

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Zdravotně sociální fakulta

## **Studium zplodin vznikajících hořením vybraných látek**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jaroslav Šeba  
Studijní program: Ochrana obyvatelstva  
Studijní obor: Civilní nouzová připravenost  
Vedoucí práce: Ing. Tomáš Čapoun.CSc

Datum odevzdání práce: 7.8. 2012

## **Abstrakt**

### **Studium zplodin vznikajících hořením vybraných látek**

Téma mojí diplomové práce navazuje na bakalářskou práci, ve které byly popsány zplodiny hoření vybraných látek při dokonalém hoření. Diplomová práce byla zaměřena na nedokonalé hoření u stejných látek pro možnost porovnání. V kapitole o látkách vybraných pro pálení, byly látky popsány nejprve teoreticky. Dále bylo provedeno pálení, vzniklé zplodiny najímány do odběrových vaků a odeslány k rozborům do laboratoře Institutu ochrany obyvatelstva v Lázních Bohdaneč. Po obdržení protokolů o rozbořech bylo provedeno vyhodnocení možných účinků na lidské zdraví a výsledky porovnány s výsledky z bakalářské práce. Rozbory ukázaly, že se u všech látek v rozbořech objevil oxid uhelnatý a oxid siřičitý, ostatní látky se lišily jen minimálně, ale jsou v daleko vyšších koncentracích než u dokonalého hoření. Mezi látky, které byly páleny, jsem přidal dvě další, které nebyly v bakalářské práci, ale za dva roky se jejich používání stalo běžnou věcí a zaujímají v našem životě stále větší místo.

V kapitole detekční technika bylo úkolem zjistit a popsat možnosti velitele, jak detekovat zplodiny hoření přímo na místě samotného zásahu v co nejkratší době, aby mohl navrhnout ochranu hasičů. Po případě, jaké jsou možnosti odběru vzorků, dopravy do laboratoře, provedení laboratorního rozboru a stanovení orientační doby, kdy by mohl mít zpět první výsledky odběrů. Vše bylo zaměřeno na možnosti Hasičského záchranného sboru JČK (HZS JČK).

Další kapitola se týkala kolegů u HZS JČK České Budějovice, kdy na ně bylo zaměřeno dotazníkové šetření, které bylo stejné jako v bakalářské práci. Jelikož se podařilo výsledky bakalářské práce zapracovat do školení, byl jsem zvědav, jestli se znalosti zlepšily, nebo ne. Po porovnání výsledků z bakalářské práce s novými byly závěry potěšující a naznačily, kudy by se měla ubírat cesta ve školení nejen profesionálních jednotek.

Na základě výsledků nového dotazníkového šetření, kdy došlo ke zlepšení, by měla být vytvořena kampaň zaměřená na laickou veřejnost a seznámit ji s tím co dýchají v případě, že pálí různý odpad. Věřím, že i zde by se dostavily výsledky v podobě větších znalostí a dýchatelnějšího ovzduší.

## **Abstract**

### **Study of products resulting from the burning of selected substances**

The topic of my diploma thesis draws on my bachelor thesis, which described combustion products of selected substances in the complete combustion. The diploma thesis focused on the incomplete combustion in the same substances to make a comparison possible. In the chapter on the substances selected for burning, the substances were described theoretically first. Further, the burning was carried out, the products that came into being were collected into collection bags and sent to the laboratory of the Institute of Population Protection in Lázně Bohdaneč to be analysed. After receiving the records all possible effects on human health were carried out, and the results were compared with those of the bachelor thesis. The analyses showed that carbon monoxide and sulphur dioxide appeared in all analyses, while the remaining substances differed to a minimum extent, however, they are in much higher concentrations than in the perfect combustion. I added two more substances that had not been in my bachelor thesis to those that were burnt, but in the course of two years their application became a common practice, and they play an increasingly more significant role in our life.

