

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

Zdravotně sociální fakulta

Diplomová práce

**Neodkladná a následná opatření v případě úniku chloru  
– zpětná analýza minulých případů**

**Autor práce:** Bc. Jitka Klimešová

**Studijní program:** Ochrana obyvatelstva

**Studijní obor:** Civilní nouzová připravenost

**Vedoucí práce:** prof. RNDr. Jiří Patočka, DrSc.

**Datum odevzdání práce:** 22. 5. 2012

## **Neodkladná a následná opatření v případě úniku chloru**

### **– zpětná analýza minulých případů**

Tato diplomová práce se zabývá neodkladnými a následnými opatřeními v případě úniku chloru a zpětnou analýzou minulých případů. Chlor je velmi rozšířený toxický plyn. Z historie je znám jako první prakticky použitá bojová látka. Dnes tvoří důležitou chemickou surovinu, která se v průmyslu hojně využívá. Běžně se také přepravuje po silnici a železnici. Patří mezi látky, k jejichž úniku dochází velmi často.

Cílem této práce je proto zhodnotit dopad úniku chloru na životy a zdraví obyvatelstva a podat přehled neodkladných a následných opatření při úniku chloru z pohledu integrovaného záchranného systému a obyvatelstva. Dále vyhledat, popsat a analyzovat minulé případy.

Teoretická část práce obsahuje informace o chloru, zásady chování obyvatelstva při havárii s únikem chloru a přehled činností prováděných na místě s únikem chloru. Studium dostupné literatury a zdrojů na internetu je vytvořen přehled významnějších úniků chloru v České republice i ve světě. Vybrané události jsou podrobně rozepsány. V praktické části je pomocí počítačového programu TerEx simulován únik chloru z úpravny vody Písek. Pro srovnání výsledků bylo vytvořeno několik modelových situací s různým množstvím uniklého chloru za odlišné doby vzniku havárie a atmosférických podmínek. Na konkrétním příkladu jsou tak posuzována rizika pro lidi žijící v okolí objektu a nastíněna neodkladná a následná opatření.

## **Urgent and follow-up measures in case of chlorine leakage**

### **- a retrospective analysis of past cases**

This thesis deals with the urgent and follow-up measures in case of chlorine leak and a retrospective analysis of past cases. Chlorine is a widely used toxic gas. It is known from history as the first practically used warfare agent. Today, it is an important chemical raw material that is used widely in industry. It is also commonly transported by road and rail. It is one of the substances whose leakages occur very often.

The objective of this paper is to assess the impacts of chlorine leakage on the lives and health of people and to provide an overview of urgent and follow-up measures in case of chlorine leakage in the perspective of the integrated rescue system and the general public. In addition, to locate, describe and analyze past cases.

The theoretical part contains information about chlorine, the principles of behaviour of the population in case of an accident with chlorine leakage and an overview of measures undertaken at the site of chlorine leakage. Through studying available literature and resources on the Internet, overview of major chlorine leakages in the Czech Republic as well as abroad has been created. Selected events are described in detail. The practical part simulates, using computer programme called TerEx, a chlorine leakage from a water treatment plant in Písek, South Bohemia. To compare the results, several model situations were created with varying amounts of chlorine leaked at different times of accident and atmospheric conditions. A specific example is used to assess the risks to people living near the plant and to outline the urgent and follow-up measures.

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci na téma Neodkladná a následná opatření v případě úniku chloru – zpětná analýza minulých případů jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, dne 22. května 2012

.....  
Bc. Jitka Klimešová

### **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce panu prof. RNDr. Jiřímu Patočkovi, DrSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi při psaní diplomové práce poskytl.

Rovněž bych za poskytnutí informací ráda poděkovala panu M. Hudákovi a K. Kučerovi, zaměstnancům fy ČEVAK a.s., provozní středisko Písecko.

Bc. Jitka Klimešová

## Obsah:

Úvod .....	7
<b>1. Současný stav .....</b>	<b>8</b>
1.1. Chlor .....	10
1.1.1. Fyzikálně-chemické vlastnosti .....	11
1.1.2. Toxikologie chloru a příznaky otravy .....	12
1.1.3. Způsoby ochrany před toxickými účinky chloru .....	14
1.1.4. Bezpečnostní značení chloru .....	15
1.2. Prováděné činnosti na místě s únikem chloru .....	19
1.3. Zásady chování obyvatelstva při havárii s únikem chloru .....	24
1.4. Pohled do minulosti .....	27
1.4.1. Havárie s únikem chloru v České republice .....	28
1.4.2. Havárie s únikem chloru ve světě .....	39
<b>2. Cíle práce a hypotézy .....</b>	<b>46</b>
2.1. Cíle práce .....	46
2.2. Hypotézy .....	46
<b>3. Metodika .....</b>	<b>47</b>
3.1. TerEx .....	48
3.2. Popis objektu .....	49
<b>4. Výsledky .....</b>	<b>54</b>
4.1. Simulace úniku 130 kg chloru z úpravny vody Písek .....	54
4.1.1. Modelová situace 1 .....	54
4.1.1.1. Neodkladná a následná opatření .....	60
4.1.2. Modelová situace 2 .....	64
4.1.3. Modelová situace 3 .....	67
4.2. Simulace úniku 3200 kg chloru z úpravny vody Písek .....	70
4.3. Simulace úniku 1300 kg chloru z úpravny vody Písek .....	76
<b>5. Diskuze .....</b>	<b>82</b>
<b>6. Závěr .....</b>	<b>88</b>
<b>7. Seznam použité literatury .....</b>	<b>89</b>
<b>8. Klíčová slova .....</b>	<b>95</b>
<b>9. Přílohy .....</b>	<b>96</b>

## Úvod:

Současný život si prakticky nelze představit bez chemického průmyslu. Ten je zdrojem mnoha užitečných produktů, bez kterých by dnes moderní společnost nemohla existovat. Přináší však i řadu negativních projevů. Výroba, skladování, doprava, používání a nakonec i odstraňování chemických látek představuje riziko a může vést k závažným haváriím. Látky, které se v chemickém průmyslu používají, vykazují v mnoha případech nebezpečné vlastnosti, hořlavost, výbušnost a toxicitu, které mohou negativně působit na životy a zdraví lidí nebo uniknout do životního prostředí. Je nutné podotknout, že nezodpovědnost vedení chemických koncernů již stála zdraví i životy statisíce lidí po celém světě.<sup>21)</sup>

Z historie je známá celá řada závažných průmyslových havárií, které měly nejrůznější negativní vliv na životy a zdraví lidí, na životní prostředí a na majetek. Ovlivnily tím tak další dění na poli prevence, ochrany a likvidace následků závažných průmyslových havárií.<sup>24)</sup>

Mezi velmi rozšířené průmyslové toxické látky patří i chlor. Chlor jako významná surovina chemického průmyslu je celosvětově vyráběna v tak obrovském množství, že riziko ohrožení obyvatelstva tímto plynem nelze vyloučit. V současné době se jen v Evropě vyrobí ročně kolem 10 milionů tun chloru, v roce 2009 to bylo přesně 9,1 milionů tun, a jeho celosvětová roční produkce se pohybuje kolem 100 milionů tun. V České republice vyrábí chlor Spolana a.s., Neratovice a Spolchemie a.s., Ústí nad Labem. Pro další účely se však chlor zpracovává v mnoha dalších závodech a využívá se v různých průmyslových odvětvích. Běžně je také přepravován po silnici a železnici. Patří mezi látky, k jejichž úniku dochází velmi často.<sup>23,34)</sup>

V této práci bych proto ráda zhodnotila dopad úniku chloru na životy a zdraví obyvatel a podala přehled neodkladných a následných opatření při jeho úniku z pohledu integrovaného záchranného systému a obyvatelstva. Dále bych se zaměřila na analýzu předešlých případů za účelem zjištění chyb a nedostatků.

## 1. Současný stav:

Havárie s únikem nebezpečných látek je mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení, v němž je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována, a která vede k bezprostřednímu nebo následnému závažnému poškození nebo ohrožení života a zdraví občanů, hospodářských zvířat, životního prostředí nebo ke škodě na majetku.<sup>51)</sup>

Havárie s únikem nebezpečné chemické látky může mít různé příčiny. Na celém světě dochází k těmto haváriím nejčastěji při jejich přepravě, ať už na silnicích a železnicích, tak i v lodní dopravě, kde se jedná především o ropné havárie. Hrozí zde reálná možnost poškození obalu nebezpečné látky a jejímu následnému úniku do životního prostředí. Na druhém místě dochází k haváriím technologického zařízení. Mohou být způsobeny činností člověka (nedbalost, nedodržení předpisů, únava), technickým selháním zařízení a strojů nebo nehodou při výrobě a skladování. Příčinou vzniku havárie mohou být také přírodní živly nebo teroristické útoky.<sup>5)</sup>

Povinnosti právnických a podnikajících fyzických osob, které při svém podnikání provozují objekt nebo zařízení, v němž je umístěna nebezpečná chemická látka, stanovuje zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií. Základní povinností je vypracovat podle minimálního množství vybrané nebezpečné látky uvedeného v příloze 1 tohoto zákona návrh o zařazení objektu do skupiny A nebo B. Tento návrh se předkládá krajskému úřadu, který vydává konečné stanovisko.<sup>51)</sup>

Provozovatel, jehož objekt je zařazen do skupiny A, zpracovává na základě výsledků analýzy a hodnocení rizik bezpečnostní program prevence závažné havárie (zásady prevence závažné havárie, struktura a systém řízení bezpečnosti, které zajišťují ochranu zdraví a životů lidí, zvířat, životního prostředí a majetku) a plán fyzické ochrany objektu nebo zařízení obsahující analýzu možností neoprávněných činností a



provedení případného útoku na objekty nebo zařízení, režimová opatření fyzické ostrahy a technické prostředky.<sup>51)</sup>

Pro objekty spadající do skupiny B se zpracovává plán fyzické ochrany, bezpečnostní zpráva a vnitřní havarijní plán. V bezpečnostní zprávě jsou uvedeny informace o systému řízení u provozovatele s ohledem na prevenci závažné havárie, informace o složkách životního prostředí v lokalitě objektu nebo zařízení, technický popis objektu nebo zařízení, postup a výsledky identifikace zdrojů rizika, analýz a hodnocení rizik a metody prevence, opatření pro ochranu a zásah k omezení dopadů závažné havárie. Dále je v ní zpracován aktualizovaný přehled nebezpečných látek a jmenovitý seznam právnických a fyzických osob podílejících se na vypracování bezpečnostní zprávy.<sup>51)</sup>

Vnitřní havarijní plán obsahuje jména a funkční zařazení osob, které mají pověření provozovatelem realizovat preventivní bezpečnostní opatření, scénáře na možné případné havárie a popis možných dopadů, popis nutných činností ke zmírnění dopadů závažné havárie, přehled ochranných zásahových prostředků, kterými provozovatel disponuje, způsob vyrozumění dotčených orgánů veřejné správy a varování osob, opatření pro výcvik a plán havarijních cvičení, opatření ke zmírnění dopadů závažné havárie mimo objekt a spolupráci se složkami integrovaného záchranného systému.<sup>51)</sup>

Provozovatel objektu zařazeného do skupiny B je také povinen vypracovat a předložit krajskému úřadu písemné podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a zpracování vnějšího havarijního plánu.<sup>51)</sup>

Mnohá zařízení však obsahují nebezpečné látky v množství menším, než je v tomto zákoně stanoveno. Nevztahují se pro ně výše zmiňované povinnosti a často unikají pozornosti kompetentních orgánů.

## 1.1 Chlor:

Za objevitele chloru je považován švédský chemik německého původu Carl Wilhelm Scheele, který jej objevil v roce 1774 během svých pokusů s kyselinou chlorovodíkovou a oxidem manganičitým. V roce 1810 profesor Humphry Davy prokázal jeho elementární povahu a pojmenoval ho podle řeckého slova chloros – žlutozelený.<sup>10,30)</sup>

V druhé polovině 19. století se začal chlor využívat v textilním a papírenském průmyslu k bělení. Jeho bělicí účinky byly známy již od roku 1774 a o jejich technické využití se v roce 1785 zasloužil Claude Louis Berthollet. Od té doby se začala jeho výroba prudce zvyšovat. Chlor se vyráběl jako vedlejší produkt při Leblancově výrobě sody z kuchyňské soli. Z odpadní kyseliny solné se tehdy chlor získával oxidací oxidem manganičitým nebo vzdušným kyslíkem při teplotách 400 – 450 °C. S rozvojem elektrotechniky se začal chlor získávat novým způsobem - elektrolýzou kuchyňské soli. První chemickou výrobu pomocí elektrolýzy uvedli do provozu roku 1892 v Giesheimu v Německu.<sup>10,23)</sup>

Jeho stinnou stránkou je fakt, že byl použit jako první chemická bojová látka během první světové války. Na přelomu let 1914 – 1915, v době první vážné krize německé válečné strategie, navrhl profesor Haber, ředitel Ústavu císaře Viléma pro fyzikální chemii a elektrochemii a také vedoucí chemického oddělení na pruském ministerstvu války, použití dostupného a dostatečně toxického chloru plněného do ocelových lahví opatřených vypouštěcím ventilem. Útok nastal 22. dubna 1915 na západní frontě u belgického města Ypres. Celkem 180 tun chloru vytvořilo šest kilometrů široký souvislý oblak, proti kterému byli francouzští vojáci bezmocní. V zákopech zemřelo 5000 vojáků a 15000 jich bylo zraněno. Přestože francouzská strana měla o plánovaném útoku dostatek informací, varování podcenila a žádná ochranná opatření nepodnikla. Tehdy bylo použito 5730 lahví se 180 tunami chloru.<sup>30,31)</sup>

Podobné útoky vedli Němci také 31. května 1915 na východní frontě u Bolimova na řece Bzura proti ruským vojskům a 20. října 1915 proti anglickým pozicím u Reims.<sup>31)</sup>

Chlor nebyl jen první skutečně masově použitou bojovou látkou v dějinách, ale byl také základní surovinou pro syntézu celé řady dalších bojových otravných látek, např. yperitu, fosgenu či dioxinu.<sup>30)</sup>

Dnes je v chemickém průmyslu chlor velmi důležitou surovinou. Používá se k výrobě pesticidů, dezinfekčních, bělicích a čisticích prostředků, plastických hmot na bázi PVC a syntetických kaučuků, chlorovaných rozpouštědel, organických a anorganických (HCl) sloučenin. Jeho bělicích účinků se využívá k bělení textilu, papíru a celulosy. Hojně se používá k dezinfekci a úpravě vody, má baktericidní účinky.<sup>10,23)</sup>

### 1.1.1 Fyzikálně-chemické vlastnosti:

Chlor je za normálních atmosférických podmínek žlutozelený plyn s charakteristickým dráždivým a štiplavým zápachem. Jeho teplota varu je  $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ , teplota tání  $-101\text{ }^{\circ}\text{C}$  a hustota  $3,13\text{ kg/m}^3$ . Je 2,5 krát těžší než vzduch. Rozšířený přehled fyzikálně-chemických vlastností chloru je v tabulce 1. Není výbušný ani zápalný. Jedná se o velmi reaktivní plyn, bezprostředně se slučuje s téměř všemi prvky. Při styku se vzduchem se odpařuje a po kontaktu s vodními parami vytváří bílou mlhu. S vodou chlor reaguje za vzniku kyseliny chlorovodíkové a nestálé kyseliny chlorné. K této reakci dochází i se vzdušnou vlhkostí. Protože v suchém stavu nekoroduje železo, lze jej přechovávat a přepravovat v ocelových tlakových lahvích, cisternách a zásobnících. Nádoby s chlorem je však nutné chránit před účinky slunečního záření. Z jednoho litru zkapalněného chloru se po vypaření může vytvořit až 475 litrů plynného chloru.<sup>18,22, 23)</sup>

Kapalný chlor, který se vyrábí komprimováním a zchlazováním plynného chloru, je žlutá kapalina s pronikavým dusivým zápachem.<sup>15)</sup>

<b>Tab. 1 Základní fyzikálně chemické vlastnosti a údaje o chloru</b>	
<b>Vlastnost, veličina</b>	<b>Hodnota</b>
chemický vzorec	Cl <sub>2</sub>
bod varu	- 34,05 °C
bod tání	- 101 °C
molekulová hmotnost	70,906
tenze par	639,9456 kPa při 25°C
těkavost	64 obj. % při 25°C
specifické výparné teplo kapalného chloru	288 kJkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
hustota plynu	3,13 kg/m <sup>3</sup>
hutnota	2,786
hustota kapaliny	1,4 – 1,5 g/cm <sup>3</sup>

*Zdroj: Miroslav Kroupa*

### 1.1.2 Toxikologie chloru a příznaky otravy:

Chlor je pro lidský organismus ve formě chloridových aniontů důležitým prvkem.<sup>20</sup> V plynné či kapalné formě se však stává nebezpečnou a toxickou látkou s vysoce dráždivými a dusivými účinky. Jeho přítomnost lze zaznamenat čichem již při koncentraci 0,3 až 0,5 ppm. Obecně se doporučuje vyhnout se delšímu pobytu v prostoru, kde je koncentrace chloru vyšší než 1 ppm.<sup>10)</sup>

Dopady vystavení chloru na zdraví jedince závisí na koncentraci této látky, na délce a frekvenci opakování expozice. Hlavní branou vstupu jsou dýchací cesty. V případě expozice dochází k silnému podráždění horních i dolních cest dýchacích. Ve vysokých koncentracích může chlor vést k reflektorické obrně dýchacích cest a k vagové zástavě srdce. Ve středních a nízkých koncentracích vyvolává poškození sliznice dýchacích cest a plic. To vede ke klinickým projevům připomínající akutní zánět průdušek – prudká bolest za hrudní kostí, suchý dráždivý kašel, nepravidelné dýchání.

Dalšími projevy jsou bolesti hlavy a zvracení, někdy i s přítomností krve. Tyto klinické příznaky bývají doprovázeny pálením a řezáním v očích, jež vyvolávají slzení. Vyššími koncentracemi mohou být oči vážně poškozeny. Těžké otravy mohou vyvrcholit vznikem edému plic. Ten se může vyvinout s latencí až dvou dnů.<sup>20,21)</sup>

Vysoké koncentrace chloru působí také silně na pokožku. Dochází k jejímu zarudnutí, poleptání a tvorbě puchýřů. Při přeměně kapalného skupenství na plynné dochází k poklesu teploty. Kapalným chlorem tak může vyvolat omrzliny.<sup>21,23)</sup>

<b>Tab. 2 Toxicita chloru při různých koncentracích</b>	
<b>Koncentrace v ppm</b>	<b>Odezva organismu člověka</b>
0,004	nevnímatelné
0,01	nevnímatelné
0,5 – 1 – 3,5 až 5	vnímatelné čichem
0,5 a 1	přípustný expoziční limit (PEL) a nejvyšší přípustná koncentrace (NPK-P)
3 – 6	pálení očí, slzení, dráždí nosní sliznici
15	silně dráždí dýchací cesty
20 – 30	nebezpečný pobyt, za 0,5 hod možnost vzniku edému plic
50	edém plic jistý za 15 minut
100	velmi nebezpečný u některých osob ohrožení života nebo trvalé následky
1000	rychle usmrcuje

*Zdroj: Miroslav Kroupa*

Základní zásadou první pomoci při zasažení je okamžité zamezení dalšího kontaktu zasažené osoby s touto látkou. Postiženého je potřeba dopravit na čerstvý vzduch, případně položit do stabilizované polohy a udržovat ho v klidu a v teple. Pokud dojde k nadýchání chlorem, nepodáváme tekutiny. K utišení dráždivého kašle podáváme kodein. Je nutné odstranit zasažený oděv bez poškození zdravé pokožky a zasažené místo oplachovat proudem vody. Poté se postižená místa kůže překryjí sterilním obvazem.<sup>9)</sup>

Při zasažení očí provedeme co nejrychleji výplach vodou směrem od vnitřního koutku oka k zevnímu koutku. Pokud jsou nasazeny kontaktní čočky, je potřeba je vyjmout.<sup>9,22)</sup>

Vždy je nutné lékařské ošetření.

### 1.1.3 Způsoby ochrany před toxickými účinky chloru:

V prostorách, kde se chlor vyskytuje, je nutné zajistit odvětrávání a nesmí se při práci kouřit. Oči, obličej a kůži je potřeba chránit před potřísněním. Při manipulaci je dobré mít ochranné brýle či ochranný štít, pracovní rukavice, pracovní oděv a vhodnou pracovní obuv. Pracovníci by měli mít v dosahu k dispozici dýchací přístroje a protichemický oděv.<sup>9,22)</sup>

Vzhledem k rychlému odpařování chloru je potřeba nosit při zásahu dýchací přístroje. Nezbytné je také obléci si ochranný oblek a ochranné rukavice. V tabulce 3 je přehled doporučených ochranných prostředků podle dosažených koncentrací chloru.<sup>27)</sup>

<b>Koncentrace chloru (ppm)</b>	<b>Doporučené ochranné prostředky</b>
5 – 50	izolační dýchací přístroj a zásahový oděv
50 – 400	izolační dýchací přístroj a nepřetlakový protichemický oděv
nad 400	izolační dýchací přístroj a přetlakový protichemický oděv

*Zdroj: Bojový řád JPO*

#### 1.1.4 Bezpečnostní značení chloru:

Označování nebezpečných látek je jedním z významných objektivních opatření k prevenci havárií s únikem těchto látek a ke snižování rizika při nakládání s nimi. Výstražné značky slouží jako informace nejen zaměstnancům objektů nebo veřejnosti (například při používání a přepravě), ale především zasahujícím jednotkám v případě havárie. Jsou označovány přesně danými způsoby dle platné související legislativy.<sup>5)</sup>

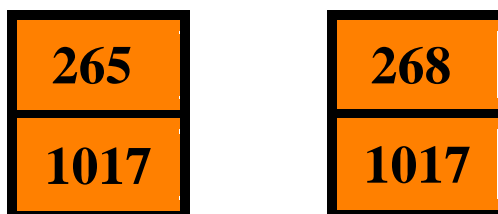
Chlor bývá skladován a přepravován jako pod tlakem zkapalněný plyn v kontejnerech a žlutých ocelových lahvích o objemu 40 a 50 litrů, sudech o objemu 400 až 500 litrů nebo silničních cisternách a železničních kotlových vozech o objemu do 20 m<sup>3</sup>.<sup>27)</sup>

Pro označování dopravních prostředků přepravujících nebezpečné látky se používá UN – systém. Představuje ho oranžová výstražná tabulka obdélníkového tvaru 40 x 30 cm, černě orámovaná a podélně rozdělená. V horní polovině je uvedeno číslo označující povahu nebezpečí – Kemlerův kód a v dolní části je uvedeno identifikační číslo látky, tzv. UN číslo.<sup>5)</sup>

Kemlerův kód: 265 – jedovatý plyn, podporující hoření

268 – jedovatý plyn, žíravý

UN číslo: 1017 - chlor



Obr. 1: UN - systém

Bezpečnostní značky informují o druhu nebezpečí vyobrazeným symbolem. Jde o čtverec postavený na vrchol o rozměrech 10x10 cm, různých barev podle třídy nebezpečnosti. <sup>5)</sup>

2 – jedovaté plyny

5.1 – látka podporující hoření

8 – žíravá látka



Obr. 2: Bezpečnostní značky dle ADR

**Označování dle směrnice Rady 67/548/EHS a/nebo směrnice 1999/45/ES: <sup>9)</sup>**



Obr. 3: Výstražné symboly a jejich písemné vyjádření

R věty – standardní věty označující specifickou rizikovost:

R23 – Toxický při vdechování

R36/37/38 – Dráždí oči, dýchací orgány a kůži.

R50 – Vysoce toxický pro vodní organismy.



S věty – standardní pokyny pro bezpečné nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a prostředky:

S1/2 – Uchovávejte uzamčené a mimo dosah dětí.

S9 – Uchovávejte obal na dobře větratelném místě.

S45 – V případě nehody nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li to možné, ukažte toto označení).

S61 – Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní list.

#### Označování dle Nařízení EP a Rady (ES) č. 1272/2008 (CLP/GHS): <sup>9)</sup>



Obr. 4: Výstražné symboly

Signální slovo: Nebezpečí

H věty - Standardní věty o nebezpečnosti:

a) Fyzikální nebezpečí:

H 270: Může způsobit nebo zesílit požár; oxidant.

H 280: Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout.

b) Nebezpečí pro zdraví:

H 315: Dráždí kůži.

H 319: Způsobuje vážné podráždění očí.

H 331: Toxický při vdechování.

H 335: Může způsobit podráždění dýchacích cest.

c) Nebezpečí pro životní prostředí:

H 400: Vysoce toxický pro vodní organismy.

P věty - Pokyny pro bezpečné zacházení:

a) Prevence:

P 244: Udržujte redukční ventily bez maziva a oleje.

