

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra požární ochrany a ochrany obyvatelstva



Zásahy s nebezpečím výbuchu plynů v objektech

Student: Michal Kratochvíl

Vedoucí diplomové práce: doc. Dr. Ing. Miloš Kvarčák

Studijní obor: Technika požární ochrany a bezpečnost průmyslu

Datum zadání diplomové práce: 6. listopadu 2006

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2007

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně.

V Ostravě 27. dubna 2007

.....

Anotace

Kratochvíl, M.: *Zásahy s nebezpečím výbuchu plynů objektech*

VŠB – TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství 2007. 52 stran, 2 přílohy.

Klíčová slova: mimořádná událost, nebezpečí výbuchu, výbuch, požár, objekt, plyn, páry, jednotka požární ochrany.

Diplomová práce je zaměřena na výbuchy v objektech a na požární taktiku při těchto zásazích. Práce má za cíl na základě teoretických znalostí a praktických zkušeností zpracovat souhrn poznatků a navrhovaných doporučení jak pro velitele jednotek požární ochrany tak pro zasahující hasiče u zásahů, kde došlo k výbuchu nebo kde nebezpečí výbuchu hrozí.

Součástí práce jsou popisy dvou skutečných případů výbuchu. V prvním případě se jednalo o výbuch plynu s rozsáhlými následky v restauraci nacházející se v obytné budově. Dalším popsáním případem je výbuch par hořlavé kapaliny s následným požárem v bytové jednotce.

Anotation

Kratochvíl, M.: *Interventions with a Hazard of Explosion of Gases in Structures*

VSB – TU Ostrava, Faculty precautionary engineering 2007. 52 pages, 2 enclosure.

Key words: accident, explosion danger, explosion, fire, object, gas, vapors, fire protection unit,

The diploma work is focusing on the explosion in the objects and on the fire tactics during this type of the emergencies. The goal of the work is based on the theoretical and practical knowledge, and is showing the summary of the knowledge and propositions for the officer in charge and firefighters during the calls, where is the danger of the explosion.

Part of the work is describing two real examples of this kind of calls. First case is the gas explosion with major consequences in the restaurant placed in the residential building. Second case is the explosion of flammable liquid vapors, with fire in the flat.

REŠERŠE

Boiling liquid expanding vapour explosions: the influence of dynamic re-pressurization and two phase discharge

J. E S. Venart, S. A. Ramier

Fire Stream Practicex, Fire Protection Publications, Oklahoma State University, 1998

Vent sizing for gas-generating runaway reactions

Jasbir Singh

Fire Science and Engineering Conference. Cambridge, 1998

Hazardous Materials For First Responders

Kolektiv autorů

IFSTA Editor Fire Protection Publications, Oklahoma, 1995

SFPE Handbook of Fire protection Engineering, Quincy,

Kolektiv autorů: NFPA Editorial Staff

Massachusetts 1990

Základní učební texty pro školení příslušníku požární ochrany

Kolektiv autorů

Ministerstvo vnitra ČSR, Hlavní správa požární ochrany, Praha, 1978

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	STATISTICKÉ ÚDAJE VÝBUCHŮ	8
3	POJMY VZTAHUJÍCÍ SE K DIPLOMOVÉ PRÁCI.....	11
3.1	Objekt.....	11
3.2	Výbuch.....	11
3.2.1	Fyzikální výbuch	11
3.2.2	Chemický výbuch.....	12
3.3	Výbuch jako mimořádná událost	12
4	INICIACE VÝBUCHU.....	13
5	ÚČINKY VÝBUCHOVÉHO DĚJE	13
5.1	Následkem výbuchu může dojít k:.....	14
5.2	Rázová vlna.....	14
5.3	Tlaková vlna.....	16
5.4	Tlakové účinky výbuchu uvnitř objektů, vliv oken a dveří na výbuch.....	17
5.4.1	Výbuch vně objektu	17
5.4.2	Výbuch uvnitř objektu.....	17
5.5	Rozptyl fragmentů	18
6	VYBRANÉ TECHNICKO – BEZPEČNOSTNÍ PARAMETRY A POŽÁRNĚ TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY PLYNŮ, PAR KAPALIN A PRACHŮ	18
6.1	Meze výbušnosti	18
6.2	Dolní mez výbušnosti (DMV)	18
6.3	Horní mez výbušnosti (HMV)	18
6.3.1	Faktory, které ovlivňují meze výbušnosti	18
6.4	Výbušná atmosféra.....	19
6.4.1	Výbušnou atmosféru mohou vytvořit zejména:	19
6.5	Požárně technické charakteristiky.....	20
6.6	Příklady požárně technických charakteristik u vybraných látek.....	21
6.6.1	Automobilový benzín.....	21
6.6.2	Zemní plyn	22
7	PROSTŘEDÍ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU	23
8	VÝVOJ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI.....	24
9	OCHRANA PŘED VÝBUchem PŘI ZÁSAHU JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY	25
9.1	Ochrana před výbuchem s využitím taktických zásad pro zásah na nebezpečnou látku	27
9.1.1	Týlový prostor	27
9.1.2	Nástupní prostor	27
9.1.3	Nebezpečná zóna.....	28
9.2	Základní organizační činnost velitele zásahu na místě zásahu jednotek PO	29
9.3	Vytvoření skupiny pro průzkum, práci a jištění na místě zásahu	29
9.3.1	Průzkumná a pracovní skupina	29
9.3.2	Skupina pro jištění zasahujících hasičů v nebezpečné zóně	29

10	OCHRANNÉ PROSTŘEDKY A DALŠÍ ZAŘÍZENÍ K OCHRANĚ PŘED VÝBUchem.....	30
10.1	Více-plynové přenosné detektory	30
10.1.1	Principy měření koncentrací.....	31
10.1.2	GasAlertMicro 5 PID	31
11	KONKRÉTNÍ MIMORÁDNÉ UDÁLOSTI	32
11.1	Výbuch zemního plynu v obytném objektu v městské zástavbě	32
11.1.1	Řízení zásahu.....	38
11.1.2	Nebezpečí na místě zásahu.....	39
11.1.3	Únik zemního plynu s nebezpečím opakovaného výbuchu	39
11.2	Výbuch hořlavé kapaliny v obytném objektu v městské zástavbě	40
11.2.1	Popis nastalého výbuchu	41
11.2.2	Stručná stavební charakteristika bytu	42
12	PRAKTICKÉ POZNATKY A NAVRHOVANÁ DOPORUČENÍ PŘI ZÁSAZÍCH S NEBEZPEČÍM VÝBUchem PRO JEDNOTKY POŽÁRNÍ OCHRANY	45
13	ZÁVĚR.....	46
	Příloha číslo 1	
	Příloha číslo 2	
	Seznam použité literatury a podkladů	

1 ÚVOD

Předmětem diplomové práce je popsat charakteristiku, vlivy a průběh zásahů jednotek požární ochrany při mimořádných událostech, u kterých hrozí nebezpečí výbuchu. Vzhledem k šíři celé problematiky je obsah práce zaměřen na výbuchy v objektech a na požární taktiku při těchto zásazích. Součástí obsahu práce je také respektování současného stavu, to znamená, že při mimořádných událostech zasahují nejen jednotky požární ochrany, ale také složky integrovaného záchranného systému. Součástí práce je popis skutečného případu výbuchu plynu s rozsáhlými následky v restauraci nacházející se v obytné budově, kterého jsem se osobně v rámci odborné praxe zúčastnil. Dalším popsáním případem je výbuch s následným požárem v bytové jednotce. Zde jsem se v rámci odborné praxe zúčastnil procesu vyšetřování – ohledání požářiště ve spolupráci s oddělením zjišťováním příčin požáru a zjišťovatele Policie ČR.

Cílem diplomové práce je na základě teoretických znalostí a praktických zkušeností zpracovat souhrn poznatků a navrhovaných doporučení jak pro velitele jednotek požární ochrany tak pro zasahující hasiče u zásahů, kde došlo k výbuchu nebo kde nebezpečí výbuchu hrozí.

2 STATISTICKÉ ÚDAJE VÝBUCHŮ

Jako doklad existence zásahů jednotek PO při mimořádných událostech s nebezpečím výbuchu jsou podle oficiálních údajů zpracována dostupná data, uvedená v tabulce č. 1. Jedná se o mimořádné události, kde výbuch byl příčinou následného požáru v letech 2003 až 2006. Údaje jsou uváděny pro území České republiky. Dále jsou statisticky zpracována data zohledňující okolnosti znesnadňující zásahy jednotek PO, uvedená v tabulce č. 2. Rovněž i tato data jsou čerpána z území České republiky v letech 2003 až 2006.

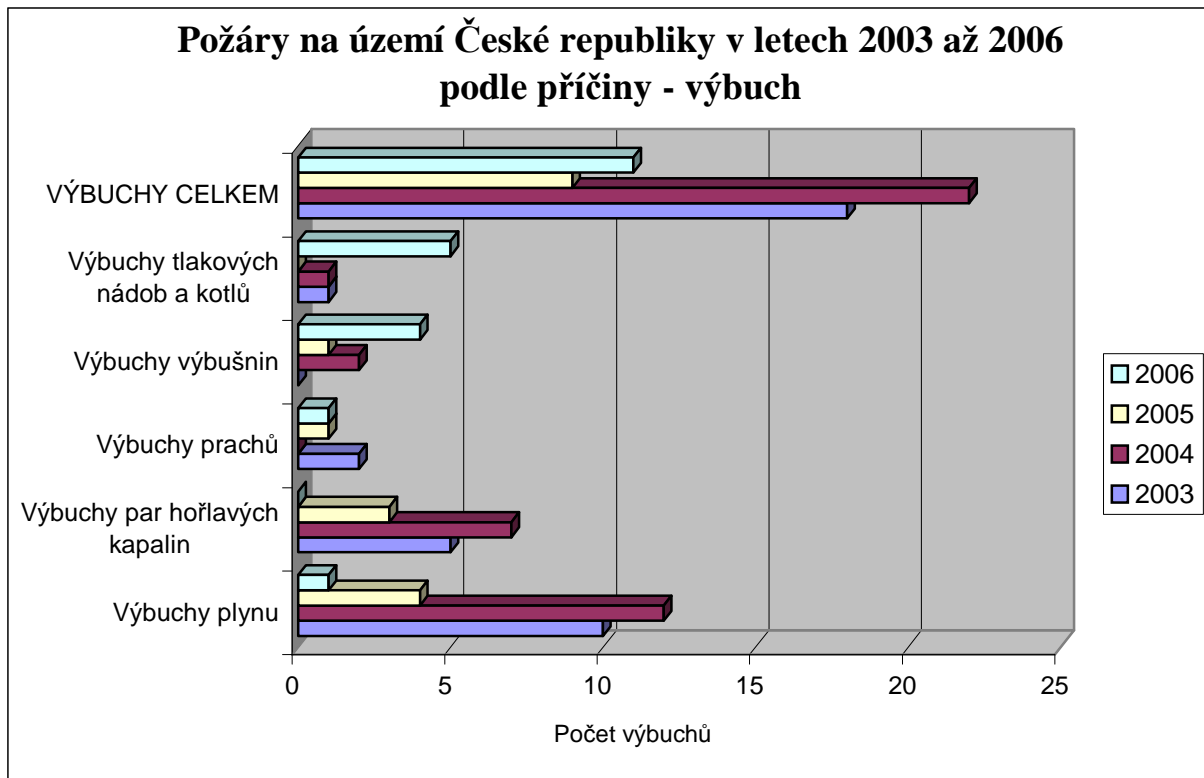
Zvolené období dostatečně vypovídá svými hodnotami o počtech událostí ve sledovaných parametrech. Lze konstatovat, že počty mimořádných událostí s nebezpečím výbuchu zauímají každoročně stejný podíl na celkovém počtu mimořádných událostí. V této souvislosti je nutné uvést, že nedochází přímo úměrně ke zvyšování počtu výbuchů ač se v rámci České republiky zvyšuje počet potenciálních zdrojů. Jedná se například o stále se rozšiřující počet čerpacích stanic s LPG a CNG, počet vozidel využívajících tato alternativní paliva, počet plynových spotřebičů v návaznosti na přechod z fosilních na plynná paliva, zvyšující se počet obcí s plynofikací, rozšiřující se počet zásobníků s plynem v technologiích a zařízeních (zrání a uchovávání ovoce, zásobníky medicínálních plynů ve zdravotnických zařízeních, atd.). Tato skutečnost dokladuje, že rozšiřující se počty technologií a zařízení jsou z bezpečnostních hledisek na velmi dobré úrovni s obecně lze považovat za vysoce bezpečné.

Ve vztahu k bezpečnosti plynových zařízení, zásobníků a nádob by jistě bylo zajímavé porovnat počet provozovaných zařízení v jednotlivých sledovaných letech a počty mimořádných událostí. Data pro takovéto porovnání však neexistují.

