnost	Následky
1	Nahodilá	Žádný dopad
2	Nepravděpodobná	Zanedbatelný dopad
3	Pravděpodobná	Potíže a finanční ztráty
4	Velmi pravděpodobná	Vážné potíže a velké ztráty
5	Trvalá	Existenční potíže

Tabulka 2 – Hodnocení významnosti rizika.

Riziko (R)	Významnost rizika
1-4	Bezvýznamné riziko
5-9	Akceptovatelné riziko
10-14	Nízké riziko
15-19	Nežádoucí riziko
20-25	Nepřijatelné riziko

4.2 Program ALOHA

Program ALOHA (Area Locations of Hazardous Atmospheres) je softwarový program, který se využívá k modelaci a vyhodnocování úniků nebezpečných látek a jejich rozptylu v atmosféře. Program je kladně hodnocen řadou uživatelů a jeho dobré výsledky podpořily i zpětné výpočty havárií, které se již staly, například nehoda v Indickém Bhópálu. Databáze tohoto programu obsahuje stovky nejběžnějších chemických látek. Jeho hlavní předností je předpoklad modelace rozptylu oblaků nebezpečné chemické látky v závislosti na fyzikálních vlastnostech dané látky a meteorologických podmínkách v místě úniku. V programu se dají zadat až čtyři druhy

zdroje úniku, včetně jejich parametrů a na základě vstupních hodnot program určí nebezpečnou zónu, zóny ohrožení, intenzitu úniku a vzdálenosti od zdroje úniku. Zóny lze graficky zanást do mapového podkladu v rámci softwaru Marplot. Takto lze stanovit nebezpečné oblasti pro obyvatelstvo a snížit tak riziko jejich zasažení. Program dopředu počítá s určitou nepřesností, ale zakreslení zón je nutné brát jako orientační, protože program není schopen reagovat na detaily v členitém terénu a v hustě zastavěných městech [6, s. 111, 112][36].

5 VÝSLEDKY

5.1 Vyhodnocení analýzy rizik

Dle výsledků analýzy rizik v daném místě představuje největší riziko pro železniční cisternu dopravní nehoda s nákladním automobilem, jak je vidět v tab. 3. Toto riziko se dalo předpokládat vzhledem k tomuto konkrétnímu místu. Jedná se totiž o vysoce frekventovanou ulici v centru města, kde je velký provoz nejenom nákladních automobilů, ale i autobusů, trolejbusů a osobních vozidel. Zvýšené riziko nebezpečnosti je dáno i faktem, že se jedná o přejezd chráněný pouze světelnou signalizací bez využití mechanické zábrany (závor), jejichž instalace by v tomto místě byla vzhledem k šířce vozovky problematická. Dalším rizikem, se kterým je nutno počítat je omezení rychlosti pouze na 70 kilometrů za hodinu ze směru do středu města. Tento limit mnoho řidičů úmyslně překračuje a dlouhá rovinka před přejezdem tento fakt ještě umocňuje. Z těchto důvodů je zde potenciální dopravní nehoda s nákladním vozidlem vysoce pravděpodobná a může dojít k převrácení železniční cisterny na bok s následným únikem přepravovaného chloru z porušených ventilů cisterny. Tento možný scénář nehody bude softwarově aplikován při modelaci úniku chloru pomocí programu ALOHA. Druhé nejvyšší riziko představuje dle analýzy rizik dopravní nehoda železniční, která by svými následky byla zřejmě obdobná jako dopravní nehoda s nákladním vozidlem. Pomyslné střední riziko představuje dopravní nehoda s osobním automobilem, kde by následky srážky nebyly tak závažné vzhledem k malé hmotnosti osobního automobilu. Dále sem patří nedbalost a poškození obalu cisterny. Na druhém nejnižším místě se umístilo poškození kolejového svršku, které by mohlo v případě vyšší rychlosti zapříčinit vykolejení cisterny či celého vlaku, ale v tomto případě je na vlečce výrazné omezení rychlosti, a proto je toto riziko zřejmě zanedbatelné. Nejnižší riziko dle analýzy představuje selhání brzdového systému, kdy by jeho případné vyřazení nahradila lokomotiva nebo jiné vagóny soupravy.

Tabulka 3 – Analýza rizik železniční cisterny s chlorem.

	Hrozba	Pravděpodobnost (P)	Následky (N)	Riziko (R)
1	Požár	2	4	8
2	Dopravní nehoda železniční	4	5	20
3	Dopravní nehoda s nákladním automobilem	5	5	25
4	Dopravní nehoda s osobním automobilem	4	3	12
5	Porucha na železniční signalizaci	2	4	8
6	Selhání brzdového systému	1	3	3
7	Poškození obalu cisterny	2	5	10
8	Poškození kolejového svršku	1	3	3
9	Teroristický útok	2	4	8
10	Nedbalost	3	4	12

5.2 Popis dopravní nehody a meteorologické podmínky

Pro scénář simulovaného úniku byla vybrána dopravní nehoda s nákladním automobilem na železniční vlečce, která vyšla v analýze rizik jako nejvyšší riziko. Tato domnělá nehoda a její dopady budou dále modelovány pomocí softwarového programu ALOHA.

Předpokladem nehody je čelní náraz nákladního vozidla ve vysoké rychlosti do projíždějící vlakové soupravy, který byl způsobený nepozorností řidiče. Náraz se uskutečnil na železniční vlečce a byl nasměrován na železniční cisternu, která převáží chlor z areálu Spolchemie. Cisterna se následně převrátí na bok a při pádu dojde k jejímu poškození. Při první variantě simulace dojde k roztržení pláště cisterny a k přímému úniku toxického chloru do okolního prostředí. Při druhé variantě modelace dojde k poškození bezpečnostního víka cisterny a únik chloru bude postupný z jednoho z prepouštěcích ventilů, který byl nehodou poškozen. Obě varianty úniků budou

simulovány ve stejný den a čas. Meteorologické podmínky v místě nehody budou také předmětem modelace. Obě varianty simulací budou provedeny nejprve za inverzního počasí, které panovalo v pátek 27. 11. 2020 v 11 hodin v Ústí nad Labem a následně bude provedena pro srovnání simulace za jasného slunečného počasí.

5.3 Modelace pomocí programu ALOHA

Pro co největší přesnost modelace úniku nebezpečné látky v programu ALOHA je potřeba zadat přesné informace o uniklé látce, meteorologických podmínkách, typu a zdroji úniku. Všechny tyto údaje budou pro přehlednost znázorněny pro jednotlivé typy a podmínky úniku v tabulkách, podle kterých se následně bude provádět příslušná modelace. Pro všechny typy úniků bude zadán shodný den, hodina a identický typ zásobníku, který v případě železniční cisterny bude mít válcový tvar. Samotná modelace následků úniku chloru po nehodě bude rozdělena na dvě skupiny. První skupina modelací bude představovat náhlý únik s vyprázdněním celé železniční cisterny se západním prouděním větru a za inverzního počasí a následně bude modelován stejný únik ale za hezkého slunečného počasí. Druhá skupina modelací bude představovat naopak postupný únik s vyprázdněním celé železniční cisterny s totožnými meteorologickými podmínkami jako v první skupině modelace. U všech modelací byly zvoleny tři modely zón účinků na lidský organismus.

5.4 Zadání základních parametrů do programu ALOHA

Prvním krokem pro modelaci úniku nebezpečné látky v programu ALOHA je zadání města Ústí nad Labem, nadmořské výšky 150 metrů nad mořem a přesné určení souřadnic, které je v případě této modelace N (severní polokoule) 50 stupňů, 39 minut a E (východní polokoule) 14 stupňů a 01 minut, jak je vyznačeno na obr. 16. Druhým krokem je zadání státu ČR, určení časového posunu – 1 a časového pásma. Třetím bodem zadání je zvolený prostor úniku, který byl zadán typ uzavřené patrové budovy a měsíc, den, rok a přesný čas úniku, který je znázorněn na obr. 17. Čtvrtým bodem zadání je uniklá chemická látka, kde byl zadán chlor. Zadání dalších údajů již bude závislé na specifikaci zvolených atmosférických podmínek a druhu úniku chloru ze železniční cisterny.

Location Input

Enter full location name:
 Location is

Is location in a U.S. state or territory ?
 In U.S. Not in U.S.

Enter approximate elevation
 Elevation is ft m

Enter approximate location

	deg.	min.		
Latitude	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="39"/>	<input checked="" type="radio"/> N	<input type="radio"/> S
Longitude	<input type="text" value="14"/>	<input type="text" value="01"/>	<input checked="" type="radio"/> E	<input type="radio"/> W

Obrázek 16 – Zadání přesné polohy simulace v programu ALOHA.

Date and Time Options

You can either use the computer's internal clock for the model's date and time, or set a constant date and time.

Use internal clock Set a constant time

Input a constant date and time :

Month	Day	Year	Hour	Minute
<input type="text" value="11"/>	<input type="text" value="27"/>	<input type="text" value="2020"/>	<input type="text" value="11"/>	<input type="text" value="00"/>
[1 - 12]	[1 - 31]	[1900 - ...]	[0 - 23]	[0 - 59]

Obrázek 17 – Zadání data a času v programu ALOHA.

5.4.1 Modelace přímého úniku chloru za inverzního počasí

Modelace přímého neboli náhlého úniku chloru v programu ALOHA představuje při havárii železniční cisterny úplnou destrukci tanku a tím pádem i únik celého obsahu tekutého chloru do okolního prostředí najednou. Při vytváření této modelace vycházíme z předchozího základního zadání v programu ALOHA, které dále musíme doplnit o faktické atmosférické podmínky a přímý únik ze železniční cisterny. Zadání atmosférických údajů zahájíme rychlostí větru v metrech za sekundu a západním směrem větru, které je měřeno ve výšce tří metrů nad zemí. Dále zde zadáme městskou

zástavbu a oblačnost v místě úniku a následuje vyplnění druhé tabulky se zadáním teploty vzduchu a stability podnebí, kterou v tomto případě program ALOHA automaticky přiřadil písmenem D. V tabulce vyplníme i výšku zadané inverze a vlhkost. Zadání atmosférických podmínek je znázorněno na obr. 18.

Atmospheric Options

Wind Speed is : knots mph meters/sec

Wind is from : Enter degrees true or text [e.g. ESE]

Measurement Height above ground is:

OR enter value : feet meters

Ground Roughness is :

Open Country Urban or Forest OR Input Roughness [Z₀]:

Open Water

Select Cloud Cover :

OR enter value : (0 - 10)

complete cover partly cloudy clear

Atmospheric Options 2

Air Temperature is : Degrees F C

Stability Class is : A B C D E F

Inversion Height Options are :

No Inversion Inversion Present. Height is : feet meters

Select Humidity :

OR enter value : % (0 - 100)

wet medium dry

Obrázek 18 – Zadání faktických atmosférických podmínek při přímém úniku za inverzního počasí.

Dalším bodem v postupu zadání je nastavení celkového množství uniklé látky v kubických metrech, které je v našem případě 32 m³ a to z důvodu 80% naplnění cisterny, které je dáno bezpečnostní normou, nastavení přímého úniku, skupenství a teplota uniklé látky, tak jak je vyobrazeno na obr. 19.

Direct Source

Select source strength units of mass or volume: Help

grams kilograms pounds tons(2,000 lbs)
 cubic meters liters cubic feet gallons

Select an instantaneous or continuous source: Help

Instantaneous source Continuous source

Enter the amount of pollutant ENTERING THE ATMOSPHERE: Help

 cubic meters

Enter source height (0 if ground source):
 feet
 meters
 Help

Obrázek 19 – Zadání celkového množství uniklé látky.

Po tomto kroku následuje zadání zvolení zón ohrožení, které v případě naší modelace představují zóny AEGL 1, 2, 3, dále ERPG 1, 2, 3 a zóna IDLH. Zadání všech těchto zón je totožné a pro názornost je zvolení zóny IDLH včetně souhrnné textové tabulky vyobrazeno na obr. 20.

The screenshot shows the ALOHA 547 software interface. On the left, the 'Site Summary' window displays the following information:

- SITE DATA:** Location: USTI NAD LABEM, CZECHA REPUBLICA; Building Air Exchanges Per Hour: 0.50; Time: November 27, 2020 11:00 hours ST.
- CHEMICAL DATA:** Chemical Name: CHLORINE; CAS Number: 7782-50-5; Molecular Weight: 70.91 g/mol; AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm; AEGL-2 (60 min): 2 ppm; AEGL-3 (60 min): 20 ppm; IDLH: 10 ppm; Ambient Boiling Point: -34.4° C; Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm; Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%
- ATMOSPHERIC DATA (DEFAULT INPUT OF DATA):** Wind: 4 meters/second from W at 3 meters; Ground Roughness: urban or forest; Cloud Cover: 10 tenths; Air Temperature: 4° C; Stability Class: D; Inversion Height: 20 meters; Relative Humidity: 99%
- SOURCE STRENGTH:** Direct Source: 32 cubic meters; Source Height: 0; Source State: Liquid; Source Temperature: equal to ambient; Release Duration: 1 minute; Release Rate: 776 kilograms/sec; Total Amount Released: 46,591 kilograms; Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.
- THREAT ZONE:** Model Run: Heavy Gas; Red : greater than 10 kilometers --- (10 ppm = IDLH)

On the right, the 'Toxic Level of Concern' dialog box is open, showing the following settings:

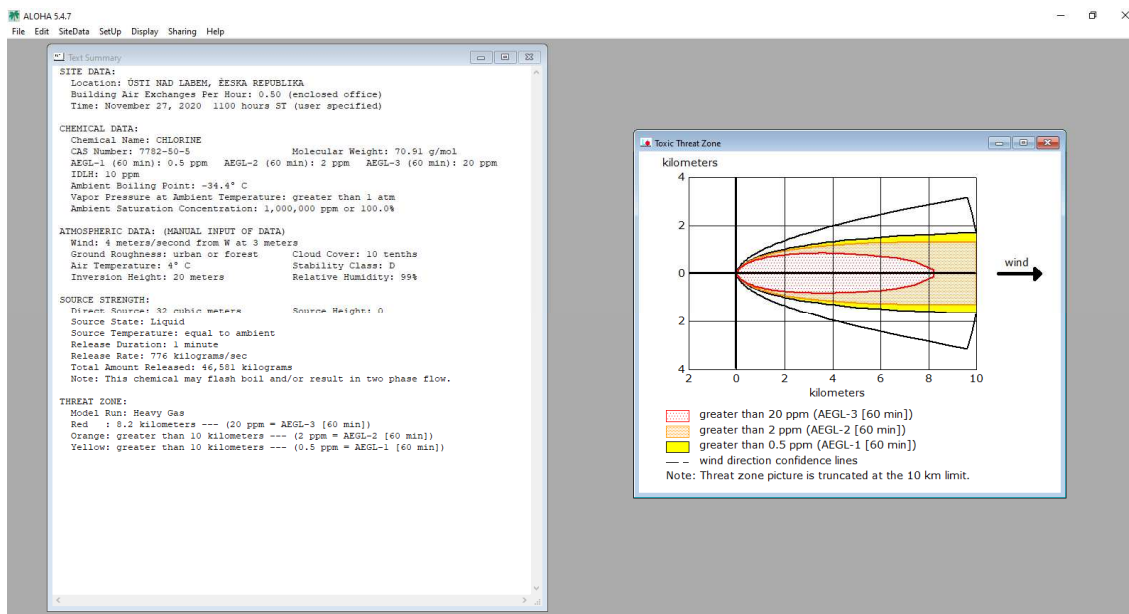
- Select Toxic Level of Concern:**
 - Red Threat Zone: LOC: IDLH: 10 ppm
 - Orange Threat Zone: LOC: [none]
 - Yellow Threat Zone: LOC: [none]
- Show wind direction confidence lines:**
 - only for longest threat zone
 - for each threat zone

Obrázek 20 – Zadání zóny IDLH včetně souhrnné textové tabulky.