The task of the chapter dealing with the detection technique was to find out and describe the possibilities of the commander in detecting the combustion products directly on the spot of the actual operation in the shortest possible time, to enable him to propose the protection of the firemen, and possibly to establish the possibilities of taking samples, transport to the laboratory, conducting a laboratory analysis and establishing the approximate time when he could obtain the first sampling results. All of this was focused on the possibilities of the Fire Rescue Service of the Region of South Bohemia (HZS JČK).

The next chapter concerned their colleagues of the Fire Rescue Service of the Region of South Bohemia in České Budějovice, in which a questionnaire investigation was focused on them, identical with that of my bachelor thesis. As I had succeeded in including the results of my bachelor thesis into a training course, I wondered whether the knowledge would improve or not. After a comparison with the results from my

bachelor thesis with the new ones the conclusions turned out to be favourable, and suggested in which way the training courses - not only for the professional units - should proceed.

The results of the new questionnaire investigation, which showed an improvement, should form a basis of a campaign focusing on the non-professional public, which should be acquainted with what they breathe in the event that they burn vast variety of waste. I believe that results would be achieved even here in the form of a deeper knowledge and a better quality of the air we breathe.

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval(a) 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 – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich 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 7.8.2012

.....

(jméno a příjmení)

### **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval Ing. Tomáši Čapounovi CSc. z laboratoře Institutu ochrany obyvatel v Lázních Bohdaneč za odborné vedení, cenné rady, pomoci při pálení a jímání vzorků. Za provedení analýz, vyhodnocení výsledků a poskytnuté výsledky měření, které byly použity v této práci. Dále Ing. Michalovi Haladovi za poskytnuté studijní materiály a odbornou pomoc při psaní diplomové práce. V neposlední řadě i všem kolegům na stanici za pomoc při odběru vzorků, dále oddělení chemické služby za důležité informace během neformálních rozhovorů, při získávání informací pro mou diplomovou práci.

## Obsah

<b>Obsah</b> .....	7
<b>Úvod</b> .....	9
<b>1. Současný stav</b> .....	12
1.1. Hoření .....	12
1.1.1. Základy hoření .....	12
1.1.2. Produkty hoření a jejich vlastnosti.....	12
1.1.3. Kouř .....	13
1.1.4. Faktory, které určují toxické nebezpečí .....	14
1.1.5. Rychlost hoření .....	15
1.1.6. Toxicita vznikajících plynů a par při hoření .....	15
1.2. Účinky nejčastějších látek ve zplodinách hoření na lidský organismus .....	16
1.3. Rozdělení látek .....	16
1.3.1 Oxid uhelnatý – CO .....	17
1.3.2 Oxidy síry – SO <sub>x</sub> .....	19
1.3.3 Oxid uhličitý – CO <sub>2</sub> .....	21
1.3.4 Chlorovodík –HCl.....	22
1.3.5 Nitrozní plyny – NO <sub>x</sub> .....	24
1.3.6 Kyanovodík – HCN .....	25
1.3.7 Fosgen – COCl <sub>2</sub> .....	25
1.3.8 Ultrajedy (suprajedy) .....	26
1.3.9 Polycyklické aromatické uhlovodík – (PAH).....	26
<b>2. Cíl práce a hypotézy</b> .....	28
2.1. Cíle práce .....	28
2.2. Hypotézy .....	28
<b>3. Metodika</b> .....	29
3.1. Pálení vzorků .....	29
3.2. Jímání vzorků.....	29
3.3. Laboratorní analýza vzorků .....	31
3.4. Dělení a odběr vzorků.....	31

3.5. Odebírání vzorků pro laboratorní analýzu .....	32
3.6. Výběr vzorků .....	34
<b>4 Popis pálených vzorků a výsledky analýz.....</b>	<b>41</b>
<b>5 Možnosti detekce u HZS JčK.....</b>	<b>47</b>
5.1 Vybavenost jednotek HZS JčK - detekční technika .....	47
5.2 Způsoby detekce plynů při požáru u HZS JčK.....	50
5.3 Možnosti odběru u HZS JčK pro laboratorní rozbor .....	52
5.4 Zhodnocení vybavení HZS JčK detekční technikou.....	53
<b>6 Diskuze.....</b>	<b>55</b>
6.1 Dotazníkové šetření .....	55
6.2 Obecné informace .....	55
6.2.1 Hasiči .....	55
6.3 Vyhodnocení dotazníku .....	56
6.3.1 Hodnocení podle věkových kategorií (bez velitelů).....	56
<b>7 Závěr .....</b>	<b>64</b>
<b>8 Klíčová slova.....</b>	<b>66</b>
<b>9 Key words .....</b>	<b>67</b>
<b>10 Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>68</b>
<b>11 Seznam příloh.....</b>	<b>70</b>