Tabulka č. 1

Požáry na území České republiky v letech 2003 až 2006 podle příčiny – výbuch				
	rok 2003	rok 2004	rok 2005	rok 2006
VÝBUCHY CELKEM	18	22	9	11
Výbuchy tlakových nádob a kotlů	1	1	0	5
Výbuchy výbušnin	0	2	1	4
Výbuchy prachů	2	0	1	1
Výbuchy par hořlavých kapalin	5	7	3	0
Výbuchy plynu	10	12	4	1

Graf č. 1



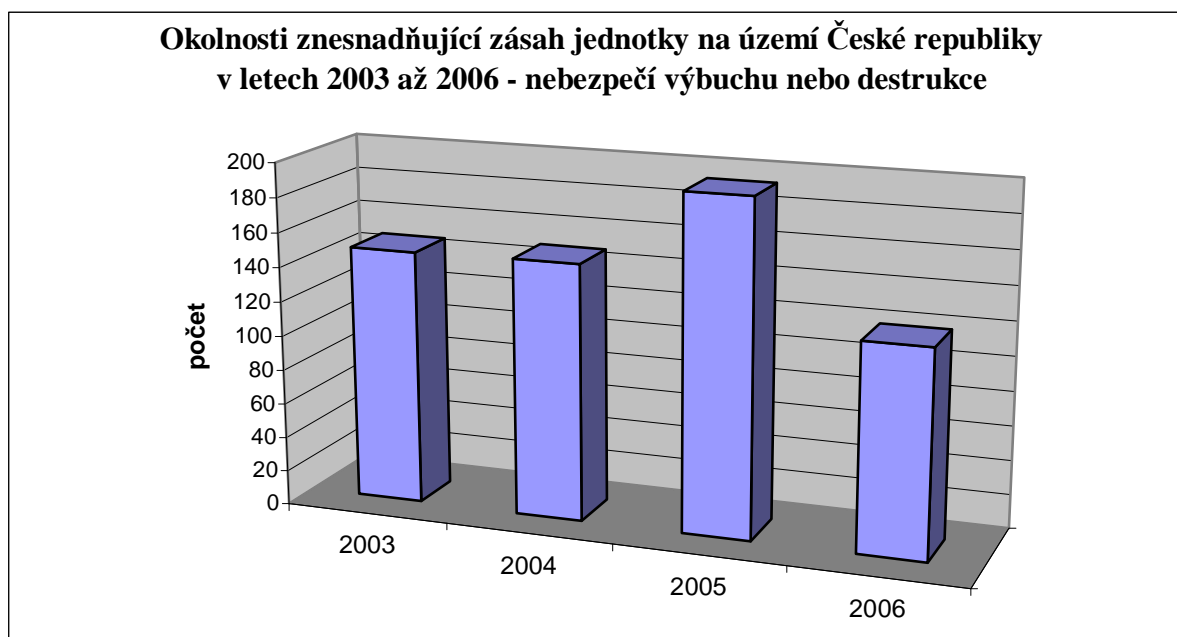
Při rozboru hodnot z tabulky č. 1 nelze blíže určit, jaký iniciátor způsobil výbuch a zda výbuch byl příčinou dalšího hoření nebo zda k výbuchu došlo vlivem procesu hoření. Rovněž nelze blíže určit, o jaké plyny se jednalo. U tlakových nádob nelze určit zda se jednalo o tlakové láhve nebo zásobníky, rovněž nelze určit druhy plynu.

Ze statistického sledování událostí lze dále uvést negativní vlivy zohledňující okolnosti znesnadňující zásahy jednotek PO, což v tomto případě představuje nebezpečí výbuchu nebo destrukce.

Tabulka č. 2

Okolnosti znesnadňující zásah jednotky PO na území České republiky v letech 2003 až 2006 – nebezpečí výbuchu nebo destrukce			
rok 2003	rok 2004	rok 2005	rok 2006
148	149	194	120

Graf č. 2



Ze statistického sledování událostí vyplývá:

Celkový počet požárů na území České republiky v letech 2003 až 2006 byl 87 855.

Počet požárů, kde velitel zásahu v statistickém sledování událostí vyznačil m.j. nebezpečí výbuchu nebo destrukce, je 611. Počet požárů, u kterých došlo k výbuchu, je 60 (0,1 % z celkového počtu požárů).

Tedy:

Podíl požárů, kde hrozilo nebezpečí výbuchu nebo destrukce, je $87\,855/611$ – t.j. každý 144 (0,2 % z celkového počtu požárů).

Podíl požárů, kde se nebezpečí reálně změnilo ve výbuch, je $87\,855/60$ – t.j. každý 1 464 (0,1 % z celkového počtu požárů).

I přes relativně malé počty požárů, kde došlo k výbuchu, nelze podcenit existující nebezpečí. Výbuch se v řadě případů těžko předvídá, respektive pokud k němu dojde, nedá se již obvykle přijmout žádné účinné protiopatření, zbývá pasivní ochrana. Pokud se u každého požáru, kde VZ vyznačili nebezpečí výbuchu nebo destrukce jednalo o bezprostřední ohrožení byť jen 2 hasičů, jednalo se za sledované období o $611 \cdot 2$ hasičů. Tedy reálně ohrožených 1 222 hasičů na zdraví a životě je jedna z vizitek práce hasiče ve výjezdové jednotce.

3 POJMY VZTAHUJÍCÍ SE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

3.1 Objekt

Jedná se o stavbu, která je zevně ohraničená obvodovými stěnami a střechou, případně uvnitř dělená stropy na podlaží spojovaná schodišti nebo jiným způsobem. Objekty dělíme na užitkové, monumentální a historické. Užitkové jsou např. obytné, výrobní, shromažďovací, zdravotnické, skladové, vojenské, letištní, atd. Monumentální objekty jsou např. vysílače a historické např. divadla, muzea, atd.

Stavební charakteristika objektu: podzemní podlaží, nadzemní podlaží, jednoprostorové, prostorově členěné, prostorově členěné dále propojené prostupy a průduchy včetně VZT a takto nepropojené.

3.2 Výbuch

Rychlý proces, který vede k náhlému uvolnění energie. Energie se při tomto procesu mění na mechanickou práci, která se projevuje roztržtím nebo deformací okolí. V místě výbuchu nastane nárůst tlaku provázený zvukovým, tepelným a světelným efektem.

U klasických výbušin (plynů a kondenzovaných soustav) probíhá velmi rychlý chemický rozklad spojený s vývojem tepla a tvorbou přehřátých stlačených plynů, které vykonávají při expanzi práci a vytvářejí v okolním prostředí rázové vlny. Při výbuchu dochází ke stlačování a pohybu okolního prostředí (vzduch, voda, půda), což se šíří do dalších vrstev jako rázová nebo výbuchová vlna.

Při průchodu této vlny určitým místem prostředí dochází ke skokovému zvyšování hustoty, teploty a tlaku. Se vzdáleností rychlost rázové vlny klesá a nakonec přechází ve zvukovou vlnu.

K výbuchu může dojít dvěma různými způsoby – buď fyzikální cestou, nebo chemickou.

3.2.1 Fyzikální výbuch

Výbuchový děj, ke kterému dojde při překročení mezní hodnoty některé fyzikální veličiny, na které závisí celistvost a provozuschopnost soustavy, aniž by se jednalo o výbuch chemický. Například výbuch parního kotle, tlakové nádoby na stlačený plyn, výbuch při nárazu letícího tělesa na pevnou překážku, atd.

3.2.2 Chemický výbuch

Jedná se o rychlé spalování směsi hořlavých plynů, par nebo prachů ve směsi se vzduchem nebo prudkou exotermickou přeměnou látek (např. výbušniny). Chemický výbuch může probíhat buď jako explozivní hoření nebo jako detonace.

Explozivní hoření – rychlost nepřesahuje rychlost zvuku za daných podmínek. Jeho rychlost se zvyšuje se stoupajícím tlakem a dosahuje hodnot řádově v centimetrech až metrech za sekundu. U explozivního hoření se hořlavina spaluje především kyslíkem, který je s ní ve směsi. Rychlost explozivního hoření závisí na tlaku. Nestačí-li výbuchové zplodiny unikát z reakčního pásma ve stejném množství než v jakém byly vytvořeny, tak začne vzrůstat tlak, produkty výbuchu se hromadí a proces se začíná zrychlovat – explozivní hoření přechází v detonaci.

Detonace – výbušná přeměna, která probíhá větší rychlostí než je rychlost zvuku za daných podmínek v detonační vlně (nejrychlejší druh výbušné přeměny). Detonační vlna je zvláštní typ úderné vlny, která se šíří výbušnou směsí, přičemž ztráty její energie jsou doplňovány energií uvolněnou při chemických reakcích probíhajících v reakčním pásmu v detonační vlně. V důsledku toho se může detonační vlna šířit prostorem výbušné směsi určitou konstantní rychlostí. Rychlost detonační vlny bývá obvykle vyšší než $1000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (max. $4000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) a vyznačuje se rázovou vlnou (vlna šířící se v plynném prostředí, na jejímž čele se hustota prostředí, tlak i teplota mění skokem).

3.3 Výbuch jako mimořádná událost

Výbuch je nežádoucí jev, který svými účinky (zejména tlakovými) může poškodit (zničit) stavební konstrukce (u požárně dělících konstrukcí se tím může narušit jejich funkce mezi požárními úseky), poškodit nebo demolovat větrací systémy, výrobní zařízení, stroje a vše ostatní, co je v jeho dosahu. Jelikož nemusí mít předzvěst a trvá několik milisekund, není možný reálný únik z ohrožených prostor a proto je zpravidla doprovázen ztrátami na životech, poškozením zdraví a materiálními či ekonomickými ztrátami. Překvapivostí výbuchu vzniká po výbuchu na místě velmi často panická situace.

4 INICIACE VÝBUCHU

Iniciace výbuchu může být:

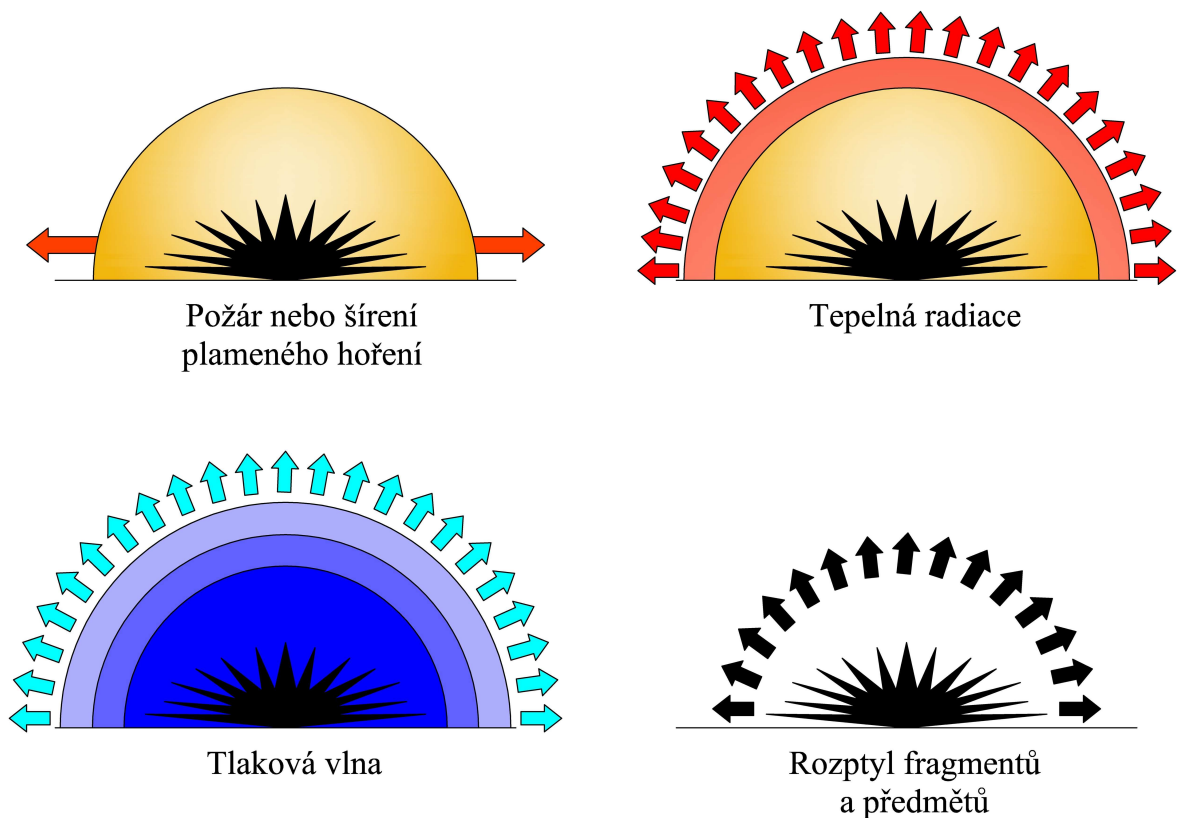
- tepelná – zahřátí výbušné směsi, otevřený plamen, styk s horkým povrchem,
- mechanická – náraz, tření,
- elektrická – výboj, jiskra, elektrický oblouk,
- detonace – detonační vlna jiného výbuchu,
- chemická – tepelná energie jiné chemické reakce.

5 ÚČINKY VÝBUCHOVÉHO DĚJE

Účinky výbuchového děje lze v jejich projevech popsat jako:

- požár nebo šíření plamenného hoření po povrchu,
- tepelnou radiaci,
- tlakovou (rázovou) vlnu,
- rozptyl fragmentů a předmětů.

Obrázek č. 1 Schématické vyjádření účinků výbuchového děje



5.1 Následkem výbuchu může dojít k:

- a) narušení či totální destrukci stavebních konstrukcí,
- b) mechanickému poškození nebo destrukci zařízení (technická, technologická) v objektu nebo nosných konstrukcí těchto zařízení,
- c) úniku kapalin a plynů s nebezpečnými látkami z technologického zařízení do okolí (např. nádrže, produktovody),
- d) usmrcení a/nebo poranění osob, včetně zasahujících hasičů (např. ztráta vědomí, poškození sluchu, mechanické zranění),
- e) vzniku paniky a ztráty orientace osob nacházejících se v okolí dosahu účinků výbuchu,
- f) zasažení nebo poškození nástupních ploch, zásahových a únikových cest,
- g) poškození požární techniky, požárně bezpečnostních zařízení, věcných prostředků požární ochrany,
- h) vzniku, rozšíření nebo i naopak uhašení požáru,
- i) uvolnění toxických látek nebo zplodin hoření jako produktů výbuchového děje, intoxikace biologického systému, technického systému a prostředí,
- j) následnému vzniku požáru.

5.2 Rázová vlna

Šíří se akustická vlna z ohniska výbuchu v přibližně kulových vlnoplochách. Při nárazu na povrch stavební konstrukce nebo terénu se její účinek snižuje.