Po vyplnění všech těchto údajů již následuje vlastní výsledek a vyobrazení modelace prostřednictvím základního zobrazení v programu ALOHA, které je následně pro lepší znázornění v reálném prostředí havárie vyobrazeno v softwarovém mapovém programu MARPLOT.

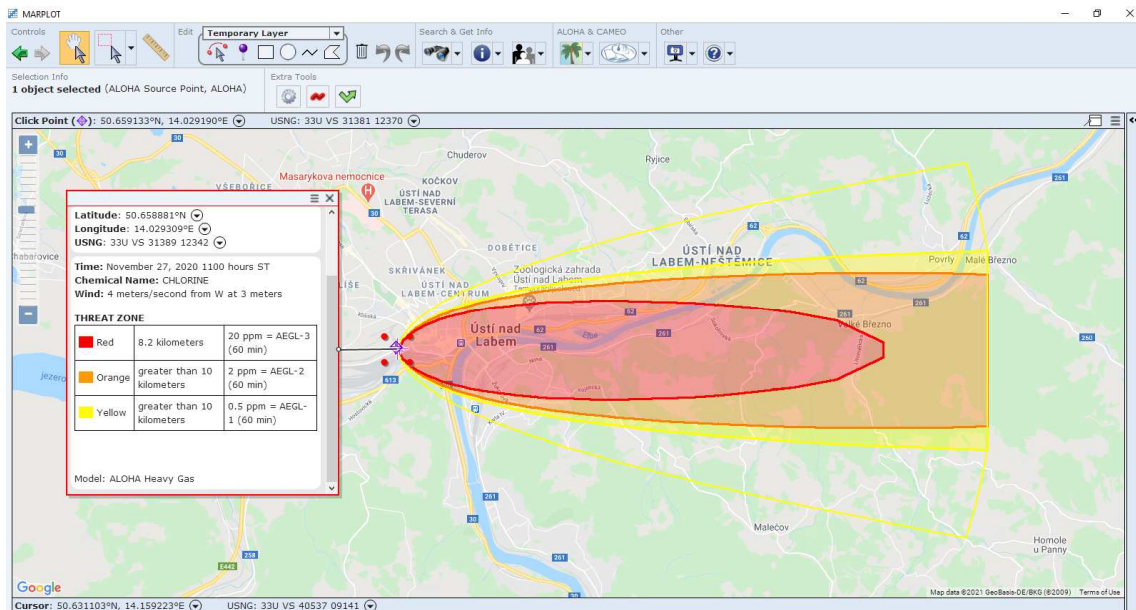
5.4.2 Výsledky modelace přímého úniku chloru za inverzního počasí

Při přímém úniku za inverzního počasí došlo k uvolnění kapalného chloru do prostředí za jednu minutu a k jeho přeměně na těžký plyn. Rychlost uvolnění do ovzduší bylo 776 kilogramů za sekundu a celkové uniklé množství bylo 46 581 kilogramů, tak jak je vyobrazeno na obr. 21.



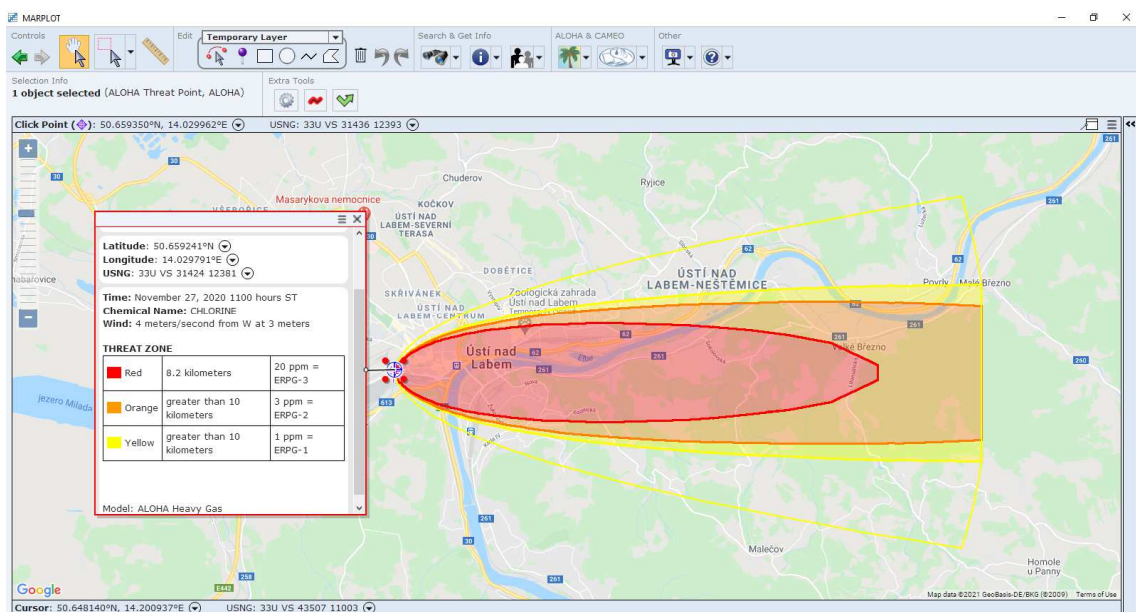
Obrázek 21 – Výsledek modelace přímého úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3.

Vzdálenost zóny ohrožení AEGL 3 je 8 200 metrů od epicentra úniku a znázorňuje ji červená zóna, AEGL 2 a AEGL 1, která představuje oranžovou a žlutou zónu. Ta přesahuje v programu ALOHA vzdálenost 10 kilometrů se kterou program ALOHA nedokáže dále modelovat. Výsledky modelace zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v mapovém podkladu programu MARPLOT jsou znázorněny na obr. 22.



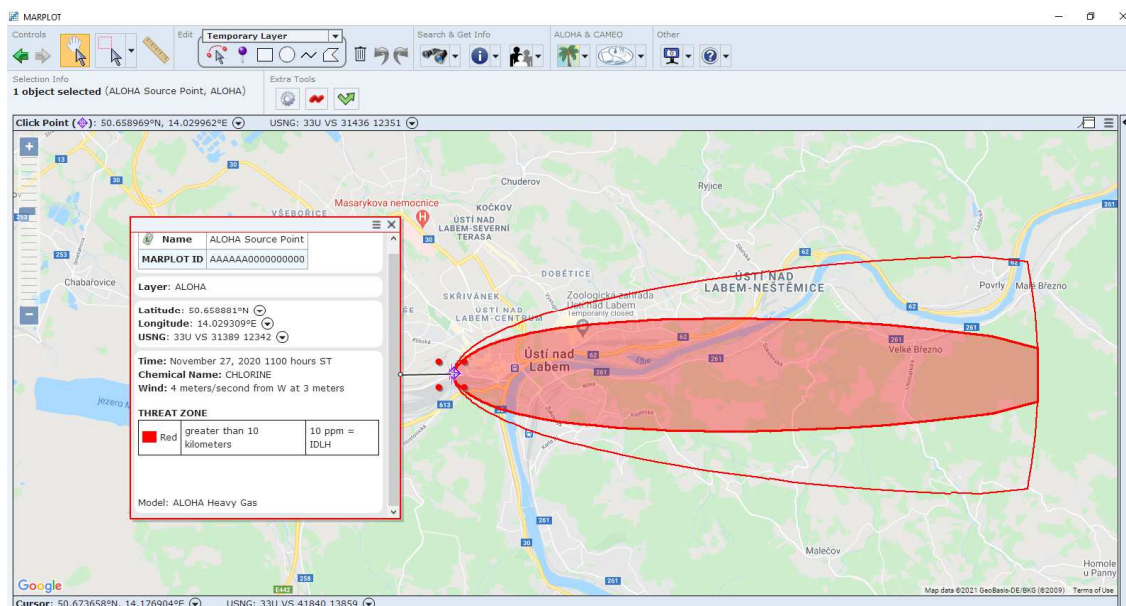
Obrázek 22 – Výsledek modelace přímého úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.

Vzdálenost zóny ohrožení ERPG 3 je 8 200 metrů a znázorňuje ji červená zóna, ERPG 2 a ERPG 1, která představuje oranžovou a žlutou zónu. Ta přesahuje v programu ALOHA vzdálenost 10 kilometrů, s kterou program ALOHA nedokáže dále modelovat. Výsledky modelace zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3 v mapovém podkladu programu MARPLOT jsou znázorněny na obr. 23.



Obrázek 23 - Výsledek modelace přímého úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.

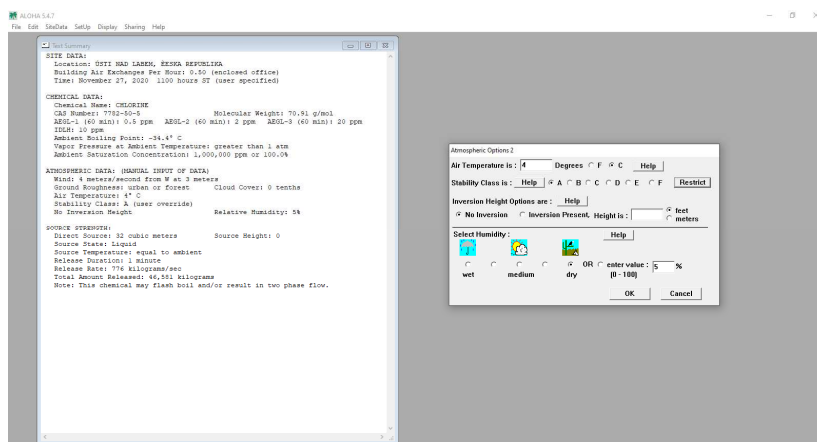
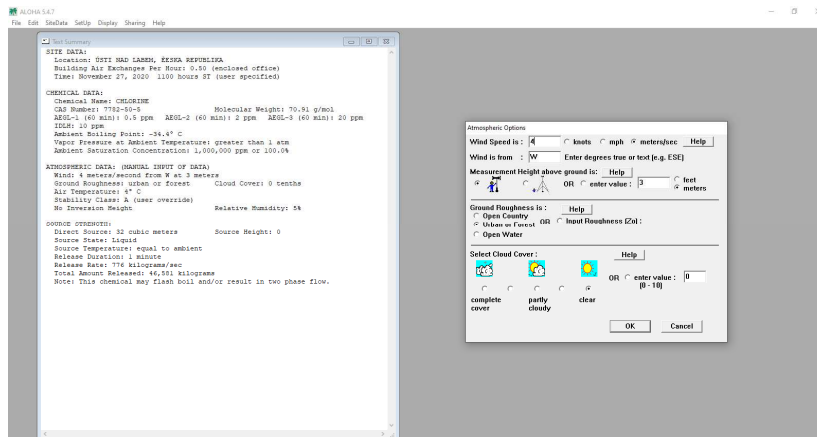
Vzdálenost zóny ohrožení IDLH znázorňuje červená zóna a tato zóna přesahuje vzdálenost 10 kilometrů, kterou program ALOHA nedokáže dále modelovat. Výsledek modelace zóny ohrožení IDLH v mapovém podkladu programu MARPLOT je znázorněn na obr. 24.



Obrázek 24 - Výsledek modelace přímého úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení IDLH v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.

5.4.3 Modelace přímého úniku chloru za slunečného počasí

Postup modelace přímého úniku chloru za slunečného počasí je v programu ALOHA totožný jako u předchozí modelace až na změnu zadání v tabulkách atmosférických podmínek, kde místo oblačnosti zadáme slunečné počasí v místě úniku, změníme stabilitu podnebí, kterou v tomto případě musíme změnit na písmeno A, tak abychom mohli simulovat a dále porovnávat změny počasí a dále v tabulce musíme změnit kolonku vlhkosti a počasí bez inverze [37]. Zbytek údajů musí zůstat zachován pro validitu výsledků modelace v programu. Zadání atmosférických podmínek za slunečného počasí je znázorněno na obr. 25.



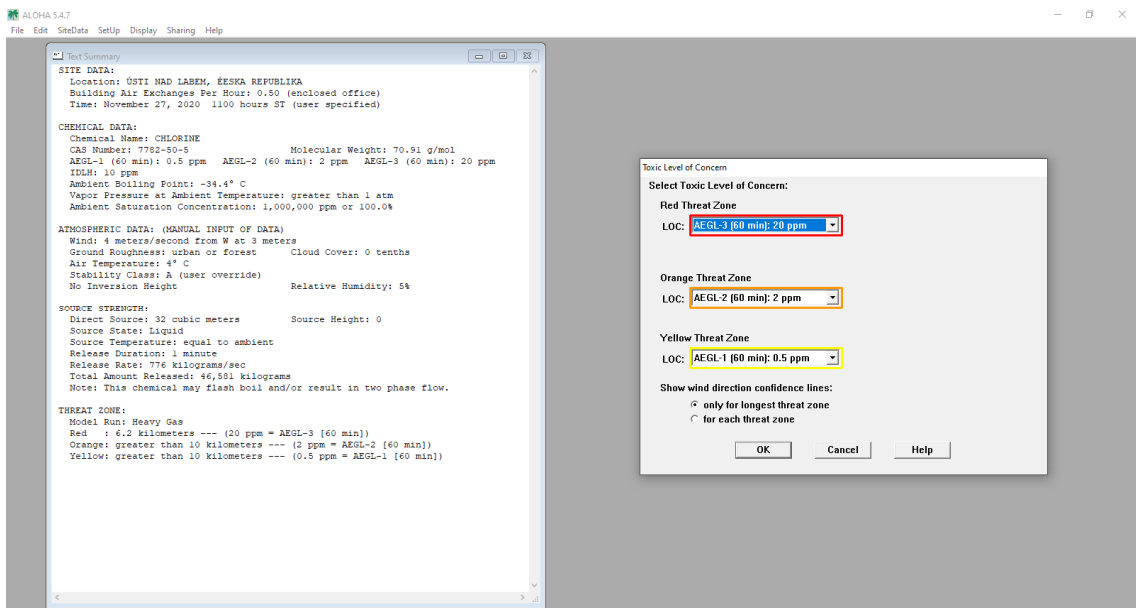
Obrázek 25 - Zadání změny atmosférických podmínek při přímém úniku za slunečného počasí včetně souhrnné textové tabulky v programu ALOHA.

Nyní následuje vlastní výsledek a vyobrazení modelace prostřednictvím základního zobrazení programem ALOHA, které bude následně vyobrazeno v softwarovém mapovém programu MARPLOT. Vlastní výsledky modelace budou vyobrazeny v kapitole výsledky a interpretovány v kapitole diskuze.