P 260: Nevdechujte dým/plyn/mlhu/páry/aerosoly.

P 273: Zabraňte uvolnění do životního prostředí.

P 280: Používejte ochranné rukavice/ochranný oděv/ochranné brýle/obličejový štít.

b) Reakce:

P 304 + P 340: PŘI VDECHNUTÍ: Přeneste postiženého na čerstvý vzduch a ponechte jej v klidu v poloze usnadňující dýchání.

P 305 + P 351 + P 338: PŘI ZASAŽENÍ OČÍ: Několik minut opatrně vyplachujte vodou. Vyjměte kontaktní čočky, jsou-li nasazeny, a pokud je lze vyjmout snadno. Pokračujte ve vyplachování.

P 315: Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.

c) Skladování:

P 403: Skladujte na dobře větraném místě.

P 405: Skladujte uzamčené.

## 1.2 Prováděné činnosti na místě s únikem chloru:

Na řešení mimořádných událostí, tedy i havárie spojené s únikem chloru, se podílí integrovaný záchranný systém (IZS). Jeho hlavním úkolem je koordinace postupů orgánů státní správy, samosprávy a záchranných složek při přípravě na mimořádné události a provádění záchranných a likvidačních prací. Prováděná neodkladná opatření vedou k okamžité ochraně obyvatelstva, ke snížení bezprostředních rizik a omezení rozsahu havárie s cílem situaci stabilizovat. Po skončení vyšetřování a zjištění příčin havárie je následně nutné přijmout taková opatření, aby k dalším únikům již nedocházelo.<sup>50)</sup>

V oblasti ochrany obyvatelstva jsou působnosti a pravomoci integrovaného záchranného systému, ministerstev, ústředních správních úřadů, orgánů krajů, orgánů obcí s rozšířenou působností, orgánům obcí, práva a povinnosti právnických a podnikajících fyzických osob upraveny především zákonem č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů a vyhláškou MV č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva.<sup>47,50)</sup>

Základní přijímaná opatření zahrnují:<sup>16)</sup>

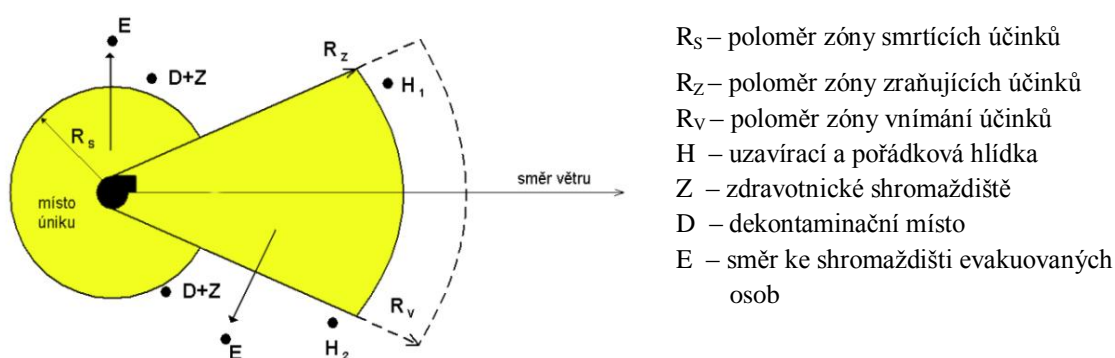
- varování obyvatelstva a vyrozumění odpovědných orgánů
- poskytování tísňových informací s důrazem na způsoby improvizované ochrany a ukrytí
- evakuace obyvatelstva a zabezpečení nouzového přežití evakuovaných při dlouhodobém zamoření
- dekontaminace osob, objektů, dopravních prostředků, terénu
- monitorování situace
- regulace pohybu osob a dopravních prostředků
- zdravotnická pomoc
- opatření při úmrtí osob v zamořeném území
- zajištění veřejného pořádku a bezpečnosti

Při úniku nebezpečných látek vzniká nebezpečný prostor. Jde o prostor, kam unikla nebezpečná látka o velké koncentraci vlivem šíření nebezpečného oblaku. Velikost nebezpečného prostoru je úměrně závislá od množství uniklé látky, její toxicity a fyzikálním vlastnostem. Velikost a tvar nebezpečného prostoru je závislý na vnější teplotě, směru a rychlosti větru. Záleží, jaké je roční období a denní doba. Na šíření má také vliv členitost terénu, zástavba a porost terénu. Většina nebezpečných látek ve skupenství plynu a par je těžší než vzduch, a proto nebezpečné látky vnikají do podzemních prostorů, sklepů, kanalizací apod. Všechna tato fakta by měla být brána v úvahu při rozhodování o tom, jaká oblast bude uzavřena, a z jakého území bude obyvatelstvo evakuováno. <sup>5,21)</sup>

Uniklé látky mohou být svými toxickými, výbušnými a hořlavými vlastnostmi nebezpečné jak pro člověka, tak pro životní prostředí. Míra ohrožení závisí na konkrétní sloučenině, na jejím množství, koncentraci a na době, po kterou byl člověk vystaven jejímu působení. <sup>21)</sup>

Při zásahu při úniku chloru je zapotřebí vyznačit předběžné hranice nebezpečné zóny ve vzdálenosti 30 metrů a na ni navazující vnější zóny, které se upřesňují na základě průzkumu místa havárie a měření koncentrace uniklého plynu. Prostor zasažení a působení nebezpečné látky se vyhodnocuje ve tvaru tzv. klíčové dírkky. <sup>14,27)</sup>

Obr. 5: Prostor zasažení a působení nebezpečné látky



Zdroj: Krajský úřad Jihočeského kraje

Takto stanovený prostor se za spolupráce Policie ČR uzavírá. Úkolem hlídky, která zaujímá předem určená stanoviště na uzavřených přístupových komunikacích, je umožnit vjezd vozidlům IZS a osobám, které zde plní služební úkoly, a naopak omezit vstup neoprávněným osobám. Policie dále v prostoru mimořádné události reguluje dopravu, zabezpečuje organizaci průběhu evakuačních opatření a řeší ochranu majetku. Šetří skutečnosti týkající se vzniklé havárie. Pokud jsou na místě zásahu mrtví, plní úkoly související s jejich identifikací. <sup>14)</sup>

Velitel zásahu vyhodnocuje vzniklou situaci. Označuje místo zásahu, určuje stanoviště velitele zásahu, nástupní prostor a prostor pro dekontaminaci. Organizuje součinnost mezi vedoucími složek IZS, nařizuje uzavření určených přístupových komunikací a přijímá nezbytná opatření pro ochranu životů a zdraví zasahujících osob a k zamezení dalšího úniku. Řídí záchranné a likvidační práce, zajišťuje vedení evidence ohrožených osob. Zasahující jednotky hasičského záchranného sboru (HZS) provádí záchranu bezprostředně ohrožených osob, opatření k zamezení šíření nebezpečné látky a stabilizaci celé situace. Podílejí se na opatřeních vedoucí k odstranění příčiny vzniku havárie, monitorují rozsah zamoření okolí a sledují meteorologické údaje. <sup>46)</sup>

V případě úniku plynné fáze je nutné při ředění zajistit dostatečné zásobování vodou. Oblaka plynného chloru se zkrápějí roztržitým vodním proudem, lze použít i roztok uhličitanu sodného. Zředěný roztok chloru ve vodě lze po domluvě odvádět do veřejné kanalizační sítě. Pokud dochází k úniku chloru z tlakové lahve, je potřeba ji uzavřít, přemístit na volné prostranství a ponořit do nádoby s vodou. Dochází-li k úniku zkapalněného plynu nebo vodného roztoku chloru je důležité najít a utěsnit místo úniku a s využitím sorpčních textilií nebo hrází ze sypkého sorbentu zabránit k jeho dalšímu šíření. Louže zkapalněného plynu nezkrápíme, ale pokryjeme je vrstvou střední nebo lehké pěny. <sup>27)</sup>

Je nutné zachránit osoby nacházející se přímo v zasaženém prostoru a včas varovat a popřípadě evakuovat osoby z prostoru, kde se předpokládá šíření chloru.

Odbornou neodkladnou přednemocniční péči poskytuje zdravotnická záchranná služba (ZZS). Při likvidaci zdravotních následků havárií s únikem chloru se stává

vedoucím lékařem lékař rychlé lékařské pomoci, který se dostaví na místo jako první. Odpovídá za činnost všech zdravotnických sil a prostředků a spolupracuje s velitelem zásahu. Po vzájemné dohodě s vedoucím lékařem rozhodne velitel zásahu o zřízení stanoviště třídění raněných v prostoru pro poskytnutí zdravotní péče. Tento prostor musí být přístupný pro vozidla ZZS. <sup>25,28)</sup>

Pro uplatnění metody START, která slouží pro třídění obětí v nebezpečné zóně, je potřeba určit třídící skupinu zpravidla o minimálním počtu 1 + 2, která je zpravidla součástí vyhledávací skupiny, a záchrannou skupinu určenou pro transport zraněných. Je výhodou, když je členem skupiny osoba se zdravotnickou kvalifikací. <sup>25)</sup>

V nebezpečné zóně se s ohledem na únik nebezpečné látky používají ochranné protichemické obleky, které mohou znemožnit kontrolu stavu prokrvení a dýchání zraněných a tím omezit možnost jejich vyšetření. Proto se třídění nejprve zúží na skupinu č. 3 (zelená, samostatný odchod ze zóny nebo se vzájemnou pomocí), která se odvede jako první a poté se transportují všichni zranění. Po vyvedení a následné individuální dekontaminaci je jim na okraji zóny poskytnuta lékařská pomoc a při zdravotních potížích zabezpečen odsun do nemocnice k poskytnutí specializované lékařské pomoci. <sup>14,25,27)</sup>

Při varování a informování obyvatelstva se spolupracuje s obcemi. Pro varování obyvatel slouží sirény, prostřednictvím kterých se vyhlašuje smluvený varovný signál. Na celém území České republiky je zaveden jednotný varovný signál „Všeobecná výstraha“. Je vyhlašován kolísavým tónem sirény po dobu 140 vteřin. Může být třikrát za sebou opakován. Kromě sirén lze k varování použít i místní rozhlas či vozidla s rozhlasovým zařízením. Následně je doporučeno sdělit tuto informaci:

*„Došlo k úniku nebezpečné látky, nevycházejte na volné prostranství. Uzavřete okna a dveře, přesuňte se do horních podlaží budovy. Ústa a nos si chraňte namočeným kapesníkem“*

Osoby, které provádějí varování obyvatelstva v místě zásahu a v místě předpokládaného šíření, musí být poučeny o nebezpečí a šíření chloru, případně vybaveny ochrannými prostředky. <sup>17,27)</sup>

Evakuace probíhá organizovaně prostřednictvím přistavených autobusů, které dopraví ohrožené obyvatelstvo do určených míst, nebo samovolně vlastním dopravním prostředkem či pěšky. Evakuační cesty se volí tak, aby vedly mimo nebezpečnou zónu a aby navazovaly na dostatečně velký rozptylový prostor pro evakuované osoby. Podle délky pobytu mimo domov může být evakuace krátkodobá nebo dlouhodobá. Při dlouhodobém opuštění domova je zabezpečena náhradní strava a ubytování. <sup>16)</sup>

Aby se zabránilo trvajícím únikům, je nutné najít místo úniku a zabránit jeho dalšímu rozšiřování. Pro utěsnění se používají těsnicí vaky, klíny, tmely a jiné další prostředky. Doporučuje se utěsnit kanálové výpustě a zamezit vstupu plynu do nízko položených prostor. Účinné je také odvětrávání zasaženého prostoru. <sup>27)</sup>

Průběh řešení havárie mohou ovlivnit i meteorologické podmínky, které se mohou měnit z minuty na minutu. Je proto důležité sledovat pohyb mraku uniklého plynu s ohledem na směr větru a provádět monitorování okolí. Řešení dané situace usnadní také získávání a upřesňování informací z příslušné dokumentace - přepravní listy, havarijní plány, i využití znalostí odborníků. <sup>26,39)</sup>

Právnícká osoba nebo podnikající fyzická osoba je povinna oznámit krajskému úřadu všechny závažné havárie. Dokument Hlášení o vzniku závažné havárie se vyplňuje do 24 hodin, Konečná zpráva o vzniku a dopadech závažné havárie pak do třech měsíců od vzniku havárie. <sup>39)</sup>

Každou nehodu s únikem chloru, ať už malého nebo velkého rozsahu, je potřeba důkladně prošetřit. Je důležité zjistit příčinu vzniku a provést opatření v podobě pravidelných technických kontrol, školení a cvičení zaměstnanců, použití nových a bezpečnějších technologií, aby v budoucnosti již k nehodě nedošlo.

### 1.3 Zásady chování obyvatelstva při havárii s únikem chloru:

Cílem opatření orgánů státu a orgánů územních samosprávných celků při přípravě na mimořádné události a jejich řešení je ochrana života, zdraví a majetku občanů. Bezprostřední pomoc poskytuje občanovi při jeho ochraně obec, zaměstnavatel a složky integrovaného záchranného systému.<sup>16)</sup>

Základním prvkem systému ochrany obyvatelstva je informovaný a připravený občan. K tomu zejména orgány obcí, dále zaměstnavatelé, orgány kraje a státní orgány včetně hasičského záchranného sboru poskytují informace o možných ohroženích, plánovaných opatřeních a postupu při řešení následků mimořádných událostí. Tímto způsobem má možnost občan získat základní znalosti a dovednosti k sebeochraně a vzájemné pomoci. Každý člověk, který ví, jak se při úniku nebezpečné látky správně zachovat, přispívá k minimalizaci jeho následků.<sup>16)</sup>

#### **Na volném prostranství:**<sup>17)</sup>

- Nepřibližovat se k místu havárie

Při havárii s únikem chloru je důležité nepřibližovat se k místu havárie, kde je nejvyšší koncentrace nebezpečné chemické látky. Ta klesá ve směru větru od místa havárie. Zkušenosti z různých událostí ukazují, že zvědavost lidí a neuvědomění si nebezpečí vede jen ke zhoršení situace.

- Vyhledat vhodný úkryt

Chlor je plyn, který je těžší než vzduch. Drží se při zemi a shromažďuje se v nízko položených či uzavřených prostorech jako jsou sklepy, může proniknout i do kanalizace. Proto je vhodné schovat se ve vyšších patrech budov, zpravidla na odvrácené straně od místa úniku. Lidé nacházející se venku nebo v autě by měli urychleně vstoupit do nejbližší budovy (obchod, obytný dům, úřad). Pokud sedíme v autě a situace nám nedovoluje vozidlo opustit, je nutné odjet směrem od havárie s ohledem na směr větru. Při jízdě nevětrat, neotevírat okna a nepouštět klimatizaci. Důležité je neblokovat příjezdové cesty k místu havárie.



## **V uzavřených prostorách:** <sup>17)</sup>

Pokud jsme v budově, nikam neodcházíme. Okamžitě zavřeme všechna okna, dveře a uhasíme otevřený oheň. Přesuneme se do nejvyšších pater. Žáci a studenti ve školách se řídí dle pokynů svých učitelů.

- **Utěsnit místnost**

Před vniknutím chloru do místnosti je vhodné např. lepicí páskou utěsnit všechna okna a dveře. Průnik látky ovlivní také záclony a závěsy namočené ve vodě. Důležité je utěsnit veškeré otvory a vypnout v bytě ventilaci (klimatizace, větrací systémy, digestoře).

- **Připravit si prostředky improvizované ochrany**

Jako prostředky improvizované ochrany je vhodné použít k ochraně hlavy čepici, klobouk, šálu nebo kuklu tak, aby vlasy byly zakryty a pokrývka chránila také čelo, uši a krk. K ochraně očí lze použít např. plavecké nebo lyžařské brýle. K ochraně celého těla jsou vhodné pláštěnky, pláště, kombinézy, gumové holinky či jiná vhodná obuv, k ochraně rukou pak rukavice. Dýchací cesty chráníme tím, že dýcháme skrz namočenou tkaninu. V případě úniku chloru je vhodné látku namočit do zásaditého roztoku. Ten lze v domácnosti připravit rozpuštěním jedlé sody.

V praxi bylo ověřeno, že improvizovaná ochrana je účinná do koncentrace 5 ppm. Varovnou vlastností chloru je jeho štiplavý zápach, který člověka ihned upozorní na možné nebezpečí.

- **Provádět nebo připravit se na částečnou dekontaminaci**

Je dobré mít v zásobě dostatek vody a připraveny dezinfekční nebo neutralizační roztoky k ošetření očí (borová voda). V případě kontaminace povrchu těla je žádoucí se co nejdříve osprchovat, resp. oplachovat nebo otírat kontaminovaná místa. Nutná je také výměna oblečení.

- Poslech rozhlasu a televize  
Poslech hromadných sdělovacích prostředků je nutný, pokud bylo provedeno varování obyvatelstva sirénami. Po zaznění signálu – kolísavý tón sirény po dobu 140 sekund, je třeba věnovat zásadní pozornost jak mediálním informacím, tak místnímu rozhlasu. Lidem budou sděleny podrobné údaje o události a uvedeny konkrétní postupy činností ohrožených lidí. Tyto pokyny je nezbytné respektovat.
- Jednat klidně a s rozvahou. Nerozšiřovat poplašné nebo neověřené zprávy
- Netelefonovat a neblokovat tak síť
- Vyvarovat se větší fyzické námahy  
Při zvýšené fyzické námaze se zvyšuje příjem inhalovaného vzduchu a tím i příjem nebezpečné chemické látky, která je ve vzduchu obsažená.
- Varování sousedů  
Ověřte, zda sousedé vědí, že mají opustit případně utěsnit byt. Jde o informování a pomoc starším, nevidomým a nemocným osobám při utěsnění bytu, evakuaci atd. Vhodné je také znát první před lékařskou pomocí při nadýchání chlorem.
- Pro případ vyhlášení evakuace je vhodné připravit si evakuační zavazadlo  
To by mělo obsahovat základní trvanlivé potraviny a pitnou vodu na 2 až 3 dny, předměty denní potřeby, jídelní misku a příbor, osobní doklady, peníze, pojistné smlouvy a cennosti, přenosné rádio s rezervními bateriemi, toaletní a hygienické potřeby, léky, svítilnu, náhradní prádlo, oděv a obuv, pláštěnku, spací pytel nebo přikrývku, kapesní nůž, zápalky, šití a další drobnosti.
- Vždy respektujeme pokyny a nařízení složek integrovaného záchranného systému

## 1.4 Pohled do minulosti:

Chlor je významná surovina chemického průmyslu řadící se mezi nejčastěji unikající látky při chemických haváriích. Z dostupné literatury a zdrojů na internetu jsem vyhledala co nejvíce havárií s únikem této látky jak v České republice, tak ve světě. Na základě nalezených údajů byla vytvořena tabulka 5 a 6. Několik událostí je pak v následujících kapitolách podrobně rozepsáno.

Tento výčet událostí není samozřejmě úplný. Dokazuje to tabulka 4, která byla zpracována podle dokumentů agentury ATSDR – Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Pod její záštitou se několik států v Americe spojilo a vytvořilo systém HSEES – The Hazardous Substances Emergency Events Surveillance, ve kterém shromažďovaly informace o událostech, které se staly na jejich území. Jen v letech 2001 až 2008 se přihodilo 1982 havárií spojených s únikem chloru, z toho 1669 ve stacionárních zařízeních a 313 havárií se stalo v dopravě.<sup>1)</sup>

Tab. 4 Chemické havárie spojené s únikem chloru v letech 2001 až 2008:

Rok	Počet zemí, v nichž došlo k haváriím spojených s únikem chloru	Počet havárií ve stacionárním zařízení	Počet havárií při dopravě	Počet havárií s oběťmi
2001	16	143	6	28
2002	15	198	51	52
2003	15	202	33	48
2004	13	162	34	42
2005	13	286	63	92
2006	13	192	32	49
2007 až 2008	14	486	94	155
Celkem		1669	313	466

### 1.4.1 Havárie s únikem chloru v České republice:

Tab. 5 Chronologický přehled havárií s únikem chloru v České republice

Datum	Lokalita	Příčina	Dopad
1978	Kolín	Únik 3 tun chloru ze železniční cisterny.	5 mrtvých, 50 zraněných
1982	Ústí nad Labem	Během provozní havárie uniklo 0,9 tuny chloru.	4 zasažení
Červenec 1991	Spolana Neratovice	Únik 50 kg chloru.	Plynem bylo zasaženo přilehlé staveniště, kde pracovalo 200 dělníků.
Červenec 1996	Spolchemie Ústí nad Labem	Únik několika kilogramů chloru při výpadku elektrického proudu.	Desítky obyvatel si stěžovalo na dusivý zápach a pálení očí.
Říjen 1996	Spolchemie Ústí nad Labem	K úniku chloru došlo během povoleného vypouštění chlornanu do řeky Bíliny. Řeka však byla příliš kyselá a látka se proto začala rozkládat za vzniku chloru.	
1. 7. 1999	Prostějov	Chybou obsluhy došlo k nasypání 350 kg chlornanu sodného do kyselého roztoku. Následnou reakcí došlo v textilce k uvolnění chloru.	7 osob zasaženo
12. 10. 1999	Spolchemie Ústí nad Labem	Technologická porucha řídicí jednotky ve výrobě kyseliny chlorovodíkové.	
21. 7. 2000	Spolana Neratovice	Únik 188 kg chloru ze skladu.	12 hasičů zasažených
Srpen 2002	Spolana Neratovice	Opakovaný únik chloru během povodní – celkem téměř 81 tun chloru.	Znečištěné životní prostředí, 3 hasiči lehce zranění
16. 11. 2002	Spolchemie Ústí nad Labem	Únik 1 kg chloru zapříčiněný netěsností armatury.	
4. 12. 2002	Spolana Neratovice	Ve výrobě chlornanu sodného uniklo minimální množství chloru – chyba obsluhy, hasiči nemuseli zasahovat.	
10. 7. 2004	Varnsdorf	Únik chloru v budově plaveckého bazénu.	Znečištěné životní prostředí

26. 10. 2004	Spolchemie Ústí nad Labem	Netěsnost při najíždění aparatury.	
14. 3. 2005	Spolchemie Ústí nad Labem	Chlor unikl z odstavené aparatury při plánované opravě chlorového kompresoru – únik do okolí.	
8. 12. 2006	Nový Rychnov	Únik chloru ve firmě s kožedělnou výrobou.	4 zasažení, evakuováno 25 osob
2007	Karviná	Únik chloru a oxidů síry z koupaliště.	1 zraněný, evakuováno 1000 osob
12. 8. 2008	Spolana Neratovice	Únik chloru z prasklého těsnění na přírubě zkapalňování chloru v závodě Elektrolýza.	Nikdo nebyl zraněn
Únor 2009	Vítkov - Opava	Opakovaný únik chloru v úpravně vody – selhání lidského faktoru.	2 zasažení, 200 – 300 osob evakuováno
Od 6. 8. 1996 do 29. 12. 2005 se stalo na českých silnicích a železnicích celkem 67 nehod s únikem chloru.			