Maximální přetlak v čele vzdušné rázové vlny je možno podle Sadovského zapsat ve tvaru:

$$p = 0,0981 \cdot \left(\frac{0,76}{\bar{R}} + \frac{2,25}{\bar{R}^2} + \frac{6,5}{\bar{R}^3} \right) \quad [\text{MPa}]$$

přičemž pro výpočet platí rovnice:

$$\bar{R} = \frac{R}{2Q^{1/3}}$$

přičemž pro výpočet Q platí rovnice:

$$Q = Q_s \frac{Q_{vs}}{Q_{vt}} \quad [\text{kg}]$$

\bar{R} – redukovaná vzdálenost [m . kg^{-1/3}]

R – vzdálenost uvažovaného místa od středu nálože [m]

Q – nálož [kg]

Q_s – nálož skutečné trhaviny [kg]

Q_{vs} – skutečné výbuchové teplo [kJ . kg⁻¹]

Q_{vt} – výbuchové teplo tritolu [kJ . kg⁻¹]

(výbuchové teplo tritolu se uvažuje 4200 kJ . kg⁻¹)

Výpočet závislosti tlaku rázové vlny [2] na vzdálenosti uplatní následující vztah a tabulka:

$$\Delta p = \frac{93,2}{k} + \frac{383}{k^2} + \frac{1275}{k^3} \quad [\text{MPa}]$$

Δp – přetlak na čele rázové vlny [MPa]

k – koeficient (redukovaná vzdálenost)

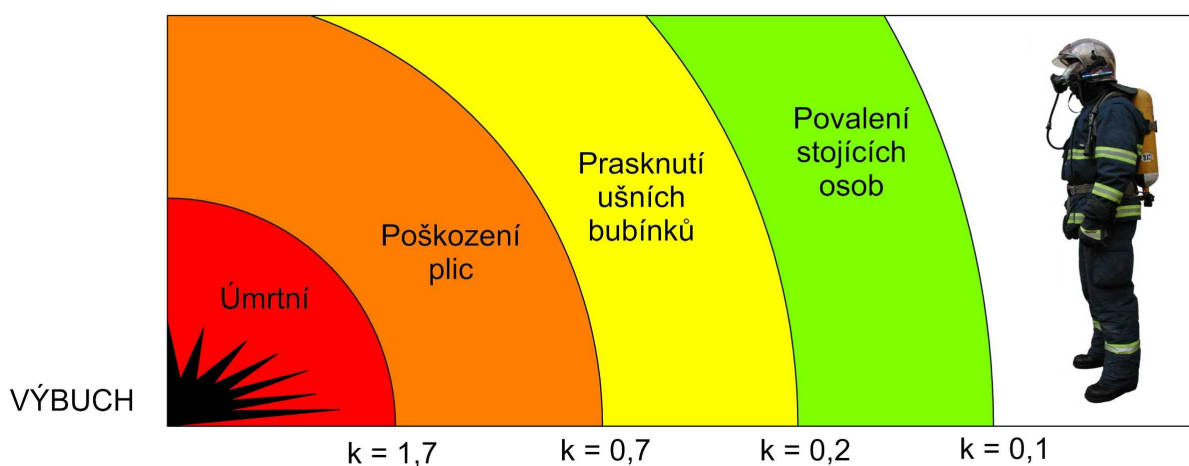
Tabulka č. 3 Účinky šířící se rázové vlny

k	Δ_p [kPa]	Účinek
200	do 0,5	Žádná poškození.
100 – 200	0,5 – 1	Malá poškození okenních výplní.
50 – 100	1 – 2	Větší poškození okenních výplní.
25 – 50	2 – 5	Částečné poškození rámu dveří a oken, porušení omítky a vnitřních dřevěných příček.
8 – 25	5 – 20	Zničení oken, poškození lehkých staveb, poranění osob odletujícím sklem.
6 – 14	10 – 30	Částečné rozrušení staveb, lehčí poranění organismu.
10	15	Povalení stojící osoby.
6 – 8	20 – 30	Značné rozrušení městských staveb.
6	34	Prasknutí ušních bubínků.
2,7 – 8,3	20 – 150	Rozrušení vnitřních příček, větší poškození organismu.
2,0 – 4,7	50 – 250	Poboření kamenných, cihlových a dřevěných budov, převrácení železničních vozů, poškození elektrické sítě.
3,2	100	Úplné rozbití staveb s výjimkou železobetonových staveb bezpečných proti zemětřesení.
2,2 – 2,7	150 – 200	Smrt organismu, rozrušení železobetonových staveb bezpečných proti zemětřesení.
1,7	200 – 300	Rozrušení ocelových mostů.

Tabulka č. 4 Účinky přetlaku v čele rázové vlny na člověka

Fyziologický efekt		Přetlak v čele rázové vlny [MPa/kPa]
Povalení stojících osob		0,007 / 7
Prasknutí ušních bubíneků	prahové nebezpečí	0,034 / 34
	50% nebezpečí	0,10 / 100
Poškození plic	prahové nebezpečí	0,21 – 0,28 / 210 – 280
	značné nebezpečí	0,55 / 550 a nad
Úmrtí	prahové nebezpečí	0,69 – 0,83 / 690 – 830
	50% nebezpečí	0,90 – 1,24 / 900 – 1240
	100% nebezpečí	1,39 – 1,72 / 1390 – 1720

Obrázek č. 2 Schématické znázornění účinků přetlaku v čele rázové na hasiče



5.3 Tlaková vlna

Tlaková vlna se šíří z ohniska výbuchu v přibližně kulových vlnoplochách (zahrnuje rázovou vlnu). Při nárazu na povrch stavební konstrukce nebo terénu se odrazí a modifikuje. K vícenásobným odrazům dochází zejména v uzavřených prostorách místností, průmyslových hal, apod.

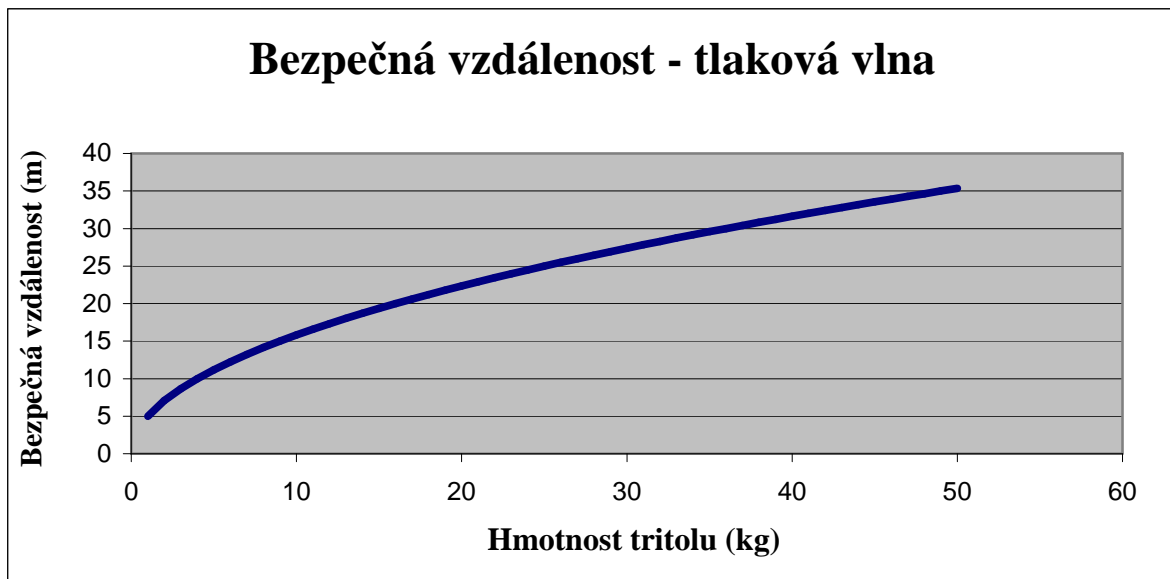
Stanovit bezpečnou vzdálenost [8], v níž již není působení vzdušné tlakové vlny nebezpečné pro člověka, lze podle vzorce:

$$r_{bc} = 5Q^{1/2} \quad [\text{m}]$$

r_{bc} – poloměr bezpečné vzdálenosti [m]

Q – nálož tritolu [kg], výbuch 1 kg tritolu odpovídá výbuchu 7 m³ zemního plynu nebo výbuchu 44,3 m³ odpařených par automobilového benzínu

Graf č. 3



Z výše uvedených údajů je zřejmé, že při výbuchovém ději může při dostatečných parametrech výbuchu i u hasiče chráněného oblečením proti mechanickému poškození těla dojít k poškození ušních bubínek, popřípadě plic. Z toho vyplývá, že při stanovení taktických zásad pro zásahy s nebezpečím výbuchu se nesmí vycházet jenom z ochrany proti mechanickým účinkům, ale také proti účinkům tlakové vlny. Jednoduše řečeno, hasič vstupující do zóny s nebezpečím účinků tlakové vlny není nikdy dostatečně chráněn.

5.4 Tlakové účinky výbuchu uvnitř objektů, vliv oken a dveří na výbuch

O tlakovém účinku výbuchu rozhoduje velikost otvorů, které buď při výbuchu vně konstrukce zprostředkují přenos tlakové vlny do nitra konstrukce objektu, nebo při výbuchu uvnitř objektu tvoří rozbitím oken a dveří výfukové otvory, které mají vliv na snížení účinků výbuchu na objekt.

5.4.1 Výbuch vně objektu

Velikost a geometrický tvar otvorů v obvodovém plášti objektu při výbuchu zprostředkují přenos tlakové vlny do nitra konstrukce objektu.

5.4.2 Výbuch uvnitř objektu

Velikost a geometrický tvar otvorů objektu umožňují při výbuchu odvod účinků tlakové vlny do volného prostoru. Odvod náhlého zvýšení tlaku při výbuchu snižuje účinky tlakové vlny na konstrukci objektu.

5.5 Rozptyl fragmentů a předmětů

Všechny předměty, na které působí účinky výbuchového děje, získávají tepelnou, případně pohybovou energii. Účinky jejich rozptylu se mohou projevovat ve vzdálenostech až stovek metrů, v závislosti na intenzitě a průběhu výbuchu.

6 VYBRANÉ TECHNICKO – BEZPEČNOSTNÍ PARAMETRY A POŽÁRNĚ TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY PLYNŮ, PAR KAPALIN A PRACHŮ

6.1 Meze výbušnosti

Koncentrační meze výbušnosti jsou dolní a horní hraniční koncentrace hořlavého plynu či par (ve směsi se vzduchem nebo kyslíkem), mezi nimiž směs hořlavého plynu či par a oxidačního činidla vybuchuje. Jejich hodnoty jsou vztaženy k normálním podmínkám (20°C, 101,325 kPa).

6.2 Dolní mez výbušnosti (DMV)

Nejnižší koncentrace hořlavých prachů, plynů a par ve směsi s oxidovadlem, při které je tato směs ještě výbušná. Uvádí se v procentech objemových nebo hmotnostních.

6.3 Horní mez výbušnosti (HMV)

Nejvyšší koncentrace hořlavých plynů a par ve směsi s oxidovadlem, při které je tato směs ještě výbušná (u prachů nejde prakticky určit). Uvádí se v procentech objemových nebo hmotnostních.

6.3.1 Faktory, které ovlivňují meze výbušnosti

- iniciační zdroj – čím větší iniciační energie, tím obvykle větší rozsah mezí výbušnosti,
- tlak – čím vyšší tlak, tím větší rozsah mezí výbušnosti,
- teplota prostředí – čím vyšší teplota, tím větší rozsah mezí výbušnosti,

- podíl oxidovadla a O_2 – čím vyšší obsah O_2 ve směsi, tím větší rozsah mezí výbušnosti,
- podíl inertních plynů – čím vyšší je podíl inertních plynů ve směsi, tím je menší rozsah mezí výbušnosti.

6.4 Výbušná atmosféra

Směs vzduchu a hořlavých látek ve formě plynů, par, mlh nebo prachů při normálních podmínkách (20°C , $101,325\text{ kPa}$), ve které se po vzniku iniciace rozšíří hoření do celé nespálené směsi (v prostorách menších než 100 m^3 se za orientační nebezpečné množství považuje výbušná směs tvořící desetitisícinu objemu daného uzavřeného prostoru; např. v místnosti o objemu 50 m^3 je již nebezpečné 5 dm^3 výbušné směsi).

6.4.1 Výbušnou atmosféru mohou vytvořit zejména:

- plyny – plynovzdušné směsi (například acetylen se vzduchem, topné plyny se vzduchem, oxid uhelnatý se vzduchem, atd.),
- páry hořlavých kapalin, zejména I. a II. třídy nebezpečnosti (například benzin, ředidla, hořlavé barvy),
- hořlavé prachy (např. dřevný, uhelný, moučný, cukerný, hliníkový prach),
- hybridní směsi (plyn s hořlavým prachem).

Fotografie č. 1 Počínající výbuch 40 l tlakové láhve s acetylenem



6.5 Požárně technické charakteristiky

Souhrn všech takových fyzikálních a chemických vlastností, které se při požáru vyskytují a vznikají látkovou a energetickou přeměnou všech látek a oxidačních činidel, které se na hoření podílejí. Mezi základní patří:

- **teplota vzplanutí** – nejnižší teplota, při které se při přesně definovaných podmínkách zkoušky vytvoří nad látkou takové množství par, že jejich směs se vzduchem přiblížením plamene vzplane a ihned uhasne. Teplota vzplanutí slouží jako kritérium pro zařazení hořlavých kapalin do tříd nebezpečnosti podle ČSN 65 0201:08/2003, viz tabulka č. 5.

Tabulka č. 5 Třídy hořlavých kapalin

Třída nebezpečnosti	Teplota vzplanutí (°C)
I.	do 21 včetně
II.	od 21 do 55 včetně
III.	od 55 do 100 včetně
IV.	od 100 do 250

- **teplota vznícení** – nejnižší teplota horkého povrchu, při které se optimální směs par nebo plynů dané látky se vzduchem na předepsaném zařízení a při předepsaném pracovním postupu vznítí. Teploty vznícení slouží jako kritérium pro zařazení látky do teplotních tříd podle ČSN 33 0371, viz tabulka č. 6.

Tabulka č. 6 Teplotní třídy podle teploty vznícení

Teplotní třída	Teplota vznícení (°C)
T1	nad 450
T2	nad 300 do 450
T3	nad 200 do 300
T4	nad 135 do 200
T5	nad 100 do 135
T6	nad 85 do 100

- **teplota hoření** – nejnižší teplota hořlavé kapaliny, při níž se nad hladinou vytvoří takové množství nasycených par, které po přiblížení zkušebnímu plamínku vzplane a po jeho oddálení hoří nejméně 5 sekund,
- **dolní a horní mez výbušnosti** – jedná se o koncentraci směsi se vzduchem. Toto pásmo je pro každou látku specifické a je omezeno horní mezí (HMV) a dolní mezí (DMV). Uvnitř tohoto pásma tvoří látka se vzduchem výbušnou (hořlavou) směs,
- **dolní teplotní mez výbušnosti** – nejnižší teplota hořlavé kapaliny, při níž se nad hladinou vytvoří množství nasycených par odpovídající dolní mezi výbušnosti,

- **horní teplotní mez výbušnosti** – nejvyšší teplota hořlavé kapaliny, při níž se nad hladinou vytvoří množství nasycených par odpovídající dolní mezi výbušnosti.