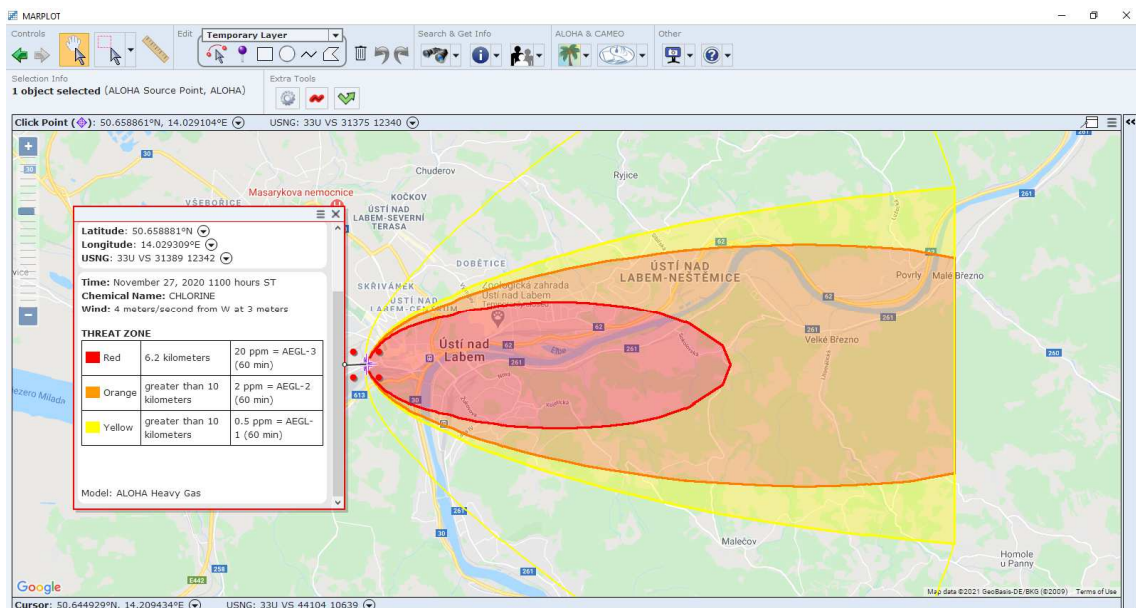
5.4.4 Výsledky modelace přímého úniku chloru za slunečného počasí

Při přímém úniku za slunečného počasí došlo k uvolnění kapalného chloru do prostředí také za jednu minutu a k jeho přeměně na těžký plyn. Rychlost uvolnění do ovzduší bylo 776 kilogramů za sekundu a celkové uniklé množství bylo 46 581 kilogramů, tak jak je vyobrazeno na obr. 26. Vzdálenost zóny ohrožení AEGL 3 je ve vzdálenosti 6 200 metrů a je znázorněna červenou zónou, AEGL 2 a AEGL 1, která představuje oranžovou a žlutou zónu. Ta přesahuje v programu ALOHA vzdálenost 10 kilometrů, s kterou program ALOHA nedokáže dále modelovat. Výsledky modelace

zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v mapovém podkladu programu MARPLOT jsou znázorněny na obr. 27.



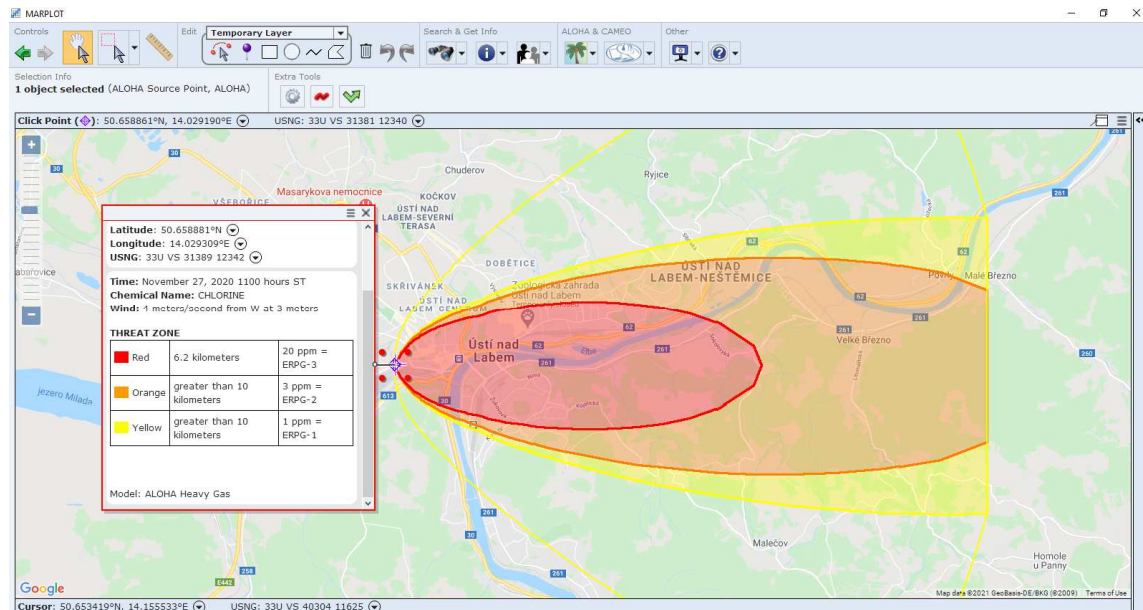
Obrázek 26 - Výsledek modelace přímého úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v programu ALOHA.



Obrázek 27 - Výsledek modelace přímého úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.

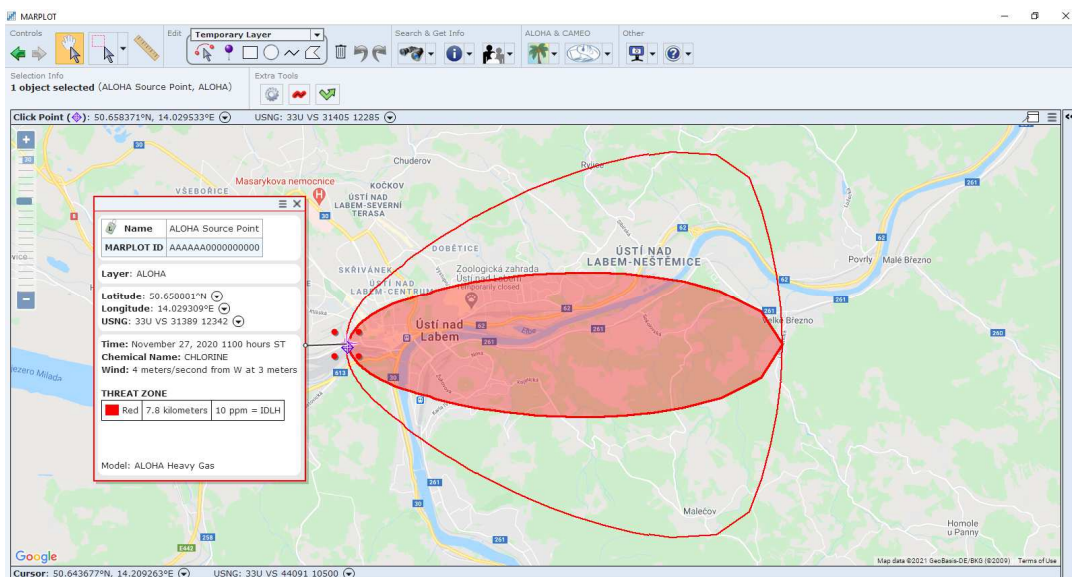
Vzdálenost zóny ohrožení ERPG 3 od epicentra úniku je 6 200 metrů, což znázorňuje červenou zónu, ERPG 2 a ERPG 1, která představuje oranžovou a žlutou zónu. Ta přesahuje v programu ALOHA vzdálenost 10 kilometrů, s kterou program

ALOHA nedokáže dále pracovat. Výsledky modelace zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3 v mapovém podkladu programu MARPLOT jsou znázorněny na obr. 28.



Obrázek 28 - Výsledek modelace přímého úniku za slunečního počasí s vyobrazením zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.

Vzdálenost zóny ohrožení IDLH znázorňuje červená zóna, která dosahuje do vzdálenosti 7 800 metrů. Výsledek modelace zóny ohrožení IDLH v mapovém podkladu programu MARPLOT je znázorněn na obr. 29.



Obrázek 29 - Výsledek modelace přímého úniku za slunečního počasí s vyobrazením zóny ohrožení IDLH a vyobrazení v programu MARPLOT.

5.4.5 Modelace postupného úniku chloru za inverzního počasí

Modelace postupného úniku chloru v programu ALOHA, simuluje postupný a pomalý únik chloru po havárii železniční cisterny, kdy dojde k destrukci ochranného víka cisterny a poškození jednoho z přepouštěcích ventilů, z kterého bude postupně unikat chlor po dobu jedné hodiny do okolního prostředí. Při vytváření této modelace vycházíme z předchozího základního zadání v programu ALOHA a dále využijeme zadání atmosférických podmínek, rychlostí větru v metrech za sekundu, západní směr větru, zadání městské zástavby, oblačnost v místě úniku, teploty vzduchu a stability podnebí D, výšku inverze a vlhkost stejně jako při přímém úniku za inverzního počasí. Zadání pro tuto variantu simulace je znázorněné na obr. 18. Následujícím bodem zadání je nastavení postupného úniku ze železniční cisterny v programu ALOHA, kde se zadají rozměry cisternového tanku obr. 30, skupenství a teplota v tanku. Dalším krokem je tabulka se skutečným naplněním převážené látky a objemem, který je v případě nebezpečných látek nejčastěji 80 % celkového objemu tanku tak, jak je vidět na obr. 31.

Tank Size and Orientation

Select tank type and orientation:

Horizontal cylinder Vertical cylinder Sphere

Enter two of three values:

diameter feet meters

length liters cu meters

volume

OK Cancel Help

Obrázek 30 - Vyobrazení zadání rozměru tanku v programu ALOHA.

Liquid Mass or Volume

Enter the mass in the tank OR volume of the liquid

The mass in the tank is:

- pounds
- tons(2,000 lbs)
- kilograms

OR

Enter liquid level OR volume

The liquid volume is:

- gallons
- cubic feet
- liters
- cubic meters

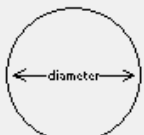
% full by volume

Obrázek 31 - Vyobrazení zadání skutečného obsahu nebezpečné látky v tanku v programu ALOHA.

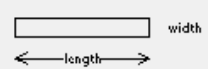
Nyní následuje vyplnit velikost, tvar a umístění otvoru, ze kterého postupně uniká po nehodě chlor. V našem případě se jedná o ventil, který je přímo na zemi o průměru 4 cm, tak jak je vyobrazeno na obr. 32, 33.

Area and Type of Leak

Select the shape that best represents the shape of the opening through which the pollutant is exiting



Circular opening



Rectangular opening

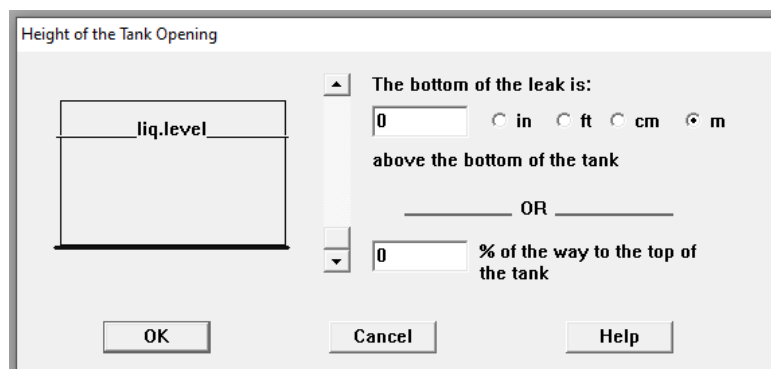
Opening diameter:

- inches
- feet
- centimeters
- meters

Is leak through a hole or short pipe/valve?

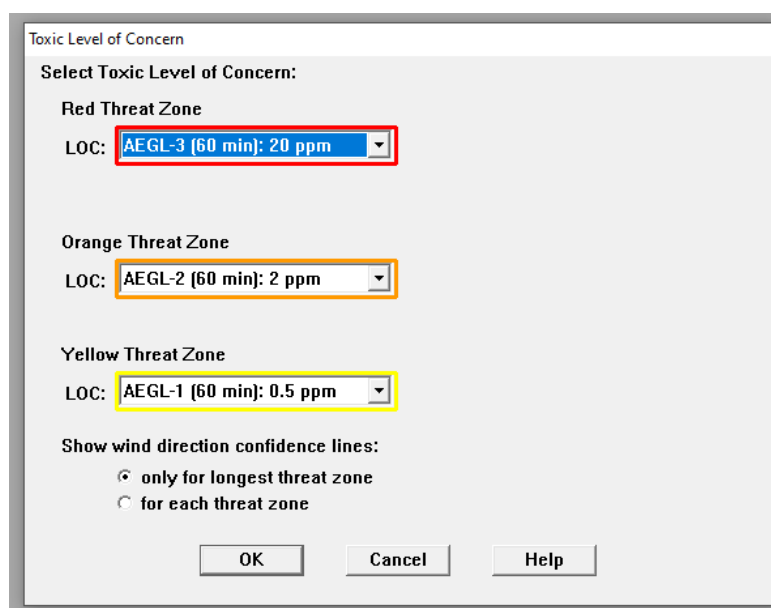
Hole Short pipe/valve

Obrázek 32 - Vyobrazení zadání rozměru a tvaru unikajícího otvoru v programu ALOHA.



Obrázek 33 - Vyobrazení zadání výšky unikajícího otvoru v programu ALOHA.

Po tomto kroku můžeme zadat zvolené zóny ohrožení, které v případě naší modelace představují znovu zóny AEGL 1, 2, 3, dále ERPG 1, 2, 3 a zóna IDLH. Zadání všech těchto zón je totožné a pro názornost je vyobrazeno zadání zóny AEGL 1, 2, 3 vyobrazeno na obr. 34.

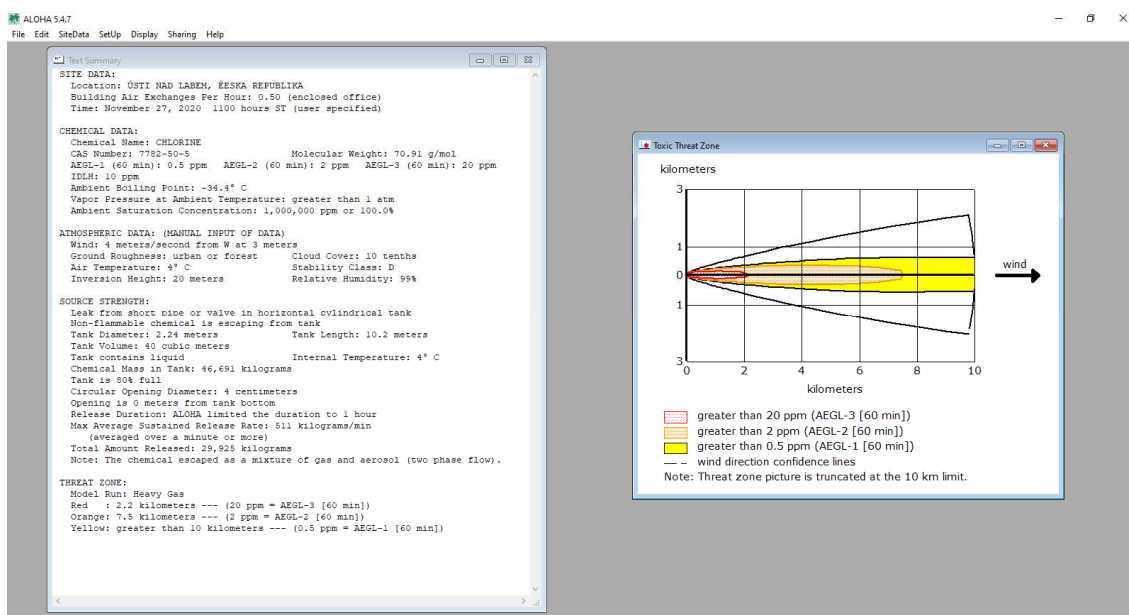


Obrázek 34 – Vyobrazení zadání zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v programu ALOHA.