### 21. 7. 2000 Spolana Neratovice:

Chlor začal z neratovické chemičky unikat 21. července 2000 před osmou hodinou ranní z jednoho ze dvou skladů zkapalněného chloru. Příčinou byla technická závada na potrubí. Zásobníky v obou skladech jsou umístěny v betonové vaně projektované tak, aby byla schopna zachytit celý objem zásobníku. Objekt skladu je konstruován tak, aby bylo možné v případě úniku chloru uzavřít všechny vstupní dveře a odsávat plynný chlor z vnitřku objektu do výrobní chlornanu sodného, kde je absorbován do roztoku hydroxidu sodného a zneškodněn za vzniku technického chlornanu sodného. Při překročení limitů je obsluha akusticky i opticky varována. Signál je také přenášěn na operační středisko HZS podniku Spolana.<sup>19)</sup>

Na místo nehody ihned vyjely jednotky HZS. Průzkumem byl zjištěn masivní únik chloru. Ihned byly instalovány první ruční mlhové proudnice ke zkráplění unikajícího chloru z objektu. Později byly doplněny stabilními clonovými proudnicemi umístěné kolem celého objektu. Pracovníci havárií postiženého provozu již mezitím zajišťovali odčerpávání chloru ze zásobníku a odsávání plynného chloru z vnitřních prostor objektu. Vzhledem k rozsahu havárie musely být povolány další posily, které zajistily v místě zásahu střídání.<sup>19)</sup>

Protože hrozil únik i mimo areál, bylo informováno Nouzové ekologické středisko (NES) Mělník, které v 8:36 vyhláší 3. stupeň poplachu a zajišťuje varování obyvatelstva v ohrožené oblasti. Úřady zde vybízely, aby lidé nevycházelí a utěsnili okna i dveře. V záloze byl také připraven vrtulník pro případnou evakuaci. Zároveň probíhalo proměřování ovzduší jak v areálu podniku, tak pomocí vozidla imisního monitoringu Spolany a měřicí skupinou NES Mělník v ohrožených obcích.<sup>8,19)</sup>

Obr. 6: Ohrožené území



Zdroj: idnes.cz

V 9:20 dochází na místě úniku k prvním pokusům o utěsnění poškozeného potrubí. Extrémně nízké teploty však tyto pokusy hatí. V průběhu dopoledne bylo provedeno ještě několik zásahů s odlišnými typy těsnících bandáží. V několika

případech došlo dokonce i k chemické reakci chloru s použitými tmely. Po konzultaci s odborníky bylo dojednáno vpuštění tlakového vzduchu s cílem vytvořit nad chlorem v zásobníku polštář vzduchu zabraňující jeho dalšímu úniku. Emise se však snížit nepodařilo.<sup>19)</sup>

Souběžně s těmito pracemi bylo zjištěno, že z narušeného potrubí ve druhém skladu vytéká chlornan sodný. Po průzkumu byl zřízen bojový úsek č. 2 a zahájeno zkrápění a utěšňování potrubí. U havarovaného objektu byly instalovány stabilní clonové proudnice a chlor již z tohoto prostoru téměř neunikal.<sup>19)</sup>

V 10:16 bylo zjištěno zbarvování vytékající kapaliny z kanálu do řeky Labe. Byl odebrán vzorek a vytvořen bojový úsek č. 3 s cílem instalovat nornou stěnu k zachycení případných nerozpustných sedimentů. K žádnému dalšímu úniku již nedocházelo.<sup>19)</sup>

Skupiny měřící ovzduší zaznamenaly postupný pokles naměřených koncentrací chloru ve směru větru. Po druhé hodině odpolední jsou již emise minimální. Kolem čtvrté hodiny bylo identifikováno místo úniku. Jednalo se o utrženou koncovku ochranné trubky napájecího kabelu ponorného čerpadla. Do otvoru byl hasiči zaražen dřevěný kolík a tím byl únik chloru ze zásobníku definitivně zastaven. Během večera byly postupně odvolány jednotlivé stupně chemického poplachu.<sup>19)</sup>

Po uzavření zásobníku již nebyla v okolí objektu naměřena žádná hodnota koncentrace chloru. Clonové proudnice se vypnuly. Nadále v objektu probíhalo odsávání plynného chloru do výroby chlornanu sodného. V 19:30 bylo místo zásahu předáno směnovému mistrovi s poučením, jak v případě potřeby uvést clonové proudnice do provozu. Také byla dohodnuta pravidelná kontrola objektu. V dalších dnech byla provedena asanace havarovaného objektu, která byla ukončena 8. srpna 2000.<sup>19)</sup>

Celkem uniklo do ovzduší v areálu podniku a blízkého okolí 188 kg chloru. Na likvidaci úniku chloru se podílelo celkem 69 hasičů z HZS podniku Spolana, HZS okresu Mělník, HZS podniku Kaučuk Kralupy, HZS podniku ČD Kralupy a jednotky SDH podniku Spolana a obce Neratovice. Dvanácti hasičům byla poskytnuta lékařská péče.<sup>8,19)</sup>

## Srpen 2002 Spolana Neratovice:

Při zatopení Spolany během srpnových povodní v roce 2002 vnikla voda do dvou skladů chloru (nový a starý) na závodě Elektrolýza. V každém z nich bylo 5 nádrží. Vlivem zátopové vlny došlo ke zvednutí zásobníku kapalného chloru, k narušení těsnosti potrubních rozvodů u několika zásobníků a k utržení mezikusů pod uzavíracími armaturami na jednom ze zásobníků. Za období od 15. 8. do 23. 8. 2002 uniklo celkem 80 841 kg chloru, z toho 596 kg do vzduchu a 80 245 kg do vody.<sup>32,40)</sup>

Obr. 7: Zaplavený areál Spolana Neratovice



*Zdroj: Sbor dobrovolných hasičů Křižanov*

15. 8. 2002 byla kolem 10. hodiny provedena určenými pracovníky za přítomnosti hasičů pravidelná kontrola nového skladu chloru. Vizuální kontrolou otvory po vyražených luxferech bylo zjištěno, že některé zásobníky jsou vychýleny ze své normální polohy a plavou na hladině vody v objektu. Jeden ze zásobníků byl skryt pod hladinou. Obslužné lávky a potrubní rozvodby byly zvednuty a silně deformovány. Únik chloru nebyl čichem registrován. Mezi 11. a 12. hodinou prováděli hasiči kontrolu



podniku a likvidaci mazutové skvrny. Při návratu zaregistrovali žlutý oblak postupující od závodu Elektrolýza. Obdobné zjištění měla i skupina obhlížející podnik ze člunu. Ta registrovala nejdříve zápach chloru a posléze i žlutý oblak v prostoru mezi objekty skladů. Po oznámení operačnímu středisku byla vyslána průzkumná skupina vybavená dýchacími přístroji a ochrannými obleky. O pachové registraci chloru byl neprodleně vyrozuměn také výrobní ředitel, který okamžitě vyslal monitorovací vůz k měření emisí chloru ve směru větru. Průzkumná skupina hasičského záchranného sboru dorazila do prostoru skladů chloru přibližně ve 12:45 hodin. Po posouzení rozsahu úniku - plynný chlor unikal otvory z objektu nového skladu, byl ve 12:47 hodin vyhlášen III. stupeň chemického poplachu. Zároveň probíhaly přípravy k utěsnění objektu.<sup>32)</sup>

Druhý den v podvečer zajistila jednotka HZS Spolana za pomoci člunů HZS Mladá Boleslav další utěsnění obou skladů v místech, kde po opadnutí hladiny byly obnaženy spáry ve dveřích skladu. Při té příležitosti byla zjištěna deformace a prasklina střechy u starého skladu. Při bližším průzkumu bylo zjištěno, že okolí poškozené střechy není stabilní a mohlo by dojít ke zvětšování otvoru. Po dohodě s krizovým štábem Spolany byl vypracován plán přetěsnění otvoru. Souběžně byly zahájeny práce na provizorním zprovoznění chlornanu sodného k odsávání chloru z objektů skladů (zajištění funkčních elektromotorů, připojení elektrocentrály, připojení chladicí vody z cisteren, připojení odsávání skladů plastovými hadicemi).<sup>32)</sup>

17. 8. klesla voda v podniku a značná část areálu byla přístupná automobilové technice HZS. Kolem desáté hodiny byl zjištěn únik chloru ze "starého skladu", kdy došlo vlivem poklesu hladiny vody k odkrytí spodní neutěsněné částí dveří. Na místě byla asistenční skupina jednotky HZS, která přivolala další potřebné síly a prostředky. Prostor úniku byl zkrápěn vodou, byly instalovány stabilní clonové proudnice a netěsnosti v objektu byly dotěsněny. Uniklý chlor nepřekročil hranice závodu Elektrolýza. Následující den bylo pod vedením HZS Spolany zahájeno odsávání chloru ze starého skladu. Průběžně bylo proměřováno ovzduší okolo skladů - naměřené hodnoty byly nižší než 12 ppm.<sup>32,40)</sup>

19. 8. byl za přísných bezpečnostních opatření v těžkých ochranných oblecích uskutečněn první vstup do objektu a zjišťován rozsah škod na vnitřním zařízení a konstrukci budovy. Chlor ze skladu neunikal.<sup>32)</sup>

23. 8. bylo zahájeno odsávání zásobníků, během kterého nastal další únik. Únik byl neprodleně oznámen asistenční jednotce HZS přítomné na místě. Ta začala se zkrápěním místa úniku. Ihned byla přivolána jednotka HZS Spolana, která začala instalovat stabilní vodní clony, byl vyhlášen II. stupeň chemického poplachu. Pomocí polyuretanové pěny byl utěsněn vnější plášť objektu, dveře a větrací otvory. Ve 20:02 hodin byl preventivně vyhlášen III. stupeň chemického poplachu a zahájeno monitorování okolí. Několik minut po půlnoci byl III. stupeň změněn na II. stupeň. Byl vydán zákaz provádět manipulace bez souhlasu generálního ředitele Unipetrolu a dohodnuta bezpečnostní opatření k prohlídce skladu. Při dalším průzkumu byla použita podvodní kamera.<sup>32,40)</sup>

31. 8. byl ráno v 05:00 hodin změněn II. stupeň chemického poplachu na I. stupeň. V dopoledních hodinách ukončil svoji činnost řídicí štáb a konstatoval, že zásobníky chloru jsou prázdné a nehrozí žádné nebezpečí. Bylo možné přejít na standardní způsob řízení činností podniku.<sup>32)</sup>

Z vyšetřování vyplynulo, že únik chloru byl primárně způsoben přírodní katastrofou. K úniku došlo již v době, kdy celý areál podniku byl zatopen, nefunkční bylo také jakékoliv monitorovací a signalizační zařízení. Areál byl bez elektrické energie a telefonního spojení. To zapříčinilo prodlení mezi únikem chloru a jeho oznámením operačnímu středisku a starostům obcí.<sup>32)</sup>

Aby se tato situace pokud možno neopakovala, byla ve skladech zavedena nová protipovodňová technická a organizační opatření. Také byla provedena důkladná prověrka funkčnosti a těsnosti celého chlorového systému. Z tiskové zprávy vyplývá, že Spolana se bude snažit o zkvalitnění informovanosti obyvatelstva a spolupráce podniku s okolím. K tomu by jí měla pomoci distribuce podnikového zpravodaje, pořádání pravidelných setkání vedení s obyvateli, pořádání tiskových konferencí či schůzky generálního ředitele s představiteli města a obcí. K urychlení toku informací

z chemického podniku k obyvatelům by Spolana ráda více využila i místních sdělovacích prostředků.<sup>40)</sup>

### **10. 7. 2004 Varnsdorf:**

V sobotu 10. července 2004 došlo kolem deváté hodiny večerní k úniku plynného chloru z poškozené tlakové láhve v budově plaveckého bazénu. Podle dostupných informací obsahovala láhev zbytek chloru o hmotnosti nejvýše 20 kg. Celá situace byla řešena hasičským záchranným sborem. Láhev byla umístěna do velkého bazénu, bylo instalováno skrápění ovzduší v budově, která byla hermeticky uzavřena. Maximální naměřené hodnoty v budově dosahovaly 12 ppm plynného choru.<sup>3)</sup>

Druhý den ráno byla havárie nahlášena místnímu vodoprávnímu úřadu (OŘP MěÚ Varnsdorf). Na návrh hasičského záchranného sboru byly nadále postupně skrápěny vnitřní prostory bazénu, dokud hodnota chloru neklesla pod nebezpečnou hranici.<sup>3)</sup>

V 10:00 byla zahájena prohlídka místa. Bylo zjištěno, že došlo k přeplnění jímky a z přepadu bazénu vytéká voda ( $Q = 40$  litrů/min), která je cítit chorem. Hasiči provedli kontrolu a měřením zjistili, že voda vytékající do Mandavy obsahuje 10 mg Cl/litr. Situace uvnitř budovy zatím nedovolovala tento únik zastavit. Bylo posíleno vnitřní skrápění a voda na výtoku byla navíc ředěna. Obsah chloru klesl na 2,5 mg/litr, průtok se zvětšil na 200 litrů/min. Bylo provedeno také kontrolní měření obsahu chloru v řece v místě měřicího profilu asi 250 m níže po toku. Množství chloru zde bylo pod mezí detekce (tedy  $< 0,01$  mg/l). Přesto byl o havárii informován i předseda místní organizace ČRS.<sup>3)</sup>

Ve 13:30 bylo provedeno další měření ovzduší v budově a následně přistoupeno k dalšímu kroku. Před zadní vchod bylo instalováno silné skrápění a hlavním vchodem byl do budovy vháněn vzduch. Z důvodu potřeby vody pro skrápění venkovního prostoru bylo zastaveno ředění vody na výtoku a hodnota chloru se v přepadové vodě zvýšila na 3,5 mg/litr při průtoku 120 litrů za minutu. Kontrolní měření vody v řece

Mandavě ukázalo 0,3 mg/litr. Kontrolní prohlídka podél toku neprokázala žádný úhyn ryb. <sup>3)</sup>

Kolem 15:00 byly prostory bazénu bezpečné a byla zahájena kontrola elektroinstalace a čerpadel. Po vypnutí skrápění stoupl obsah Cl v přepadové vodě až na 6,9 mg/litr při 70 litrech /min. O hodinu později byl zprovozněn vnitřní filtrační okruh bazénu a přepad vody do řeky Mandavy se zastavil. <sup>3)</sup>

Během havárie uniklo do řeky Mandavy přibližně 4,8 kg chloru. Nejvyšší naměřená koncentrace chloru v řece byla 0,3 mg/litr, nejvyšší naměřená koncentrace přitékající vody dosáhla 10 mg/litr. <sup>3)</sup>

#### **8. 12. 2006 Nový Rychnov:**

V prostoru neutralizační stanice galvanovny ve firmě s kožedělnou výrobou v Novém Rychnově na Pelhřimovsku došlo v pátek odpoledne 8. prosince 2006 k úniku chloru. Stalo se tak ve výrobní hale při manipulaci s kyselinou sírovou. Jeden ze zaměstnanců při čerpání kyseliny sírové do zásobníku špatně uzavřel čerpací ventil do zásobníku chlornanu draselného. Došlo ke smíchání obou chemikálií a vytvoření chloru. <sup>26, 49)</sup>

Samotný objekt i okolí firmy bylo uzavřeno, v místě nebezpečné zóny zasahovali profesionální hasiči z Pelhřimova a Jihlavy a také místní dobrovolní hasiči v protichemických oblecích. Provedli nucené odvětrávání výrobní haly. U čtyř zaměstnanců došlo v důsledku nadýchání chloru ke zdravotním potížím. Byli tak převezeni do pelhřimovské nemocnice k ošetření. Dalších 25 zaměstnanců bylo evakuováno. <sup>49)</sup>

K úniku látky mimo prostory podniku nedošlo, neměřené hodnoty nepřekročily kritické hygienické limity. Čtyřiapadesátiletý muž, který nehodu způsobil, byl obviněn z trestného činu obecného ohrožení. <sup>26)</sup>

### 23. 2. – 25. 2. 2009 Vítkov – Opava:

V období od 23. 2. do 25. 2. 2009 došlo k opakovanému úniku chloru z úpravny vody ve Vítkově na Opavsku.

K prvnímu úniku došlo ve večerních hodinách v pondělí 23. 2. 2009. Příčinou nehody bylo selhání lidského faktoru při přečerpávání síranu železitého do nesprávné nádrže se zbytky chloristanu sodného. Na místě zasahovaly čtyři jednotky hasičů, dvě hodiny srážely výpary chloru vodní mlhou. K úniku mimo areál nedošlo. Dva muži se nadýchali chloru. Jednalo se o řidiče kamionu a zaměstnance úpravny vody. Měli dýchací obtíže, podrážděné oči a zvraceli, pro jistotu byli hospitalizováni v nemocnici.<sup>43)</sup>

K opětovnému úniku chloru z úpravny vody došlo ihned následujícího dne. Tentokrát se chlor rozšířil i mimo areál a vytvořil mrak, který se šířil po okolí. Na návrh krizového štábu města Vítkova hasiči evakuovali pomocí autobusů nedaleké učiliště – 200 studentů a zaměstnanců. Evakuovány byly také dvě desítky obyvatel domů nacházejících se poblíž úpravny. Evakuace pak byla odvolána v 17:00. Případ byl předán k vyšetření České inspekci životního prostředí a Krajské hygienické stanici v Ostravě.<sup>42)</sup>

Obr. 8: Fotografie z místa zásahu



Zdroj: HZS Moravskoslezského kraje

Při likvidaci následků úterní havárie se z odkalovací nádrže, kam byla v úterý část chemikálií přečerpávána, uvolnil mrak výparů látky na bázi chloru. Muselo tak být znovu preventivně evakuováno téměř 300 lidí. Všem evakuovaným zřídil městský úřad azyl v tamním kulturním domě. V případě déletrvající evakuace by lidé byli ubytováni v hotelu. <sup>37)</sup>

Po celou dobu se v místě havárie střídal Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje a chemici ve speciálních protichemických přetlakových oblecích a s dýchacími přístroji. Přečerpávali zbytky chemikálií z nádrže do lagun, kde dochází k jejich neutralizaci. Policisté hlídali vjezdy do městské části Podhradí a pouštěli pouze policejní, hasičské a vodárenské vozy. <sup>36)</sup>

#### 1.4.2 Havárie s únikem chloru ve světě:

Tab. 6 Chronologický přehled havárií s únikem chloru ve světě

Datum	Lokalita	Příčina	Dopad
1957	Fogersta, Švédsko	Z rozbité hlavy cisterny uniklo 8 tun chloru.	8 zasažených
1961	La Barre, USA	Destrukce cisterny, uniklo 27 tun chloru.	1 mrtvý
1962	Cornwall, Kanada	Únik 27 tun chloru ze silniční cisterny – selhání kotvení.	89 mrtvých
1967	Newton, USA	Prasknutí nádrže, únik 50 tun chloru.	
1973	Greensburg, USA	Při železniční nehodě došlo k úniku 55 tun chloru.	8 zasažených, 2000 lidí evakuováno
30. 4. 1974	Yokkaichi, Japonsko	Únik 11 tun chloru v lodní dopravě.	521 zasažených
27. 12. 1974	Malaga, Španělsko	Únik chloru.	4 mrtví, 129 zraněných
1975	Niagara Falls, USA	Železniční nehoda.	4 mrtví, 176 zasažených
10. 12. 1976	Baton Rouge, USA	Exploze v provozu.	10 000 lidí evakuováno

7. 1. 1977	Michigan, USA	Únik chloru	Více než 50 zraněných, přes 13 000 lidí evakuováno
1978	Oxford, VB	Silniční nehoda.	99 zasažených
1978	Youngstone, USA	Silniční nehoda.	8 mrtvých, 114 zasažených a 3500 lidí evakuováno
Červen 1978	Covington, USA	Únik chloru ze skladu.	240 zraněných
11. 11. 1979	Mississauga, Kanada	Havárie (výbuch) železniční soupravy – únik 70 tun chloru.	220 000 lidí evakuováno
19. 5. 1981	Puero Rico, USA	Prasknutým potrubím v továrně unikly 4 tuny kapalného chloru.	200 zasažených, 1500 – 2000 lidí evakuováno
1. 6. 1981	Geismar, Německo	Únik chloru z továrny.	125 zasažených
4. 8. 1981	Montana, Mexiko	Železniční nehoda.	28 mrtvých, 1000 zasažených, 5000 lidí evakuováno
1985	Bombaj, Indie	Prasknutí potrubí v továrně.	1 mrtvý, 110 zasažených
7. 7. 1987	Annau, SSSR	Únik ze železniční cisterny.	200 zasažených
5. 1. 1989	Los Angeles, USA	Únik chloru.	11 000 lidí evakuováno
5. 5. 1989	Britannia Chowk, Indie	Únik chloru.	200 zraněných
17. 1. 1990	Ahlsfeld, Německo	Únik chloru z nákladní cisterny.	Přes 182 zasažených
22. 3. 1990	Kaohsiung, Taiwan	Únik chloru.	540 lidí evakuováno
6. 5. 1991	Henderson, USA	Únik 70 tun chloru z továrny.	Přes 200 zasažených, 2000 - 7000 lidí evakuováno
Prosinec 1991	Kalkata, Indie	Únik chloru z plynovodu.	200 zasažených
Leden 1994	Thane Distrikt, Indie	Dopravní havárie.	4 mrtví, 298 zasažených
1994	Berezniki, Rusko	Havárie v huti s únikem chloru.	30 osob nemocných, z toho 8 těžce

15. 7. 1995	Astara, Írán	Únik chloru.	3 mrtví, 200 zraněných
11. 4. 1996	Alborton, USA	Během železniční nehody došlo k úniku chloru a sodíku.	140 postižených, přes 1000 lidí evakuovaných
1996	Flix, Španělsko	Přes zkorodovaný ventil uniklo 5 tun chloru.	
Leden 1997	Lahore, Pákistán	Dopravní havárie.	32 mrtvých, 900 zraněných, 1000 lidí evakuováno
15. 8. 2002	Crystal City, Missouri	Při přečerpávání cisterny uniklo 81 tun chloru, vytvoření mraku.	Stovky lidí byly evakuovány
28. 6. 2004	San Antonio, Texas	Únik chloru z poškozené cisterny během srážky dvou vlaků.	3 mrtví, 50 lidí zasaženo
2005	Jiangsu, Čína	Únik chloru z automobilové cisterny.	27 mrtvých, 287 lidí hospitalizováno
6. 1. 2005	Graniteville, USA	Únik 90 tun chloru z cisterny při srážce dvou vlaků.	9 mrtvých, 250 zasažených, 5 400 lidí evakuováno
16. 1. 2011	Minneapolis	Únik chloru z plaveckého bazénu	11 zasažených
Srpen 2011	Sacramento, Kalifornie	Únik chloru z plaveckého bazénu	20 lidí zasaženo

#### 6. 5. 1991 Henderson, Nevada - USA:

Závod The Pioneer Chlor Alkali se nachází v průmyslové oblasti 10 kilometrů jihovýchodně od Las Vegas, Nevada. Je to jeden z několika závodů zpracovávající chemické látky a materiály. Chlor je tu vyráběn elektrolýzou chloridu sodného. Odtud je pak vyvážen v automobilových a železničních cisternách, nebo je dále zpracováván v sousedních podnicích. Chlor je skladován jako zkapalněný plyn v osmi zásobnících, každý o obsahu 150 tun. Celková kapacita skladování je až 1200 tun chloru. Toto množství se však podnik snaží snižovat. Kolem celého průmyslového komplexu se během několika let rozrostlo město Henderson, které má nyní víc jak 60000 obyvatel. <sup>35)</sup>



Dne 6. května 1991 došlo v časných ranních hodinách k masivnímu úniku zkapalněného chloru, který nad městem Henderson vytvořil nebezpečný jedovatý mrak. Únik způsobilo prasklé potrubí v tepelném výměníku vedoucí do zásobníku, kde se smíchal chlor s vodou. Během přečerpávání obsahu zásobníku do železniční cisterny, vzniklá směs začala naleptávat ocelovou potrubní síť. Netěsnost byla poprvé zjištěna hodinu po půlnoci automatickým sledovacím zařízením nacházejícím se v blízkosti nádrže. Zaměstnanci našli několik otvorů. Domnívali se, že únik je malého rozsahu a že únik zvládnou zastavit sami pouze za pomoci pohotovostního týmu společnosti (Chlorep team). Vypnuli čerpadlo a uzavřeli ventil, kterým látka protékala z nádrže do potrubí. Byli přesvědčení, že mají celou situaci pod kontrolou. <sup>35)</sup>

V 1:50 oznámil občan Hendersonu policii, že asi 1,5 kilometru od průmyslového komplexu byl na hlavní silnici cítit silný nepříjemný zápach. Zpráva byla předána hasičskému záchrannému sboru. Protože zpráv o výskytu zápachu se v této oblasti vyskytuje poměrně často, rozhodli se čekat na další zprávy o možném incidentu. Komunikační pracovníci začali pouze obvolávat průmyslovou oblast, zda se u někoho z nich nevyskytl problém. <sup>35)</sup>

Ve 2:00 byl přijat druhý telefonát týkající se silného zápachu v okolí, tentokrát přímo na operační středisko hasičského záchranného sboru. Ihned bylo na místo vysláno několik jednotek i s týmem HazMat. První z jednotek dorazila na místo po 14 minutách. Po příjezdu měly jednotky problém určit, který ze závodů je zdrojem úniku. Až podle zápachu rozpoznali, že se jedná o chlor a přesunuli se na správné místo. Tam již bylo nalezeno několik zaměstnanců, kteří se nadýchali plynného chloru a potřebovali lékařskou pomoc. Během několika minut bylo celé okolí kolem závodu zamořeno. Zaměstnanci i hasiči byli evakuováni na kopec, vzdálený asi 0,5 kilometru od průmyslové zóny, kde bylo zřízeno také velitelské stanoviště. Dalších několik členů posádky i zaměstnanců muselo být ošetřeno a převezeno do nemocnice. <sup>35)</sup>

Po zvážení situace, která se zdála být stabilní, byl zvolen přístup „počkáme a uvidíme“. Členové HazMat týmu nadále monitorovali oblast a sledovali průběh mraku. V případě, že by se situace změnila a evakuace se stala nezbytnou, jsou připraveny další zdroje a bezpečnostní opatření. Postupem času se zjistilo, že mrak s obsahem plynného

chloru neustále roste. Následné vyšetřování ukázalo, že leptavé účinky kapaliny poškodily ventil na výstupní straně čerpadla dovolující nepřetržitý tok chloru ze zásobníku a došlo k netěsnostem. Kapalina rozleptala potrubí a vytvořila kaluže, ze kterých se odpařovalo množství chloru do ovzduší.<sup>35)</sup>

Kolem půl čtvrté ráno se začala situace rapidně zhoršovat. Oblast stanoviště velitele byla náhle zahalena mrakem chloru a muselo být opět evakuováno. Zprávy o silném zápachu v obydlených oblastech i v centru města způsobily paniku a musela tak být zahájena evakuace obyvatel. Ve 3:45 byl vyhlášen nouzový stav. K evakuaci byly použity školní autobusy, každý řidič byl vybaven dýchacím přístrojem. Přístřeší lidem poskytly školy, hotely a motely. Evakuován byl i dům důchodců. Ohrožena byla také jedna nemocnice v centru města. Ze svých domovů bylo evakuováno 700 lidí. Dalších 2000 až 7000 lidí samo odjelo pryč z města. Zároveň probíhalo sledování pohybu mraku. K měření koncentrace chloru byly použity zkumavky k odběru vzorků a hodnoty byly zakreslovány do mapy. Také byl ke sledování situace přidělen policejní vrtulník. Většina z uvedených hodnot koncentrací byla pod úrovní bezprostředně nebezpečné pro život a zdraví lidí. Přes 200 lidí bylo i tak pro respirační potíže způsobené vdechováním chloru ošetřeno v místní nemocnici, z toho 30 osob bylo přijato k dlouhodobé hospitalizaci. Jednalo se o lidi s astmatem či jiným dýchacím onemocněním.<sup>35)</sup>

První pokus zastavit únik chloru nastal v 6:30, kdy se zaměstnanci spolu s hasiči snažili instalovat slepou přírubu. Ukázal se však jako neúspěšný. Žíravá kapalina rozleptala ocelový plech. Při druhém pokusu byl proto použit ocelový plech potažený teflonem. Únik byl zastaven v půl osmé ráno.<sup>35)</sup>

Celá situace se rázem začala zlepšovat. V deset hodin dopoledne zmizel nebezpečný mrak úplně a evakuované osoby se mohli vrátit do svých domovů a podniků. Celkem uniklo 70 tun chloru.<sup>35)</sup>

Po skončení havárie bylo zjištěno několik pozitivních i negativních postřehů:

Byly odhaleny nedostatky v regulaci a v plánovacích procesech. Zařízení samo o sobě nemělo žádný konkrétní plán pro zvládnutí nastalé situace či jiné mimořádné události. Problém také naznačuje neoznámení nehody podnikem. Bylo dokázáno, že žádný hovor přijatý policií nebo hasiči nebyl z postiženého objektu.<sup>35)</sup>

Často je rozhodující rozhodnutí mezi evakuací a varováním obyvatel, aby zůstali doma s uzavřenými okny a vstupy. V tomto případě se považovalo za praktické nechat pacienty v nemocnici než je vystavit expozici. K tomuto rozhodnutí vedlo několik úvah – vnímavost nemocných, ventilační zařízení, dostupnost zdravotnického personálu a vybavení uvnitř nemocnice. Někteří obyvatelé, kteří byli vyzváni k evakuaci, si stěžovali, že během čekání na evakuační autobus byli vystaveni expozici chloru. Riziko expozice tak možná bylo větší, než kdyby zůstali doma. Použití hasičů k řízení autobusů se ukázalo jako praktické. Policisté, kteří nejsou vyškoleni k používání dýchacích přístrojů, nemohli fungovat v kontaminovaných prostorech – někteří z těch, co pomáhali při evakuaci, museli být také ošetřeni.