6.6 Příklady požárně technických charakteristik u vybraných látek

6.6.1 Automobilový benzín

Jedná se o směs alifatických (parafinických), naftenických (cykloparafinových) a aromatických uhlovodíků. Benzíny mají prudký dráždivý účinek na sliznice. Vdechování benzínových par má narkotické účinky, které jsou umocněny přítomností toluenu a methylterciárbutylétheru – běžná součást současných benzínů. Hoření benzínu je požárem třídy B. Pro hašení požárů ropných produktů, tedy i benzínů, se doporučuje těžké, popřípadě střední pěny. Hašení v kovových nádržích značně ovlivňuje nahřátý kov, jehož teplota dosahuje až 900 °C. Pro takové případy je nejlépe použít neinogenního smáčedla, t.j. PYROCOOLu, požáry v menších uzavřených místnostech lze dobře zvládnout plyným hasivem např. CO₂.

- teplota vzplanutí < - 20 °C (třída nebezpečnosti I.),
- teplota vznícení 228 - 501 °C,
- teplota hoření 2 200 °C,
- dolní mez výbušnosti cca 0,9 % objemových (odpovídá koncentraci 6,7 až 7,0 g.m⁻³),
- horní mez výbušnosti cca 7 % objemových,
- dolní teplotní mez výbušnosti cca - 40 °C.

Fotografie č. 2 Požár benzínu po nehodě automobilové cisterny



6.6.2 Zemní plyn

Jedná se o hořlavý, lehce vznětlivý, nepáchnoucí, stlačitelný a zkapalnitelný plyn, lehčí než vzduch, se kterým tvoří výbušné směsi, ve vodě nerozpustný, nad vodní hladinou zplyňuje a tvoří výbušné směsi, reaguje s oxidovadly, je dusivý. Zemní plyn je tvořen cca 90 % metanu. Stlačením a podchlazením lze zkapalnit, unikající kapalina rychle přechází do plynné fáze za tvorby chladných mlh těžších než vzduch. Metan je ve vodě nerozpustný, nad vodní hladinou zplynní a tvoří se výbušné směsi. Reaguje s oxidovadly. Hoření zemního plynu je zařazeno do třídy požáru C, vhodnými hasivky je voda v roztržitěném stavu (sprchový proud) nebo PYROCOOL, zejména při požárech zkapalněného plynu.

- teplota vznícení 537 °C,
- teplota hoření 1 875 °C,
- dolní mez výbušnosti 5 % objemových,
- horní mez výbušnosti 15 % objemových,
- dolní teplotní mez výbušnosti cca - 40 °C.

Fotografie č. 3 Požár unikajícího zemního plynu z výkopu



*Fotografie č. 4
Požár unikajícího zemního
plynu z karmy*



7 PROSTŘEDÍ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU

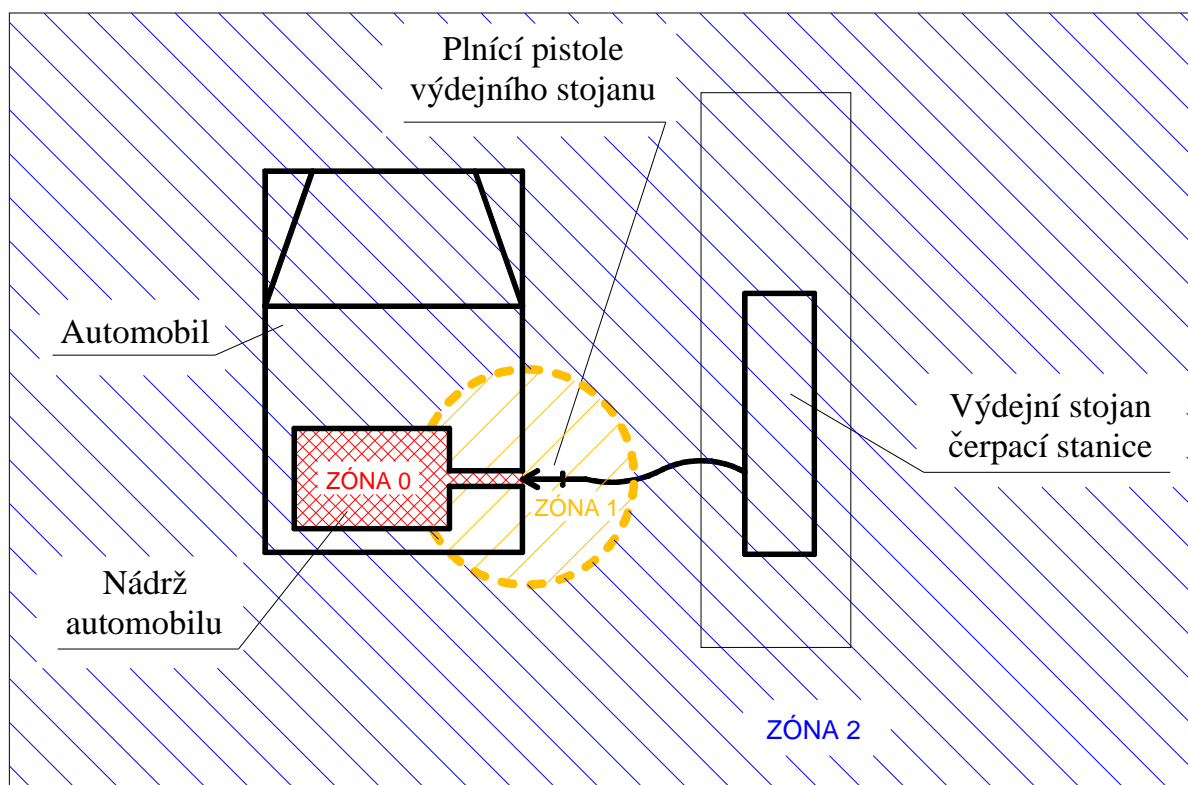
Pro hořlavé plyny a páry hořlavých kapalin se v závislosti na pravděpodobnosti výskytu nebezpečné výbušné atmosféry prostředí s nebezpečím výbuchu dělí na zóny [2].

Zóna 0 – prostor, ve kterém je výbušná atmosféra směsi hořlavých látek ve formě plynu, páry nebo mlhy se vzduchem přítomna nepřetržitě nebo dlouhou dobu (např. uvnitř zásobníků, nádob, v potrubí apod.).

Zóna 1 – prostor, ve kterém je při běžném provozu pravděpodobnost výskytu výbušné atmosféry směsi hořlavých látek ve formě plynu, páry nebo mlhy se vzduchem příležitostná (např. bezprostřední okolí zóny 0 nebo bezprostřední okolí přívodních otvorů, apod.).

Zóna 2 – prostor, ve kterém je při běžném provozu nepravděpodobný výskyt výbušné atmosféry směsi hořlavých látek ve formě plynu, páry, mlhy se vzduchem a pokud se tato atmosféra vyskytuje, pak pouze velmi krátkou dobu.

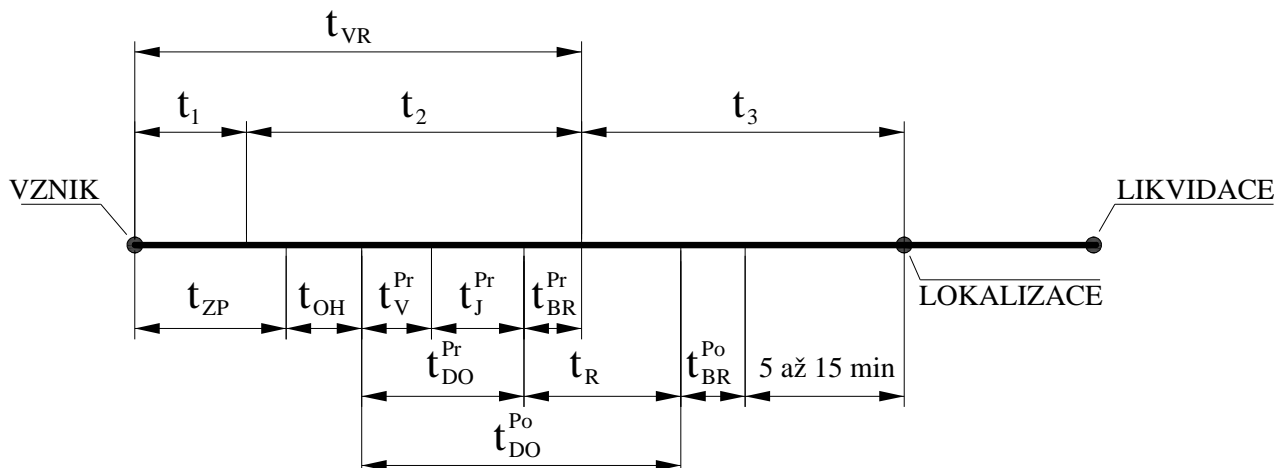
Obrázek č. 3 Znárodnění prostředí s nebezpečím výbuchu par automobilového benzínu, při stáčení z výdejního stojanu čerpací stanice, do automobilu



8 VÝVOJ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI

Každá mimořádná událost, kterou jednotky požární ochrany odvrací nebo ji likvidují, má několik společných momentů, které lze na časové ose [3] vyjádřit následovně:

Obrázek č. 4 Vztah časových úseků charakterizujících rozvoj požáru a zásahové činnosti jednotek požární ochrany

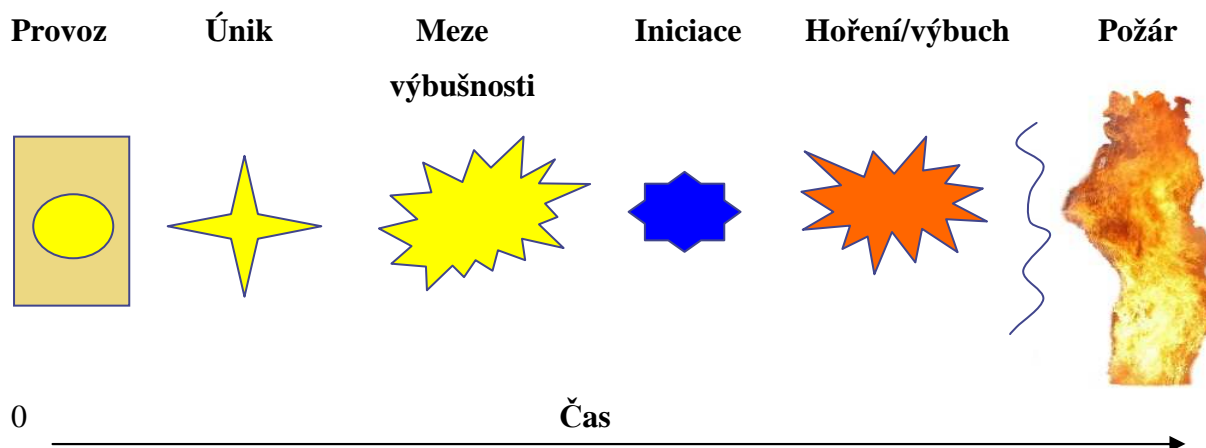


- t_1 – doba rozhořívání požáru 0 až 10 min
- t_2 – doba volného rozvoje požáru (do nasazení prvních proudů)
- t_3 – doba šíření požáru od nasazení prvních proudů do lokalizace požáru
- t_{ZP} – čas zpozorování
- t_{VR} – čas volného rozvoje požáru
- t_{OH} – čas ohlášení požáru
- t_{V}^{Pr} – čas výjezdu první jednotky požární ochrany
- t_{J}^{Pr} – čas jízdy první jednotky požární ochrany
- t_{BR}^{Pr} – čas bojového rozvinutí první jednotky požární ochrany
- t_{DO}^{Pr} – čas dojezdu první jednotky požární ochrany
- t_R – čas rozvoje požáru
- t_{DO}^{Po} – čas dojezdu poslední jednotky požární ochrany
- t_{BR}^{Po} – čas bojového rozvinutí poslední jednotky požární ochrany

Jednotlivé časové etapy mohou být různě dlouhé, vždy záleží na konkrétní situaci. Současně je nutné si uvědomit, že jednotlivé časy se vždy sčítají. Výsledný čas odvrácení hrozícího nebezpečí a minimalizace následných negativních jevů jsou vždy závislé na co nejkratším

čase každé etapy s cílem v co nejkratším čase dosáhnout lokalizace a likvidace požáru. Dosažení nejkratšího času lokalizace, popřípadě likvidace musí být v přímé závislosti logické posloupnosti úkonů, se zohledněním navazujících vlivů.