Poslední částí modelace jsou vlastní výsledky a vyobrazení jednotlivých zón ohrožení prostřednictvím základního zobrazení programem ALOHA, které bude vyobrazeno v softwarovém mapovém programu MARPLOT.

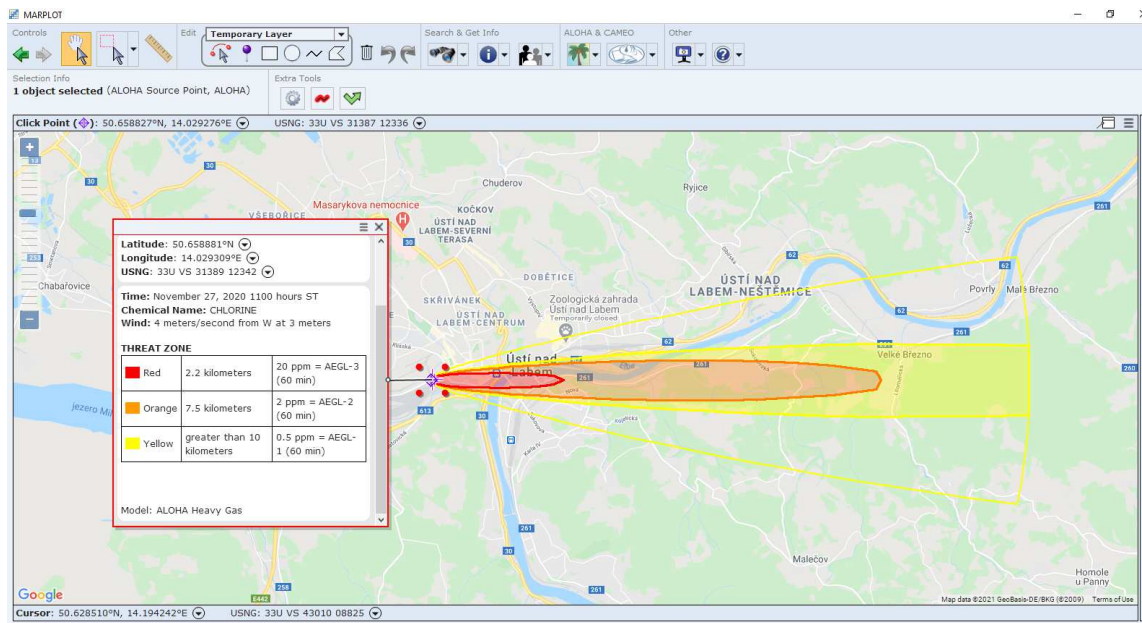
5.4.6 Výsledky modelace postupného úniku chloru za inverzního počasí

Při postupném úniku chloru za inverzního počasí z vodorovné válcové nádrže železniční cisterny bylo do okolního prostředí uvolněno při maximální průměrné rychlosti úniku chloru 511 kilogramů za minutu celkem 29 925 kilogramů chloru. K úniku došlo z ventilu o průměru 4 centimetrů, který byl umístěn přímo u země. Nebezpečný chlor unikl do okolí ve formě směsi plynu a aerosolu. Dobu úniku program ALOHA omezil na jednu hodinu. Výsledek modelace se zónou ohrožení AEGL 3, 2, 1 je vyobrazen na obr. 35.



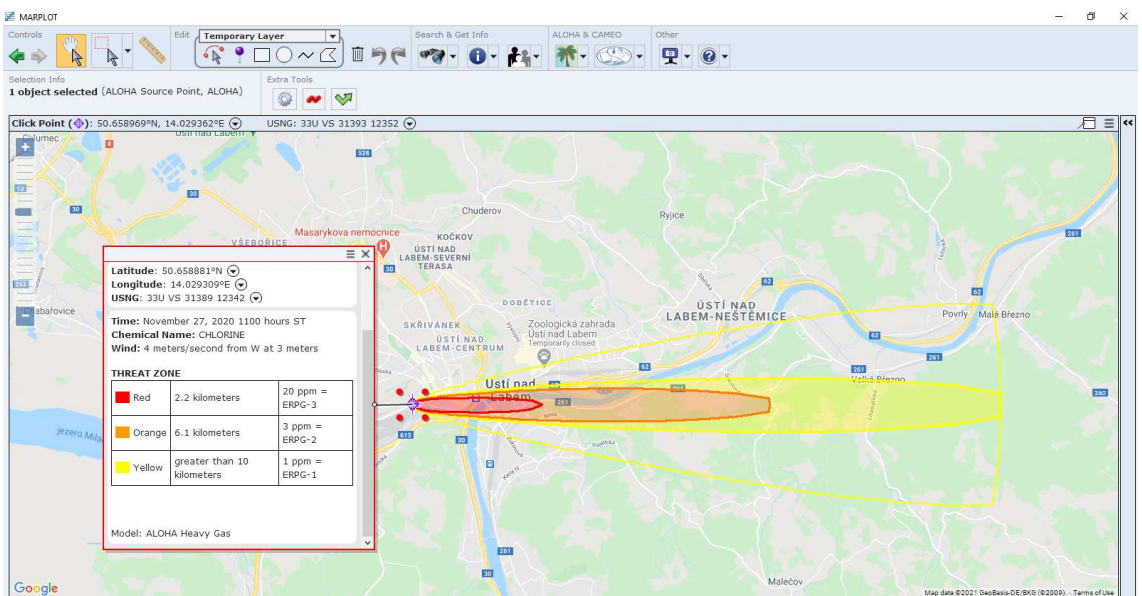
Obrázek 35 - Výsledek modelace postupného úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v programu ALOHA.

Vzdálenost zóny ohrožení AEGL 3 je ve vzdálenosti 2 200 metrů a je znázorněna červenou zónou, AEGL 2 je ve vzdálenosti 7500 metrů a je znázorněna oranžovou zónou a AEGL 1, která představuje žlutou zónu, přesahuje v programu ALOHA vzdálenost 10 kilometrů, kterou program ALOHA nedokáže dále modelovat. Výsledky modelace zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v mapovém podkladu programu MARPLOT jsou znázorněny na obr. 36.



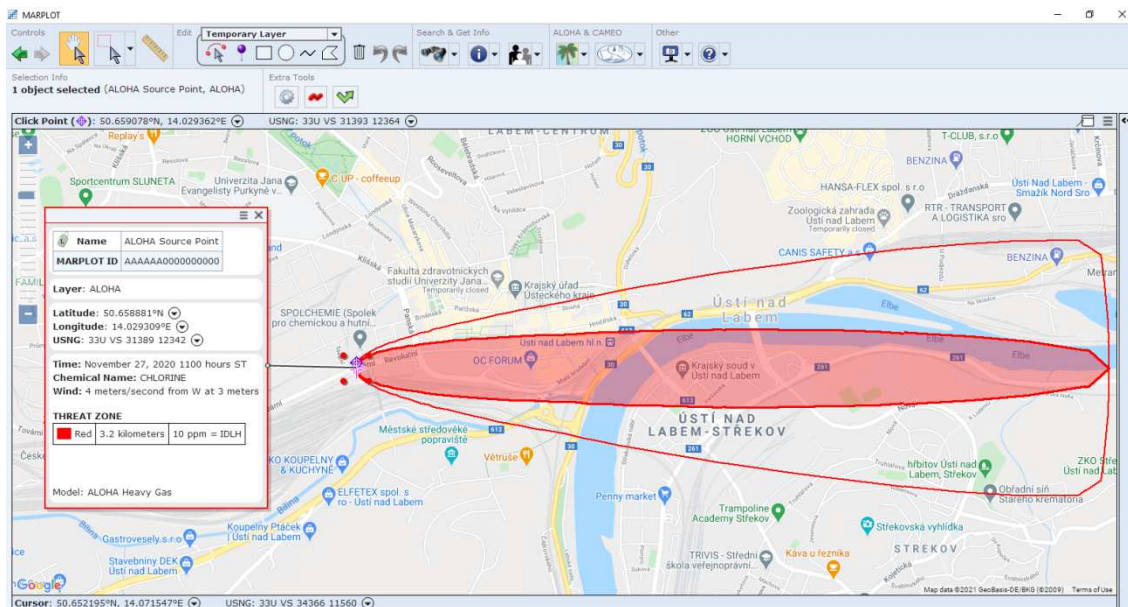
Obrázek 36 - Výsledek modelace postupného úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3, v programu MARPLOT.

Vzdálenost zóny ohrožení ERPG 3 od epicentra úniku je 2 200 metrů, což znázorňuje červenou zónu, ERPG 2 je ve vzdálenosti 6 100 metrů a je znázorněna oranžovou zónou. ERPG 1 je vyznačena žlutou zónou a přesahuje v programu ALOHA vzdálenost 10 kilometrů s kterou program ALOHA nedokáže dále modelovat. Výsledky modelace zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3 v mapovém podkladu programu MARPLOT jsou znázorněny na obr. 37.



Obrázek 37 - Výsledek modelace postupného úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3, v programu MARPLOT.

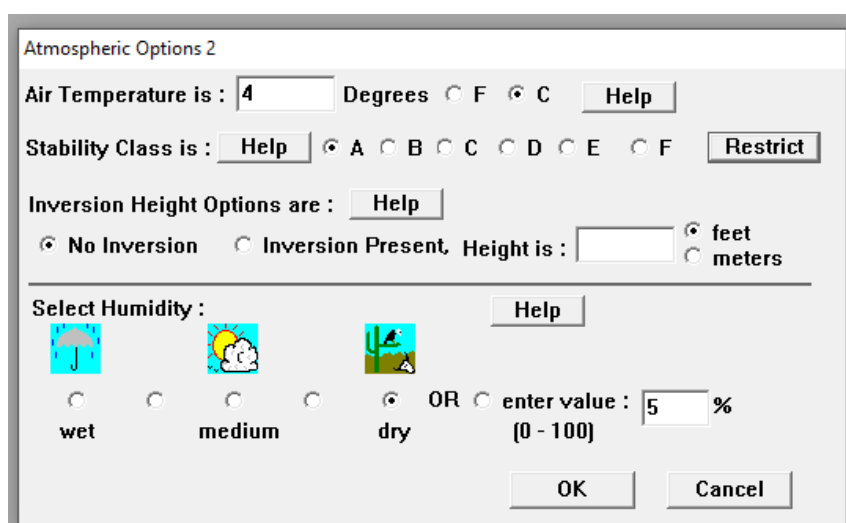
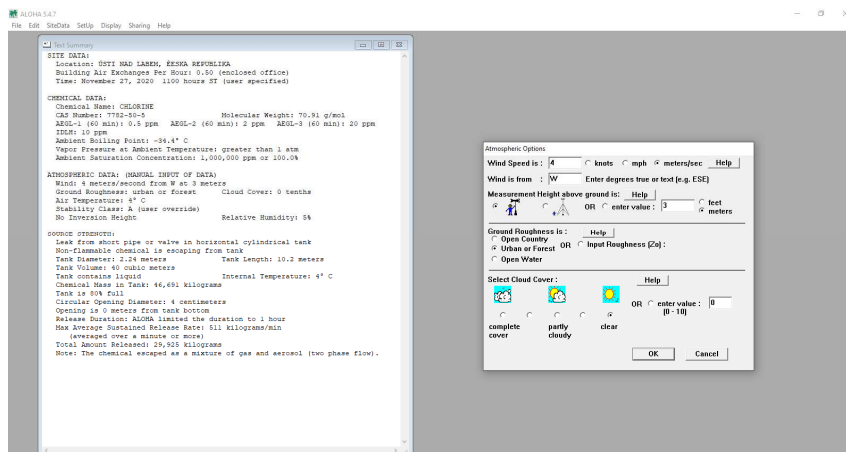
Vzdálenost zóny ohrožení IDLH znázorňuje červená zóna a ta dosahuje do vzdálenosti 3 200 metrů od místa nehody. Výsledek modelace zóny ohrožení IDLH v mapovém podkladu programu MARPLOT je znázorněn na obr. 38.



Obrázek 38 - Výsledek modelace postupného úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení IDLH v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.

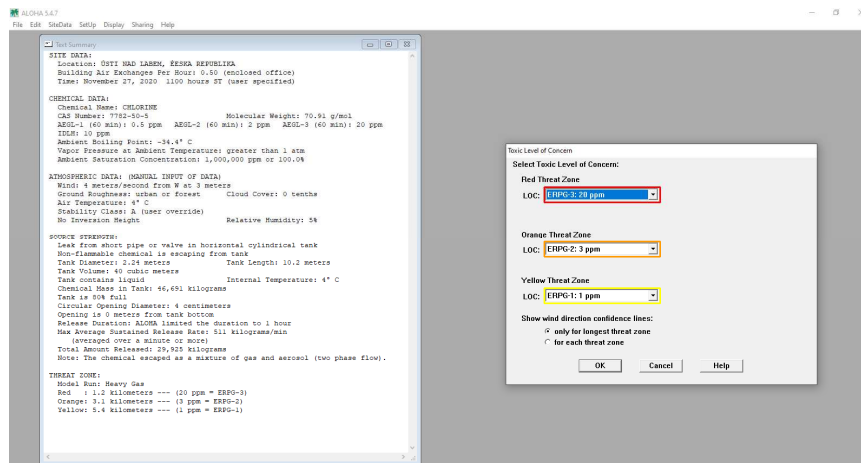
5.4.7 Modelace postupného úniku chloru za slunečného počasí

Při vytváření simulace postupného úniku chloru za slunečného počasí budeme postupovat totožně s využitím dat jako u modelace postupného úniku za inverzního počasí. Rozdíl bude v zadání atmosférických podmínek u oblačnosti v místě úniku, kde zvolíme slunečné počasí, stabilitu podnebí A a dále v tabulce změníme kolonku vlhkosti a počasí bez inverze [37]. Další údaje zůstanou zachovány pro validitu a porovnání výsledků modelace. Zadání atmosférických podmínek za slunečného počasí je znázorněno na obr. 39.



Obrázek 39 – Zadání atmosférických podmínek za slunečného počasí při postupném úniku v programu ALOHA.

Následuje zadání zvolených zón ohrožení a to je v případě naší modelace zóna AEGL 1, 2, 3, dále ERPG 1, 2, 3 a zóna IDLH. Zadání všech těchto zón je totožné a pro názornost je vyobrazeno zadání zóny ERPG 1, 2, 3 na obr. 40.

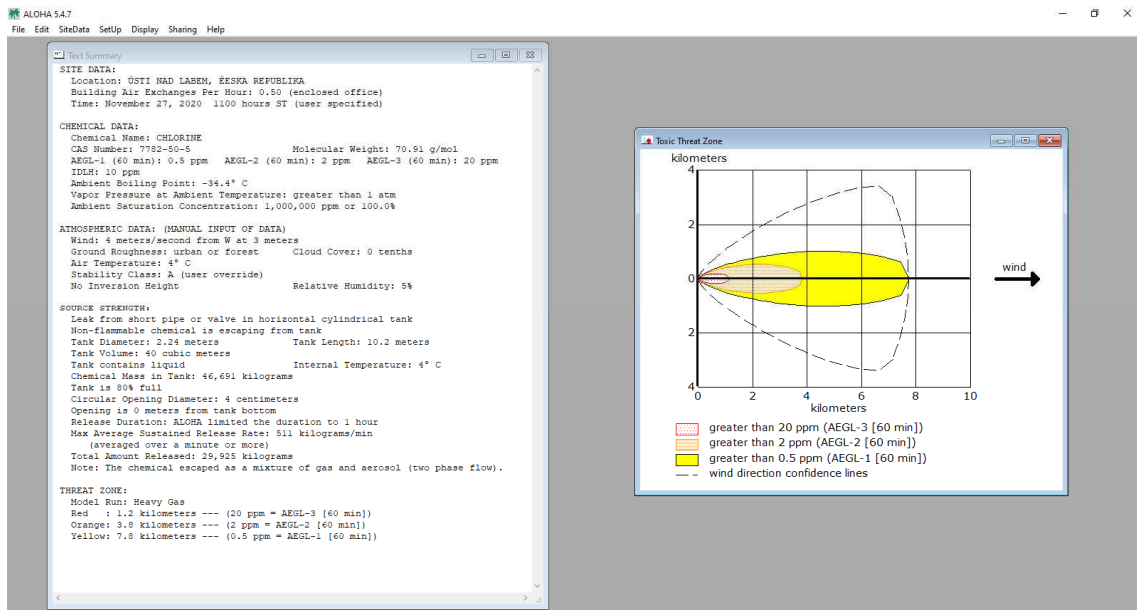


Obrázek 40 – Zadání zóny ERPG 1, 2, 3 včetně souhrnné textové tabulky v programu ALOHA.