## Úvod

Již mnoho let člověk využívá oheň jako službu, která mu pomáhala nejen upravovat jídlo a udržovat teplo. Od dob co se naučil oheň využívat, používá dřevo jako hlavní zdroj paliva. Je to nejčistější a hlavně obnovitelný zdroj, který má další velké výhody. Veliké plus je v jeho obnovitelnosti a v čistotě zplodin při jeho hoření (pokud se jedná o suché dřevo a dokonalé hoření). Také popel, který zůstane po shoření, se nechá dále využít jako čisté hnojivo. S postupujícím časem se však člověk naučil pálit nejen dřevo, ale také různé odpadky a zbytky které se hromadily. Tím začala doba, kdy se do ovzduší začaly dostávat první jedovaté zplodiny hoření.

Naše moderní doba nás nutí k používání nových a levnějších materiálů. Ty se objevují ve všech činnostech lidí. Ať to začíná od obalů, kde se dříve používal převážně papír, přes různé obalové prvky, kde se používají jednoduché sloučeniny a je poměrně snadné určit jak věc likvidovat a co se při ní bude uvolňovat. Nejhorší pro lidstvo a životní prostředí jsou výrobky ze složitých sloučenin, ve kterých se objevuje velké množství látek, které při likvidaci nejdou separovat a musí se likvidovat jako celek. Z těch se pak mohou některé látky při hoření uvolňovat přímo do ovzduší, kde ovlivňují zdraví lidí, kteří ho dýchají, ale ovlivňují i životní prostředí. Kde se pak ukládají do rostlin a masa zvířat, které v dané lokalitě žijí. Při konzumaci se dostávají toxické látky z rostlin a masa do těla člověka, kde mohou působit toxicky nejen na jednotlivé orgány, ale mohou způsobit celkovou otravu a smrt.

Dnešní doba se trochu změnila, množství peněz a honba za maximálními zisky nutí nejen malé spotřebitele, ale i velké hráče na poli teplotnictví hledat co nejnižší ceny za vytápění.

Ekonomická situace obyvatel spolu s nekonceptním postupem politiků nutí spoustu domácností používat k vytápění svých domů staré kotle na tuhá paliva. Jedná se o malá topeniště, která však v celkovém součtu znamenají obrovské znečišťovatele. Tyto domácnosti se uchylují k pálení různých dřevotřísek, odpadu (plastové lahve, gumy, igelitové obaly, polystyreny) a všeho z čeho lze získat nějaké teplo, bez ohledu na to co

se uvolňuje při hoření a dostává se do ovzduší, které pak se svými sousedy sami dýchají.

Na druhé straně jsou velcí výrobci, kteří dodávají teplo a teplou vodu obrovským aglomeracím. Ti se snaží minimalizovat své náklady na vyrobenou jednotku. To znamená, že se snaží spalovat co nejlevnější a tím většinou nekvalitní uhlí s vysokým obsahem síry. Další stránkou je spalování různých kalů a odpadů, které pak uvolňují spoustu dalších jedovatých látek do ovzduší. Část těchto látek se zachytí na komínových filtrech, kde se odlučují z kouře. Otázka je, jestli se zachycují všechny (na 100 %) a jak je to s filtry s postupem času, zda jejich účinnost zůstává stejná.