Obrázek č. 5 Zjednodušený vývoj události v případě úniku plynu a následného výbuchu



9 OCHRANA PŘED VÝBUCEM PŘI ZÁSAHU JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY

K ochraně před výbuchem se z části využívají taktické zásady pro zásah na nebezpečnou látku. Ochrana zdraví a životů hasičů při zásahu s nebezpečím výbuchu spočívá zejména v:

- znalosti a využívání pevných konstrukcí objektu, členitosti terénu,
- dodržení taktických zásad při vstupu do uzavřených prostorů, kdy je nutné mít na zřeteli existenci nebezpečí výbuchu náhlým přístupem vzduchu do uzavřeného prostoru (zachovávání ostražitosti při otevírání, např. dveří a oken uzavřených prostorů silně zaplněných kouřem o vysoké teplotě, kde může dojít k náhlému vzplanutí plynů, k vyšlenutí plamenů nebo k výbuchu; odvětrání místnosti je možno zahájit s jen připraveným vodním proudem),
- dodržení taktických zásad při vstupu do uzavřených prostorů, ve kterých došlo k úniku hořlavého nebo výbušného plynu,
- využití informací z dokumentace zdolávání požárů a od přizvaných odborníků, znalostí významu bezpečnostních značek, barevného značení potrubí nebo tlakových lahví a označení jednotlivých druhů nebezpečí podle předpisů,

- e) volbě vhodného směru nasazení sil a prostředků s ohledem na nebezpečí destrukce armatur, stavebních konstrukcí, tlakových nádob včetně jejich výzbroje, atd.,
- f) nasazení jen nezbytně nutného počtu hasičů do prostoru ohroženého výbuchem a jeho účinky; do těchto prostorů postupovat (je-li to možné) z chráněných míst a z návětrné strany,
- g) ustavení požární techniky v dostatečné vzdálenosti a na návětrné straně, dbát na možnost jejího rychlého přemístění (pozornost se musí věnovat výfukovým stěnám a snadno vybořitelným plochám),
- h) vzájemném jištění hasičů provádějících zásah,
- i) trvalé informovanosti zúčastněných hasičů o aktuální situaci nebo průběhu události,
- j) trvalém měření koncentrací plynů a par během zásahu na okrajích nebezpečné zóny; při naměření 50% koncentrace dolní meze výbušnosti musí velitelé přijmout odpovídající reálná opatření ke snížení nebezpečí výbuchu,
- k) hašení a ochlazování okolí místa hoření z úkrytu a/nebo bezpečné vzdálenosti, pokud je to možné,
- l) ochlazování zařízení s přetlakem (tlakové lahve, nádrže, zásobníky) a zařízení v nichž může vzniknout vnějšími účinky přetlak,
- m) použití vodní clony pro srážení unikajících ve vodě se rozpouštějících plynů a par s respektováním rozšíření nebezpečné zóny rozlévající se vodou,
- n) využití stabilních a dálkově ovládaných proudnic pro ochlazování, popřípadě nasazení robota,
- o) zamezení rozvíření hořlavých prachů,
- p) snížení koncentrací plynů a par v prostorech (např. inertizací, odvětráním, absorpcí),
- q) snížení odparu hořlavé kapaliny pokrytím její hladiny pěnou, ochlazováním, ředěním apod. s tím, že u zahřáté kapaliny nelze tohoto způsobu účinně využít,
- r) maximální vyloučení možných iniciačních zdrojů výbuchu,
- s) nehašení hořícího plynu unikajícího z potrubí a armatur, pokud nelze zastavit jeho únik,
- t) sledování poškození (stabilita a celistvost) stavebních konstrukcí a technologických zařízení po výbuchu.

Výše uvedené zásady musí být při rozhodovacím procesu na mysli v nejvyšší možné míře hlavně veliteli zásahu. Jedná se o znalosti, které jsou specifické a zasahují do mnoha oborů (stavebnictví, chemie hořlavín, chemie hasiv, atd.).

Tyto znalosti a praktické zkušenosti velitel zásahu při příjezdu na místo mimořádné události využívá při určování velikosti a dislokace týlového prostoru, nástupního prostoru a nebezpečné zóny.

V případě mimořádné události s možností výbuchu se rozměry (vzdálenosti) jednotlivých zón pohybují řádově v desítkách až stovkách metrů.

9.1 Ochrana před výbuchem s využitím taktických zásad pro zásah na nebezpečnou látku

V prostoru zásahu je nezbytně nutné vytvořit tři základní prostory, které svým vhodným uspořádáním vytváří předpoklady pro minimální ohrožení osob a prostředků:

- týlový prostor,
- nástupní prostor,
- nebezpečná zóna.

Týlový a nástupní prostor musí být situovány vždy na návětrné straně místa mimořádné události. Nesmí být umístěny v terénních prohlubních a údolích, kde by mohlo dojít k zasažení plyny a parami těžšími než vzduch. Nástupní prostor musí bezprostředně sousedit s nebezpečnou zónou.

9.1.1 Týlový prostor

Slouží k soustředění sil a prostředků potřebných na místě zásahu a k přípravě jednotek PO, či ostatních složek IZS na nasazení. Musí být umístěn v dostatečné vzdálenosti od místa zásahu, kde je předpoklad, že nehrozí účinky výbuchového děje. Skládá se ze seřadovacího stanoviště a vystrojovacího stanoviště. Seřadovací stanoviště slouží k soustředění sil prostředků, které se dostavily k místu zásahu, k odpočinku a občerstvení zasahujících hasičů. Na tomto stanovišti jsou zasahující hasiči informováni o svých úkolech v nebezpečné zóně nebo v týlu zásahu. Vystrojovací stanoviště je prostor, kde se zasahující osoby vybavují ochrannými prostředky a potřebnou výstrojí podle rozhodnutí velitele zásahu.

9.1.2 Nástupní prostor

Musí bezprostředně sousedit s nebezpečnou zónou. Slouží ke kontrole a soustředění sil a prostředků před přímým nasazením do nebezpečné zóny. Nástupní prostor tvoří kontrolní bod a nástupní stanoviště. Kontrolní bod je stanoviště v bezprostřední blízkosti nebezpečné zóny, ve kterém je prováděna kontrola správnosti a bezpečnosti vystrojenosti a vyzbrojenosti

zasahujících hasičů. Nástupní stanoviště může být podle potřeby totožné s kontrolním bodem. Zde čekají zasahující hasiči na povel velitele zásahu nebo jím pověřené osoby ke vstupu do nebezpečné zóny, k nasazení nebo střídání.

9.1.3 Nebezpečná zóna

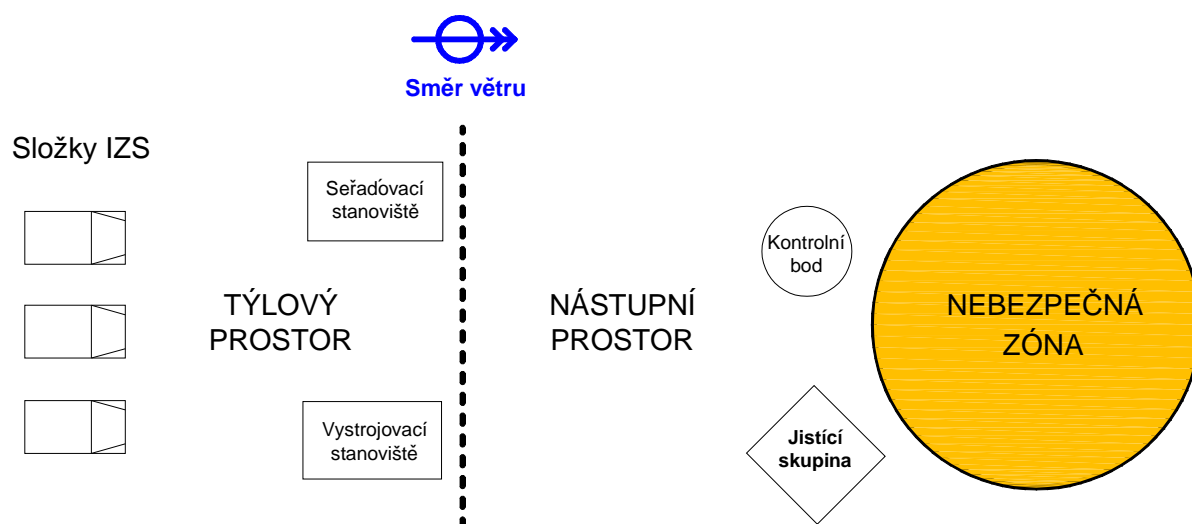
Jedná se o prostor s vysokým ohrožením účinky mimořádné události. Nebezpečnou zónou se vymezuje odstup od místa vyskytujícího se nebezpečí výbuchu. Vymezení zóny se řídí druhem nebezpečné nebo unikající látky, hrozící výbuchem.

Doporučené vzdálenosti od místa předpokládaného výbuchu (hranice nebezpečné zóny):

- páry hořlavých kapalin 50 m,
- plyny 50 m,
- prachy 50 m,
- třaskaviny, objemově rozsáhlá oblaka par 100 a více metrů.

Nasazení sil a prostředků složek IZS musí respektovat povětrnostní podmínky, zejména měnící se směr a rychlost větru.

Obrázek č. 6 Schéma místa zásahu z hlediska ochrany před výbuchem s použitím taktických zásad pro zásah na nebezpečnou látku



V případě výskytu nebezpečných zplodin nebo nebezpečných látek (čpavek, chlór) je nutné do schématu doplnit dekontaminační pracoviště.

9.2 Základní organizační činnost velitele zásahu na místě zásahu jednotek PO

Pro základní organizační činnost na místě zásahu s nebezpečím výbuchu, musí velitel zásahu vyčlenit hasiče, popřípadě jiné osoby s úkoly pro:

- uzavření místa zásahu a jeho vytyčení páskou,
- průzkum a činnost v nebezpečné zóně,
- práci a organizaci nástupního prostoru,
- jištění hasičů provádějících zásah v nebezpečné zóně,
- organizace týlu a střídání zasahujících hasičů,
- případnou dekontaminaci

Velitel zásahu je rovněž odpovědný za spolupráci jednotek PO s ostatními složkami IZS, orgány státní správy a samosprávy, přizvanými odborníky a zástupci firem na místě zásahu.

Velitel zásahu je oprávněn na nezbytnou dobu přerušit záchranu osob, zvířat nebo majetku v případě, kdy již nelze, ani přes vynaložení všech dostupných sil a prostředků, osoby, zvířata nebo majetek zachránit anebo pokračování v zásahu by bezprostředně ohrožovalo život zasahujících hasičů.

9.3 Vytvoření skupiny pro průzkum, práci a jištění na místě zásahu

9.3.1 Průzkumná a pracovní skupina

Průzkumná a pracovní skupina se nasazuje v nebezpečné zóně. Práce této skupiny spočívá v zjištění míry ohrožení osob, identifikace látky, využití dostupné dokumentace. Práce je prováděna dle specifiky a vývoje mimořádné události. Skupina musí pracovat určenou dobu (omezenou) s ohledem na ochranné prostředky a fyzickou námahu.

9.3.2 Skupina pro jištění zasahujících hasičů v nebezpečné zóně

Jedná se o vyčleněný počet hasičů v závislosti na počtu osob pracujících v nebezpečné zóně, kteří mají za úkol sledovat činnost zasahujících hasičů nebo osob a v případě nebezpečí je varovat (např. pískáním na píšťalku) a poskytnout jim okamžitou pomoc, (např. hasit nenadálý požár).

Minimální počet jistících osob:

- 2 osoby pracující v nebezpečné zóně = 2 jistící hasiči,
- 3 osoby pracující v nebezpečné zóně = 2 jistící hasiči,
- 4 osoby pracující v nebezpečné zóně = 2 jistící hasiči,
- více než 5 osob pracujících v nebezpečné zóně = jistí se vzájemně, při extrémních podmínkách musí být dodržen poměr 1 : 1.

Mezi touto skupinou a průzkumnou či pracovní skupinou v nebezpečné zóně musí být předem dohodnut způsob komunikace. Způsob komunikace může být radiostanicemi (v provedení do výbušného prostředí), světelnými a/nebo zvukovými signály, signály lanem, rukou, atd. Předem nelze taxativně určit jednotný druh komunikace pro všechna prostředí s nebezpečím výbuchu.

10 OCHRANNÉ PROSTŘEDKY A DALŠÍ ZAŘÍZENÍ K OCHRANĚ PŘED VÝBUCHEM

Ochranné prostředky a další zařízení v ochraně před výbuchem představují:

- a) ochranné prostředky pro hasiče,
- b) detekční technika a explozimetrie,
- c) použití požární techniky a věcných prostředků s ohledem na nebezpečí iniciace výbuchu,
- d) použití dálkově ovládaného robota,
- e) plynová detekce v místech kde je instalována,
- f) havarijní monitoring v místech kde instalován,
- g) kamerové systémy v místech kde jsou instalovány,
- h) řídicí systém výrobního nebo technologického zařízení,
- i) prvky měření a regulace.

10.1 Více-plynové přenosné detektory

Nejrozšířenější skupina měřících přístrojů v oblasti PO, založených na principu změny elektrické vodivosti odporů, jsou více-plynové přenosné detektory.

Oblast nasazení více-plynových přenosných detektorů na místě zásahu je preventivní opatření proti výbuchu, při vstupu zasahujících hasičů do prostoru s nebezpečím výbuchu nebo i naopak do prostoru po výbuchu při zásahu jednotek požární ochrany.

10.1.1 Principy měření koncentrací

- kyslíku – na principu změny elektrické vodivosti v elektrickém článku,
- výbušnosti – na principu změny elektrické vodivosti elektrických odporů

10.1.2 GasAlertMicro 5 PID

Tento přístroj je v současné době jedním z nejpoužívanějších přístrojů. Jedná se o přenosný více-plynový detektor (explozimetr), určený pro detekci organických těkavých látek, toxických a výbušných plynů a kyslíku. Přístroj je vodotěsný a odolný vůči nárazu. Koncentraci naměřeného plynu lze odečítat na numerickém displeji. Překročení nastavené dolní nebo horní nastavené hranice koncentrace plynu je signalizováno akusticky, opticky a vibračně. Přístroj ukládá měřené údaje a kompletní provoz přístroje průběžně během provozu. Tyto údaje mohou být po připojení na počítač zobrazeny a vyhodnoceny. Přístroj je vybaven integrovanou pumpou (elektrickým čerpadlem), která umožňuje odběr vzorku plynu.



Fotografie č. 5
GasAlertMicro 5 PID

Tabulka č. 7

Základní technická data GasAlertMicro 5 PID	
Napájení přístroje	3 kusy baterií typu AA nebo akumulátor
Orientační doba provozu (h)	20
Rozměry – výška x šířka x délka (mm)	145 x 74 x 38
Hmotnost přístroje (g)	370

11 KONKRÉTNÍ MIMORÁDNÉ UDÁLOSTI

11.1 Výbuch zemního plynu v obytném objektu v městské zástavbě

V sobotu dne 18. února 2006 byl na KOIST HZS hl. m. Prahy v čase 09:30:56 ohlášen prostřednictvím tísňové linky 158 výbuch v domě na adrese Praha 5, Preslova 9.