Poslední částí modelace jsou vlastní výsledky a vyobrazení jednotlivých zón ohrožení prostřednictvím základního zobrazení programem ALOHA, které bude vyobrazeno v softwarovém mapovém programu MARPLOT.

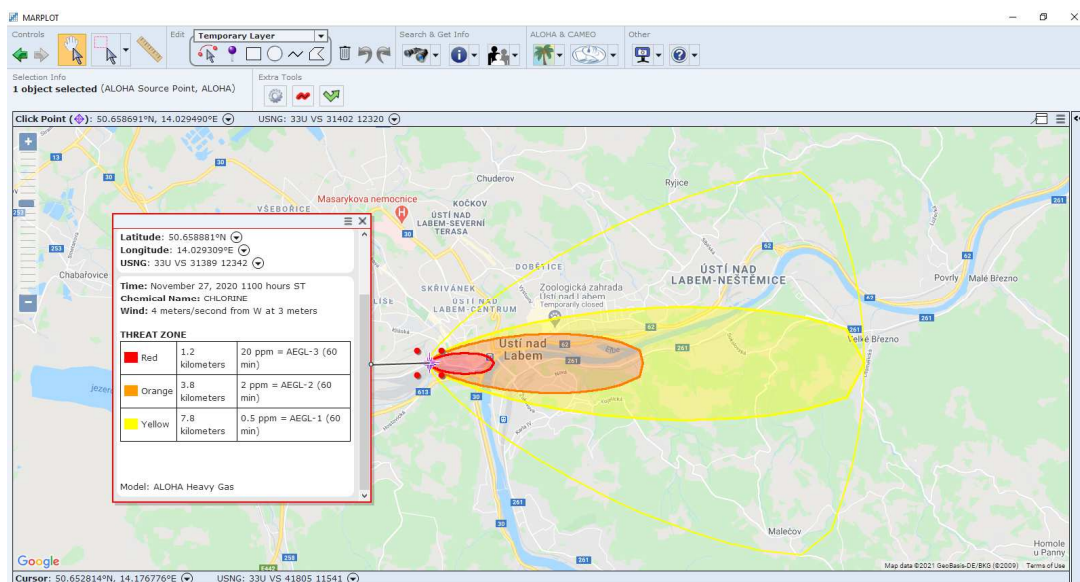
5.4.8 Výsledky modelace postupného úniku chloru za slunečného počasí

Při postupném úniku chloru za slunečného počasí z vodorovné válcové nádrže železniční cisterny, bylo do okolního prostředí uvolněno při maximální průměrné rychlosti úniku chloru 511 kilogramů za minut celkem 29 925 kilogramů chloru. K úniku došlo z ventilu o průměru 4 centimetrů, který byl umístěn přímo u země. Nebezpečný chlor unikl do okolí ve formě směsi plynu a aerosolu. Dobu úniku program ALOHA omezil na jednu hodinu. Výsledek modelace se zónou ohrožení AEGL 3, 2, 1 je vyobrazen na obr. 41.



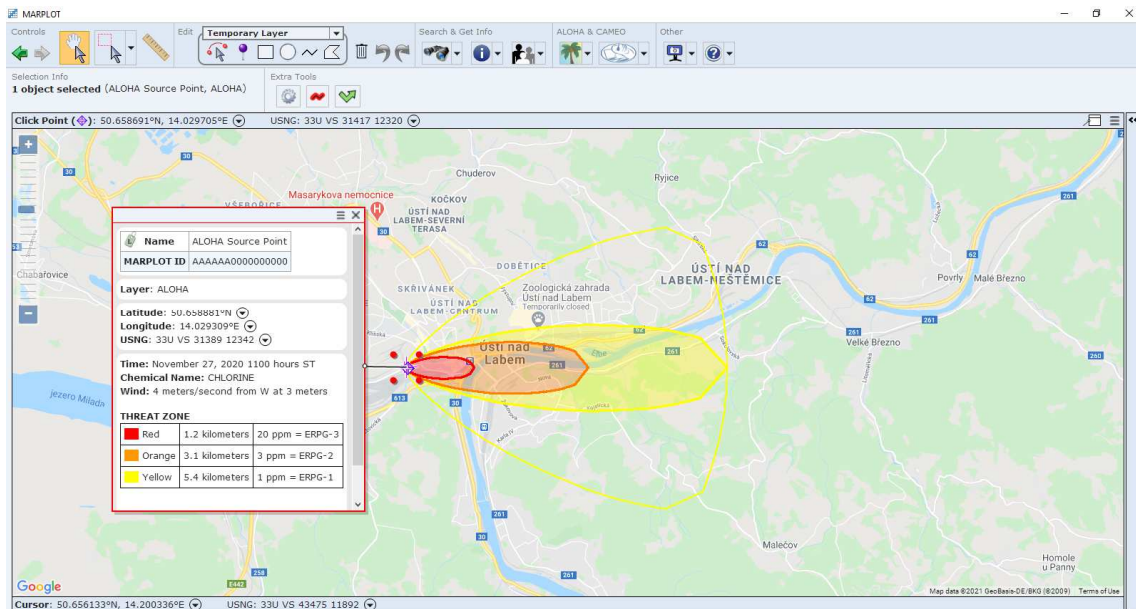
Obrázek 41 - Výsledek modelace postupného úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v programu ALOHA.

Vzdálenost zóny ohrožení AEGL 3 je ve vzdálenosti 1 200 metrů a je znázorněna červenou zónou, AEGL 2 je ve vzdálenosti 3 800 metrů a je znázorněna oranžovou zónou a AEGL 1 je znázorněna žlutou zónou a je vzdálenosti 7 800 metrů od zdroje úniku. Výsledky modelace zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v mapovém podkladu programu MARPLOT jsou znázorněny na obr. 42.



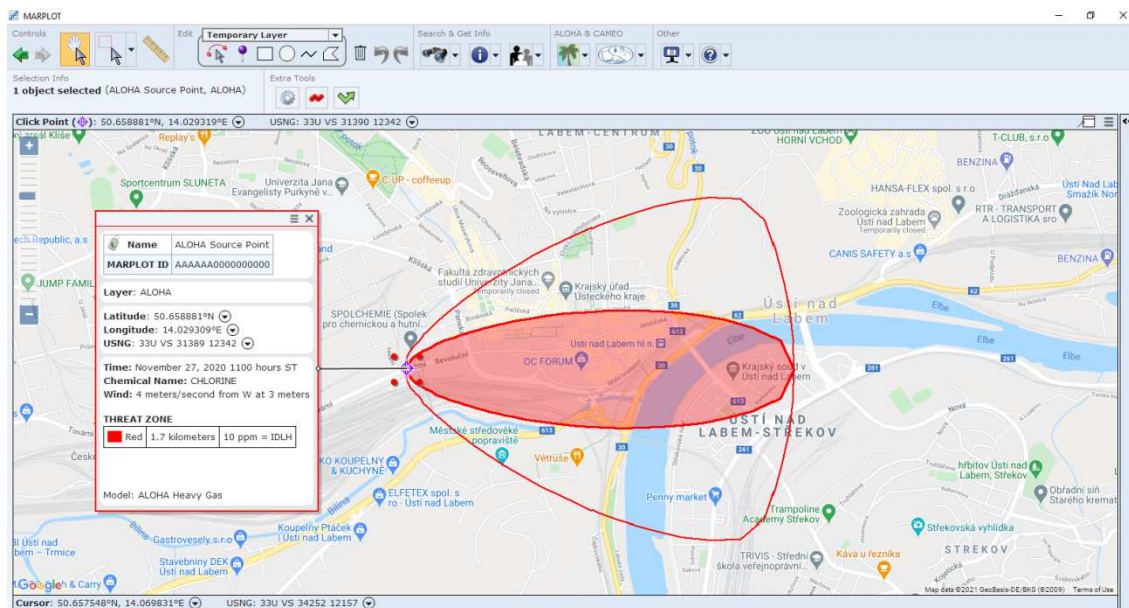
Obrázek 42 - Výsledek modelace postupného úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.

Vzdálenost zóny ohrožení ERPG 3 od epicentra úniku je 1 200 metrů, což znázorňuje červenou zónu, ERPG 2 je ve vzdálenosti 3 100 metrů a je znázorněna oranžovou zónou. ERPG 1 je vyznačena žlutou zónou a je ve vzdálenosti 5 400 metrů. Výsledky modelace zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3 v mapovém podkladu programu MARPLOT jsou znázorněny na obr. 43.



Obrázek 43 - Výsledek modelace postupného úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.

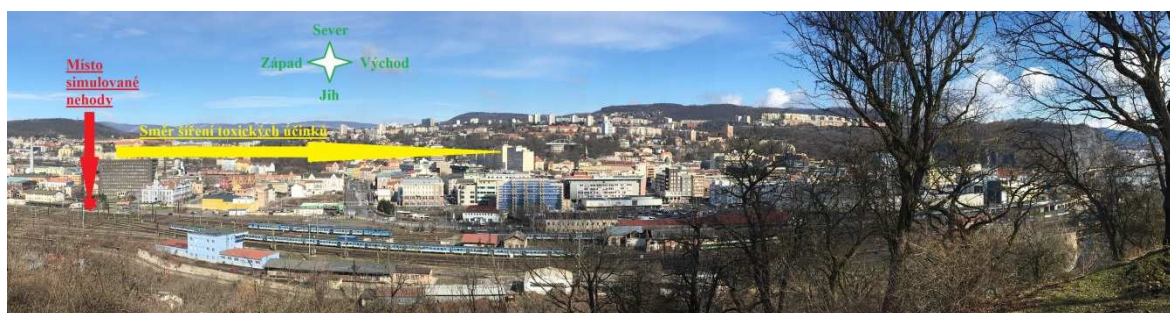
Vzdálenost zóny ohrožení IDLH znázorňuje červená zóna a ta dosahuje do vzdálenosti 1 700 metrů od místa nehody. Výsledek modelace zóny ohrožení IDLH v mapovém podkladu programu MARPLOT je znázorněn na obr. 44.



Obrázek 44 - Výsledek modelace postupného úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení IDLH v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.

5.5 Výsledky modelací zobrazené v reálných podmínkách

Pro lepší představu zasažené oblasti, byly vytvořeny reálné foto mapy, které mají zobrazit předpokládanou nejvíce ohroženou zónu, kde by účinky toxického chloru na obyvatelstvo měly pravděpodobně nejhorší následky a zónu s nízkou pravděpodobností účinků na obyvatelstvo. Předpokladem pro vytvoření těchto map, byly výsledky modelací ze softwarového programu ALOHA, které zcela reálně nezohledňují hlavně výškový profil dané lokality a jeho celkové zasažení do geografického reliéfu zvolené lokality. Výsledky zanesené do foto map jsou vidět na obr. 45, 46, 47, 48.



Obrázek 45 – Zobrazení směru šíření nebezpečných účinků úniku chloru v centru města [zdroj: vlastní].



Obrázek 46 – Foto mapa, zobrazení pravděpodobných zón zasažení obyvatelstva [zdroj: vlastní].



Obrázek 47 – Panoramatická foto mapa pohled z jihu, zobrazení pravděpodobných zón zasažení obyvatelstva [zdroj: vlastní].



Obrázek 48 - Panoramatická foto mapa pohled ze severovýchodu, zobrazení pravděpodobných zón zasažení obyvatelstva [zdroj: vlastní].

6 DISKUZE

Obsahem diplomové práce byla simulace dopravní nehody železniční cisterny, která převáží toxický chlor z areálu chemického závodu Spolchemie na nádraží Ústí nad Labem – západ. Výběr místa hypotetické nehody nebyl náhodný a to z několika důvodů. Jedná se o železniční přejezd, který je osazený pouze světelným výstražným zařízením a není chráněn mechanickými závorami, jak je vidět na obr. 14, 15. Jeden z důvodů, proč není chráněn závorami, je celková šířka komunikace v tomto místě a tím i složitost a finanční náročnost technického řešení. Dalším faktorem pro zvolení tohoto místa byl i velký provoz osobních a nákladních vozidel včetně autobusové a trolejbusové dopravy v ulici Tovární, a tím i větší pravděpodobnost vzniku případné dopravní nehody s vlakovou soupravou na železničním přejezdu. V tomto konkrétním místě je rychlost vozidel omezena na 50 kilometrů za hodinu, ale riziko nehody zvyšuje i fakt, že ze západního směru ulice Tovární směrem k železničnímu přejezdu je od ulice Kekulova – Tovární povolena rychlost vozidel na 70 kilometrů za hodinu a i toto omezení řada řidičů nerespektuje. Posledním faktorem výběru místa simulace dopravní nehody bylo zařazení prostoru železniční stanice Ústí nad Labem – západ do krizového plánu města Ústí nad Labem, kdy tento krizový plán počítá tuto oblast jako možné místo výskytu a vzniku chemické havárie velkého rozsahu nebo havárie v železniční dopravě [38]. Správnost výběru místa a typ druhu nehody, která předcházela úniku nebezpečného chloru, byl podpořen základním rozbořem pomocí dvouparametrové analýzy rizik, a proto mohlo dojít na samotnou modelaci úniku toxického chloru v programu ALOHA. Výběr softwarového programu byl předem konzultován s odborníkem na modelování úniku nebezpečných látek, který doporučil program ALOHA z důvodu validity a přesnosti modelací [39]. Hlavním faktorem při výběru druhu modelace úniku bylo možné ohrožení obyvatelstva města Ústí nad Labem a dále také další možné rozdíly při protichůdném typu počasí [40, s. 84]. Konkrétně za inverzního počasí a následně za slunečného počasí. Tyto faktory byly i základem pro stanovení hypotéz. Při první variantě modelace za inverzního počasí, kdy byla modelována situace roztržení nádrže železniční cisterny najednou, by došlo k úniku toxického chloru pouze za jednu minutu a rychlost uvolnění do ovzduší by byla 776 kilogramů za sekundu při celkovém uniklém množství 46 581 kilogramů, jak je vyobrazeno na obr. 29. Z výsledků simulace vyplývá, že nejnebezpečnější toxická oblaka chloru o hodnotě 20 ppm by zasahovala až do vzdálenosti 8 200 metrů od epicentra úniku. To reprezentuje zónu ohrožení AEGL 3