Dalším místem, kde se můžeme setkat s obrovským množstvím toxických látek, jsou skládky domovního odpadu. I když česká republika patří mezi státy, kde probíhá třídění odpadu, dostává se na skládky obrovské množství materiálu, který na skládkách nemá co dělat a působí obrovskou toxickou zátěží. Zvláště pokud na skládce vznikne požár. Jelikož se jedná většinou o nedokonalé hoření, které probíhá ve velkých hloubkách (1 – 20 m) je velice obtížné ho uhasit. Tyto požáry patří mezi dlouhotrvající a vyžadují velké množství sil a prostředků na jejich zlikvidování. S dobou požáru je také úměrná doba, po kterou se toxické látky uvolňují do ovzduší. Bývá to nepříjemné nejen pro obyvatele obcí a měst ve směru větru, ale klade to i velké nároky na zasahující hasiče, kteří musí používat dýchací techniku po celou dobu zásahu. V jihočeském kraji byl nárůst těchto požárů od roku 2008. do roku 2011. několikanásobný

Velké riziko úniku toxických látek do ovzduší představují požáry. Je jedno jestli se jedná o technické, technologické závady, nebo jestli se jedná o úmyslně založené požáry. Výsledek je stejný. Jde o úniky látek, které se uvolňují při hoření do ovzduší, dalším problémem je potom vlastní zásah hasičů. Voda a hasební látky mohou na sebe vázat a rozpouštět jedovaté látky. Odtékající hasiva z požářiště pak mohou kontaminovat nejen povrchové toky, ale mohou zamořit i spodní zdroje vody. Které se využívají jako pitná voda. K těmto případům může dojít v průmyslových zónách, kde se skladuje obrovské množství nejen materiálů pro výrobu, ale i hotových výrobků, které jsou připraveny na expedici.

Ve své práci bych se chtěl zaměřit na látky, které se uvolňují při hoření vybraných materiálů, které jsem použil již ve své bakalářské práci. Tentokrát bych se chtěl zaměřit na zplodiny, které nebylo možno předchozím způsobem zachytit a zjistit. Jedná se zvláště o těkavé látky, které se uvolňují a unikají jako první, pak o látky tzv. těžké které zůstávají na požářišti a mohou poškodit zdraví lidí, kteří provádějí zjišťování příčin požáru, nebo likvidačních čet, které provádějí konečnou likvidaci požářiště.

Získané výsledky bych se chtěl pokusit zapracovat do pravidelných školení jednotek jak profesionálních sborů, tak i zásahových jednotek dobrovolných hasičů. Ti většinou vůbec neví, co obsahuje kouř, který odchází z požářiště a ohrožuje jejich zdraví.

Po vyhodnocení laboratorních rozborů je možné zařadit získané informace do systému pravidelného školení a touto cestou seznámit hasiče o tom, které látky, z jakých materiálů se při požárech nejčastěji uvolňují a ohrožují jejich zdraví.

Zjistit možnosti detekce zplodin hoření u zásahových jednotek Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje (HZS JČK) a pokusit se o spolupráci s vedením chemické služby při nákupu a rozdělování nových detekčních přístrojů.

Navrhnout možnosti, jak ochranu zasahujících hasičů zlepšit a tím se podílet na zvýšení úrovně ochrany jejich zdraví.

## **1. Současný stav**

### ***1.1. Hoření***

#### ***1.1.1. Základy hoření***

„Účinkem tepla na hořlavé materiály dochází k většímu počtu fyzikálních a chemických pochodů. Základním procesem hoření je chemická reakce, která je provázena uvolňováním tepla, vyzařováním světla a uvolňováním zplodin. Hoření vzniká a probíhá vždy za určitých podmínek. K hoření je potřebná přítomnost hořlavé látky (palivo, hořlavina), oxidačního prostředku (okysličovadlo) a tepla (zdroj zapálení). Oxidačním činidlem ve většině případů hoření je vzdušný kyslík, výjimku tvoří např. pohony raket, které mají svoje zásobníky kyslíku, nebo zábavná pyrotechnika, která má okysličovadla zabalená spolu s hořlavou látkou. Účinkem tepla na hořlavé materiály dochází k současným a také postupným fyzikálním dějům a chemickým reakcím. V přítomnosti oxidačního prostředku začíná za určitých limitních podmínek proces tepelného hoření. Tepelným hořením nazýváme relativně rychlý řetězový (autokatalický) reakční mechanismus (spojený s uvolněním tepelné energie), který může být provázen výrazným světelným efektem.