Ihned po přijetí zprávy o události byly na místo události vyslány tyto hasičské stanice (dále jen „HS“) HZS hl. m. Prahy takto:

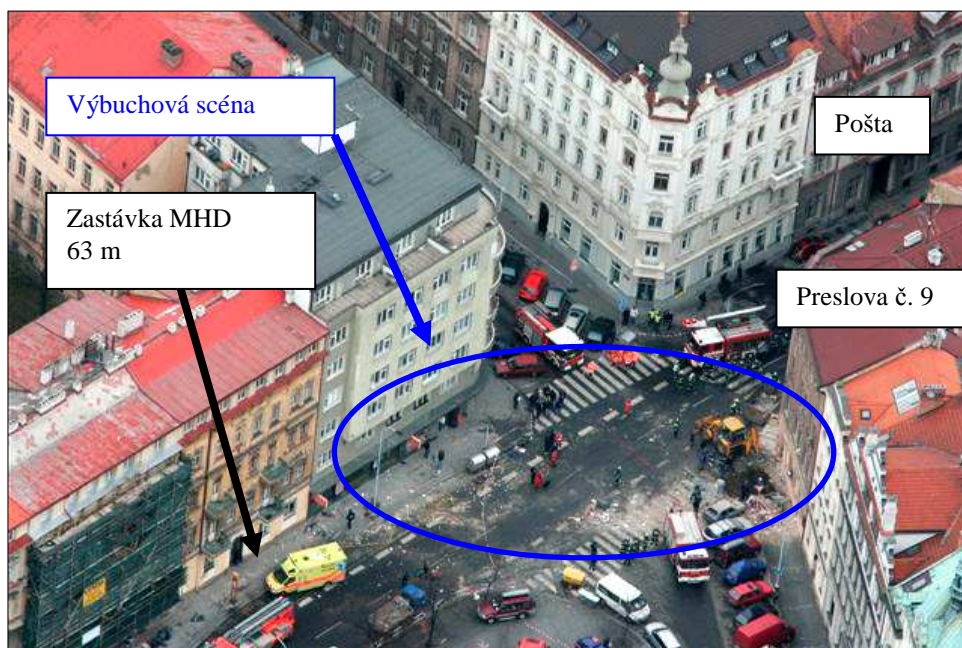
09:30 hodin stanice HS-1, HS-3 a HS-7 vyslána k případu,

09:32 hodin stanice HS-1, HS-3 a HS-7 venku,

09:33 hodin velitelský automobil (VA) venku,

09:36 hodin stanice HS-1 na místě, průzkum.

Po příjezdu první jednotky bylo zjištěno, že se jedná o rozsáhlejší výbuch zemního plynu, plynáreská pohotovost byla už na místě před příjezdem první jednotky a Zdravotnická záchranná služba hl. m. Prahy ošetřovala zraněnou osobu na komunikaci. Bylo zjištěno, že se jedná o dům se dvěma podzemními podlažími a pěti nadzemními a dále, že za vstupem do domu se cca 1 m v sutinách pod vyvráceným elektrorozvaděčem nachází zraněný muž. Ihned byly zahájeny práce na jeho vyproštění a ochraně jak tohoto muže, tak i zasahujících hasičů, protože rozvaděč byl pod napětím (jiskření obnažených vodičů) a jeho odpojení v tuto chvíli nebylo možné. K ochraně byl mimo jiné nasazen přenosný hasicí přístroj CO₂ S5. Současně byl zahájen průzkum v domě s cílem zachraňovat a evakuovat nalezené osoby. Velitel zásahu (dále jen „VZ“) si vyžádal povolání pohotovosti rozvodných závodů. Trosky z výbuchu, části stavebních konstrukcí, předměty z restaurace z 1. NP a střepy skla byly směrem do Arbesova náměstí rozmetány do vzdálenosti cca 50 m. V této vzdálenosti byly nalezeny například židle, plastová přepravka s láhvemi piva a podobně. Scéna jednoznačně vypovídala o silném výbuchu. Průzkumem bylo dále zjištěno, že podlaha restaurace 1. NP je propadlá a sutiny zaplňují celý prostor. Ze svědeckých výpovědí jednoznačně vyplynulo, že v prostoru 1. PP se v době výbuchu nacházel kuchař restaurace. V tomto čase nebylo možné nasazení sil a prostředků (dále jen „SaP“) na vyprošťovací práce v prostoru restaurace z důvodu narušené statiky domu.



Fotografie č. 6 Výbuchová scéna před objektem



Fotografie č. 7

*Vyprošťování zasypaného
muže u vchodu*



*Fotografie č. 8 Pohled namísto
kde došlo k výbuchu*



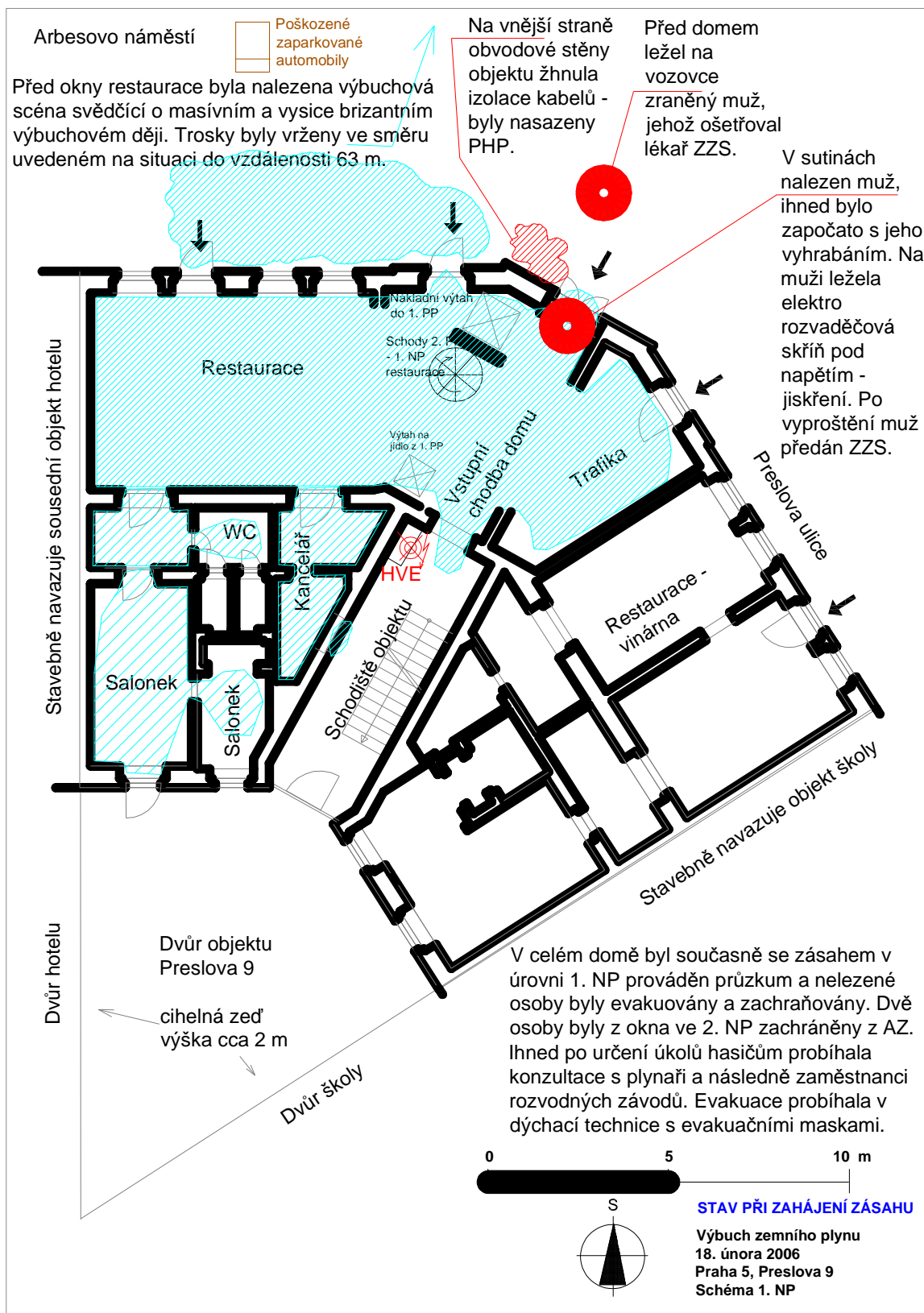
Fotografie č. 9

*Pohled do části
restaurace nad kuchyní*

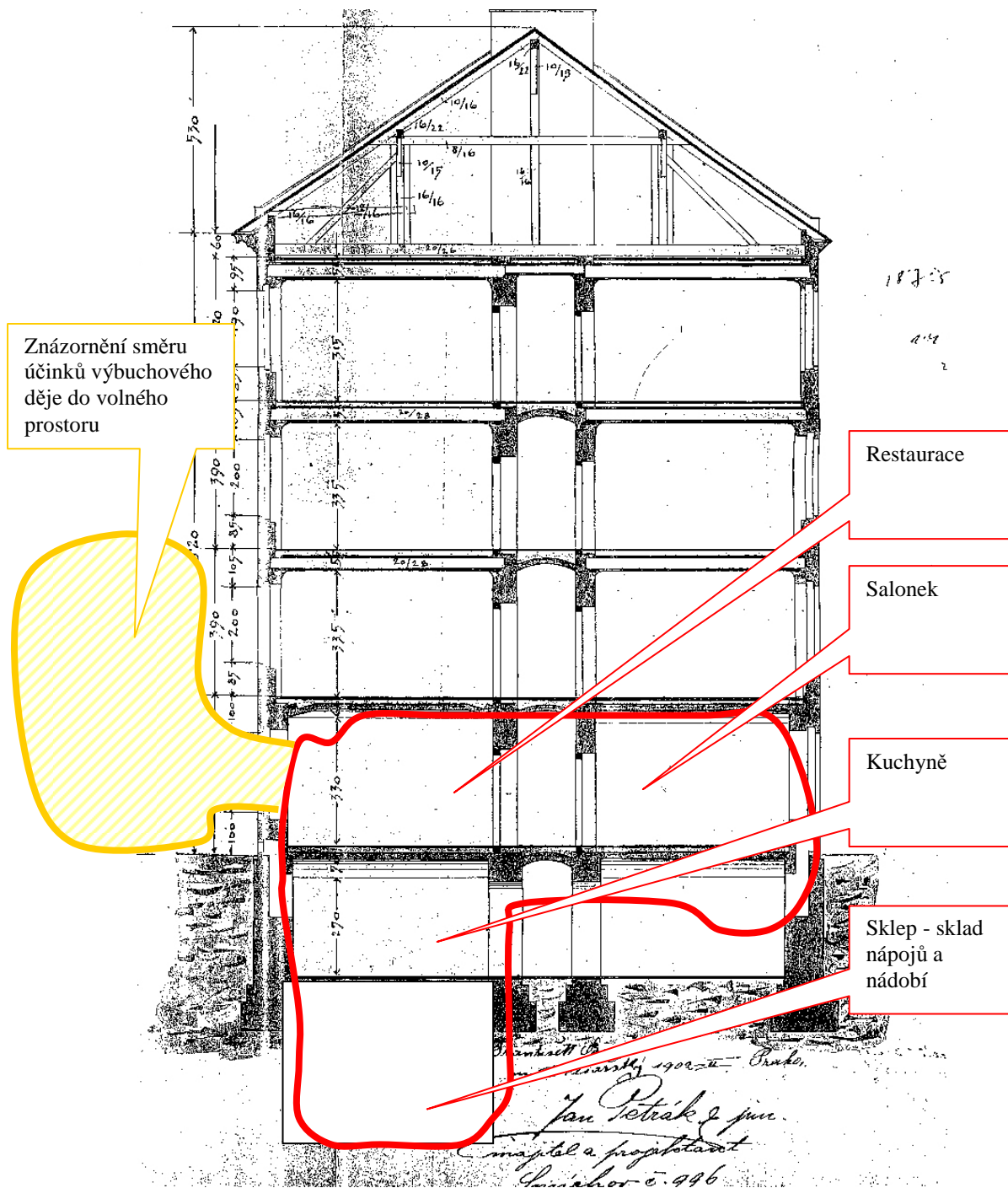
V čase 09:42 byla HS-2 oddělení chemické služby vyslána k případu a dále VZ žádá na místo statika ke konzultaci o stavu objektu a kynology. HS-3 je po příjezdu na místo zásahu ponechána v záloze pro poskytnutí pomoci při případném opakovaném výbuchu a dále byl zjištěn požár v sutinách v PP – provedeny dva proudy (tlaková voda) jako preventivní opatření. Stav na místě při zahájení zásahu je znázorněn na obrázku č. 15.

Obrázek č. 7 Stav při zahájení zásahu

(modře šrafované části znázorňují zasažené prostory výbuchem)



Obrázek č. 8 Řez objektem podle původní stavební dokumentace a znázornění účinků výbuchu



V čase 09:48 je provedeno hašení požáru v 1. PP, který je zasypán sutinami. Ve stejném čase probíhá evakuace 2 osob po automobilovém žebříku z okna 2. NP.

Po příjezdu oddělení chemické služby CHTS je v čase 09:51 zahájeno měření koncentrace zemního plynu v místech určených VZ.

V čase 09:53 jsou zahájeny vyklízecí práce v restauraci a na chodbě objektu. Požár v 1. PP uhašen jedním proudem tlakové vody.

Po rozvinutí a nasazení SaP provedl VZ s velitelem směny a s řídicím důstojníkem podrobnou prohlídku objektu se zaměřením na hodnocení statiky objektu. Výsledek prohlídky byl, že statika jak nosných tak nenosných, svislých i vodorovných stavebních konstrukcí zejména v 1. PP a 1. NP v části restaurace a nejbližším okolí je u zachovaných částí značně porušena.

V čase 10:01 je z chodby v přízemí vyproštěn zpod rozvaděče elektro muž, který byl předán Zdravotnické záchranné službě hl. m. Prahy. Současně v tomto čase sděluje plynárenská pohotovost VZ, že dům nemá na plynovodní přípojce uzávěr a nelze tedy uzavřít přítok plynu do sutin domu. VZ proto ihned žádá o neodkladné uzavření přívodu plynu do oblasti Smíchova – podle technických možností plynárenské soustavy.

V čase 10:45 jsou určeny úkoly a projednán postup nasazení vyhledávacích psů s psovody. Po dobu nasazení byly krátkodobě přerušeny vyklízecí práce v restauraci. I přes dobrou práci všech nasazených vyhledávacích psů a jejich psovodů nepřinesla tato činnost po celou dobu zásahu významný přínos.