a v této oblasti mohou být obyvatelé bez osobních ochranných prostředků akutně ohroženi na životě nebo mohou být přímo usmrceni. Šířka ohrožení v této zóně je dle programu v nejexponovanějším místě 1 500 metrů. Druhá zóna o hodnotě 2 ppm přesahuje vzdálenost 10 kilometrů což je hodnota AEGL 2, ale program ALOHA ji nedokáže dále modelovat. V tomto perimetru mohou být obyvatelé postiženi nevratným dlouhotrvajícím zdravotním postižením. V třetí zóně AEGL 1, kterou představuje žluté pole, nebudou obyvatelé ohroženi na životě ani dlouhotrvajícím poškozením zdraví a její vzdálenost taktéž přesahuje vzdálenost 10 kilometrů jako v zóně AEGL 2 a program ALOHA ji nedokáže dále modelovat. Hodnota zóny IDLH maximální koncentrace látky v ovzduší, které může být zdravý pracovník vystaven po dobu až 30 minut a ještě být schopen uniknout bez ztráty života nebo bez nevratného poškození zdraví je ve vzdálenosti více než 10 kilometrů a program ALOHA ji nedokáže dále modelovat. Šířka zóny IDLH je v tomto případě 1 800 metrů. Hodnoty zóny ohrožení ERPG 3, 2, 1, jsou dle výsledků modelace totožné jako v případě zóny ohrožení AEGL 3, 2, 1. Jak je zřejmé z výsledků této modelace, takto masivní a rychlý únik za inverzního počasí by měl zcela fatální následky na obyvatelstvo, které by se v době havárie pohybovalo v těchto ohrožených oblastech. Vzdálenost nejnebezpečnější zón ohrožení AEGL 3 a ERPG 3 představuje přímé ohrožení nejenom pro obyvatelstvo v centru města, ale i obvodu Střekov, Krásné Březno, Neštětice a obcí Svádov a Velké Březno. V samotném centru města je nejbližší od ohniska a v přímém směru úniku ve vzdálenosti 200 metrů čerpací stanice MOL, ve vzdálenosti 400 metrů se nachází objekt České správy sociálního zabezpečení, Městské divadlo, autobusové nádraží a Krajské ředitelství policie ČR. Obchodní dům Labe a Obchodní centrum FORUM jsou vzdálené 600 metrů od ohniska úniku, 1 000 metrů je vzdálené hlavní nádraží a 1 400 metrů je například krajský a okresní soud. Předpoklad odhadovaného počtu ohrožených osob je jen těžko představitelný. Při odhadovaném počtu návštěvníků obchodního centra FORUM Ústí nad Labem se dle DZP v objektu pohybuje v průměru 4 692 osob a pro nejohroženější části, kterými jsou podzemní garáže a přízemí je počet 1 766 osob [41]. Průměrný počet cestujících, kteří projdou hlavním nádražím v Ústí nad Labem za den, se pohybuje okolo 4 000 osob [42]. Vzhledem k počtu ohrožených obvodů a obcí, by se jednalo v tento čas, kdy většina osob se nachází v zaměstnání nebo na úřadech o ohrožení přibližně 10 000 osob.

Při modelaci stejného přímého úniku, ale změně atmosférických podmínek na slunečné počasí je výsledek modelace podobný předchozí modelaci, se zkrácením zóny ohrožení AEGL 3 a ERPG 3 na vzdálenost 6 200 metrů od epicentra úniku, jak je vidět na obr. 34, 35. To představuje o 2 000 metrů méně než při přímém úniku za inverzního počasí a v tomto případě by ohrožení obyvatelstva již nehrozilo obci Velké Březno. Program ALOHA však určil šířku tohoto úniku v zóně AEGL 3 a ERPG 3 na 2 000 metrů, což je oproti inverznímu počasí o 500 metrů více. V případě zóny ohrožení IDLH za přímého úniku a slunečného počasí se jednalo o vzdálenost 7 800 metrů a šířku zóny 2 500 metrů. I v tomto případě se jednalo o kratší vzdálenost ohrožení a však opět vzrostla šířka zóny ohrožení a to o 700 metrů. Varianta přímého neboli okamžitého úniku, která byla modelována po dopravní nehodě s nákladním vozidlem a po které dojde k okamžitému roztržení a úniku toxického chloru najednou je méně pravděpodobná. Mechanismus nárazu do železniční cisterny by musel být opravdu veliký, aby došlo k následné destrukci ochranného ocelového pláště celého kotlového vozu. Pasivní bezpečnostní prvky a celá konstrukce železniční cisterny by měli být na tuto variantu stavěné a proto je okamžitý únik celého přepravovaného obsahu chloru méně pravděpodobný.

Druhá varianta úniku byla zvolena jako postupný neboli pomalý únik do prostředí. Tento únik byl zapříčiněn taktéž dopravní nehodou s nákladním vozidlem, ale při této variantě došlo k převrácení železniční cisterny a k destrukci ochranného víka cisterny s následným poškozením pouze jednoho přepouštěcího ventilu. Při první modelaci postupného úniku v programu ALOHA za inverzního počasí, bylo do okolního prostředí uvolněno při maximální průměrné rychlosti úniku chloru 511 kilogramů za minut celkem 29 925 kilogramů chloru a dobu úniku program ALOHA omezil na jednu hodinu, jak je vyobrazeno na obr. 37. Z výsledků této modelace vyplývá, že nejnebezpečnější toxická oblaka chloru o hodnotě 20 ppm by zasahovala až do vzdálenosti 2 200 metrů od epicentra úniku. To reprezentuje zónu ohrožení AEGL 3 a v této oblasti mohou být obyvatelé bez osobních ochranných prostředků akutně ohroženi na životě nebo mohou být přímo usmrceni. Zóna AEGL 3 je označena červenou barvou, jak vidíme na obr. 38. Šířka případného ohrožení v této zóně je dle programu v nejširším místě 400 metrů. Druhá zóna o hodnotě 2 ppm představuje vzdálenost 7 500 metrů což je hodnota AEGL 2, kterou vyznačuje oranžová barva a v této oblasti by zasažené obyvatelstvo mohlo mít nevratné dlouhotrvající zdravotní

poškození nebo může dojít k zhoršené schopnosti úniku. V třetí zóně AEGL 1, kterou představuje žluté označení, nebudou obyvatelé ohroženi na životě ani dlouhotrvajícím poškozením zdraví a její vzdálenost přesáhla vzdálenost 10 kilometrů a program ALOHA ji nedokáže dále modelovat. Hodnoty zóny ohrožení ERPG 3 a 1 jsou dle výsledků modelace totožné jako v případě zóny ohrožení AEGL 3 a 1. Zóna ERPG 2 je ve vzdálenosti 6 100 metrů a oproti zóně AEGL 2 je o 900 metrů kratší, jak je vidět na obr. 39. Šířka zóny ERPG je totožná se zónou AEGL a to 400 metrů. Vzdálenost zóny IDLH maximální koncentrace látky v ovzduší, které může být zdravý pracovník vystaven po dobu až 30 minut a ještě být schopen uniknout bez ztráty života nebo bez nevratného poškození zdraví je ve vzdálenosti 3 200 metrů a její šířka je 400 metrů, jak je vidět na obr. 40. Při této variantě modelace postupného úniku za inverzního počasí by vzdálenost nejnebezpečnějších zón ohrožení pro obyvatelstvo AEGL 3 a ERPG 3 představovala přímé ohrožení především pro obyvatelstvo v centru města a městském obvodu Sřekov a to až po čističku odpadních vod. Zde by byly účinky na zdraví a životy osob pravděpodobně stejné jako při přímém úniku chloru za inverzního počasí. Městský obvod Krásné Březno, Olšinky, Svádov a obec Velké Březno by byly zasaženy jen koncentracemi, které by umožnily obyvatelstvu při včasném varování unik na bezpečné místo, aniž by došlo k trvalému poškození zdraví nebo přímému ohrožení na životě. Předpoklad odhadovaného počtu ohrožených osob by byl v tomto případě výrazně menší a to přibližně o polovinu. Poslední provedenou modelací v programu ALOHA, byla simulace postupného úniku chloru za slunečného počasí. Zde byla rychlost a celkové množství uvolněného chloru do okolního prostředí stejná jako při postupném úniku za inverzního počasí a doba úniku byla opět programem ALOHA omezena na jednu hodinu, jak je vyobrazeno na obr. 41. Z výsledků této modelace vyplývá, že nejnebezpečnější toxická oblaka chloru o hodnotě 20 ppm by zasahovala jen do vzdálenosti 1 200 metrů od ohniska úniku. Tuto vzdálenost reprezentuje zóna ohrožení AEGL 3 a zde by obyvatelé bez osobních ochranných prostředků byli akutně ohroženi na životě nebo by mohli být přímo usmrceni. Zóna AEGL 3 vyznačena červenou barvou jak je vidět na obr. 42. Druhá zóna o hodnotě 2 ppm představuje vzdálenost 3 800 metrů což je hodnota AEGL 2. V této oranžově vyznačené oblasti by zasažené obyvatelstvo mohlo mít nevratné dlouhotrvající zdravotní poškození nebo by mohlo dojít k zhoršené schopnosti úniku. V třetí zóně AEGL 1, které představuje žluté označení, nebudou obyvatelé ohroženi na životě ani dlouhotrvajícím poškozením zdraví a její vzdálenost je 7 800 metrů. Hodnota zóny ohrožení ERPG 3 je dle výsledků

modelace shodná jako v případě zóny ohrožení AEGL 3. Zóna ERPG 2 je ve vzdálenosti 3 100 metrů a oproti zóně AEGL 2 je o 700 metrů kratší, jak je vidět na obr. 42. V třetí zóně ERPG 1, kterou představuje žluté označení, nebudou obyvatelé ohroženi na životě ani dlouhotrvajícím poškozením zdraví a její vzdálenost je 5 400 metrů, což je oproti zóně AEGL 1 o 2 400 metrů méně. Šířka zón ohrožení AEGL a ERPG vyšla shodně a to 400 metrů. Vzdálenost zóny IDLH, kdy lze uniknout bez ztráty života nebo bez nevratného poškození zdraví, je ve vzdálenosti 1 700 metrů a její šířka je 500 metrů, jak je vidět na obr. 44. Při variantě modelace postupného úniku za slunečného počasí představují nejnebezpečnější zóny ohrožení pro obyvatelstvo AEGL 3 a ERPG 3 přímé ohrožení především pro obyvatelstvo v centru města, konkrétně k mostu Eduarda Beneše. Zde by byly opět účinky na zdraví a životy obyvatelstva pravděpodobně stejné jako při přímém úniku chloru za inverzního počasí. V případě zóny AEGL 2 a ERPG 2 by kromě centra města došlo k ohrožení městského obvodu Střekov, Olšinek a zde by obyvatelé nebyli ohroženi na životě ani dlouhotrvajícím poškozením zdraví. Vzdálenost zóny ERPG 1 by dosahovala až k obci Velké Březno a AEGL 1 jen ke Svádovu a v případě těchto zón by obyvatelé byli zasaženi jen koncentracemi, které by umožnily obyvatelstvu při včasné varování uniknout na bezpečné místo, aniž by došlo k trvalému poškození zdraví nebo byli přímo ohroženi na životě. V případě postupného úniku za slunečného počasí by byl předpoklad odhadovaného počtu ohrožených osob výrazně menší a to přibližně 2000-3000 osob. Tento předpoklad vychází z počtu maximálně pohybujících se osob v nejbližším centru a v oblasti obchodního domu Labe, Obchodního centra FORUM a hlavního vlakového nádraží Ústí nad Labem. Z jednotlivých výsledků modelací uniku nebezpečného chloru pomocí programu ALOHA vyplynulo, že dle předpokladu by byl nejhorší možnou variantou přímý únik za inverzního počasí. Při tomto úniku by došlo k zasažení největší plochy území vysokou koncentrací toxického chloru a dopady na obyvatelstvo a životní prostředí by byly značné. Při postupném úniku za inverzního počasí by zasažené území bylo výrazně menší a to v případě porovnání vzdálenosti zóny ohrožení AEGL 3 až o 6 000 metrů. Ale vzhledem k lokalizaci místa nehody a následnému postupu nebezpečných toxických oblaků na centrum Ústí nad Labem by ohrožení obyvatelstva bylo stále vysoké.

Samotná modelace v softwarovém programu ALOHA a výsledné mapy jednotlivých zón ohrožení obyvatelstva reálně nezohledňují hlavně výškový profil dané lokality a

jeho celkové zasazení do geografického reliéfu námi zvolené lokality a tím dochází k výraznému zkreslení těchto zón ohrožení. Údolím města Ústí nad Labem prochází řeka Labe a v blízkosti místa simulované havárie řeka Bílina. Tyto dva toky představují nejnižší úroveň údolního reliéfu a to v případě námi simulované nehody a slabého větru by mohlo při nízkém stavu vody hrát významnou roli. Říční koryto řek a jeho vysoké břehy by v tomto případě mohli fungovat jako přirozená bariéra pro těžký plyn, kterým chlor je a tím by byl zamezen jeho postup na ohrožené oblasti, kterými jsou například Střekov, Olšinky nebo Svádov. Tato varianta je vyobrazena na obr. 47, 48, kde jsou zohledněny zasažené oblasti vzhledem k výškovému profilu města. Dalším zkreslením v programu ALOHA je celková vzdálenost jednotlivých zón ohrožení. Program zde opět nebere ohled na vysoko položené hřebeny, které se v okolí města Ústí nad Labem nacházejí a při úniku těžkého plynu by fungovaly jako přirozená překážka. Tím by se celková vzdálenost zón ohrožení změnila a pravděpodobně by přímo kopírovala údolí a koryto řeky Labe a v závislosti na této změně by se zóny ohrožení změnily.

Ohrožení obyvatelstva a riziko vysokého počtu ohrožených osob by se dalo výrazně eliminovat a to v případě postupného úniku za jakéhokoliv počasí. Tato částečná eliminace však přímo závisí na rychlosti reakce všech dotčených složek integrovaného záchranného systému a i na dotčených krizových orgánech. Celková velikost a dopady takového úniku by byly přímo podřízené opatřením a jednotlivým dílčím postupům všech složek záchranného řetězce jako celku. Reakce složek IZS a orgánů krizového řízení na postupný únik chloru z havarované cisterny, by následovala po vyrozumění svědků nehody o situaci na místě mimořádné události na kterékoliv z operačních středisek složek IZS. Toto operační středisko by informovalo i zbylé operační střediska IZS a to prostřednictvím datových vět a spojením přímých telefonních linek. Jednotlivá operační střediska by na základě přijatých informací jejich obsah vyhodnotila a vyhlásila příslušný stupeň poplachu IZS.