Ukázalo se, že je velmi obtížné určit velikost, tvar a pohyb mraku. S rostoucím denním světlem bylo cenným přínosem použití vrtulníku. Předpověď pomocí počítačového programu byla velice obtížná – složitý terén, sklon, měnící se teplota a rychlost větru, vlhkost a neznámé uniklé množství.

V tomto průmyslovém komplexu se již v minulosti stalo několik závažných incidentů. Je proto zvažován návrh o jeho přemístění mimo obydlenu část.<sup>35)</sup>

## 6. 1. 2005 Graniteville - USA:

Tato událost představuje jednu z největších železničních katastrof s únikem nebezpečných látek v historii USA. K úniku chloru došlo v noci 6. ledna 2005 při srážce dvou vlaků v Graniteville, South Carolina. <sup>5,33)</sup>

Obr. 9: Graniteville



*Zdroj: EPA Photo*

Příčinou tragédie byla lidská chyba. K výhybce obsluhované vlakovým dispečerem se blížil vlak jedoucí rychlostí 76 km/h a převážející 42 nákladních vagónů a cisteren, z nichž některé byly naplněny nebezpečnými chemickými látkami, mimo jiné chlórem, hydroxidem sodným a kresolem. Obsluha zapoměla přepnout výhybku a nasměrovala tak omylem příjíždějící vlak s cisternami přímo na odstavnou kolej, kde se v tu chvíli nacházel jiný nákladní vlak. Došlo k přímé kolizi, jejímž výsledkem bylo nejen vykolejení obou lokomotiv, šestnácti nákladních vozů z příjíždějícího vlaku a jednoho vozu z odstaveného vlaku, ale též protržení cisterny s chlórem, ze které uniklo 90 tun jedovatého plynu. Další dvě byly poškozeny. K utěsnění cisterny byla pracovníky použita dočasná záplata a veškerý její obsah byl přečerpán. <sup>5,33)</sup>

V době havárie bylo polojasno, vál jižní až jihozápadní vítr o rychlosti 2 m/s. Teplota vzduchu se pohybovala kolem 12 °C. <sup>4)</sup>

Při nehodě zemřelo devět lidí. Jeden z nich zemřel na následky svých zranění, zbylých osm zemřelo po nadýchání se jedovatých par chloru. Téměř 250 lidí se chloru nadýchalo a muselo být ošetřeno v nemocnici. Ve vzdálenosti jeden kilometr od neštěstí bylo evakuováno 5 400 okolních obyvatel na dobu dvou týdnů, kdy chemické jednotky prováděly dekontaminaci okolí. <sup>5,33)</sup>

Obr. 10: Graniteville



*Zdroj: EPA Photo*

I během této nehody došlo k několika chybným krokům. Reakce na katastrofu ukázaly rozdíly v připravenosti místních lidí a potřebu zlepšit postupy správních úřadů.

Přestože se zde lidé setkávají s chlorem denně, nevědí, jak v případě nehody reagovat. Železnice nahlásila havárii více jak hodinu po úniku chloru. Jeden ze zasahujících z místního oddělení dobrovolných hasičů reagoval na vlakové neštěstí a následné uvolnění chloru bez osobních ochranných prostředků. Systém nouzových telefonů byl aktivován až několik hodin po neštěstí. Zóna určená pro evakuaci byla nedostatečná. Chlor bylo možné cítit i 2,5 kilometru od místa nehody. U jedné ženy, která se po čtyřech dnech dostavila s dýchacími potížemi k lékaři, byla chybně stanovena diagnóza. Pomocí antibiotik byla léčena na zápal plic. Až její obvodní lékař pochopil, že její problémy jsou způsobeny nadýcháním se chloru. <sup>2)</sup>

## **2. Cíle práce a hypotézy:**

### 2.1 Cíle práce:

Cílem této diplomové práce je:

1. zhodnotit dopad úniku chloru na životy a zdraví obyvatel, zvířata a životní prostředí;
2. podat přehled neodkladných a následných opatření při úniku chloru z pohledu integrovaného záchranného systému a obyvatelstva;
3. vyhledat, popsat a analyzovat minulé případy.

### 2.2 Hypotézy:

1. případný únik chloru při nehodě nebo havárii může ohrozit obyvatelstvo žijící v okolí;
2. vhodným systémem neodkladných a následných opatření lze nebezpečí chloru na lidské zdraví redukovat.

### 3. Metodika:

Informace o chloru a jeho fyzikálně-chemických a toxikologických vlastnostech, způsobech ochrany lidského organismu před touto látkou, neodkladných a následných opatřeních a zásadách chování obyvatelstva při havárii s únikem chloru byly zpracovány na základě prostudované literatury, odborných článků v časopisech a internetových stránek uvedených v seznamu použité literatury. Analýza významnějších úniků chloru a zhodnocení ochranných opatření byly rovněž provedeny na základě literární rešerše. Text byl napsán v programu Microsoft Word.

V počítačovém programu TerEx byl nasimulován únik chloru z úpravny vody Písek. K simulaci byl zvolen model PUFF – jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku. V parametrech byla vhodně nastavena teplota kapaliny v zařízení, celkové množství kapaliny, rychlost větru, pokrytí oblohy mraky, doba vzniku havárie a členitost terénu.

Pro srovnání výsledků bylo vytvořeno několik modelových situací. Nejprve byl nasimulován únik 130 kg chloru při běžné provozní havárii za odlišné doby vzniku havárie a oblačnosti. Protože podnik přechází na nový typ tlakových lahví, zajímalo mě, jaká situace by nastala při úniku současného maximálního skladovaného množství 3200 kg chloru a po novém maximálním množství 1300 kg chloru. Údaje byly získány při konzultaci s vedoucím provozu úpravny vody Písek a fotografie byly pořízeny během osobní návštěvy.

Uvedená data byla pomocí programu TerEx vyhodnocena a zpracována do grafů a mapových podkladů.

### 3.1 TerEx:

TerEx je počítačový program s návazností na geografický informační systém pro přímé zobrazení výsledků v mapách. Slouží pro rychlou prognózu dopadů a následků působení nebezpečných chemických látek nebo výbušných systémů.<sup>44)</sup>

Je určen zejména pro operativní použití jednotkami integrovaného záchranného systému jak přímo na místě, tak v řídicím středisku, pro rychlé určení rozsahu ohrožení a realizaci následných opatření ochrany obyvatel. Je vhodný rovněž pro provádění analýzy a hodnocení rizik při územním plánování - navrhování zástavby v okolí komunikací a výrobních závodů, pojišťovnictví apod. Program poskytuje výsledky i při nedostatku přesných vstupních informací.<sup>12,24)</sup>

TerEx nabízí uživateli standardní možnosti vyhodnocení základních havarijních situací, v rámci kterých je možno hodnotit také rozptyl plynů v atmosféře. Jde o model typu TOXI, který vyhodnocuje dosah a tvar oblaku, který je dán zvolenou koncentrací toxické látky. Program umožňuje zvolit si příslušný typ úniku látky ze zařízení. U modelu PLUME lze nasimulovat déletrvající únik plynu do oblaku, déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku či pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku. V případě modelu PUFF je možno zvolit jednorázový únik plynu do oblaku nebo jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku.

Pro modelování dané havárie je kromě výběru příslušné látky a požadovaného modelu nutné zadat následující vstupní údaje:<sup>12)</sup>

- celkové množství uniklé látky,
- přetlak v havarovaném zařízení,
- průměr únikového otvoru
- teplota kapaliny v zařízení
- střední rychlost v přízemní vrstvě,
- typ převažujícího povrchu v prostoru možného šíření oblaku,
- pokrytí oblohy mraky,
- doba vzniku a průběhu havárie



Předpověď následků je založena na konzervativní prognóze. To znamená, že výsledky odpovídají podmínkám, při kterých dojde k nejhorším možným dopadům a následkům na okolí. Výsledky výpočtu modelů jsou uspořádány velmi srozumitelně, jednoduše a jednoznačně a usnadňují tak rychlé rozhodování. Výsledný havarijní model je možné uložit do databáze Havarijních událostí. <sup>44)</sup>

### 3.2. Popis objektu:

Město Písek leží na úpatí Píseckých hor na řece Otavě v nadmořské výšce 398 metrů. Je vzdálené 45 kilometrů severozápadně od Českých Budějovic. V roce 2011 zde žilo 29 880 obyvatel.

Město Písek je zásobováno ze dvou zdrojů pitné vody. Prvním zdrojem je úpravna vody Písek, která odebírá vodu z Otavy a produkuje 70% celkové spotřeby vody. Druhým zdrojem je dálkový vodovod Jihočeské vodárenské soustavy, který dodává zbylých 30% vody z vodárenské nádrže Římov. <sup>45)</sup>

Mapa č. 1: Město Písek



Úpravna vody (ÚV) je situována na západním okraji města při pravém břehu řeky Otavy. K dezinfekci vody se tu používá kapalný chlor dovážený v tlakových lahvích po silnici firmou Air Products, s.r.o. Pozemní přeprava ADR: třída 2, klasifikační kód 2TOC, bezpečnostní značka 2.3 + 5.1 + 8. Je doporučeno přepravovat pouze vozidly, jejichž nákladový prostor je oddělen od kabiny řidiče.<sup>9)</sup>

Obr. 11: Úpravna vody Písek



Ve skladu chloru je nyní skladováno maximální množství 64 lahví po 50 kilogramech chloru. V současné době však v úpravně vody přechází na nový typ lahví. Nově tak bude skladováno pouze 20 tlakových lahví po 65 kilogramech. Lahve jsou uloženy ve svislé poloze zajištěné řetězem. Sklad je rozdělen na tři úseky – pro prázdné, plné a lahve do revize. Stěny, strop i podlaha skladu chloru jsou nehořlavé, podlaha rovná a pevná. Její povrch nesmí být kluzký. Okna jsou chráněna proti slunečním paprskům. Sklad odpovídá normám ČSN 690012 a ČSN 078304.

Obr. 12: Sklad chloru – nová (žlutá) tlaková lahev a stávající tlakové lahve



V místnosti zvané chlorovna dochází k dávkování chloru do vody. Používá se systém podtlakové chlorace. Vždy jsou zde umístěny 2 lahve chloru ve svislé poloze.

Obr. 13: Chlorovna



Obě místnosti jsou opatřeny keramickým ventilátorem ovládaným z venku a automatickým čidlem, které by na případný únik chloru reagovalo.

Obr. 14: Automatické čidlo





Na vstupních dveřích jsou umístěny tyto výstražné tabulky:

- nepovolaným vstup zakázán,
- zákaz vstupu s otevřeným ohněm,
- zákaz kouření,
- tlakové nádoby,
- maximální možný počet skladovaných tlakových lahví
- výstraha, riziko toxicity – označení chlor,
- toxický, dráždivý,
- nebezpečný pro životní prostředí.

Obr 15: Označení vstupních dveří – sklad chloru, chlorovna



## 4. Výsledky:

### 4.1 Simulace úniku 130 kg chloru z úpravny vody Písek:

#### 4.1.1 Modelová situace 1:

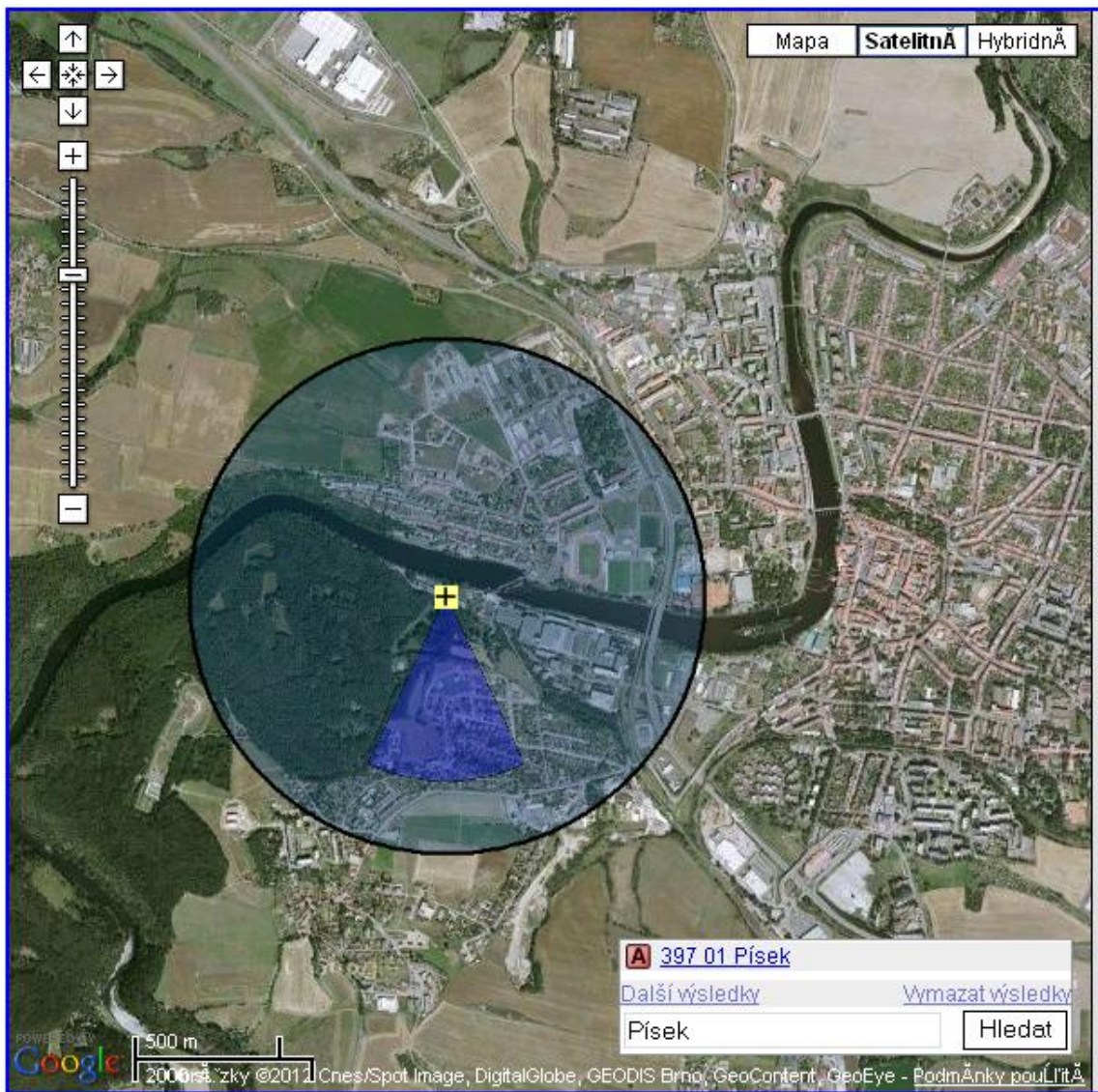
Na základě zadaných vstupních dat (Tab. 7) byla stanovena oblast nezbytné evakuace osob v závislosti na směru větru do vzdálenosti 635 metrů od epicentra úniku. Doporučený průzkum toxické koncentrace je 878 metrů.

Chlor při havarijním úniku neohrožuje plamennou zónou ani nedochází k působení vzdušné rázové vlny.

Tab. 7 Vstupní data	
Model	PUFF – Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka	Chlor
Teplota kapaliny	18°C
Množství uniklé kapaliny	130 kg
Rychlost větru	1m/s
Pokrytí oblohy mraky	0%
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F - inverze

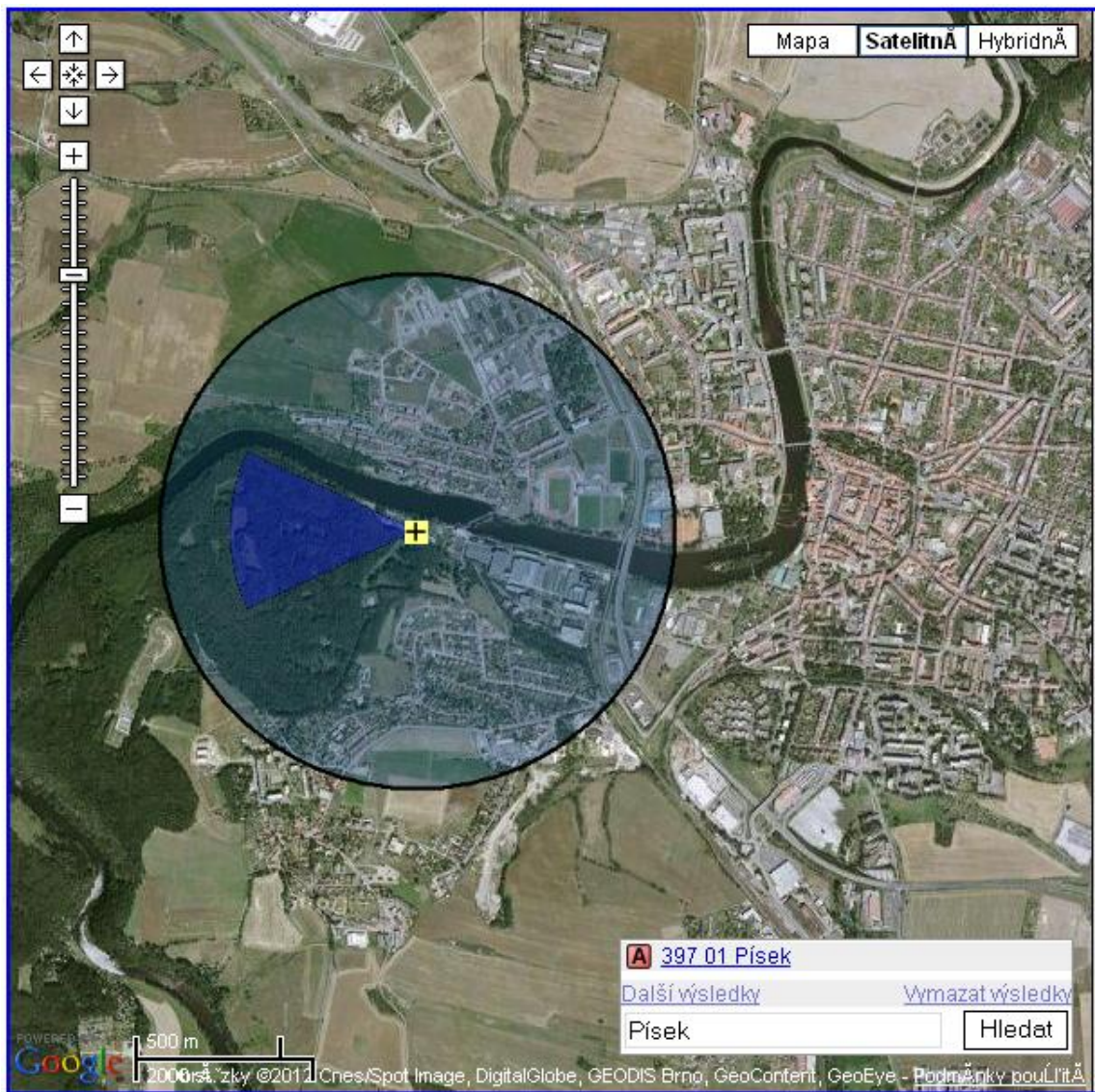
Světle modrý kruh na mapě znázorňuje oblast dosahu toxické koncentrace, ve které by měl být proveden průzkum zamoření chlorem. Tmavě modrá výseč značí prostor pro nezbytné provedení evakuace.