Statik Magistrátu hl. n. Prahy se na místo dostavil v čase 10:47. Ihned spolu s VZ zahájili konzultace, VZ jej seznámil s dosud soustředěnými informacemi. Společně provedli krátkou prohlídku objektu. Statik potvrdil dosud určený postup záchranných prací.

Krátce po 12:00 hodin nastaly vhodné podmínky pro nasazení vyhledávací kamery. Vyhledávací kamera byla až do nálezů těla kuchaře pod sutinami používána průběžně. Její nasazení přineslo možnost průzkumu míst, kam by byl vstup zasahujících hasičů ohrožením jejich zdraví a životů a dále tam, kde bylo možné omezit ruční vyklízení sutin.

Fotografie č. 10 Nasazení vyhledávací kamery



Fotografie č. 11 Práce s vyhledávací kamerou



V čase 15:10 probíhalo střídání družstev jednotek požární ochrany, tak aby vyhledávací práce s fyzicky náročným ručním vybíráním sutin nepolevily.

V čase 19:47 stále pokračováno v intenzivním vyklízení sutin, do této doby bylo ručně vyklíženo cca 30 m³ a bylo dohodnuto průběžné střídání zasahujících hasičů.

Fotografie č. 12 Vyklízečí ruční práce



V čase 22:01 přivolání plynaři provádějí měření na chodníku u domu č. 2 na Arbesově náměstí. Naměřené hodnoty jsou nepříznivé. Naměřena koncentrace 45% až 50% DMV zemního plynu, je nutné okamžité zahájení zemních prací na odkrytí povrchu chodníku

k odvětrání zeminy. VZ minimalizuje počet osob u objektu a ostatní stahuje do bezpečné vzdálenosti za hranici případného pádu postiženého domu.

V čase 01:05 plynáři sdělují, že koncentrace nad chodníkem objektu č. 2 na Arbesově náměstí jsou minimální a nebezpečí výbuchu nehrozí. Plynové potrubí ve výkopu je obnaženo, chodník rozkopán a celá oblast se provětrává.

V čase 02:19 je v prvním suterénu odkryta část těla kuchaře. Ohledáním těla lékařkou je zjištěno, respektive potvrzeno, že kuchař je mrtvý a není naděje na záchranu jeho života. Práce na jeho vyproštění pokračují.

V čase 02:50 je mrtvé tělo kuchaře vyproštěno, předáno lékařce ZZS hl. m. Prahy.

V čase 02:52 je chemickotechnickou službou provedeno kontrolní měření koncentrace zemního plynu v okolí – nic nenaměřeno.

V čase 03:25 L I K V I D A C E a návrat jednotek požární ochrany zpět na své základny.

11.1.1 Řízení zásahu

Řízení zásahu všech složek a zúčastněných orgánů bylo vzhledem k rozloze, charakteru objektu a podmínkám na místě určeno bez štábu. Tato varianta byla v daném konkrétním případě zvolena pro svoji jednoduchost a operativnost. Minimalizovaly se časy mezi zjištěním – vyhodnocením – vydáním pokynu – provedením – kontrolou a vyhodnocením provedení úkolu. Nezvyšoval se zbytečně počet osob u zásahu. Nedochovalo ke tříštění názorů. Po celou dobu zásahu nevznikl žádný opodstatněný důvod ke zřízení štábu VZ. Počet rozhodnutí VZ byl zvládnutelný a podle výše uvedených faktů také snadno kontrolovatelný. I přes relativně dlouhou dobu zásahu, cca 1 080 minut (17,5 hodiny), měl VZ dostatek morálních a fyzických sil k řízení zásahu. Předávání zásahu nebylo nutné, jenom předávání všech podrobných informací by znamenalo zbytečnou ztrátu času a zmizely by nepřenositelné informace například o stavu jednotlivých prasklin zdí, porovnáním rychlosti jednotlivých fází záchranných prací a podobně. Po celou dobu řízení zásahu spolupracoval VZ s velitelem směny a starostou MČ Prahy 5.

11.1.2 Nebezpečí na místě zásahu

Do doby uzavření přívodu plynu do objektu docházelo k trvalému plnění podzemního prostoru objektu zemním plynem. Nemožnost zastavení přívodu plynu představovala vysoké riziko pro zasahující hasiče – v místě hromadění zemního plynu v podzemí, v troskách a sutinách nebylo možné měřit koncentrace.

Nebezpečí ztráty stability konstrukce objektu

V předpokládaném místě výbuchu zemního plynu v kuchyni restaurace v 1. PP došlo k totální destrukci cihelného klenbového stropu se zřícením do kuchyně. Rovněž cca 90% cihelného klenbového stropu se zásypem v restauraci v 1. NP a na chodbě domu bylo při výbuchu zcela zničeno a sutiny spadly. Ve svislé ose objektu nad kuchyní směrem vzhůru byla patrná stopa proniku destrukční vlny. Radiálně od této osy byly v různém stupni a vzdálenosti (od totální destrukce, vychýlení, prasknutí, poškození) narušeny stavební konstrukce. Tyto stavební konstrukce hrozily spadnutím. Proto v nejnútnejších případech rozhodl VZ v úrovni 1. PP a 1. NP o stržení těchto konstrukcí tak, aby bylo omezeno jejich zřícení s následnou řetězovou reakcí nebo pád na zasahující záchranáře.

Pro sledování ztráty stability konstrukce objektu nebo jejích částí přijal VZ dvě zásadní opatření:

- na praskliny obvodové stěny byly provedeny sádrové pásy,
- před objektem byly trvale po celou dobu zásahu postaveni dva hasiči s píš'alkami, jejichž úkolem bylo nepřetržitě sledovat stav sádrových pásků i celé konstrukce objektu. V případě změny stavu měli vydány jednoznačné instrukce.

11.1.3 Únik zemního plynu s nebezpečím opakovaného výbuchu

Opakovaný výbuch mohl nastat v důsledku dodávky plynu do objektu po destrukci plynovodního potrubí v objektu. Iniciačním zdrojem mohl být požár v sutinách, jiskry z elektrického zkratu poškozené elektroinstalace v objektu nebo činností záchranářů. Této variantě bylo zabráněno až v 11,35 hodin, tedy cca 130 minut od události. Takto dlouhý čas je nepřiměřený vážnosti situace na místě zásahu. Ochranná opatření na místě nebylo možno přijmout žádná.

11.2 Výbuch hořlavé kapaliny v obytném objektu v městské zástavbě

V pátek dne 25. srpna 2006 byl na KOIST HZS hl. m. Prahy v čase 19:01:47 ohlášen požár bytu v domě na adrese Praha 4, Pelhřimovská 3.

Okamžitě po přijetí zprávy o události byly na místo události vyslány tyto hasičské stanice HZS hl. m. Prahy takto:

19:03 hodin stanice HS-6, HS-1 vyslána k případu,

19:04 hodin stanice HS-6, HS-1 venku,

19:06 hodin stanice HS-6 na místě, průzkum.

Po příjezdu první jednotky bylo zjištěno, že se jedná o požár bytu v plném rozsahu ve 4. NP.

V čase 19:10 byly nasazeny dva útočné proudy C. Jeden vnitřkem budovy, druhý po automobilovém žebříku.

V čase 19:11 byla v bytě nalezena mrtvá osoba, prováděna evakuace osob z domu a nasazena přetlaková ventilace k odvětrání schodiště.

V čase 19:17 byla v bytě nalezena další mrtvá osoba.

V čase 19:23 byla provedena LOKALIZACE požáru, dále byly prováděny dohašovací práce. Vzhledem k poškození stropu a obvodových stěn bylo již zřejmé, že se nejednalo o požár, ale o výbuch s následným požárem.

Fotografie č. 13 Stav při příjezdu jednotek PO



Fotografie č. 14 Hasební práce 1 C proudem po AZ



11.2.1 Popis nastalého výbuchu

Šetřením na místě požáru bylo zjištěno, že v prostoru předsíně došlo k rozlití hořlavé kapaliny s následnou iniciací. Zdroj iniciace není ve spisovém materiálu specifikován.

Po iniciaci plynovzdušné směsi v bytové jednotce došlo k explozivnímu hoření s projevy výbuchového děje. Účinky výbuchového děje se projeví zejména v tlakové vlně a následném šíření požáru (znázorněno na obrázku č. 29).

*Fotografie č. 15 Následky účinků výbuchového děje
pohled do susedního bytu B*



*Fotografie č. 16 Pohled na poškozený strop
a poškozenou stěnu se sousedním bytem A*



*Fotografie č. 17 Pohled
v sousedním bytě A
na částečně poškozenou stěnu*

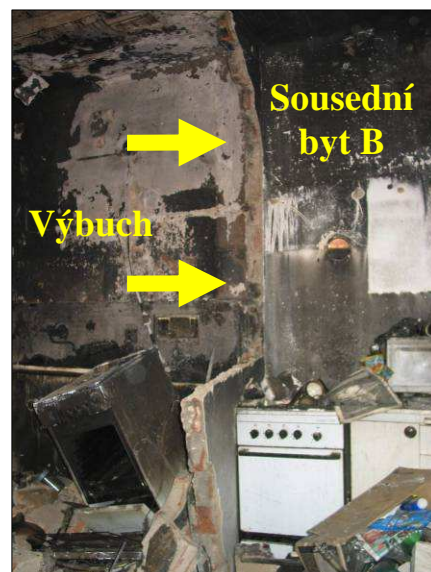


11.2.2 Stručná stavební charakteristika objektu

Jedná se o jeden ze tří bytů ve 4. NP obytného domu postaveného za první republiky. Objekt má jedno podzemní a 5 nadzemních podlaží. Konstrukce stropů v nadzemních podlažích objektu tvoří dřevěné trámy shora záklop z prken s drážkou na pero, zdola je prkenný záklop s omítkou na rákos. Stěny objektu jsou masivní, provedené z plných cihel s oboustrannou omítkou. Objekt prochází všemi podlažími jedno schodiště, ze kterého se vstupuje do jednotlivých bytů.

Byt, kde došlo k výbuchu, tvoří malá chodba se vstupem na WC, do koupelny a do jednoho pokoje, ve kterém je kuchyňský kout. V tomto bytě tvoří podlahu dřevěný záklop z prken pokrytý syntetickým kobercem. Příčka se sousedním bytem, v obrázku č. 9 označeným A je typová systému YTONG (příčkovka 5 cm, ROCKWOOL, příčkovka 5 cm). Příčka se sousedním bytem, v obrázku č. 9 označeným B, je cihelná (šířka 15 cm), oboustranně omítnutá. Okna všech bytů v domě jsou třídílná, otevíratelná, s dřevěnými rámy, zasklená tabulovým sklem. Světlá výška místností ve 4. nadzemním podlaží je cca 2,6 m.

Fotografie č. 18, 19 Pohled na totální destrukci cihelné příčky se sousedním bytem B

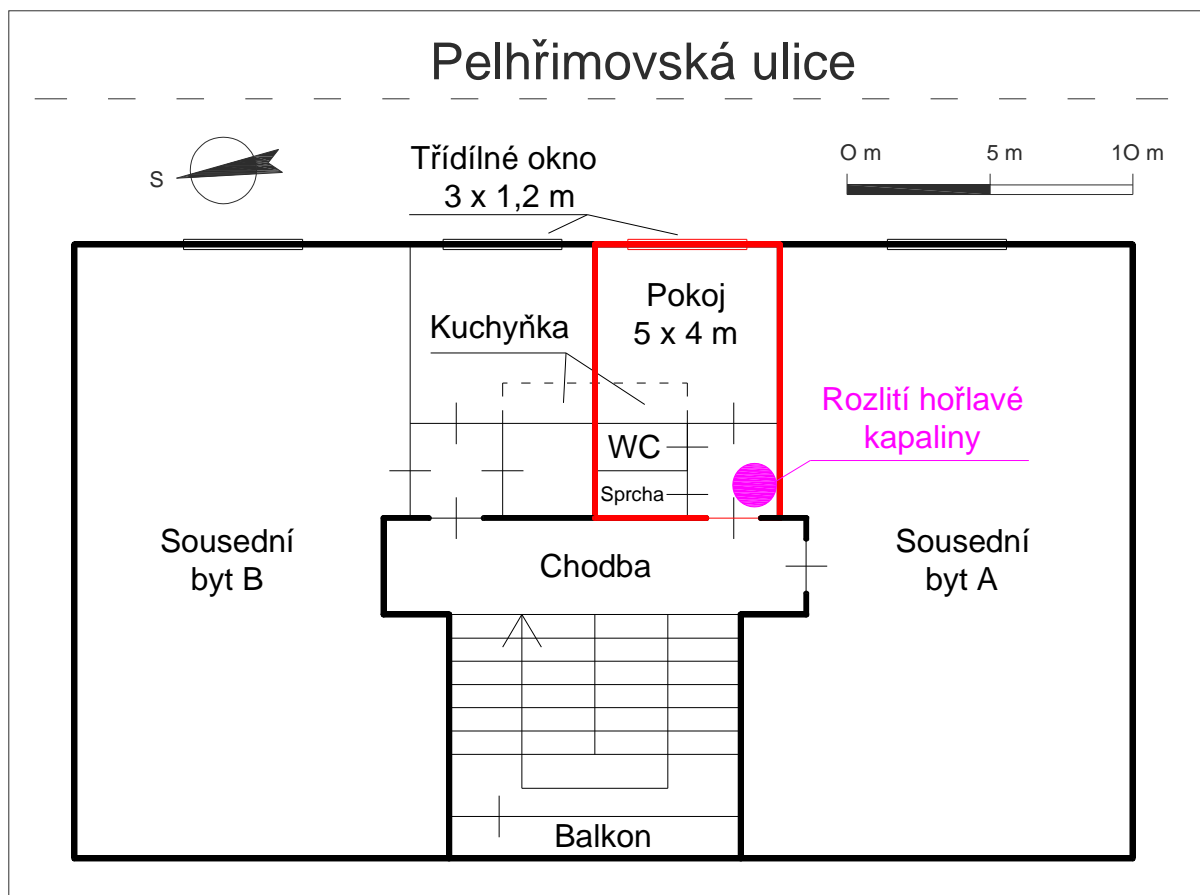


K destrukci příčky oddělující byt B došlo vlivem tlakových účinků proto, protože tato příčka nebyla zakotvena do stropní konstrukce. Mezi touto příčkou a stropem byla pouze jako součást omítky malta dotěšňující spáru. Zděná příčka byla provedena převážně z plných cihel, zčásti z cihel dutých a byla oboustranně omítnuta.