V případě nahlášení dopravní nehody nákladního automobilu a železniční cisterny s neznámou kapalinou, která vytváří oblaka a drží se při zemi, by KOPIS HZS ÚK vyhlásil třetí stupeň poplachu složek IZS a to na základě vyhodnocení dostupných informací a na místo havárie by vysílal jednotky dle daného stupně poplachu [38][43]. Dále by KOPIS HZS ÚK provedlo varování a vyrozumění obyvatel v ohrožených

oblastech pomocí sirén a „Všeobecné výstrahy“ - „chemická havárie“, a pomocí služby SMS Info Kanál na mobilní telefony ke službě přihlášených občanů. Po příjezdu první jednotky na místo události by VZ na základě prvotního průzkumu rozhodl o vytyčení nebezpečné zóny, vnější zóny a zóny možného ohrožení, o zahájení činností k záchraně zraněných osob a informoval by KOPIS o situaci na místě události s potřebou vyhlášení zvláštního stupně poplachu z důvodu možného ohrožení velkého počtu osob. Na základě rozsahu havárie a vyhlášení zvláštního stupně poplachu se musí zřídit štáb VZ a průběh zásahu je potřeba řídit na úrovni taktické, operační i strategické. Na strategické úrovni bude řídit celý průběh zásahu krizový štáb města Ústí nad Labem a o havárii bude prostřednictvím KOPIS informován i hejtmán Ústeckého kraje. Krizový štáb by měl provést varování zasažených obcí prostřednictvím jejich starostů, zajistit informování veřejnosti a to prostřednictvím rozhlasu, televize a sdělovacími prostředky, informovat veřejnost o využití úkrytí ve stálých nebo improvizovaných úkrytech podle plánu úkrytí obyvatelstva, zajistit náhradní ubytování a stravování evakuovaných osob. Na operační úrovni budou celý zásah koordinovat operační střediska IZS, které si vzájemně předávají informace a povolávají potřebné síly a prostředky složek IZS, ale i ostatních subjektů nutných pro řešení a likvidaci celé události. Na taktické úrovni bude zásah v samotném místě zásahu řídit VZ HZS ČR, který provede průzkum v místě havárie a jeho bezprostředním okolí, opatření k záchraně zasažených osob včetně poskytnutí neodkladné zdravotnické pomoci a jejich případnou dekontaminaci toxickým chlorem s jejich následným předáním ZZS ÚK. Dále provede činnosti k zamezení dalšího úniku látky do prostředí, zajistí evakuaci bezprostředně ohrožených osob a provede monitoring prostoru možného ohrožení. Provede neodkladné úkony k zamezení dalšího úniku nebezpečné látky do okolního prostředí, především utěsnění otvoru, ze kterého uniká látka a následnou dekontaminaci. Vzhledem k rozsahu celé události a specifickým vlastnostem celého zásahu bude potřeba velké množství sil a prostředků a to včetně speciálních technických prostředků na dekontaminaci osob. Dále VZ využije informační a praktickou podporu ze strany středisek TRINS, které mají s likvidací nebezpečného chloru zkušenosti.

ZZS ÚK by měla během zásahu zajistit lékařskou a zdravotnickou odbornou pomoc zasaženým osobám, které potřebují přednemocniční neodkladnou péči a následně zajistit transport zraněných osob do předem určených zdravotnických zařízení, na

základě vyhlášeného traumatologického plánu ZZS, který by vyhlásil dispečink ZZS ÚK.

Policie ČR ve spolupráci s obecní policií by na základě rozhodnutí VZ provedla uzavření ohrožených oblastí se zajištěním regulace dopravy s přihlédnutím na příjezd vozidel IZS a odsun zraněných osob, zajištění identifikace zemřelých a zajištění veřejného pořádku v evakuovaných oblastech. Všechny tyto činnosti orgánů krizového řízení a složek IZS musejí být přesně, jasně a rychle koordinované tak, aby se předešlo zbytečným ztrátám na životech a poškození zdraví obyvatel a životního prostředí. Odezva celého záchranného řetězce je však přímo závislá na již samotné rychlosti a přesnosti předání prvotních informací od oznamovatele na kterékoliv operační středisko integrovaného záchranného systému. Přenos správných a úplných informací z místa události je zcela zásadní a ve své podstatě může zachránit mnoho životů. Opožděné nebo bagatelizované prvotní nahlášení na operační středisko IZS může mít například vliv na rychlost spuštění systému včasného varování a vyrozumění, nebo může přímo ohrozit i samotné zasahující složky IZS.

Rozsah následků přímého úniku toxického chloru by se v tomto prostoru dal snížit i vhodným urbanistickým řešením, které by mohlo fungovat jako přirozená hradba nebo nárazníková zóna a to především pro oblast centra krajského města, která je možností ohrožení obyvatelstva nejvíce ohrožena. Příkladem může být výstavba zvýšeného ochranného valu, na kterém by se vysadily stromy, které ho v případě úniku těžkého plynu dokáží výrazně zadržet. Dne 14. 8. 2002 došlo ve městě Festus v Missouri k úniku toxického chloru ze železniční cisterny po prasknutí přečerpávací hadice. Z cisterny celkově uniklo 21 772 kilogramů chloru a muselo být ošetřeno 63 osob, ale při nehodě nebyl nikdo usmrčen. K takto výrazně nízkému počtu ohrožených osob přispěl mírný a příznivý směr větru, který omezil větší rozšíření, ale i drobný déšť a vysázené stromořadí, které zastavilo větší rozšíření toxických oblak chloru [44]. Toto jednoduché řešení by mohlo fungovat i v případě námi modelované nehody, i když je množství uniklého chloru větší.



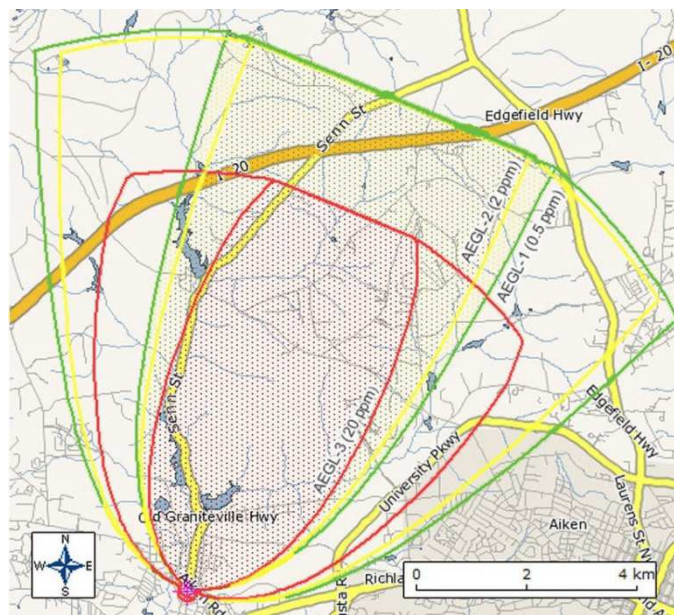
Obrázek 49 - Ochranný val a stromořadí, které brání rozšíření chloru [45].



Obrázek 50 – Areál firmy DPC Enterprises a vzrostlé stromořadí [46].

Hlavním důvodem, proč při nehodě u amerického města Festus nedošlo k většímu ohrožení obyvatelstva, je samotná dislokace firmy DPC Enterprises, která je vzdálená od hranice města Festus přibližně 3 500 metrů a také že únik chloru byl postupný. V našem případě je místo simulované nehody situováno přímo v centru města Ústí nad Labem, kde by ohrožení obyvatelstva bylo veliké. Další podobnou nehodou s únikem chloru byla železniční nehoda 6. 1. 2005 ve městě Graniteville v Jižní Karolíně, kde se při srážce dvou vlaků poškodil jeden z kotlových vozů, který obsahoval chlor. Do okolního prostředí se uvolnilo po přímém úniku 43 532 litrů chloru v plynném skupenství, který usmrtil devět osob, 529 osob bylo ošetřeno a 5 453 osob muselo být v okruhu 1 600 metrů od nehody evakuováno [47]. V případě této nehody se jednalo o obydlenou oblast, ale nejednalo se o centrum města jako v případě naší modelace.

Množství uniklého chloru při tomto přímém úniku bylo vyšší než námi modelovaný přímý únik, ale výsledná vzdálenost zejména zóny ohrožení AEGL 3 je podobná jako v případě naší modelace. Celková vzdálenost nejohroženější zóny AEGL 3 v případě nehody v Graniteville je 7 500 metrů od místa nehody, jak je vidět na obr. 52. V případě naší modelace byla při přímém úniku za inverzního počasí zóna AEGL 3 ve vzdálenosti 8 200 metrů a za slunečného počasí 6 200 metrů. Z porovnání výsledných vzdáleností těchto zón vyplývá, že námi provedená modelace při přímém úniku chloru je podobná.



Obrázek 51 – Vyobrazení zóny ohrožení AEGL 3, 2, 1 v programu ALOHA po úniku chloru v Graniteville [48].

Z provedených modelací a následných komparací s podobnými nehodami železničních cisteren je zřetelné, že na celkové dopady úniku chloru má vliv celá řada faktorů. Mezi základní parametry, které určují, jak velké budou následné účinky na zasažené území a obyvatelstvo, je druh úniku. Nejhorší varianta úniku je přímý neboli okamžitý únik chloru v kombinaci s únikem velkého množství nebezpečné chemické látky. Tento typ úniku je prakticky nekontrolovatelný a látka se rozptýlí do svého okolí na velké vzdálenosti. Při tomto úniku se prakticky nedá zamezit jeho účinkům a jen včasné varování a vyrozumění obyvatelstva a rychlá evakuace může zamezit větším ztrátám na životech obyvatelstva. K samotné reakci složek IZS a orgánů krizového

řízení je potřeba určitý čas a ten v případě přímého úniku s velkým množstvím uniklé látky většinou není.

Dalším druhem hodnoceného úniku je postupný únik, kde je důležitým faktorem rychlost unikající látky do okolí. Při tomto typu úniku jsou celkové vzdálenosti dosahu toxického chloru podstatně menší. Pokud se jedná o únik postupný, tak na něj mohou adekvátně zareagovat i složky IZS a orgány krizového řízení a tím mohou být sníženy celkové dopady na zasažené obyvatelstvo. Dalšími důležitými faktory při úniku chloru jsou teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru, denní doba a prostor, v kterém se daný únik stal. Z výsledků modelace je zřejmé, že vzdálenost a celkově zasažená plocha je přímo závislá na atmosférických podmínkách.

Při modelaci za inverzního počasí byla celkově zasažená plocha větší než při modelaci za slunečného počasí. Rozdíl ve vzdálenostech zasaženého území při inverzním a slunečném počasí nebyl v rámci přímého a následně postupného úniku výrazný, ale v kontextu s vysokým počtem zalidnění zasaženého území centra města se jedná o důležitý faktor. Tento faktor by se mohl zohlednit například v lepším technickém řešení zabezpečení železniční vlečky, která byla předmětem simulované železniční nehody a následné modelace úniků v softwarovém programu ALOHA. Celá oblast železniční stanice Ústí nad Labem - západ je brána i v Krizovém plánu města Ústí nad Labem jako místo možného výskytu chemické havárie velkého rozsahu a to i v kombinaci s havárií v železniční dopravě [38]. Jako největší riziko je zde přímo specifikován únik nebezpečné chemické látky při manipulaci s vlakovými soupravami na této železniční stanici a možné dopady jsou zde podmíněny podle druhu havárie, uniklé látky, místa, času a charakteru nebezpečné látky. Jak je podle obsahu těchto dokumentů zřejmé, je si místní samospráva dobře vědoma zmíněných nemalých rizik, a proto by měla urbanisticky přizpůsobit celou oblast v závislosti na rizika případné havárie a s nimi spojený možný únik jakékoliv nebezpečné chemické látky. Podle posledních dostupných informací se však děje přesně opačně. V prostoru přibližně 200 metrů od námi simulované nehody se na místě nedávno zbouraných domů plánuje výstavba obchodní prodejny Lidl a další obchodní plochy [49]. Dalším velkým projektem, který se v této poměrně rizikové lokalitě plánuje, je výstavba zcela nového nádraží, které by mělo být součástí nově vystavěné rychlodráhy Praha – Drážďany [50]. Výstavba nového centrálního nádraží by měla probíhat poblíž západního nádraží v Ústí

nad Labem a jednou z možných variant, která je podporována samosprávou města Ústí nad Labem je i výstavba v podzemní části, kde by kromě vlakového nádraží bylo umístěno i parkoviště a jiné služby [51]. Při výstavbě všech těchto nových staveb v této rizikové oblasti, by měl být kladen vysoký důraz na bezpečnost a ochranu obyvatelstva s přihlédnutím na možnost vzniku domino efektu při případné havárii [40, s. 87, 88].

- **Hypotéza 1 – Dopady úniku chloru budou rozdílné za různého počasí.**

Hypotéza se potvrdila. Dopady na zasažené území jsou rozdílné za odlišného počasí a to za inverzního a slunečného počasí.

- **Hypotéza 2 – Při různých druzích úniků budou v zasaženém území odlišné vzdálenosti a dopady na obyvatelstvo.**

Hypotéza se potvrdila. Zasažené území a jeho vzdálenosti jsou rozdílné v závislosti na druhu úniku a to za přímého úniku a za postupného úniku.

7 ZÁVĚR

Předmětem diplomové práce byla simulace dopravní nehody železniční cisterny při přepravě v prostoru železniční vlečky ze závodu Spolchemie na nádraží v Ústí nad Labem - západ a provedení softwarové modelace úniku chloru za různých podmínek pomocí programu ALOHA. Součástí práce bylo vytvoření mapy zasažené oblasti a porovnání následků úniku s podobnými známými úniky a s návrhem organizačních a technických opatření k minimalizaci následků nehody.

Z výše provedených modelací a následných komparací lze usuzovat, že případná nehoda železniční cisterny by v tomto konkrétním místě a za nepříznivých meteorologických podmínek měla s vysokou pravděpodobností vážné důsledky na obyvatelstvo a zdraví osob, které by se v zasaženém okolí pohybovaly. Primárně zasažené území se bohužel nachází i v centru krajského města Ústí nad Labem, kde je dále hojně navštěvované obchodní centrum FORUM, hlavní nádraží Ústí nad Labem a zasahuje i na druhý břeh řeky Labe, kde je krajský soud a zástavba obytných činžovních domů. Množství uniklého chloru a jeho toxické účinky, by měly negativní vliv i na velkou vzdálenost od místa nehody a to i vzhledem k místnímu údolnímu reliéfu, kterým v nejnižším bodě prochází řeka Labe. Tato skutečnost by ale v případě nehody a včasného varování obyvatelstva mohla být velkou výhodou. Okolní vysoko položené hřebeny a vyvýšená místa by se mohla stát případným útočištěm před toxickým mrakem, který by v případě přímého úniku a velkého množství uniklého chloru město bezprostředně zasáhl.