V souvislosti s hořením se často používají pojmy oheň a požár. Oheň je lidmi řízené a určitým prostorem ohraničené hoření. Požár je nekontrolovatelné hoření a prostor, který zaujímá, není předem ohraničený. Požár může vzniknout nekontrolovatelným šířením od ohně, nebo přímým zapálením.

#### ***1.1.2. Produkty hoření a jejich vlastnosti***

V podstatě všechny hořlavé látky jdou zapálit, pokud je k dispozici dostatečné množství tepla, oxidačního prostředku a času. Při hoření látek dochází k šíření plamene od místa jeho vzniku. Současně dochází k tvorbě produktů chemické reakce hoření. Vznikají nové látky, kterým říkáme produkty nebo zplodiny hoření a také spaliny. Mnohé produkty hoření jsou toxické, tedy lidskému zdraví nebezpečné. K takovým produktům patří zejména oxid uhelnatý, oxid siřičitý, oxidy dusíku, oxid fosforečný, fosgen, fluorovodík, chlorovodík, benzen a jeho sloučeniny, sirovodík, polycyklické

uhlovodíky a další. Výskyt těchto látek v kouři, záleží zejména na druhu materiálu který hoří. Dále na množství kyslíku v místě, kde hoří. Podle množství kyslíku v okolí požáru je pak přítomen oxid uhelnatý, nebo oxid uhličitý v určitých procentech. Jedná se o **dokonalé**, nebo **nedokonalé** hoření, viz. tab. č.1“ (6)(15)

**Tabulka č.1 – zplodiny hoření**

plynné	dým, kouř	dokonalé hoření	oxid uhličitý, dusík, oxid siřičitý, halogenvodíky, nitrozní plyny
		nedokonalé hoření	oxid uhelnatý, kyanovodík, uhlovodíky
kapalné	páry, mlhy	dokonalé hoření	vodní pára
		nedokonalé hoření	uhlovodíky, alkoholy, aldehydy, ketony, karboxylové kyseliny
pevné	popel	dokonalé hoření	oxidy, uhličitany, fosforečnany, sírany aj. soli kovů
		nedokonalé hoření	částečně degradovaný materiál
	kouř	dokonalé hoření	oxidy, fosforečnany, částičky popele
		nedokonalé hoření	saze, nespálené částice hořící látky

*Zdroj: Analýza a toxikologie zplodin hoření, Mgr. Henryk Sikora, Školní a  
výcvikové zařízení HZS Plzeňského kraje, Třemešná*

### **1.1.3. Kouř**

„Nejnepříjemnější složkou hoření pro zasahující hasiče je kouř. Největší nebezpečí kouře při požáru pro člověka spočívá ve snížení viditelnosti, brání v úniku, v jeho

teplotě a dále v inhalaci dráždivých a dusivých plynů, par a malých částic pevných látek, které vznikají tepelným rozkladem (hořením) hořlavých materiálů a jsou v kouři obsaženy.“ (2)(17)

Hasiči se při zásazích brání nebezpečným zplodinám používáním dýchacích přístrojů a ochranných oděvů. Nikde však není vyřešen problém (osobní) ochrany dýchacích cest ostatních obyvatel a zaměstnanců ve výškových budovách. Nemyslím tímto únikové cesty. Mám na mysli lidi, kteří nestihli, nebo nemohou dojít na evakuační cesty a jsou nuceni čekat na pomoc hasičů ve vyšších poschodích. V bytech, hotelových pokojích a kancelářích se pak musí spolehnout na protipožární dveře, které nesmí propustit určitou dobu kouř a plameny z chodeb do místností. V chodbách nižších pater vzniká hořením velké množství dráždivých a toxických produktů, které stoupají budovou do horních pater a znemožňují evakuaci osob bez ochrany dýchacích cest. Jejich záchranou jsou hasiči, kteří musí postiženým ochránit dýchací cesty, a tím je zabráněno vstupu toxických látek do těla. Zasažené osoby pak mohou bezpečně vyvést z ohrožených prostor, nebo je evakuovat jinou cestou (např. pomocí výškové techniky). Popřípadě jim ukázat únikové cesty, které nejsou zakouřeny a po kterých by odešly samy.