Mapa č. 2: Rozsah úniku při severním směru větru



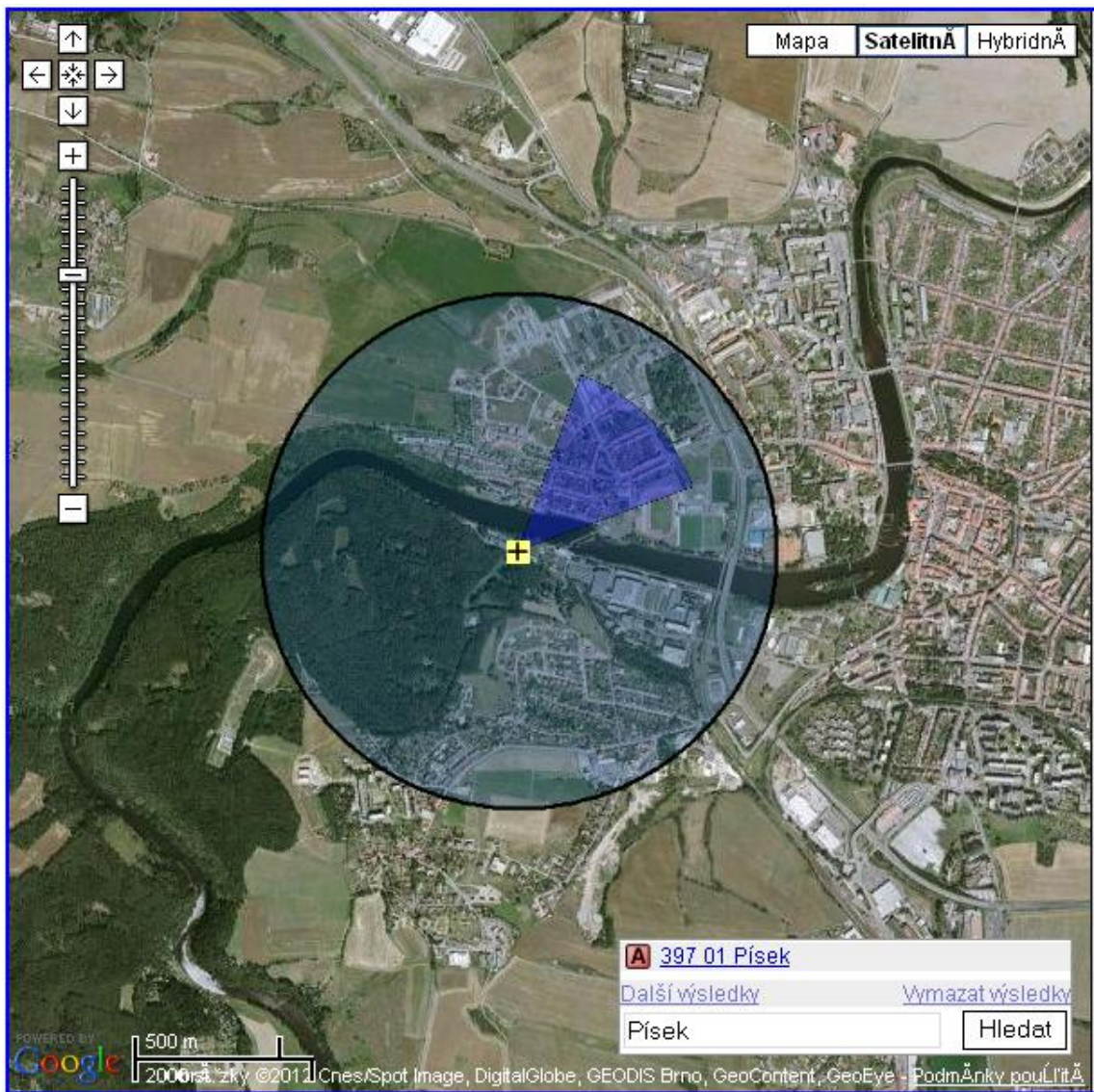


Mapa č. 3: Rozsah úniku při východním směru větru





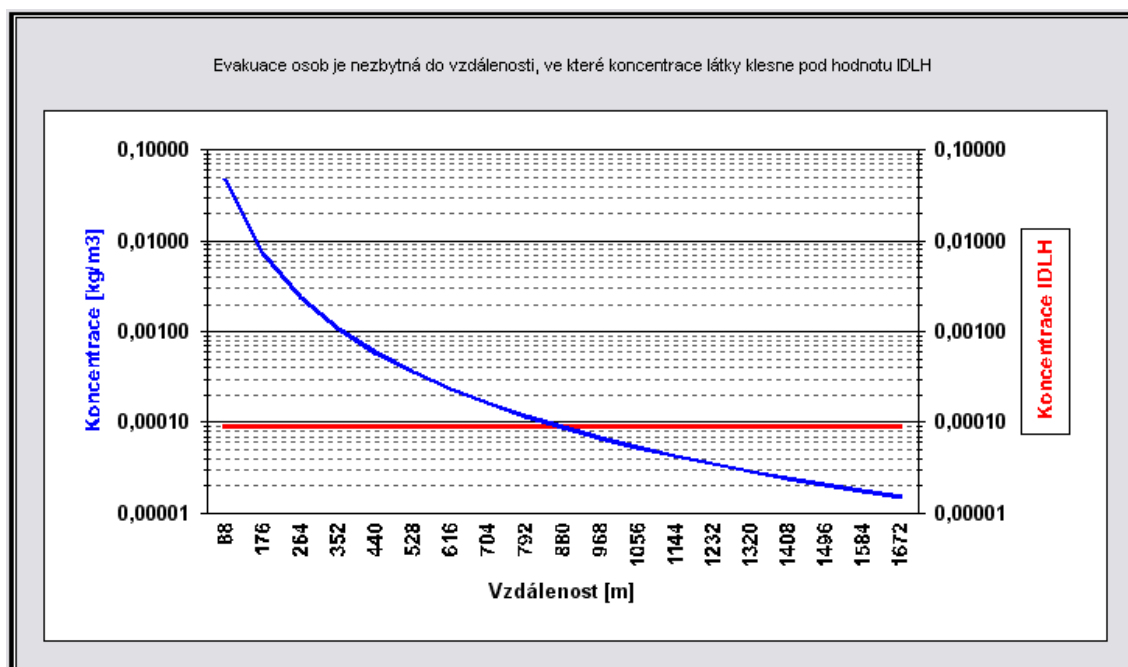
Mapa č. 4: Rozsah úniku při jihozápadním směru větru



Doporučený průzkum toxické koncentrace je graficky znázorněn v grafu č. 1. Červená přímka tvoří hranici koncentrace nebezpečné látky, která bezprostředně ohrožuje zdraví nebo život. Modrá křivka ukazuje závislost koncentrace látky na vzdálenosti.

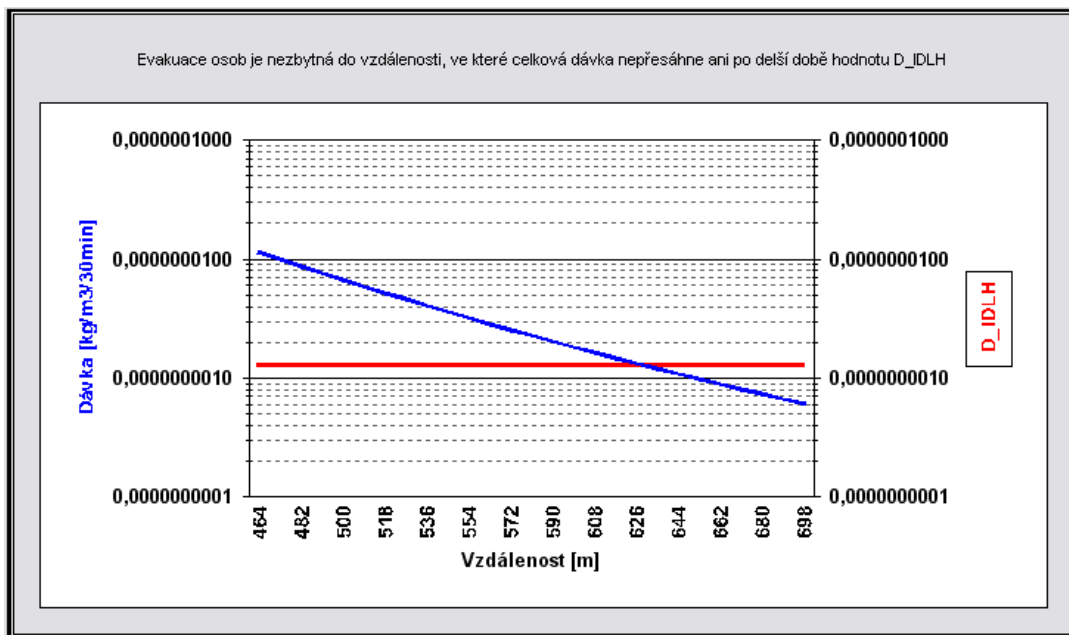
Z grafu lze vyčíst, že koncentrace chloru klesne pod mezní hodnotu IDLH  $8,9 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$  ve vzdálenosti 878 metrů od místa úniku.

Graf č. 1- Doporučený průzkum toxické koncentrace



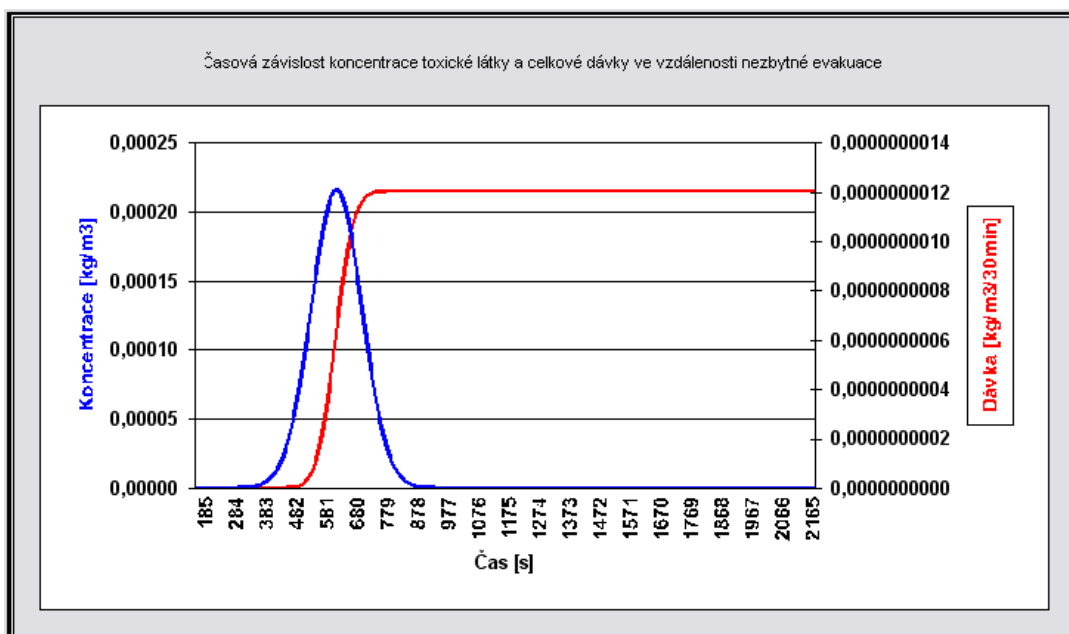
Graf č. 2 představuje závislost dávky, znázorněné modrou křivkou, a koncentrace bezprostředně ohrožující život a zdraví, znázorněnou červenou přímkou. Průsečík obou křivek značí maximální vzdálenost nezbytné evakuace, která činí 635 metrů od místa úniku. Jedná se o vzdálenost, ve které celková dávka nepřesáhne za 30 minut hodnotu  $D_{IDLH} 1,269 \times 10^{-9}$ .

Graf č. 2 - Nezbytná evakuace osob



Na grafu č. 3 je zobrazena časová závislost koncentrace chloru a celkové dávky ve vzdálenosti nezbytné evakuace. Nejvyšších hodnot dosáhne koncentrace chloru za 10 minut od začátku úniku.

Graf č. 3 - Časová závislost koncentrace



#### 4.1.1.1 Neodkladná a následná opatření:

Po zjištění úniku chloru v úpravně vody se ihned vyhlásí odpovídající stupeň poplachu podle Havarijního a poplachového řádu chlorovny ÚV Písek, který lze podle vývoje situace měnit. Nezaškolené osoby opustí ohrožené pracoviště ve směru proti větru a pokud možno na výše položené místo. Zaškolené osoby připraví bez prodlení osobní ochranné pomůcky a provádí neodkladná opatření k odvrácení či snížení nebezpečí.

Únik chloru je nahlášen na operační a informační středisko HZS, které podle prvotních informací vyhláší odpovídající stupeň poplachu a vysílá na místo zásahu jednotky. Ty jsou upozorněny na nebezpečnost chloru a nutnost vybavení vyjíždějící posádky vozidel odpovídajícími ochrannými prostředky. Jednotky provedou průzkum místa zásahu a rozvoje havárie.

K dispozici jsou dvě jednotky HZS Písek, jednotka sboru dobrovolných hasičů obce (JSDHO) Písek, JSDHO Protivín, JSDHO Kestřehy, JSDHO Záhoří a JSDHO Semice, Hradiště.

#### Vyrozumění základních složek IZS a dalších právnických a fyzických osob:

Po vyhodnocení a stanovení rozsahu úniku chloru budou přes operační a informační středisko vyrozuměni Hasičský záchranný sbor Jihočeského kraje, Policie ČR, zdravotnická záchranná služba a městská policie. Dále je nutné uvědomit havarijní komisi určenou ředitelem úpravny vody a město Písek. Vyrozumět je potřeba také venkovní plovárnu, lyžařský svah a podniky (areál Jitex, Penzion Sport, Městské služby, s.r.o.) nacházející se v těsné blízkosti úpravny vody. Starosta města Písek a hejtmán Jihočeského kraje jsou vyrozuměni v případě vyhlášení 3. a zvláštního stupně poplachu. Dostane-li se chlor do řeky Otavy, musí se informovat správce Povodí Vltavy.

### Varování a tísňové informování obyvatelstva:

Varování ohrožených obyvatel se provádí varovným signálem sirén na základě rozhodnutí velitele zásahu nebo OPIS HZS. Sirény jsou umístěny na městském úřadě a vlakovém nádraží. V určených oblastech lze obyvatelstvo varovat prostřednictvím zvukových výstražných zařízení vozidel městské policie nebo zasahujícími složkami integrovaného záchranného systému. Zaměstnanci úpravny vody jsou varování vedoucím úpravny vody.

Po varování osob následuje ihned tísňová informace o nastalém úniku chloru, jeho rozsahu, bezprostředně hrozícím nebezpečí a údajích o prováděných opatřeních k ochraně obyvatelstva. Tyto informace jsou rovněž poskytovány hromadnými sdělovacími prostředky – Rádio Faktor, Prácheň a ČRO, či prostřednictvím hromadných SMS zpráv. Pro tyto účely jsou jako součást havarijního plánu kraje připraveny dvě tísňové zprávy, jedna pro hromadné informační prostředky a druhá pro vozidla integrovaného záchranného systému.

### Lokalizace a likvidace úniku chloru:

Velitelem zásahu je v případě úniku chloru příslušník hasičského záchranného sboru, který vyhodnocuje vzniklou situaci a označuje místo zásahu. Přijímá nezbytná opatření pro ochranu životů a zdraví osob a nezbytná opatření k zamezení dalšího úniku chloru a jeho šíření. Určuje stanoviště velitele zásahu, nástupní prostor, prostor pro dekontaminaci, vnější a nebezpečnou zónu. Organizuje součinnost mezi vedoucími složek integrovaného záchranného systému, určuje síly a prostředky k likvidaci havárie a řídí záchranné a likvidační práce. Nařizuje uzavření určených přístupových cest.

Zasahující jednotky hasičského záchranného sboru zachraňují v místě úniku bezprostředně ohrožené osoby a vyhledávají zraněné nebo zemřelé. Provádí opatření k zamezení šíření chloru a stabilizaci vzniklé situace. Pomocí detektorů monitorují rozsah zamoření okolí chlorem a zjišťují aktuální meteorologické údaje. Doporučený průzkum toxické koncentrace je do vzdálenosti 878 metrů od místa úniku.

Odpařující se plynný chlor je zkrápen roztráštěným proudem z vodních clon umístěných na strategických místech v areálu úpravny vody. Kapalný chlor je

likvidován alkalizačními roztoky, v úpravně vody Písek především hydroxidem vápenatým. Následně se podílejí na opatřeních vedoucích k odstranění příčiny vzniku havárie.

#### Uzavření ohroženého prostoru, regulace dopravy a volného pohybu osob:

Policie ČR uzavírá nebezpečný prostor, na jehož hranicích na určených přístupových komunikacích zaujímá pevná stanoviště. Úkolem hlídek je umožnit vjezd vozidlům integrovaného záchranného systému a osobám, které zde plní služební úkoly, a naopak omezit vstup osobám, které zde nemají co dělat.

Na hranicích vnější zóny bude pozastavena doprava na železnici a budou uzavřeny tyto přístupové komunikace:

- komunikace Strakonická
- komunikace Dukelská u vlakové zastávky Písek
- komunikace Fráni Šrámka směrem na České Budějovice
- křižovatka ulic Čelakovského a U Výstaviště
- křižovatka ulic Hradištská a Na Rozhledně
- ulice Hradiště
- ulice Ke Střelnici
- komunikace Fráni Šrámka směrem na Prahu

Policie dále v prostoru mimořádné události reguluje dopravu, zabezpečuje organizaci průběhu evakuačních opatření a řeší ochranu majetku. Šetří skutečnosti týkající se vzniklé havárie. Pokud jsou na místě zásahu mrtví, plní úkoly související s jejich identifikací.

#### Poskytnutí neodkladné zdravotní péče:

Odbornou neodkladnou přednemocniční péčí a transport do zdravotnického zařízení poskytuje zraněným osobám zdravotnická záchranná služba. Při likvidaci zdravotních následků havárií s únikem chloru se stává vedoucím lékařem lékař rychlé

lékařské pomoci, který se dostaví na místo jako první. Odpovídá za činnost všech zdravotnických sil a prostředků a spolupracuje s velitelem zásahu. Po vzájemné dohodě s vedoucím lékařem rozhodne velitel zásahu o zřízení stanoviště třídění raněných v prostoru pro poskytnutí zdravotní péče. Tento prostor musí být přístupný pro vozidla ZZS.

Za spolupráce operačního střediska zdravotnické záchranné služby jsou informována o vzniku události a předpokládaném počtu raněných příslušná oddělení Nemocnice Písek. Jedná se o ARO, plicní oddělení a jednotky intenzivní péče. Dle kapacity místní nemocnice a rozsahu zranění lze zajistit lékařskou péči také v nemocnici v Českých Budějovicích, Strakonících či v Táboře.

#### Evakuace obyvatelstva:

Oblast nezbytné evakuace osob je určena v závislosti na směru větru do vzdálenosti 635 metrů od epicentra úniku (tmavě modrá výseč). Při severním směru větru jde o oblast ležící jižně od úpravny vody směrem k Hradišti. Při jihozápadním směru větru by měla být evakuována část Václavského Předměstí. Při vanutí větru z východu se jedná o zasažení zalesněné plochy.

Evakuace probíhá organizovaně prostřednictvím přistavených autobusů společnosti ČSAD Písek, které dopraví ohrožené obyvatelstvo do určených míst, nebo samovolně vlastními dopravními prostředky či pěšky.

#### Monitoring a asanační práce:

Aby se lidé mohli vrátit do svých domovů, je po skončení zásahu nutné nadále monitorovat koncentraci chloru v místě havárie a v jeho okolí. Je prováděno měření kontaminace v ovzduší, v půdě, v řece i v kanalizaci.

Dochází k intenzivnímu větrání vnitřních prostor úpravny vody a dalších zasažených budov. Budovy a venkovní zařízení jsou omývány tříštěným proudem vody.

#### 4.1.2 Den - zima, jasno

Na základě zadaných vstupních dat (Tab. 8) byla stanovena oblast nezbytné evakuace osob v závislosti na směru větru do vzdálenosti 167 metrů od epicentra úniku. Doporučený průzkum toxické koncentrace je 266 metrů. Do této vzdálenosti klesne koncentrace chloru pod mezní hodnotu IDLH  $8,9 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$ . Nejvyšších hodnot dosáhne koncentrace chloru za 2 minuty a 40 vteřin od začátku úniku.

Chlor při havarijním úniku neohrožuje plamennou zónou ani nedochází k působení vzdušné rázové vlny.

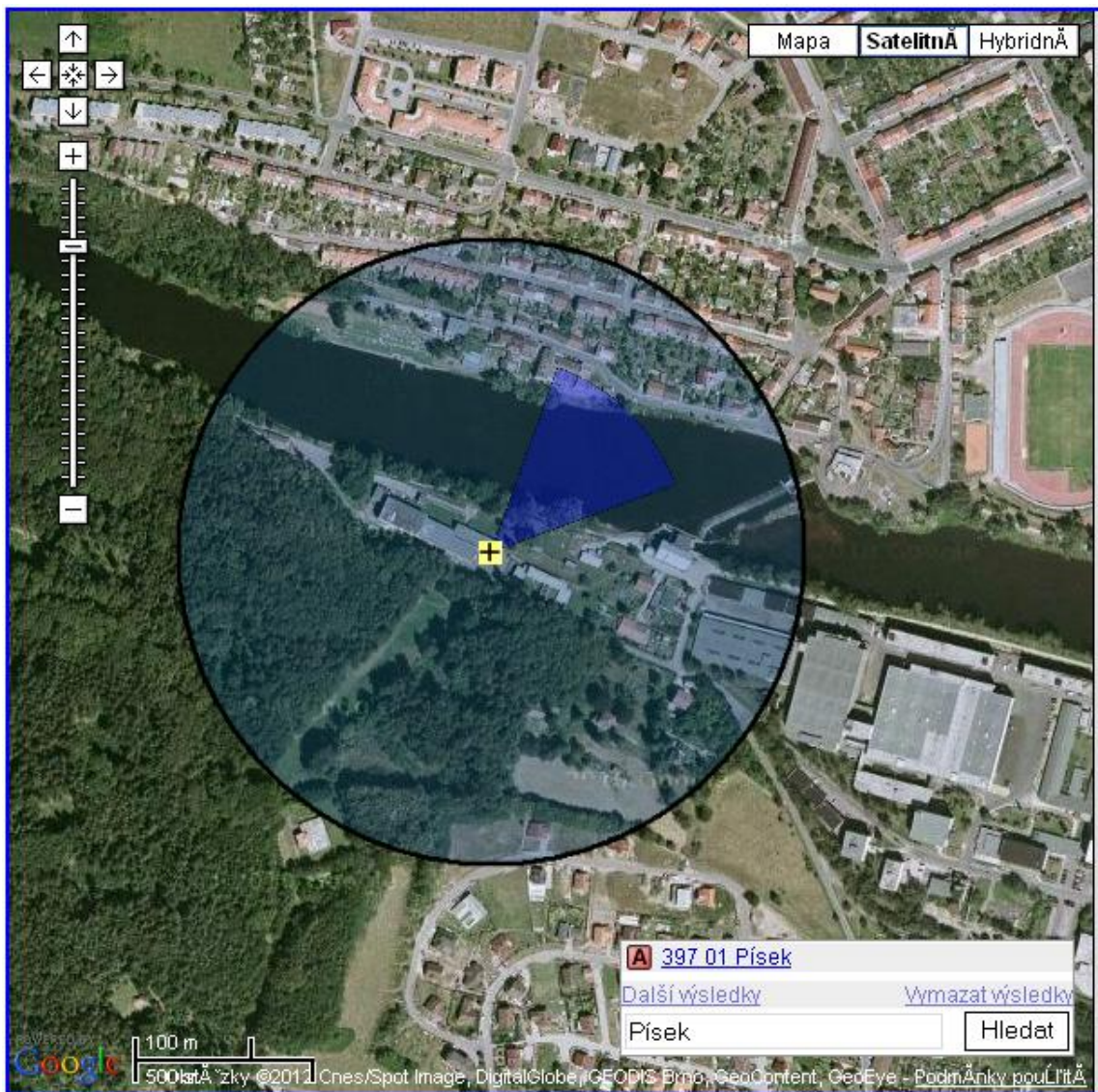
Tab. 8 Vstupní data	
Model	PUFF – Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka	Chlor
Teplota kapaliny	18°C
Množství uniklé kapaliny	130 kg
Rychlost větru	1 m/s
Pokrytí oblohy mraky	0%
Doba vzniku a průběhu havárie	Den - zima
Typ atmosférické stálosti	A - konvekce



Mapa č. 5: Rozsah úniku při severním směru větru



Mapa č. 6: Rozsah úniku při jihozápadním směru větru



#### 4.1.3 Den - zima, zataženo

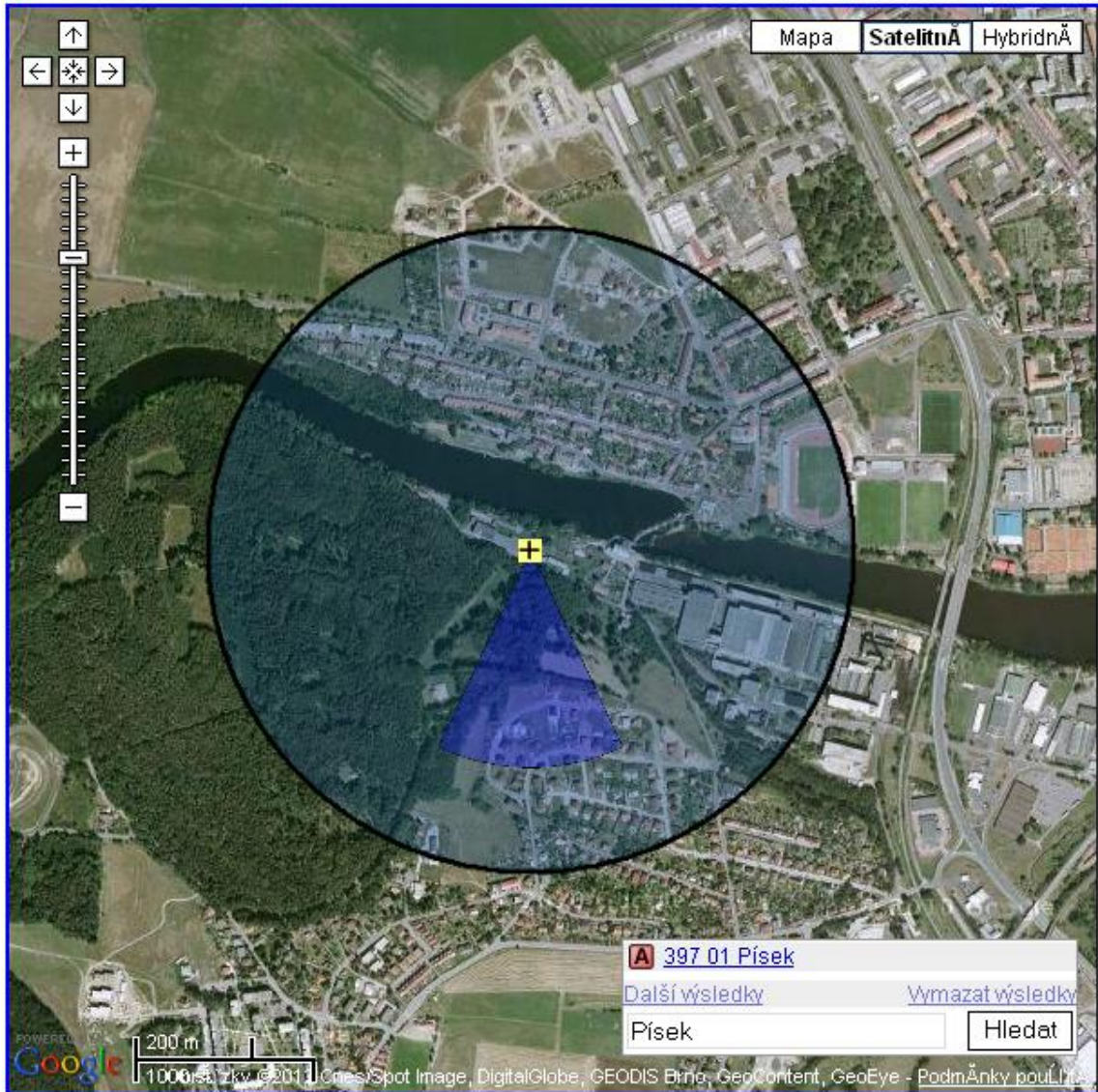
Na základě zadaných vstupních dat (Tab. 9) byla stanovena oblast nezbytné evakuace osob v závislosti na směru větru do vzdálenosti 369 metrů od epicentra úniku. Doporučený průzkum toxické koncentrace je 547 metrů. Do této vzdálenosti klesne koncentrace chloru pod mezní hodnotu IDLH  $8,9 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$ . Nejvyšších hodnot dosáhne koncentrace chloru za 5 minut a 54 vteřin od začátku úniku.