Dále je nutné konstatovat, že modelace pomocí softwarových programů, jakým je například program ALOHA není bezchybná a programy při modelaci stále neumí zcela zohlednit některé geografické nerovnosti v krajině. Z tohoto důvodu se neustále pracuje na vývoji sofistikovanějších programů, které by lépe dokázaly vyobrazit realitu chemických havárií a tím i zvýšily úroveň samotné ochrany obyvatelstva.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AČR	Armáda České republiky
ADR	Accord européen au transport international des marchandises par route
AEGL	Acute Exposure Guideline Levels
ALOHA	Area Locations of Hazardous Atmospheres
CLP	Classification, Labelling, Packaging
COFIF	Convention relative aux transports internationaux ferroviaires
ERPG	Emergency Response Planning Guidelines
GŘ HZS ČR	Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky
IDLH	Immediately Dangerous to Life and Health
IZS	Integrovaný záchranný systém
JSVV	jednotný systém varování a vyrozumění
KOPIS	Krajské operační a informační středisko
MV ČR	Ministerstvo vnitra České republiky
OPIS	Operační a informační středisko
ORP	Obec s rozšířenou působností
PČR	Policie České republiky
REACH	Registration Evaluation Authorisation Chemicals
RID	Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses
SDO	Stanoviště dekontaminace osob
SPOLCHEMIE	Spolek pro chemickou a hutní výrobu, akciová společnost
TRINS	Transportní informační a nehodový systém
VZ	Velitel zásahu
ZZS ÚK	Zdravotnická záchranná služba Ústeckého kraje

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČAPOUN, T. *Chemické havárie*. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8.
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. Praha: České vysoké učení technické, 2011. s. 212, 213. ISBN 978-80-01-04844-3.
- [3] *Hasiči zachraňovali na koupališti přes tisíc lidí před jedovatou látkou:*
<https://fm.denik.cz/> [online]. 22.7.2007 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z:
https://fm.denik.cz/cerna_kronika/otravene_koupaliste_karvina200.html
- [4] BLAŽKOVÁ, K. *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení*. Praha: MV - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.
- [5] *Životní prostředí: ochrana přírody a krajiny, ochrana ovzduší, zemědělský půdní fond, vodní hospodářství, horninové prostředí, odpady, obaly, posuzování vlivů, chemické látky, GMO, havárie, prevence znečištění, ekologická újma a další - celkem 28 zákonů : redakční uzávěrka 8.2.2021*. Ostrava: Sagit, [2003]-. ÚZ. ISBN 978-80-7488-458-0.
- [6] VĚŽNÍKOVÁ, Hana. *Transport nebezpečných věcí*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2019. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-217-7.
- [7] RICHTER, Rostislav. Plánování komplexní připravenosti. In: ŠENOVSKÝ, Michail, ed. *Požární ochrana 2013: Sborník přednášek XXII. ročníku mezinárodní konference*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. s. 205, 206. ISBN 978-80-7385-127-9. ISSN 1803-1803.
- [8] *Pomůcka pro jednotky požární ochrany* [online]. Sdružení pro nadaci Gallus Ruber Kladno 1999, 1999 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z:
<http://skolenihasicu.kvalitne.cz/data/Nebezpecne%20latky/Kod%20HAZCHEM%20DIAMANT.jpg>.
- [9] BLAŽKOVÁ, K. *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení*. Praha: MV - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.
- [10] SADÍLEK, Zdeněk, Barbora PÁLKOVÁ a Štěpán KALAMÁR. *Krizové řízení a integrovaný záchranný systém*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2019. Educopress. ISBN 978-80-7408-192-7.
- [11] *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* 2016. Ostrava: Sagit, 2007-. ÚZ. ISBN isbn978-80-7488-135-0.
- [12] *Operační střediska v integrovaném záchranném systému*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2019. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). s. 1, 3, 6, 7. ISBN 978-80-7385-225-2.
- [13] SMETANA, Marek, Danuše KRATOCHVÍLOVÁ ML. a Danuše KRATOCHVÍLOVÁ. *Havarijní plánování: Varování, evakuace, poplachové plány, povodňové plány*. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2989-0.
- [14] KROMER, Antonín, Petr MUSIAL a Libor FOLWARCZNY. *Mapování Rizik*. Ostrava: Tiskárna Kleinwächter, Frýdek Místek, 2010. ISBN 978-80-7385-086-9.
- [15] ŠÍŇ, Robin et al. *Medicína katastrof*. Praha: Galen, 2017. ISBN 978-80-7492-295-4.
- [16] HYLÁK, Čestmír a Ján PIVOVARNÍK. *Individuální a kolektivní ochrana obyvatelstva ČR*. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2016. ISBN 978-80-87544-18-1.
- [17] Základní informace. *Statutární město Ústí nad Labem* [online]. [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.usti-nad-labem.cz/cz/volny-cas/turistum/usti-nad-labem-se-predstavuje/jak-se-k-nam-dostanete.html>
- [18] Spolchemie, Spolek pro chemickou a hutní výrobu. *Informace pro veřejnost v Zóně havarijního plánování v okolí areálu SPOLCHEMIE*. Ústí nad Labem: Krajský úřad Ústeckého kraje, 2019, s. 2.
- [19] Základní informace. *Statutární město Ústí nad Labem* [online]. [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://www.usti-nad-labem.cz/cz/volny-cas/turistum/usti-nad-labem-se-predstavuje/historie-mesta.html>
- [20] VNĚJŠÍ HAVARIJNÍ PLÁN ÚSTECKÉHO KRAJE POPIS ZÓNY HAVARIJNÍHO PLÁNOVÁNÍ: POPIS ZÓNY HAVARIJNÍHO PLÁNOVÁNÍ. In: Ústí nad Labem: Krajský úřad Ústeckého kraje, ročník 2019. s. 1, 2. Dostupné také z: <http://www.usti-nad-labem.cz/cz/ostatni/rychla-orientace/mimoradne-situace.html>
- [21] Profil. *Spolchemie* [online]. [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: <https://www.spolchemie.cz/cs/uvod/profil#history>
- [22] *Vnější havarijní plán zóny havarijního plánování v okolí areálu Spolku pro chemickou a hutní výrobu, akciová společnost, Ústí nad Labem*. In: Ústí nad Labem: Krajský úřad Ústeckého kraje, 2019.

- [23] Místa. *Turistika* [online]. 2010 [cit. 2021-02-09]. Dostupné z:
www.turistika.cz/mista/usti-nad-labem-zapad/detail
- [24] ČVUT FBMI. *Chemická bezpečnost (studijní opora)*. Kladno 2020, s. 40, 41, 42.
- [25] Kolektiv. *Bojový řád jednotek požární ochrany II*. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Ostrava 2017, Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. Metodický list číslo 16, s. 2 - 3. ISBN 978-80-7385-197-2.
- [26] KUBÁTOVÁ, Hana. *Průmyslová toxikologie a životní prostředí*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2018. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-210-8. s. 88, 89, 91.
- [27] GAJDOŠ, R. *Dokumentace zdolávání požárů – operativní karta*. Ústí nad Labem 2019. Spolchemie, Revoluční 86, výroba kapalného chloru a kyseliny chlorovodíkové.
- [28] Hanuš, M. *Analýza a hodnocení rizik při stáčení chloru ve Spolchemii a.s.*. Ostrava 2011, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [29] GRÁF, Jiří, technik péče o hmotný majetek Spolchemie [technická dokumentace a ústní sdělení]. Ústí nad Labem 11.11.2020.
- [30] STANĚK, Martin, lektor Fakulta biomedicínského inženýrství Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva, Praktické a simulované metody řešení CBRN událostí [Emailová komunikace]. Ústí nad Labem 7. 3. 2021.
- [31] RICHTER, Rostislav. Plánování komplexní připravenosti. In: ŠENOVSKÝ, Michail, ed. *Požární ochrana 2013: Sborník přednášek XXII. ročníku mezinárodní konference*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013, s. 176. ISBN 978-80-7385-127-9.
- [32] SIKOROVÁ, Kateřina a Kateřina BLAŽKOVÁ. *Analýza dopadů havárií s účastí nebezpečné látky na životní prostředí*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2018. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). s. 28, 29. ISBN 978-80-7385-211-5.
- [33] ŠENOVSKÝ, Michail, Milan ORAVEC a Pavel ŠENOVSKÝ. *Teorie krizového managementu*. Ostrava: Tiskárna Kleinwächter, Frýdek Místek, 2012. s. 4, 5, 11. ISBN 978-80-7385-108-8.
- [34] BERNATÍK, A. *Prevence závažných havárií II*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. s. 26. ISBN 80-86634-90-6.

- [35] BERNATÍK, A. *Prevence závažných havárií I*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. s. 67. ISBN 80-86634-89-2.
- [36] BARTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II: analýza rizik a připravenost na průmyslové havárie*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003. SPBI Spektrum. ISBN 80-86634-30-2.
- [37] STANĚK, Martin, lektor Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva, Praktické a simulované metody řešení CBRN událostí [Ústní sdělení]. Ústí nad Labem 18. 3. 2021, 25. 3. 2021.
- [38] *Krizový plán města Ústí nad Labem, operativní část, karta KS č. 2, 3 – chemická havárie velkého rozsahu, havárie v železniční dopravě* In: Ústí nad Labem: Krajský úřad Ústeckého kraje, ročník 2019.
- [39] STANĚK, Martin, lektor Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva, Praktické a simulované metody řešení CBRN událostí [Emailová komunikace]. Ústí nad Labem 7. 3. 2021.
- [40] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Rizika spojená s pohromami a inženýrské postupy pro jejich zvládnutí*. V Praze: České vysoké učení technické, Fakulta dopravní, Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství, 2013. ISBN 978-80-01-05479-6.
- [41] Neckář, M. *Dokumentace zdolávání požárů – operativní karta*. Ústí nad Labem 2020. OC FORUM Ústí nad Labem.
- [42] *Stanice vlaků a nádraží v Česku: Omio* [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.omio.cz/nadraz>
- [43] *Vnější havarijní plán Ústeckého kraje, popis zóny havarijního plánování, operativní část, příloha č. 8 – chemická havárie velkého rozsahu*. In: Ústí nad Labem: Krajský úřad Ústeckého kraje, ročník 2019.
- [44] *Accident Description: DPC Enterprises Festus Chlorine Release* [online]. 1.5.2003 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.csb.gov/dpc-enterprises-festus-chlorine-release/>
- [45] *Jack Rabbit project: MineARCSystems* [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://minearc.com/blog/chlorine-gas-safety-and-health-risks/>
- [46] *Street View: Google Mapy* [online]. 2018 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/@38.1811945,->

[90.3907996,3a,75y,225.83h,95.86t/data=!3m6!1e1!3m4!1sZg6N7wUStE_mmksBR6MTaA!2e0!7i13312!8i6656](https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5403a2.htm)

- [47] *Public Health Consequences from Hazardous Substances Acutely Released During Rail Transit --- South Carolina, 2005; Selected States, 1999--2004*: CDC [online]. 2005, 28.1.2005 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5403a2.htm>
- [48] *ALOHA Model of Graniteville: ResearchGate* [online]. 2016, Leden 2016 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/ALOHA-Model-of-Graniteville-SC-chlorine-release-Estimated-60-min-AEGL-isopleths-and_fig1_271528738
- [49] VORLÍČEK, Janni. *V ulici U České besedy v Ústí by mohlo vyrůst obchodní centrum: Ústecký deník.cz* [online]. 2019, 16.11.2019 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: https://ustecky.denik.cz/zpravy_region/u_ceske_besedy_usti_nad_labem_strekov_obchodni_centrum_stavba_20191116.html
- [50] *Rychlotrať z Prahy do Drážďan pokročila, už má studii proveditelnosti: iDNES.cz* [online]. 2021, 8.1.2020 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/usti-nad-labem-drazdany-vlak-zeleznicni-trat-rychlodraha.A210108_152058_eko-doprava_jla
- [51] VORLÍČEK, Janni. *V Chlumci s trasou rychlovlaku nesouhlasí: Ústecký deník.cz* [online]. 2021, 22.4.2021 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: https://ustecky.denik.cz/zpravy_region/vysokorychlostni-trat-uk-2021042.html

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Grafické znázornění výstražných symbolů dle CLP [4].....	14
Obrázek 2 – Označení kotlového vozu na kapalný chlor v areálu Spolchemie (foto Zdeněk Kadlec).....	17
Obrázek 3 – UN systém [1].	18
Obrázek 4 – Systém HAZCHEM kód a Systém DIAMANT [8].	20
Obrázek 5 – Rozmístění jednotlivých středisek TRINS v ČR [6].....	23
Obrázek 6 – Příklad databáze MEDIS-ALARM [zdroj: vlastní].	24
Obrázek 7 – Znázornění signálů „všeobecná výstraha“ [9].....	29
Obrázek 8 – Mobilní dekontaminační stanoviště SDO 2[9].....	31
Obrázek 9 – Areál chemického závodu Spolchemie Ústí nad Labem [27].	37
Obrázek 10 – Znázornění zóny havarijního plánování [22].	38
Obrázek 11 - Situační obrázek výroby, stáčení a transportní trasy cisterny s místem modelace nehody. Železniční nádraží Ústí nad Labem – západ.	42
Obrázek 12 - Kotlový vůz na kapalný chlor v areálu Spolchemie a jeho nákres (foto Zdeněk Kadlec).....	43
Obrázek 13 - Ventily a ochranné víko železniční cisterny [29].....	43
Obrázek 14 – Železniční vlečka Spolchemie, západní pohled [zdroj: vlastní].....	45
Obrázek 15 - Železniční vlečka východní pohled [zdroj: vlastní].....	46
Obrázek 16 – Zadání přesné polohy simulace v programu ALOHA.....	52
Obrázek 17 – Zadání data a času v programu ALOHA.....	52
Obrázek 18 – Zadání faktických atmosférických podmínek při přímém úniku za inverzního počasí.	53
Obrázek 19 – Zadání celkového množství uniklé látky.....	54
Obrázek 20 – Zadání zóny IDLH včetně souhrnné textové tabulky.....	54
Obrázek 21 – Výsledek modelace přímého úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3.	55
Obrázek 22 – Výsledek modelace přímého úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.....	56
Obrázek 23 - Výsledek modelace přímého úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.....	56

Obrázek 24 - Výsledek modelace přímého úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení IDLH v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.	57
Obrázek 25 - Zadání změny atmosférických podmínek při přímém úniku za slunečného počasí včetně souhrnné textové tabulky v programu ALOHA.	58
Obrázek 26 - Výsledek modelace přímého úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v programu ALOHA.	59
Obrázek 27 - Výsledek modelace přímého úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.	59
Obrázek 28 - Výsledek modelace přímého úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.	60
Obrázek 29 - Výsledek modelace přímého úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení IDLH v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.	60
Obrázek 30 - Vyobrazení zadání rozměru tanku v programu ALOHA.	61
Obrázek 31 - Vyobrazení zadání skutečného obsahu nebezpečné látky v tanku v programu ALOHA.	62
Obrázek 32 - Vyobrazení zadání rozměru a tvaru unikajícího otvoru v programu ALOHA.	62
Obrázek 33 - Vyobrazení zadání výšky unikajícího otvoru v programu ALOHA.	63
Obrázek 34 – Vyobrazení zadání zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v programu ALOHA. ...	63
Obrázek 35 - Výsledek modelace postupného úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v programu ALOHA.	64
Obrázek 36 - Výsledek modelace postupného úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.	65
Obrázek 37 - Výsledek modelace postupného úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.	65
Obrázek 38 - Výsledek modelace postupného úniku za inverzního počasí s vyobrazením zóny ohrožení IDLH v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.	66
Obrázek 39 – Zadání atmosférických podmínek za slunečného počasí při postupném úniku v programu ALOHA.	67

Obrázek 40 – Zadání zóny ERPG 1, 2, 3 včetně souhrnné textové tabulky v programu ALOHA.	68
Obrázek 41 - Výsledek modelace postupného úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3 v programu ALOHA.....	69
Obrázek 42 - Výsledek modelace postupného úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení AEGL 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.	69
Obrázek 43 - Výsledek modelace postupného úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení ERPG 1, 2, 3, v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.	70
Obrázek 44 - Výsledek modelace postupného úniku za slunečného počasí s vyobrazením zóny ohrožení IDLH v programu ALOHA a vyobrazení v programu MARPLOT.....	71
Obrázek 45 – Zobrazení směru šíření nebezpečných účinku úniku chloru v centru města [zdroj: vlastní].....	71
Obrázek 46 – Foto mapa, zobrazení pravděpodobných zón zasažení obyvatelstva [zdroj: vlastní].	72
Obrázek 47 – Panoramatická foto mapa pohled z jihu, zobrazení pravděpodobných zón zasažení obyvatelstva [zdroj: vlastní].....	72
Obrázek 48 - Panoramatická foto mapa pohled ze severovýchodu, zobrazení pravděpodobných zón zasažení obyvatelstva [zdroj: vlastní].....	72
Obrázek 49 - Ochranný val a stromořadí, které brání rozšíření chloru [45].....	81
Obrázek 50 – Areál firmy DPC Enterprises a vzrostlé stromořadí [46].	81
Obrázek 51 – Vyobrazení zóny ohrožení AEGL 3, 2, 1 v programu ALOHA po úniku chloru v Graniteville [48].	82

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 – Stanovení hodnot pravděpodobnosti a následků.....	47
Tabulka 2 – Hodnocení významnosti rizika.....	47
Tabulka 3 – Analýza rizik železniční cisterny s chlorem.....	50