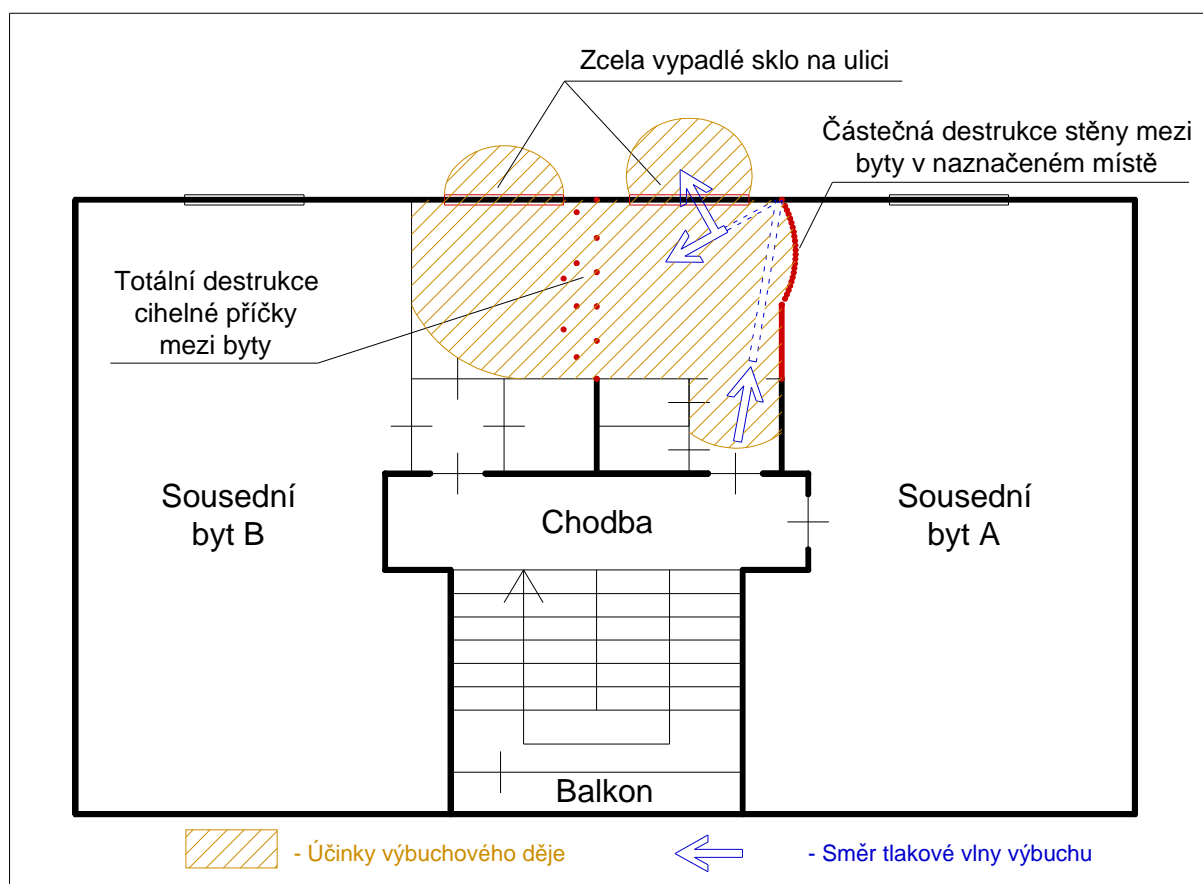
Fotografie č. 20 Pohled do předsíně bytu, kde byla rozlita hořlavá kapalina



Obrázek č. 9 Schéma bytu ve 4. NP před výbuchem s následným požárem



Obrázek č. 10 Schéma účinků výbuchového děje v bytu ve 4. NP



12 PRAKTICKÉ POZNATKY A NAVRHOVANÁ DOPORUČENÍ PŘI ZÁSAZÍCH S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU PRO JEDNOTKY POŽÁRNÍ OCHRANY

- Neopominutelné vytvoření jisticí skupiny s jednoznačným určením jejího místa v bezpečném prostoru,
- sledování hranice nebezpečné zóny, např. měřením koncentrace,
- určením varovného signálu a potřebného počtu osob pro stav krajní nouze. Jedná se o trvalé sledování staticky narušených konstrukcí nebo výbuchem poškozených zařízení,
- spolupráce s policií a zdravotnickou záchrannou službou ve specifických podmínkách. Jedná se o určení jejich dislokace a vzájemné komunikace,
- spolupráce s havarijními službami ve specifických podmínkách. Jedná se o určení jejich dislokace a vzájemné komunikace,
- spolupráce s dalšími povoláními složkami IZS ve specifických podmínkách. Jedná se o určení jejich dislokace a vzájemné komunikace,
- nasazení věcných prostředků, které nejsou základní výbavou jednotek PO. Jedná se například o vyhledávací kameru, termokameru, echo lokátor, ženižní prostředky, těžkou stavební techniku, stavební mechanizaci, atd.,
- omezené možnosti nasazení požární techniky v případech kdy nelze jednoznačně vymezit nebezpečnou zónu, při výskytu hořlavých nebo výbušných plynů nebo par,
- nebezpečí opakovaného výbuchu,
- nutnost odborného posouzení aktuálního stavu konstrukčního systému objektu po výbuchu,
- nutnost uzavírání inženýrských sítí na tranzitních bodech mimo zasažení objekt, při zavalení a znepřístupnění hlavních uzávěrů a vypínačů zasaženého objektu,
- upřednostňovat průzkum rizikových míst psy,
- neznámý výskyt osob v sutinách s nutností stanovení účinného způsobu záchranných prací.

13 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo na základě teoretických znalostí a praktických zkušeností zpracovat souhrn poznatků a navrhovaných doporučení jak pro velitele jednotek požární ochrany, tak pro zasahující hasiče u zásahů, kde došlo k výbuchu nebo kde nebezpečí výbuchu hrozí.

Jako podklad a potvrzení zvoleného tématu diplomové práce bylo použito statistických údajů zpracovávaných v oboru požární ochrana. Tyto údaje byly použity pro rozbor a sloužily jako potvrzení nutnosti zabývat se touto problematikou. Diplomová práce obsahuje základní pojmy a definice z oblasti fyziky, chemie a v praxi používaných pojmů. V teoretické části práce jsou uvedeny způsoby stanovení předpokladů účinků výbuchového děje. Tyto předpoklady byly také podkladem pro závěrečné zpracování doporučení při zásazích s nebezpečím výbuchu pro jednotky PO. V praktické části práce jsou porovnány zásady taktiky při zdolávání mimořádných událostí jak v obecné rovině, tak se zaměřením na mimořádné události s nebezpečím výbuchu. Součástí praktické části je popis dvou konkrétních mimořádných událostí a výbuchem.

Výsledkem práce je souhrn praktických poznatků a navržených doporučení při zásazích s nebezpečím výbuchu pro jednotky PO.

Vzhledem k nedostatku relevantních podkladů není v práci popsán žádný obdobný případ ze zahraničí, přestože byly předmětem zájmu autora při studiu.

Z hlediska systémového přístupu k řešení zadaného tématu diplomové práce lze konstatovat, že v úrovni současného poznání a možností je nutné se zaměřit na eliminaci vzniku výbuchového děje nebo se soustředit na pasivní prvky ochrany zasahujících hasičů.

Z obsahu práce je vhodné zdůraznit, že při zásazích s nebezpečím výbuchu musí být více než v jiných případech věnována pozornost zajištění zasahujících hasičů jistící skupinou.

Dále je nutné zdůraznit, že technické prostředky nutné k likvidaci mimořádných událostí s nebezpečím výbuchu jsou prostředky nad určený rozsah výbavy jednotek PO.

V rozsahu diplomové práce bylo možné zohlednit pouze vybranou část celé problematiky, t.j. zásahy při mimořádných událostech s nebezpečím výbuchu. Ve studiu dané problematiky je možné pokračovat v podstatně širším rozsahu.

Zpracováním souhrnu poznatků a doporučení pro jednotky PO při mimořádných událostech s nebezpečím výbuchu byl splněn cíl diplomové práce využitelný i pro ostatní složky Integrovaného záchranného systému.

Příloha číslo 1

**Dokumentární fotografie ze zásahu - výbuch zemního plynu
dne 18. února 2006, Praha 5, Preslova 9**



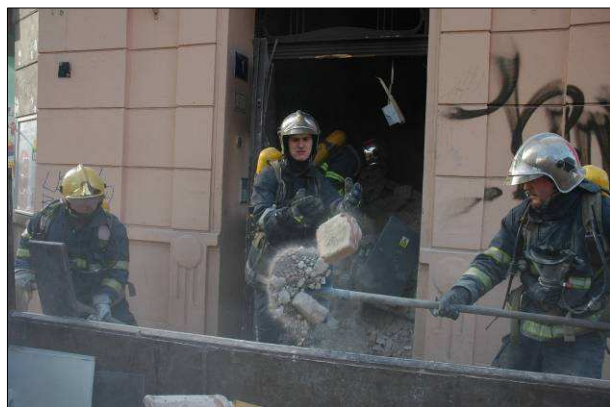
Fotografie č. 1 Pohled na výbuchovou scénu před objektem



Fotografie č. 2 Zraněná osoba v péči ZZS



Fotografie č. 3 Poškozené parkující automobily výbuchovým dějem



Fotografie č. 4 Vyklízení sutě z objektu



Fotografie č. 5 Poškození zděných příček



Fotografie č. 6 Ukázka destrukce stropu

Příloha číslo 2

**Dokumentární fotografie ze zásahu - výbuch par hořlavé kapaliny
dne 25. srpna 2006, Praha 4, Pelhřimovská 3**



Fotografie č. 1 Pohled na výbuchovou scénu směrem do ulice



Fotografie č. 2 Pohled na vyklizené zařízení bytu do dvora



Fotografie č. 3 Ukázka poškozeného stropu účinky výbuchového děje



Fotografie č. 4 Ukázka místa kde byla rozlita hořlavá kapalina



Fotografie č. 5 Následky účinků výbuchového děje



Fotografie č. 6 Následky účinků výbuchového děje

Seznam použité literatury a podkladů

- [1] **BARTLOVÁ, I., BALOG, K.:** *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*, SPBI, Ostrava, 1999
- [2] **DAMEC, J.:** *skripta Bezpečnost technologií*, VŠB – TU Ostrava, 1996
- [3] **HANUŠKA, Z.:** *Metodický návod k vypracování dokumentace zdolávání požáru*, MV – Generální ředitelství HZS ČR, Praha, 1996
- [4] **MAKOVIČKA, D.:** *Zatížení staveb výbuchy plyných směsí, uniklých ze zásabníků nebo potrubí*, ČVUT – Kloknerův ústav, Praha, 1996
- [5] **MAKOVIČKA, D., JANOVSÝ, B., DAMEC, J., ČERNÍN, ŠELEŠOVSKÝ, P.,:** *Vlastnosti výbušnin a analýza charakteru výbuchového zatížení a jeho modifikací*, ČVUT – Kloknerův ústav, Praha, 2006
- [6] **MAKOVIČKA, D.:** *Odezva konstrukce budovy a ohrožení jejich obyvatel výbuchem plynu*, Stavební obzor 2006, č. 7, roč. 15 (2006), str. 197-202
- [7] **MAKOVIČKA, D.:** *Poškození konstrukcí při výbuchu uvnitř a vně objektu*, Česká betonářská společnost, Praha, 2004
- [8] **NOVOTNÝ, M., SEDLÁČEK, S.:** *skripta Teorie hoření, výbuchu a iniciace*, VŠCHT, Praha, 1980
- [9] **NAVAROVÁ, Š.:** *Aplikace požárních testů kovových tlakových lahví s obsahem LPG a použití jejich výsledků pro analýzu požárního rizika*, Ostrava, 2003
- [10] **KALOUSEK, J.:** *Základy fyzikální chemie hoření, výbuchu a hašení*, SPBI, Ostrava, 1996
- [11] **KALOUSEK, J.:** *Fyzikální chemie a kinetika explozí*, VŠB – TU Ostrava, 1996
- [12] **KRATOCHVÍL, V.:** *Zpráva o zásahu, Výbuch plynu, Praha 5, Preslova 9*, HZS hl. m. Prahy, Praha, 2006
- [13] **KRATOCHVÍL, V.:** *Tepelné namáhání kovových tlakových lahví při požáru*, Ostrava, 2003
- [14] Kolektiv autorů: *Bojový řád jednotek požární ochrany*, MV – Generální ředitelství HZS ČR, Praha, 2001
- [15] **ORLÍKOVÁ, K., DANIHELKA, P., KOZUBEK, E.:** *Chemie hořlavín a produktů hoření*, VŠB – TU Ostrava, 1991
- [16] **ORLÍKOVÁ, K., ŠTROCH, P.:** *Chemie procesu hoření*, VŠB – TU Ostrava, 1999

- [17] **PŮTA, R., KRAHULÍK, R., KUČERA, L., KOSMATA, M., KOSTÍK, J., VOREL, M., PACÍK, M.** : *Archiv oddělení Foto-video*, HZS hl. m. Prahy, 2006
- [18] *Svodka případu, Praha 5, Preslova 9*: HZS hl. m. Prahy, 2006
- [19] *Svodka případu, Praha 4, Pelhřimovská 3*: HZS hl. m. Prahy, 2006
- [20] **VONÁSEK, V.:** *Statistická ročenka 2003*, příloha časopisu 112, číslo 3/2004, MV – Generální ředitelství HZS ČR, Praha, 2004
- [21] **VONÁSEK, V.:** *Statistická ročenka 2004*, příloha časopisu 112, číslo 3/2005, MV – Generální ředitelství HZS ČR, Praha, 2005
- [22] **VONÁSEK, V.:** *Statistická ročenka 2005*, příloha časopisu 112, číslo 3/2006, MV – Generální ředitelství HZS ČR, Praha, 2006 HZS ČR, Praha, 2006
- [23] <http://www.gasmonitors.cz> [20. dubna 2007]