Chlor při havarijním úniku neohrožuje plamennou zónou ani nedochází k působení vzdušné rázové vlny.

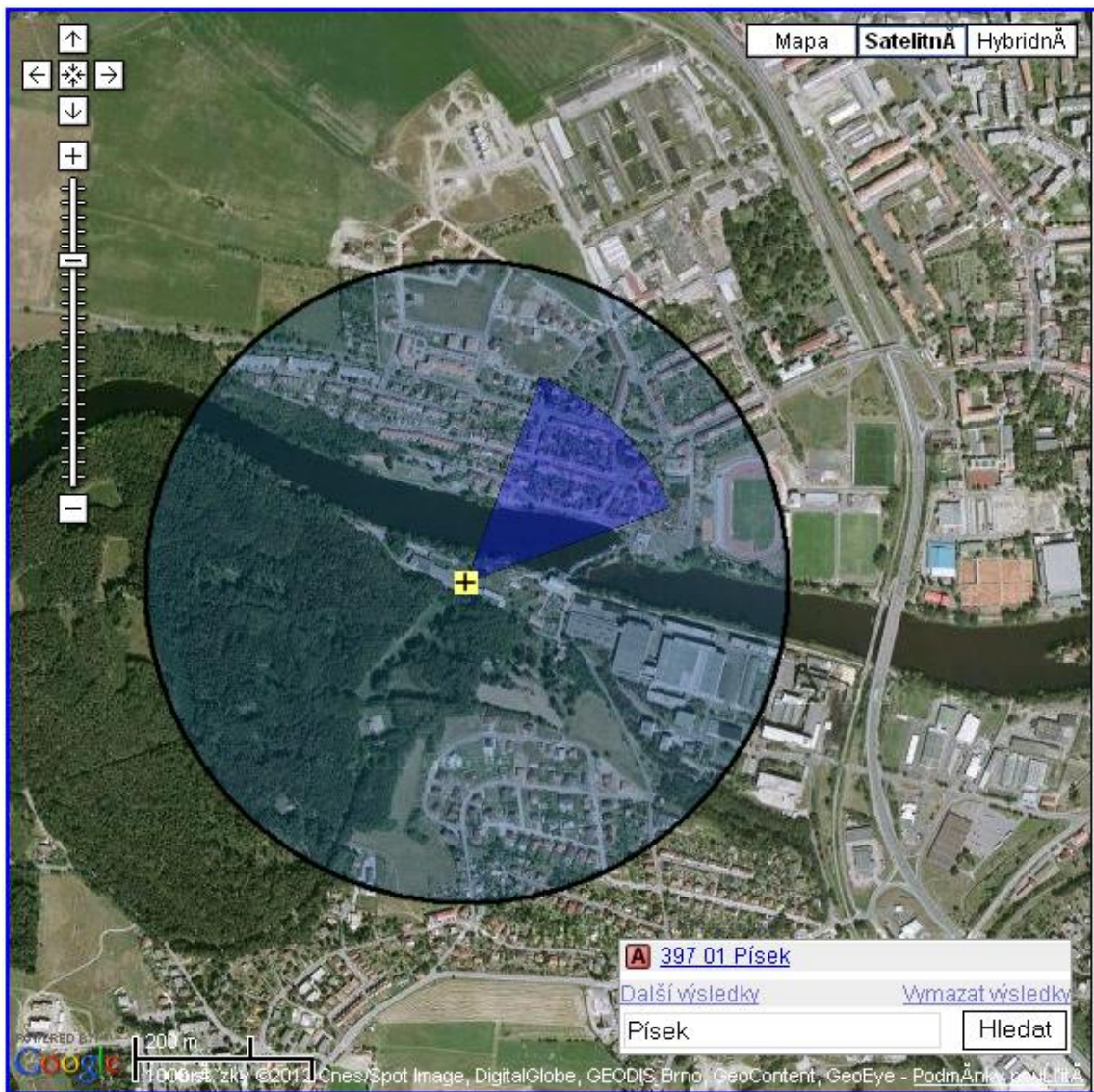
Tab. 9 Vstupní data	
Model	PUFF – Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka	Chlor
Teplota kapaliny	18°C
Množství uniklé kapaliny	130 kg
Rychlost větru	1 m/s
Pokrytí oblohy mraky	100%
Doba vzniku a průběhu havárie	Den - zima
Typ atmosférické stálosti	D - izotermie



Mapa č. 7: Rozsah úniku při severním směru větru



Mapa č. 8: Rozsah úniku při jihozápadním směru větru



## 4.2 Simulace úniku 3200 kg chloru z úpravny vody Písek

Na základě zadaných vstupních dat (Tab. 10) byla stanovena oblast nezbytné evakuace osob v závislosti na směru větru do vzdálenosti 2390 metrů od epicentra úniku. Doporučený průzkum toxické koncentrace je 2830 metrů.

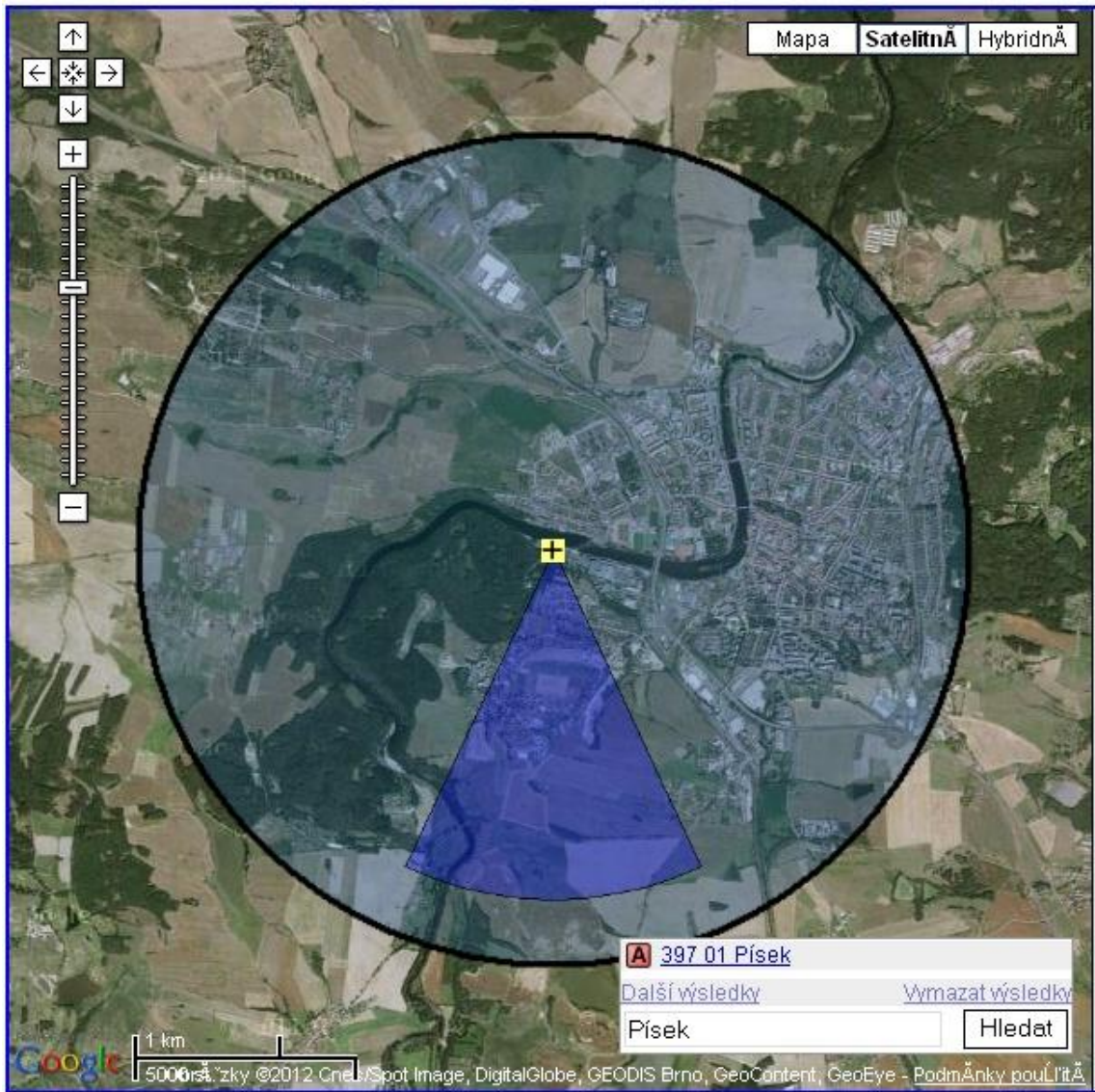
Chlor při havarijním úniku neohrožuje plamennou zónou ani nedochází k působení vzdušné rázové vlny.

Model	PUFF – Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka	Chlor
Teplota kapaliny	18°C
Množství uniklé kapaliny	3200 kg
Rychlost větru	1 m/s
Pokrytí oblohy mraky	0%
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F - inverze

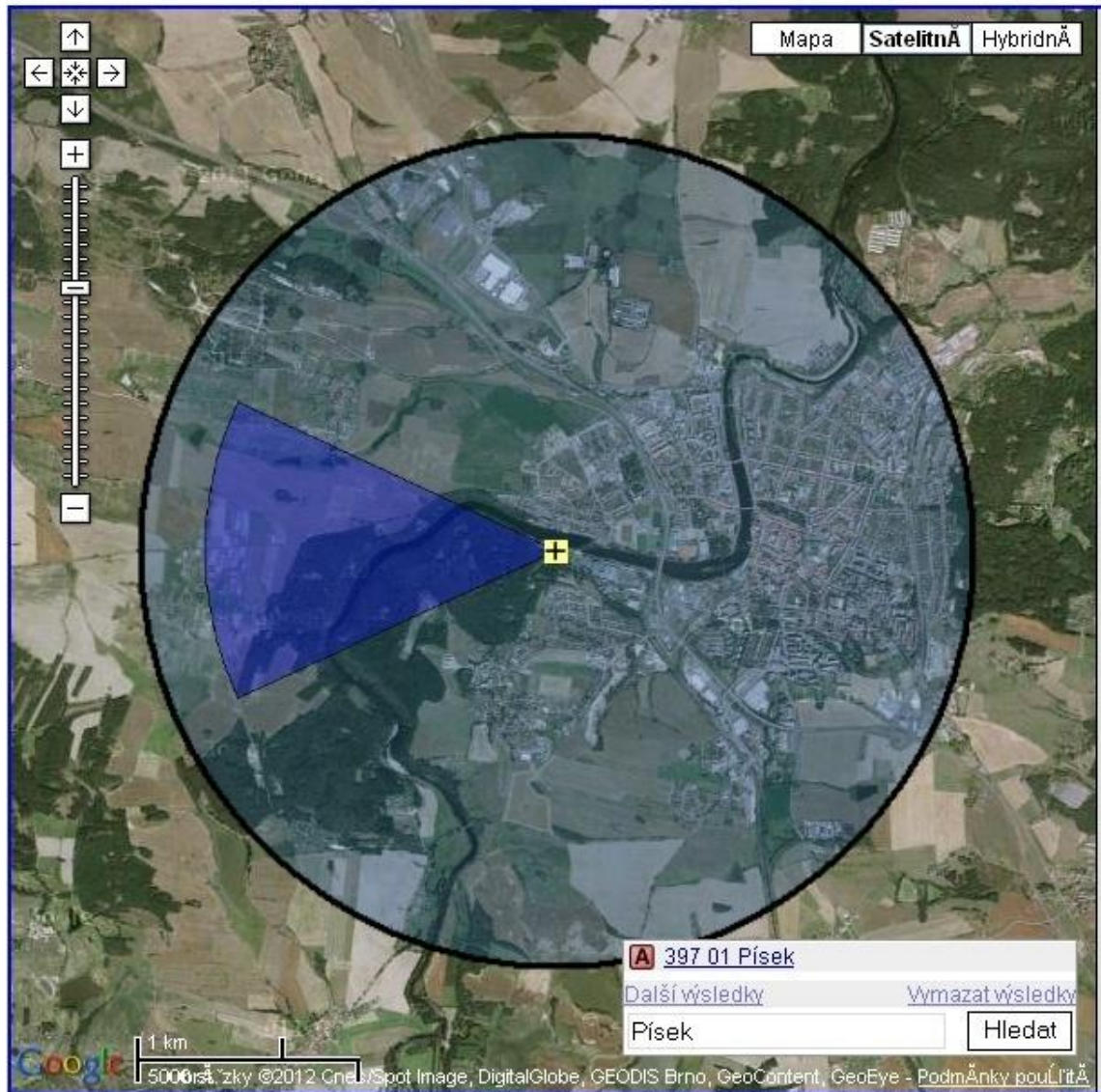
Světle modrý kruh na mapě znázorňuje oblast dosahu toxické koncentrace, ve které by měl být proveden průzkum zamoření chlorem. Tmavě modrá výseč značí prostor pro nezbytné provedení evakuace.



Mapa č. 9: Rozsah úniku při severním směru větru

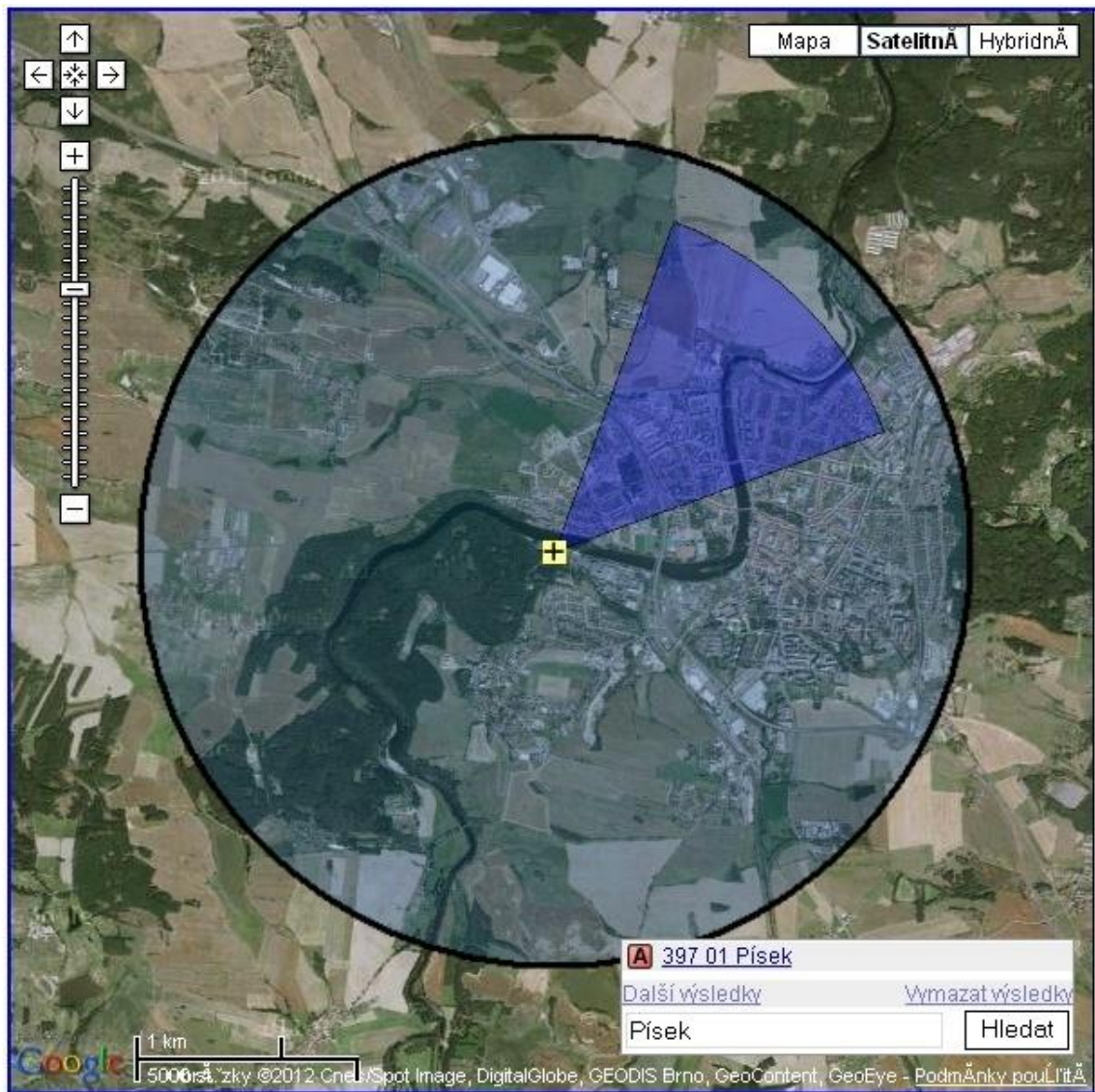


Mapa č. 10: Rozsah úniku při východním směru větru





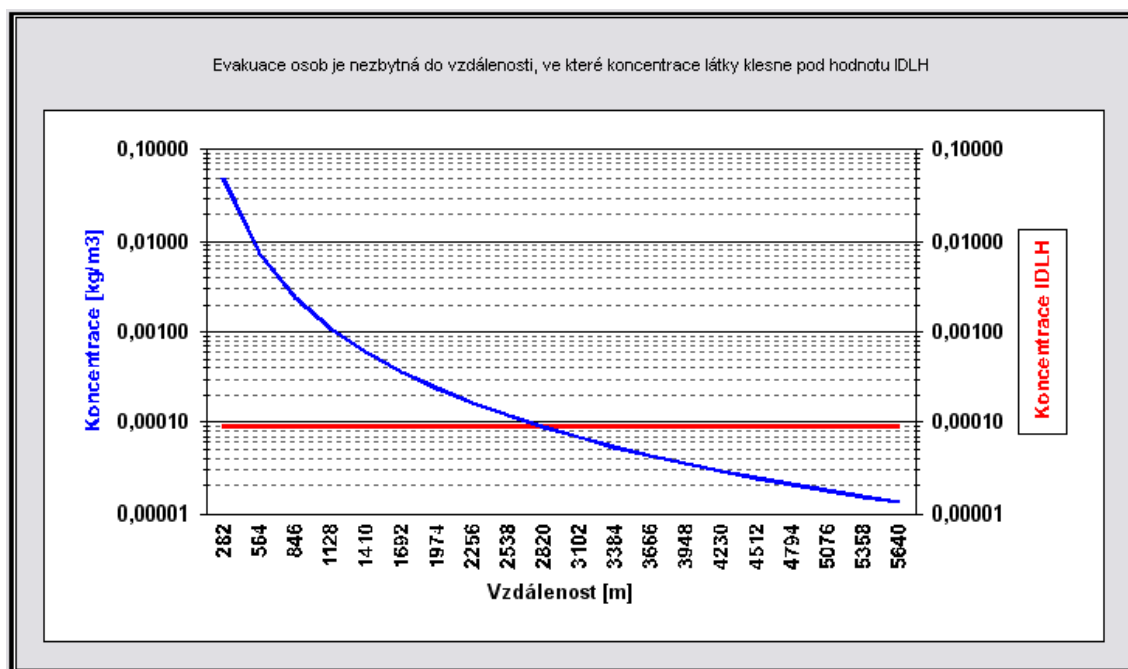
Mapa č. 11: Rozsah úniku při jihozápadním směru větru



Doporučený průzkum toxické koncentrace je graficky znázorněn v grafu č. 4. Červená přímka tvoří hranici koncentrace nebezpečné látky, která bezprostředně ohrožuje zdraví nebo život. Modrá křivka ukazuje závislost koncentrace látky na vzdálenosti.

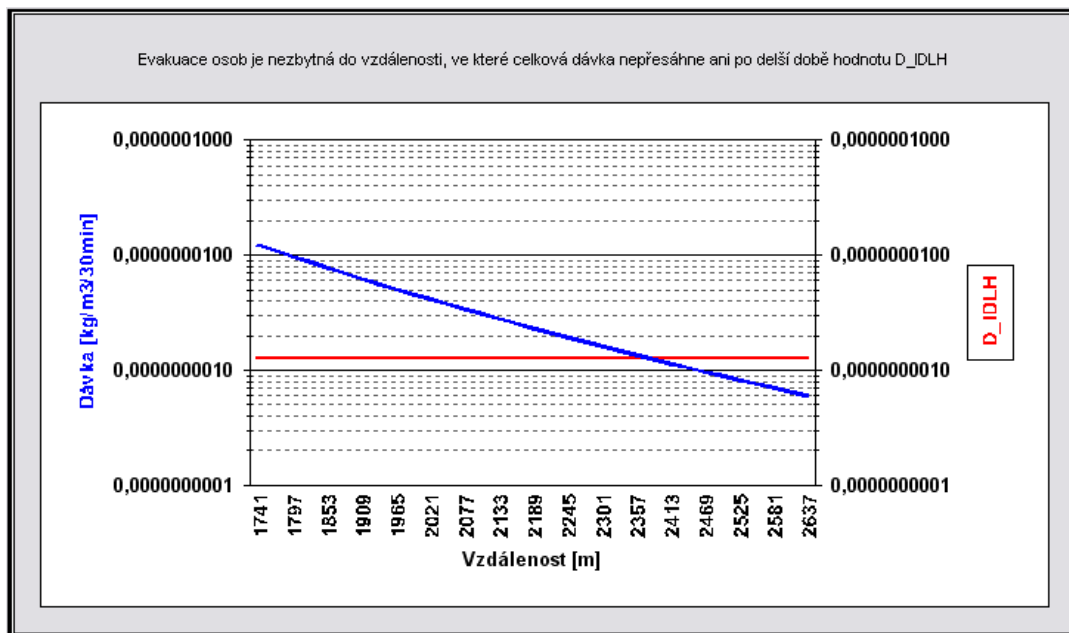
Z grafu lze vyčíst, že koncentrace chloru klesne pod mezní hodnotu IDLH  $8,9 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$  ve vzdálenosti 2825 metrů od místa úniku.

Graf č. 4 - Doporučený průzkum toxické koncentrace



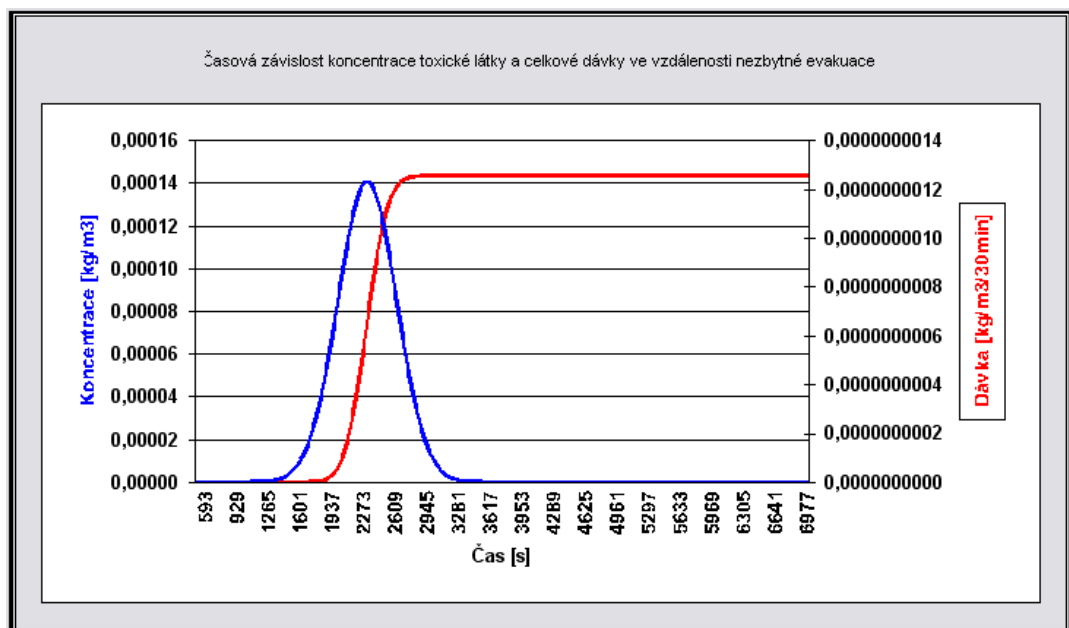
Graf č. 5 představuje závislost dávky, znázorněné modrou křivkou, a koncentrace bezprostředně ohrožující život a zdraví, znázorněnou červenou přímkou. Průsečík obou křivek značí maximální vzdálenost nezbytné evakuace, která činí 2385 metrů od místa úniku. Jedná se o vzdálenost, ve které celková dávka nepřesáhne za 30 minut hodnotu  $D_{IDLH} 1,269 \times 10^{-9}$ .

Graf č. 5 - Nezbytná evakuace osob



Na grafu č. 6 je zobrazena časová závislost koncentrace chloru a celkové dávky ve vzdálenosti nezbytné evakuace. Nejvyšších hodnot dosáhne koncentrace chloru za 38 minut a 20 vteřin od začátku úniku.

Graf č. 6 - Časová závislost koncentrace



### 4.3 Simulace úniku 1300 kg chloru z úpravny vody Písek

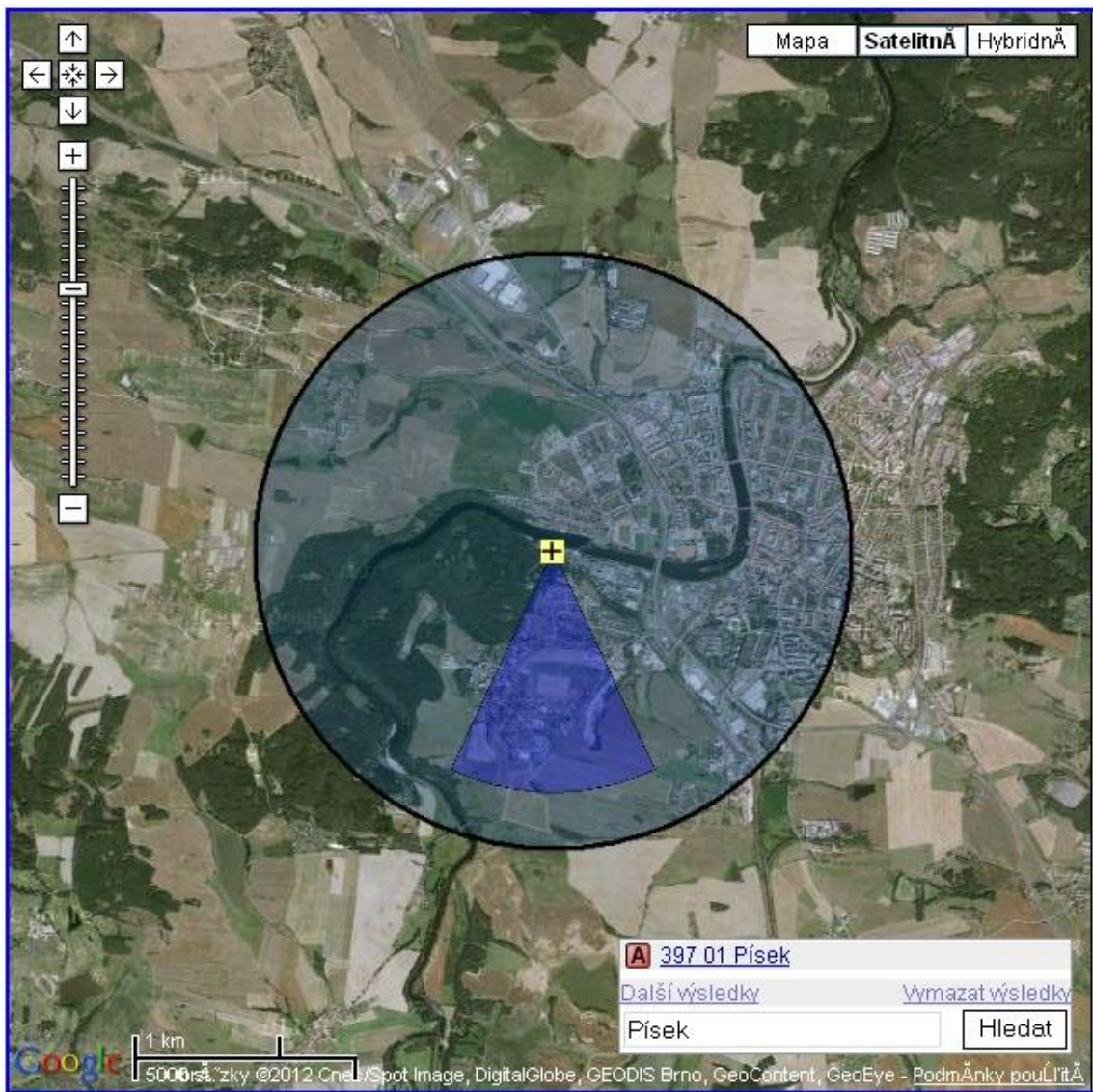
Na základě zadaných vstupních dat (Tab. 11) byla stanovena oblast nezbytné evakuace osob v závislosti na směru větru do vzdálenosti 1650 metrů od epicentra úniku. Doporučený průzkum toxické koncentrace je 2030 metrů.

Chlor při havarijním úniku neohrožuje plamennou zónou ani nedochází k působení vzdušné rázové vlny.

Model	PUFF – Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka	Chlor
Teplota kapaliny	18°C
Množství uniklé kapaliny	1300 kg
Rychlost větru	1 m/s
Pokrytí oblohy mraky	0%
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F - inverze

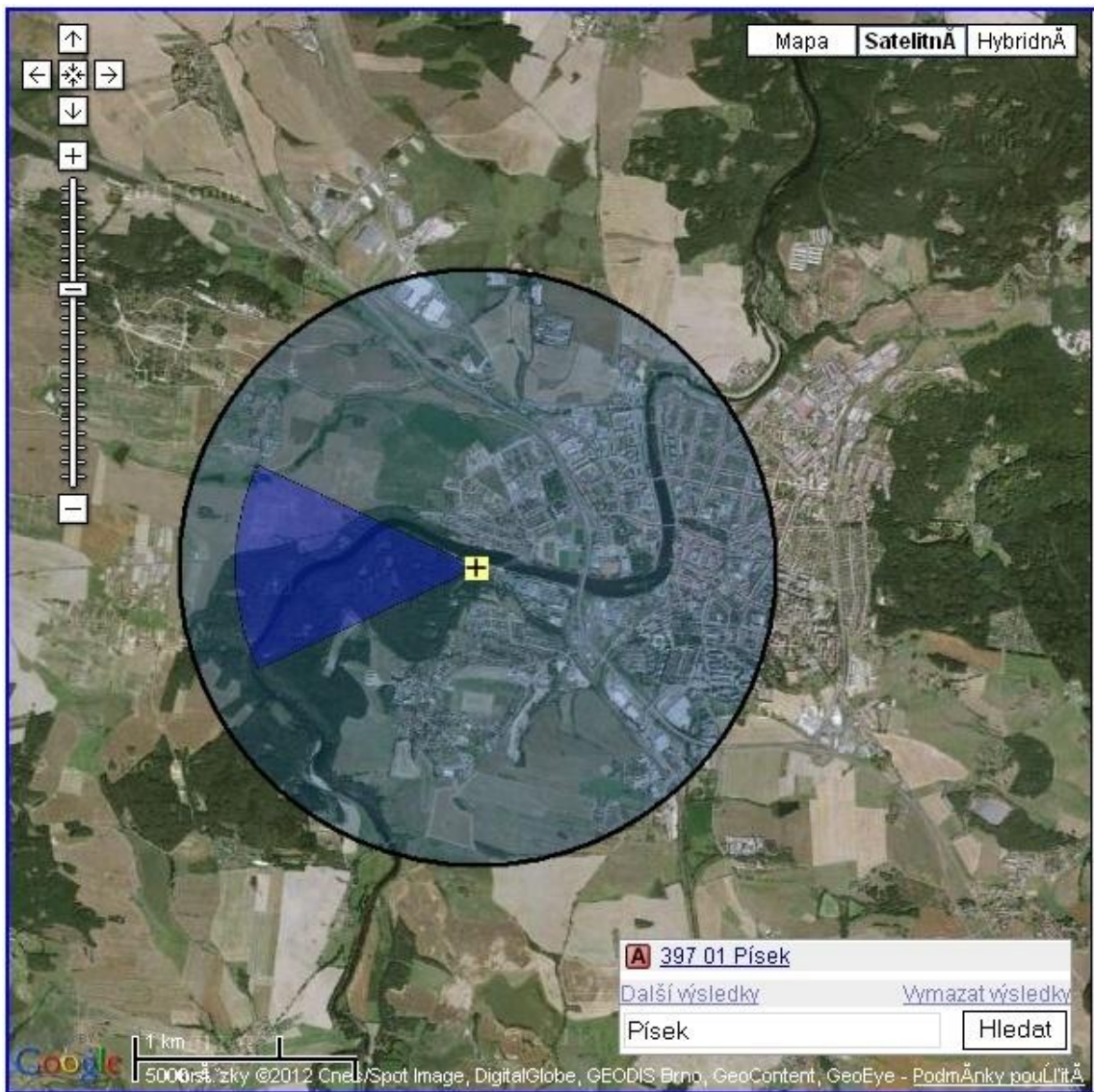
Světle modrý kruh na mapě znázorňuje oblast dosahu toxické koncentrace, ve které by měl být proveden průzkum zamoření chlorem. Tmavě modrá výseč značí prostor pro nezbytné provedení evakuace.

Mapa č. 12: Rozsah úniku při severním směru větru

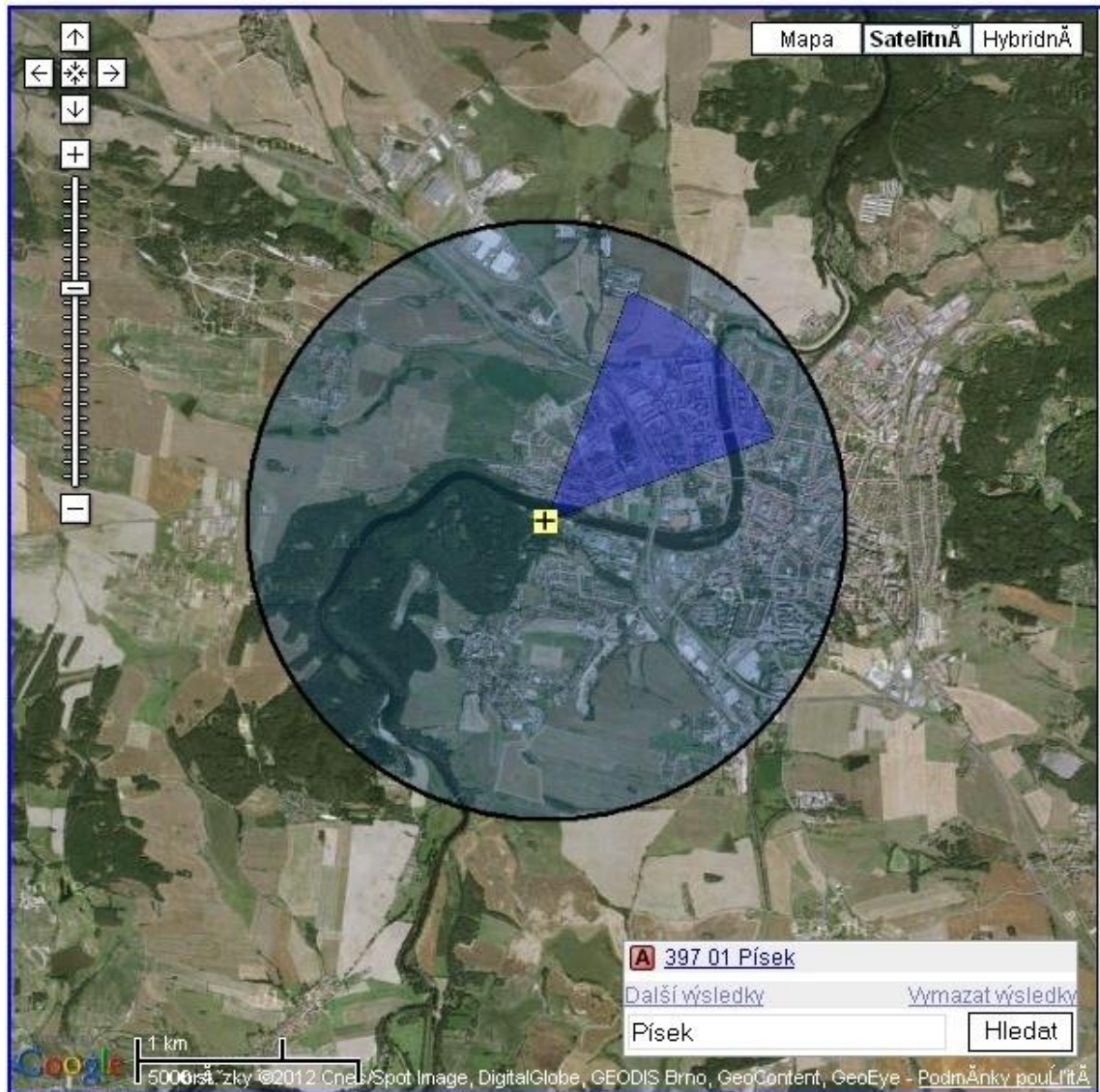




Mapa č. 13: Rozsah úniku při východním směru větru



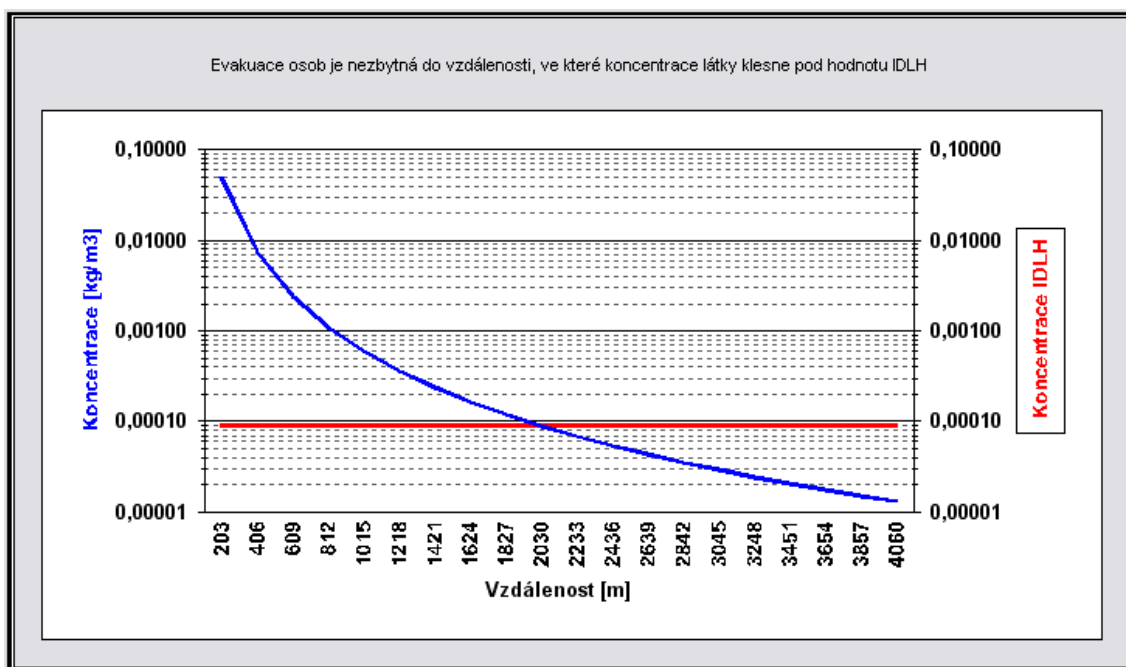
Mapa č. 14: Rozsah úniku při jihozápadním směru větru



Doporučený průzkum toxické koncentrace je graficky znázorněn v grafu č. 7. Červená přímka tvoří hranici koncentrace nebezpečné látky, která bezprostředně ohrožuje zdraví nebo život. Modrá křivka ukazuje závislost koncentrace látky na vzdálenosti.

Z grafu lze vyčíst, že koncentrace chloru klesne pod mezní hodnotu IDLH  $8,9 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$  ve vzdálenosti 2032 metrů od místa úniku.

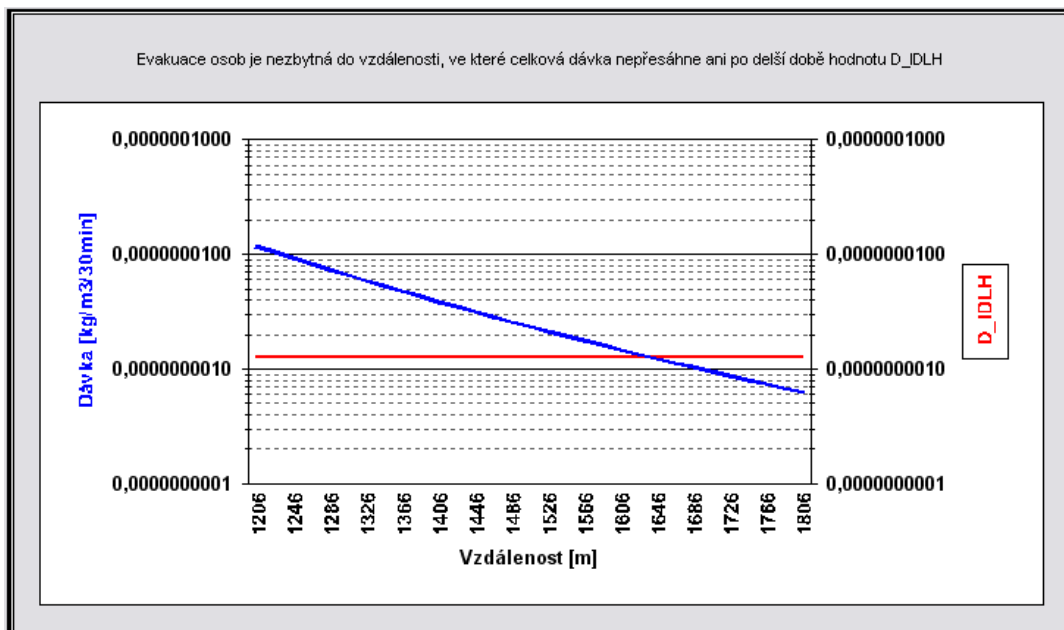
Graf č. 7 - Doporučený průzkum toxické koncentrace



Graf č. 8 představuje závislost dávky, znázorněné modrou křivkou, a koncentrace bezprostředně ohrožující život a zdraví, znázorněnou červenou přímkou. Průsečík obou křivek značí maximální vzdálenost nezbytné evakuace, která činí 646 metrů od místa úniku. Jedná se o vzdálenost, ve které celková dávka nepřesáhne za 30 minut hodnotu  $D_{IDLH} 1,269 \times 10^{-9}$ .

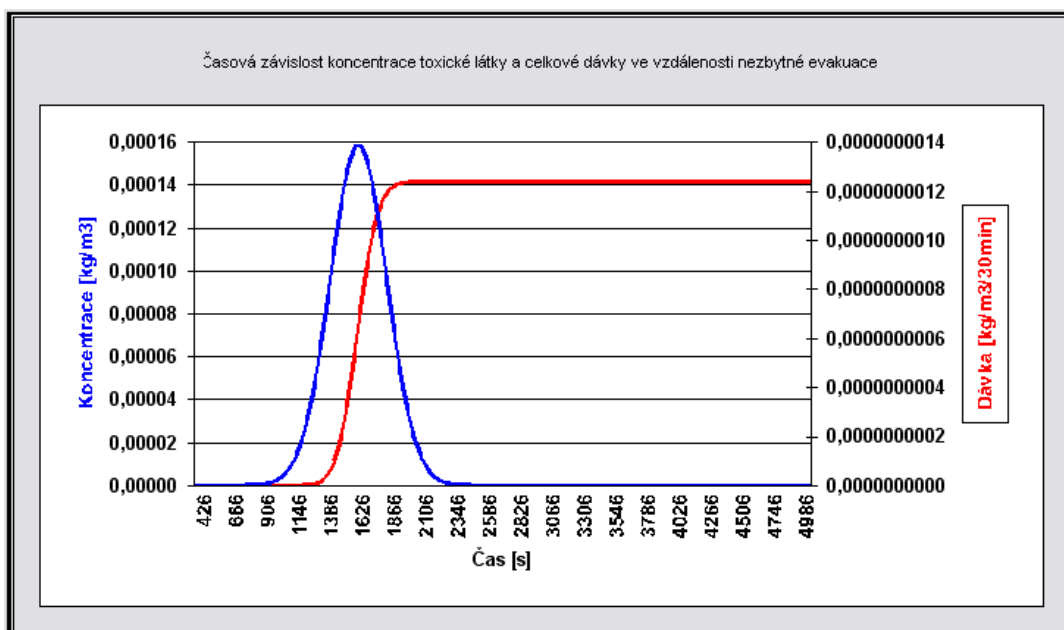


Graf č. 8 - Nezbytná evakuace osob



Na grafu č. 9 je zobrazena časová závislost koncentrace chloru a celkové dávky ve vzdálenosti nezbytné evakuace. Nejvyšších hodnot dosáhne koncentrace chloru za 25 minut a 50 vteřin od začátku úniku.

Graf č. 9 - Časová závislost koncentrace



## 5. Diskuze:

Jak již bylo dříve zmíněno, je chlor velmi rozšířená a důležitá chemická látka, bez které bychom se dnes jen těžko obešli. Jedná se však o toxickou látku, která nás může při jejím úniku ohrozit na životě. Vždyť nebezpečné vlastnosti chloru jsou známe už od první světové války, kdy byl použit jako první chemická bojová látka.

Z literatury a také z analýzy, která byla v této práci provedena, vyplývá, že chlor patří mezi látky, k jejichž úniku dochází velmi často. Je proto velmi důležité znát o této látce alespoň základní informace. Z toho důvodu jsem do své práce zařadila kapitolu o chloru, ve které jsem shrnula jeho fyzikálně-chemické a toxikologické vlastnosti, jeho využití a prostředky, kterými se proti chloru můžeme chránit. Opomenout nesmím ani bezpečnostní značení nádrží, cisteren, zásobníků či skladů výstražnými tabulkami. Jde o možnost, jak při nastalém úniku zjistit prvotní informace o tom, o jakou látku se jedná, jaké jsou její nebezpečné vlastnosti a jakým způsobem ji lze zneškodnit.

Je zajímavé, že neexistuje velké množství literatury, která by o chloru pojednávala komplexně. Ve většině případů jde pouze o stručnou charakteristiku. Proto pro mě byly cennými zdroji jak bezpečnostní list, tak publikace z roku 1980, Přehled průmyslové toxikologie – anorganické látky.

Kromě velkých průmyslových provozů, kde se chlor vyrábí nebo používá k mnoha dalším účelům, se vyskytuje i v řadě komunálních odvětvích a malých zařízeních nacházejících se běžně uprostřed měst a obcí. Jejich potenciální riziko spojené s únikem chloru se tak zvyšuje. Jakýkoliv větší únik chemické látky mimo výrobní technologie nebo při dopravní nehodě vede k nutnosti organizovat opatření k omezení šíření dané látky, k zabránění poškození osob a k minimalizaci dopadů na životní prostředí a majetek. Proto jsem si jako jeden z cílů práce zvolila podat přehled neodkladných a následných opatření.

Při zpracování této části se vyskytl problém v tom, co všechno do těchto opatření patří. Například pro radiační havárii jsou neodkladná a následná opatření řešena jak v české legislativě a legislativě Evropských společenství, tak v katalogu

opatření, který má pro své potřeby k dispozici Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Neodkladná a následná opatření při úniku nebezpečné látky však takto stanovena nejsou. Zavádění opatření je závislé na mnoha faktorech, zejména pak na kontaminantu a jeho koncentraci. Již v teoretické části práce byly obecně popsány činnosti prováděné na místě zásahu s únikem chloru. V praktické části pak byla nastíněna na konkrétním příkladu základní neodkladná a následná opatření, do kterých bylo především zahrnuto:

- vyrozumění základních složek IZS a dalších právnických a fyzických osob,
- varování a tísňové informování obyvatelstva,
- lokalizace a likvidace úniku chloru,
- uzavření ohroženého prostoru, regulace dopravy a volného pohybu osob,
- evakuace obyvatelstva,
- poskytnutí neodkladné zdravotní péče,
- monitoring a asanační práce.

Pro nasimulování úniku chloru byla z objektů ležících na území Jihočeského kraje vybrána úpravna vody Písek. Po kontaktování vedoucího provozního střediska Písecko byla domluvena osobní schůzka a za doprovodu vedoucího provozu i návštěva úpravny vody. Oba pánové byli velice ochotní a trpělivě odpovídali na mé dotazy. Získané informace byly použity k simulaci úniku chloru v programu TerEx verze 2.9.1 s platnou licencí pro Jihočeskou univerzitu. Existuje mnoho softwarových nástrojů pro modelování havárií, které nám pomohou určit, v jakém rozsahu daná opatření použít. TerEx je jedním z nich. S tímto programem se mi pracovalo velmi dobře. Je jednoduchý pro používání a výsledky byly získány okamžitě. Chyběla mi zde však možnost uložit si získaná data do počítače.

Protože na šíření látek v atmosféře mají vliv meteorologické podmínky, bylo pro srovnání výsledků nasimulováno několik modelových scénářů za odlišné doby vzniku havárie a oblačnosti. Jednotlivé výsledky se lišily v rozsahu doporučeného průzkumu toxické koncentrace a nezbytné evakuace osob.

Nejprve byl nasimulován únik 130 kilogramů chloru. Toto množství představuje dvě tlakové lahve nacházející se v chlorovně. K úniku by mohlo dojít například při špatné manipulaci nebo technické závadě. U první modelové situace se předpokládá, že k úniku chloru došlo ráno, v noci nebo večer za jasného počasí při rychlosti větru 1 m/s. U dalších dvou modelových situací se předpokládalo, že k úniku chloru dojde během zimního dne - v prvním případě za jasného počasí, v druhém pak za úplné oblačnosti. Rychlost větru zůstala stejná.

Na základě údajů amatérské meteorologické stanice Písek byly zvoleny meteorologické podmínky, které v daném místě převažují. Do mapových podkladů byly použity nejčastěji se v této oblasti vyskytující směry větru - severní, jihozápadní a východní. Směr větru určuje směr šíření oblaku nebezpečné látky. Rychlost větru rozhoduje o hloubce zamořené oblasti. Čím vyšší je rychlost větru, tím se zpravidla zkracuje dosah nebezpečného oblaku. Přestože se zde vítr pohybuje průměrně o rychlosti 2,7 m/s, byla zvolena rychlost větru 1 m/s jako nejhorší možná varianta.

Vzniklou situaci ovlivňuje také vertikální stálost atmosféry. Ta popisuje míru promíchávání uniklého chloru se vzduchem. Rozlišují se tři základní typy atmosférické stálosti – inverze, izotermie a konvekce. U každé modelové situace se můžeme setkat s jedním z nich. Typ inverze je velmi stabilní a pro rozptýl nebezpečné látky nejhorší možnou variantou. Koncentrace chloru se bude jen pomalu snižovat a vzdálenost nebezpečného oblaku bude ze všech třech typů největší. Oblast nezbytné evakuace bude 635 metrů a oblast průzkumu toxické koncentrace 878 metrů. Konvekce, která nastane během jasného zimního dne, je velice nestabilní. Dochází k promíchávání jednotlivých vrstev atmosféry a dosah nebezpečného mraku bude nejmenší. Vzdálenost nezbytné evakuace tak bude pouze 167 metrů a oblast průzkumu toxické koncentrace 266 metrů. Naopak při velké oblačnosti nastane izotermie, neutrální typ atmosférické stálosti.

Dosud bylo v úpravně vody skladováno maximální množství 64 lahví po 50 kilogramech chloru. V současné době se však přechází na nový typ lahví. Bude zde tedy skladováno pouze 20 tlakových lahví po 65 kilogramech a výměna prázdných lahví bude prováděna vždy po deseti kusech. Jedná se o podlimitní množství a na provozovatele zařízení se nevztahují povinnosti stanovené zákonem č. 59/2006 Sb., o

prevenci závažných havárií. Pro řešení požáru a případné havárie zde mají zpracovaný Požární řád pro skladování kapalného chloru a Havarijní a poplachový řád chlorovny ÚV Písek.

V souvislosti s výše zmíněnou změnou mě zajímalo, jaké rozdíly nastanou při úniku současného maximálního skladovaného množství 3200 kg chloru a po novém maximálním množství 1300 kg chloru způsobeného teroristickým útokem. V prvním případě by kromě města Písek byly zasaženy také obce Oldřichov, Malé Nepodřice a Purkratice. Vzdálenost nezbytné evakuace osob v závislosti na směru větru činí 2390 metrů a doporučený průzkum toxické koncentrace je 2830 metrů. U druhého případu je vzdálenost obou oblastí téměř o 800 metrů kratší.

Výsledkem vyhodnocení jednotlivých modelových situací jsou podklady pro určení neodkladných a následných opatření pro ochranu obyvatelstva z důvodu ohrožení uniklým chlorem.

To, že správné provedení ochranných opatření vede ke snížení nebezpečí plynoucího z úniku chloru, dokazuje i analýza minulých případů.

Hledání informací nebylo jednoduché. V České republice není ministerstvem ani jím pověřeným úřadem provozována žádná databáze ohlášených havárií. Shromažďované zprávy o haváriích od krajských úřadů jsou sice ministerstvem překládány do angličtiny a vkládány do informačního systému Evropské unie, jedná se však o zabezpečený systém. K dispozici je pouze dopravní informační systém DOK, ve kterém jsou zaznamenávány nehody s únikem nebezpečných látek v dopravě. Čerpáno tak bylo převážně z internetových zdrojů - novinových článků a studií.

Byl vytvořen přehled významnějších úniků chloru jak v České republice, tak ve světě. Několik z nich bylo podrobně rozebráno. Situace ve světě mě obzvlášť překvapila.

V České republice jsou nejvýznamnějšími zdroji Spolana a.s., Neratovice a Spolchemie a.s., Ústí nad Labem. Přestože jsou v těchto podnicích neustále zaváděna nová opatření, stále v nich dochází k úniku chloru poměrně často. Ve většině případů se jednalo o únik několika kilogramů až desítek kilogramů chloru způsobený technickou

závadou nebo selháním lidského faktoru. Největší únik byl zaznamenán v roce 2002, kdy ze Spolany uniklo během povodní téměř 81 tun chloru. Poslední významnou událostí byl v roce 2009 opakovaný únik chloru v úpravně vody ve Vítkově.

Již při pohledu na uniklé množství choru u jednotlivých havárií a na údaje o počtu evakuovaných, zraněných a zemřelých je vidět, že situace ve světě je mnohem horší. Přestože tento výčet především velkých a závažných havárií není úplný, dává nám možnost udělat si o dané problematice určitou představu.

Analýza obou zahraničních událostí poukázala na problém nedostatečného plánování ochranných opatření a špatné informovanosti obyvatelstva. Přestože v průmyslovém komplexu v městě Henderson došlo již před tím k několika závažným incidentům, stále nebyl vytvořen konkrétní plán pro zvládnutí jakékoliv mimořádné události. Za závažný problém považuji, že podnik vzniklou havárii vůbec nenahlásil. Dále pak to, že hasičský záchranný sbor ihned nereagoval již na první oznámení. I kdyby se jednalo jen o planý poplach, je jeho povinností prověřit to.

Také při železniční nehodě v Graniteville došlo k několika chybným krokům. Šlo jak o pozdní nahlášení celé události podnikem, tak o určení nedostatečně velké zóny pro evakuaci. Ta byla zvolena 1 kilometr, ale chlor bylo možné cítit i 2,5 kilometru od místa nehody. Pro zajímavost jsem tuto nehodu podle získaných údajů nasimulovala v programu TerEx (viz příloha). Výsledkem byla nezbytná evakuace osob do vzdálenosti až 8,2 kilometru a doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti 9 kilometrů.

Podle studie *Modeling Dispersion from Toxic Gas Released after a Train Collision in Graniteville, SC* se nebezpečný mrak rozšířil až do vzdálenosti 40 kilometrů od místa nehody. Hodnoty koncentrace bezprostředně ohrožující život a zdraví byly zaznamenány ve vzdálenosti 5 kilometrů.

Přestože se v této oblasti lidé setkávají s chlorem denně, nevědí jak v případě nehody reagovat.

Ke snížení nebezpečí plynoucího z úniku chloru a dalších nebezpečných látek vede mimo jiné i informovanost obyvatelstva. Informovat lze pomocí letáčků, prostřednictvím internetu a médií. Také žáci a studenti mají již několik let tuto problematiku zařazenou do učebních osnov. K tomuto účelu vznikly za podpory hasičského záchranného sboru pro děti i pedagogy různé učební pomůcky, metodické příručky, videa a interaktivní programy. Zaměstnanec získává informace o preventivních opatřeních, charakteru možného ohrožení na svém pracovišti a postupu při řešení následků mimořádné situace od zaměstnavatele. Též územně příslušný krajský/obecní úřad zpracovává a poskytuje informace veřejnosti o nebezpečí závažné havárie, včetně možného domino efektu, o preventivních bezpečnostních opatřeních, opatřeních na zmírnění dopadů a o žádoucím chování obyvatel v případě vzniku závažné havárie.

## **6. Závěr:**

Na základě výsledků a poznatků získaných jak z literatury, tak během svého studia byla potvrzena hypotéza, že případný únik chloru při nehodě nebo havárii může ohrozit obyvatelstvo žijící v okolí. Rozhodujícím ohrožujícím účinkem chloru je jeho toxicita. Působí dráždivě na oči, dýchací cesty a kůži. Je jedovatý při vdechování, hrozí poškození plic. Míra ohrožení závisí na uniklém množství, koncentraci a na době, po kterou byl člověk vystaven expozici. Každý člověk by měl znát, jaké chemické látky se v jeho blízkosti vyskytují, jaké riziko z nich plyne a při případném úniku umět správně reagovat.

Rovněž byla potvrzena hypotéza, že vhodným systémem neodkladných a následných opatření lze nebezpečí chloru na lidské zdraví redukovat. Je důležité uvědomit si, že k úniku chloru dochází poměrně často a ne vždy je situace správně řešena. Přitom včasná a dobře provedená opatření mohou několikanásobně snížit následky takové nehody nebo havárie.

Jelikož neexistuje žádná literatura, která by se tímto tématem zabývala komplexně, věřím, že tato práce poskytne o dané problematice všechny potřebné informace.



## 7. Seznam použité literatury:

1. ATSDR – Agency for Toxic Substances & Disease Registry  
Dostupné z: <http://www.atsdr.cdc.gov/hs/hsees/index.html>
2. BRITTLE, S.: *Emergency response issues: What went wrong in Graniteville* [online]. [cit. 2012-1-22]. Dostupné z: <http://www.chemicalspill.org/railcar.html>
3. BRZÁK, P.: *Únik chloru v bazénu ve Varnsdorfu* [online]. 2004 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z:  
[http://www.varnsdorf.cz/radnice/seznamy\\_zprav/informace\\_z\\_odboru/odbor-zivotniho-prostredi/informace-z-odboru/unik-chloru-bazenu-ve-varnsdorfu.html](http://www.varnsdorf.cz/radnice/seznamy_zprav/informace_z_odboru/odbor-zivotniho-prostredi/informace-z-odboru/unik-chloru-bazenu-ve-varnsdorfu.html)
4. BUCKLEY, Robert L. – HUNTER, Charles H. - ADDIS, Robert P. – PARKER, J.: *Journal of the Air & Waste Management Association. Modeling Dispersion from Toxic Gas Released after a Train Collision in Graniteville, SC, 2007*, sv. 57, s. 268-278. ISSN 1047-3289
5. ČAPOUN, T. - KRYKORKOVÁ, J. - MIKA, Otakar J. - NAVRÁTILOVÁ, L. - URBAN, I.: *Chemické havárie*, 1. vyd. Praha: MV GR HZS ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8
6. Databáze CAMEO Chemicals. [online].  
Dostupné z: <http://www.cameochemicals.noaa.gov/chemical/2862>
7. Dopravní informační systém DOK. [online].  
Dostupné z: <http://cep.mdcz.cz/dok2/DokPub/dok.asp>
8. DUNNING, A. E. – OSWALT, Jennifer L.: *Transportation Research Record. Train Wreck and Chlorine Spill in Graniteville, South Carolina* [online]. 2009 [cit. 2012-1-20]. Dostupné z:  
[http://www.dot.gov/disaster\\_recovery/resources/TrainWreckChlorineSpillGranitevilleSC.pdf](http://www.dot.gov/disaster_recovery/resources/TrainWreckChlorineSpillGranitevilleSC.pdf)
9. FIDLER, J. – JEŽEK, P.: *Chlor ze Spolany unikl kvůli technické závadě* [online]. 2000 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z:  
[http://zpravy.idnes.cz/domaci.aspx?r=domaci&c=A000721104357domaci\\_has](http://zpravy.idnes.cz/domaci.aspx?r=domaci&c=A000721104357domaci_has)

10. GHC Invest: *Bezpečnostní list* [online]. Poslední revize 1. 3. 2011 [cit. 2012-1-18]. Dostupné z:  
[http://www.ghcinvest.cz/files/uploaded/UserFiles/File/soubory/certifikace/bezplysty/chlor%20a%20ostatni/GHC%20Chlor%20kapalny\\_Bezpecnostni%20list%202011.pdf](http://www.ghcinvest.cz/files/uploaded/UserFiles/File/soubory/certifikace/bezplysty/chlor%20a%20ostatni/GHC%20Chlor%20kapalny_Bezpecnostni%20list%202011.pdf)
11. GREENWOOD, N. N. - EARNSHAW, A.: *Chemie prvků*, 1. vyd. Praha: Informatorium, 1993. 1635 s. ISBN 80-85427-38-9
12. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE: *Summary Of Worldwide Major Incidents Involving Commonly Encountered Hazardous Substances* [online]. 2003 [cit. 2012-3-15]. Dostupné z:  
<http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/hid/spc/spctg26.pdf>
13. HORÁK, J. - KUDLÁK, A.: *Pomůcka pro využívání softwaru pro rychlý odhad následků havárií a teroristických útoků Terex*, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zdravotně sociální fakulta, 2007. 54 s. Dostupné z:  
<http://www.zsf.jcu.cz/structure/departments/kra/projekty/vyukove-pomucky-pro-software-emoff-a-terex/terex.pdf/view?searchterm=TerEx>
14. KOZLOVÁ, L. - KUBELOVÁ, V.: *Jak psát bakalářskou a diplomovou práci*, 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2008. 56 s. ISBN 978-80-7394-112-3
15. Krajský úřad Jihočeského kraje: *Zásady chování při úniku nebezpečné látky*, 1. vyd. Jihočeský kraj, 2006. 32 s.
16. Krajský úřad Ústeckého kraje: *Informace určená veřejnosti v zóně havarijního plánování v okolí areálu Spolchemie*, 2. vyd. Ústecký kraj, 2007. 20 s.
17. KRATOCHVÍLOVÁ, D.: *Ochrana obyvatelstva*, 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. 140 s. ISBN 80-86634-70-1
18. KROUPA, M.: *Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek*, 1. vyd. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2004. 46 s. ISBN 80-866-40-23-X

19. KROUPA, M.: 112. *Chlor – chemická látka, která znepokojuje* [online]. 2004 [cit. 2011-12-10]. Dostupné z:  
[http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/2003/casopisy/112/0404/kroupa\\_info.html](http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/2003/casopisy/112/0404/kroupa_info.html)
20. LUKŠ, O.: 150 HOŘÍ. *Zásah hasičů při úniku chloru*, 2000, roč. X, č. 12, ISSN 0862-8467
21. MARHOLD, J.: *Přehled průmyslové toxikologie. Anorganické látky*, 2. vyd. Praha: Avicenum. 1980. 528 s. ISBN 08-035-80
22. MAŠEK, I. - MIKA, Otakar J. - ZEMAN, M.: *Prevence závažných průmyslových havárií*, 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2006. s. 98. ISBN: 80-214-3336-1
23. Messer Technogas: *Bezpečnostní list* [online]. Poslední revize 2010 [cit. 2012-1-18]. Dostupné z:  
[http://www.messergroup.com/cz/Bezpecnostni\\_listy/Nebezpecnostni\\_listy/chlor1.PDF](http://www.messergroup.com/cz/Bezpecnostni_listy/Nebezpecnostni_listy/chlor1.PDF)
24. MĚRKA, V. - PATOČKA, J.: Kontakt. *Chlor nás příliš často děsí*, 2005, sv. 7, č. 1-2, s. 128-132. ISSN 1212-4117
25. MIKA, Otakar J.: *Možnosti modelování havarijních dopadů nebezpečných chemických látek* [online]. 2004 [cit. 2011-12-10]. Dostupné z:  
[http://www.egozlin.cz/upload.cs/b/b5ea3244\\_1\\_mika\\_isatech\\_bрно\\_2004\\_b.pdf](http://www.egozlin.cz/upload.cs/b/b5ea3244_1_mika_isatech_bрно_2004_b.pdf)
26. Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR: *Bojový řád jednotek požární ochrany. Třídění velkého počtu raněných metodou START* [online]. 2007 [cit. 2012-1-23]. Dostupné z:  
[http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/hasici/izs/bojrad/ml\\_s11.pdf](http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/hasici/izs/bojrad/ml_s11.pdf)
27. Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR: *Bojový řád jednotek požární ochrany. Zásah s přítomností nebezpečné látky* [online]. 2004 [cit. 2012-1-22]. Dostupné z:  
[http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/hasici/izs/bojrad/ml\\_11.pdf](http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/hasici/izs/bojrad/ml_11.pdf)

28. Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR: Bojový řád jednotek požární ochrany. *Zásahy s únikem chloru* [online]. 2011 [cit. 2012-1-22]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/bojovy-rad-jednotek-pozarni-ochrany-v-dokumentech-491249.aspx>
29. Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR: Bojový řád jednotek požární ochrany. *Zdravotnická záchranná služba* [online]. 2007 [cit. 2012-1-23]. Dostupné z: [http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/hasici/izs/bojrad/ml\\_s2.pdf](http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/hasici/izs/bojrad/ml_s2.pdf)
30. PILAŘ, M.: *Za únik chloru v Novém Rychnově padlo obvinění* [online]. 2007 [cit. 2011-12-17]. Dostupné z: <http://www.vysocina-news.cz/clanek/za-unik-chloru-v-novem-rychnove-padlo-obvineni/>
31. PITSCHMANN, V. - HALÁMEK, E. - KOBLIHA, Z.: *Boj ohněm, dýmem a jedy: Nejstarší historie vojenského použití chemických a zápalných látek a vznik moderní chemické války*, 1. vyd. Praha: MS Line, 2001. 178 s. ISBN 80-902669-2-4
32. PITSCHMANN, V.: *Historie chemické války*, 1. vyd. Praha: MS Line. 1999. 172 s. ISBN 80-902669-0-8
33. Povodeň 2002: Soubor informací k průběhu povodně ve Spolana Neratovice a výsledky auditu Spolana a.s. Neratovice [online]. 2010 [cit. 2011-11-15] Dostupné z: [http://brouzdej.cz/libis2002/povoden/dokumenty/spolana\\_povoden.pdf](http://brouzdej.cz/libis2002/povoden/dokumenty/spolana_povoden.pdf)
34. REISCH, Marc S.: *Another Train Wreck And Chlorine Leak* [online]. 2005 [cit. 2012-1-17]. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/cen/news/83/i02/8302train.html>
35. ROTREKL, M.: CHEMAGAZÍN. *Průmysl chloru a alkálií v roce 2011*, 2011, roč. XXI (2011), č. 3, s. 8-10. ISSN 1210-7409
36. ROUTLEY, Gordon J.: *Massive Leak of Liquefied Chlorine Gas Henderson, Nevada* [online]. [cit. 2012-1-17]. Dostupné z: [http://www.interfire.org/res\\_file/pdf/Tr-052.pdf](http://www.interfire.org/res_file/pdf/Tr-052.pdf)

37. SASÍNOVÁ, P.: *Neuvěřitelné: Chlor zamořil Vítkov. Už potřetí* [online]. 2009 [cit. 2011-12-17]. Dostupné z: <http://aktualne.centrum.cz/zpravy/clanek.phtml?id=630566>
38. SCHOFFER, M.: *Vítkov zažil další evakuaci kvůli úniku chloru* [online]. 2009 [cit. 2011-12-17]. Dostupné z: [http://www.rozhlas.cz/ostrava/aktualne/\\_zprava/vitkov-zazil-dalsi-evakuaci-kvuli-uniku-chloru--552100](http://www.rozhlas.cz/ostrava/aktualne/_zprava/vitkov-zazil-dalsi-evakuaci-kvuli-uniku-chloru--552100)
39. SKŘEHOT, P. a kol.: *Prevence nehod a havárií; 1. díl Nebezpečné látky a materiály*, 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti a T-Soft, 2009. 341 s. ISBN 978-80-86973-70-8
40. SKŘEHOT, P. a kol.: *Prevence nehod a havárií; 2. díl Mimořádné události a prevence nežádoucích následků*, 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti a T-Soft, 2009. 595 s. ISBN 978-80-86973-73-9
41. Spolana a.s., Neratovice: *Tisková zpráva 2002*. [online]. 2002 [cit. 2012-1-24]. Dostupné z: <http://www.spolana.cz/node/12>
42. The Chlorine Institute, Inc.: *Chlorine: Effects on Health and The Environment* [online]. 1999 [cit. 2012-1-18]. Dostupné z: <http://www.chlorineinstitute.org/files/PDFs/ChlorineEffectsOnHealth.pdf>
43. Tiscali: *Kvůli úniku chloru ve Vítkově evakuováno 300 lidí* [online]. 2009 [cit. 2012-1-17]. Dostupné z: <http://zpravy.tiscali.cz/kvuli-uniku-chloru-ve-vitkove-evakuovano-300-lidi-11502>
44. Tiscali: *Ve Vítkově se dva muži přiotrávili unikajícím chlorem* [online]. 2009 [cit. 2012-1-17]. Dostupné z: <http://zpravy.tiscali.cz/ve-vitkove-se-dva-muzi-priotravili-unikajicim-chlorem-11444>
45. T-SOFT: *TEREX – Teroristický Expert* [online]. [cit. 2012-1-25] Dostupné z: <http://www.tsoft.cz/terex>
46. Územní plánování – Jihočeský kraj [online]. [cit. 2012-1-25] Dostupné z: [http://up.kraj-jihocesky.cz/files/text\\_cast\\_d.pdf](http://up.kraj-jihocesky.cz/files/text_cast_d.pdf)
47. Vyhláška MV č 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému, ve znění pozdějších předpisů

48. Vyhláška MV č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva v platném znění
49. WICHTERLOVÁ, J.: *Chemie nebezpečných anorganických látek*, 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2001. 63 s. ISBN 80-86111-92-X
50. Záchranný kruh: *Při úniku chloru zranění čtyři lidé* [online]. 2009 [cit. 2012-1-17]. Dostupné z:  
[http://www.zachranny-kruh.cz/pri\\_uniku\\_chloru\\_zraneni\\_ctyri\\_lide.html](http://www.zachranny-kruh.cz/pri_uniku_chloru_zraneni_ctyri_lide.html)
51. Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
52. Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

## **8. Klíčová slova:**

Chlor

Únik chloru

Modelová situace

Neodkladná opatření

Následná opatření

TerEx



## 9. Přílohy:

Příloha 1 - Železniční nehoda v Graniteville	
Model	PUFF – Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka	Chlor
Teplota kapaliny	12°C
Množství uniklé kapaliny	90 tun
Rychlost větru	2m/s
Pokrytí oblohy mraky	50 %
Doba vzniku a průběhu havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F - inverze
Nezbytná evakuace osob	8200 metrů
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa vzniku	9050 metrů

Příloha 2 – Graniteville, rozsah úniku při jiho-jihozápadním směru větru