#### ***1.1.4. Faktory, které určují toxické nebezpečí***

„Toxickým nebezpečím se rozumí možnosti zranění nebo usmrcení v důsledku vystavení toxickým látkám s ohledem na jejich vydatnost, množství, koncentraci a dobu působení.

Hlavními faktory, které určují toxické nebezpečí při požáru, jsou:

- množství uskladněného materiálu, který je ohrožen požárem, nebo je v pásmu přípravy hoření;
- množství vyhořelého materiálu při požáru;
- rychlost hoření (množství oxidačního prostředku);
- toxicita vzniklých zplodin hoření;
- možnosti úniku osob“ (2)(17)

### ***1.1.5. Rychlost hoření***

Množství vzniklých zplodin je přímo úměrné množství vyhořelého materiálu, rychlosti hoření a množství uskladněného hořlavého materiálu. Pro snížení toxického nebezpečí musíme vyloučit některý z daných faktorů. Snížit množství materiálu při skladování (např. rozdělení skladu na požární úseky), jeho hořlavost (přidáváním různých nehořlavých retardérů do materiálu), nebo rychlost rozhořívání a hoření (např. umístění EPS a samohasících zařízení). (2)(17)

### ***1.1.6. Toxicita vznikajících plynů a par při hoření***

„Zplodiny hoření představují složitou směs pevných částic, kapalných aerosolů, plynů a par. I když zplodiny hoření mají různé složení (podle složení materiálu, který hoří) zkoušky a rozборы ukázaly, že nejjedovatějšími prvky vyvolávající akutní toxické účinky jsou především plyny a páry. Převažující toxické účinky lze rozdělit na :

- dusivé účinky;
- dráždivé účinky

Dráždivé účinky může vyvolat většina látek obsažené ve zplodinách hoření, zvláště proniknou-li přes horní cesty dýchací až hluboko do plic, kde vyvolají podráždění plic. Míra podráždění však závisí na koncentraci a hlavně na době působení. Na tzv. ***dávce***. Většinou však tyto účinky nejsou akutní a při nízké obdržené dávce ani život ohrožující. Protože organismus se obrannou reakcí snaží ochránit sám sebe a postižená osoba se snaží včas dostat z nedýchatelného prostředí. Horší je to tehdy, když se postižený nemůže dostat ze zasaženého prostoru sám. Dávka škodlivin je taková, že může dojít k otoku plic, a smrt nastane během několika minut, hodin, nebo dnů po expozici. Postižená osoba umírá na edém plic.

Hlavní faktory ovlivňující poškození organismu jsou:

**Toxická vydatnost** (toxic potency) se rozumí míra expoziční dávky toxické látky, potřebné pro vyvolání specifického toxického účinku. Čím menší je hodnota toxické vydatnosti, tím větší je toxicita látky.

**Expoziční dávka** (exposure dose) jde o množství inhalované plynné toxické látky nebo zplodin hoření za určitý čas. Čím je delší doba působení, tím jsou následky horší.

Zdaleka nejdůležitější a nejvýznamnější chemickou látkou přispívající k toxickému nebezpečí je oxid uhelnatý. Dalšími významnými látkami jsou kyanovodík, dráždivé látky a polycyklické aromatické uhlovodíky.

Hořící látky se často skládají ze směsí materiálů neznámého poměrného množství. Proto můžeme v těchto případech pro účely odhadu toxického nebezpečí použít „obecnou“ hodnotu  $LCt_{50}$ , (smrtelná expoziční dávka)  $900 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^3$  pro požáry s dobrým odvětráním před celkovým vzplanutím a  $LCt_{50}$ ,  $450 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^3$  pro požáry se špatným odvětráním po celkovém vzplanutí.

Pro vyhodnocení úniku obyvatelstva jsou v ISO/TS 1357 (4) doporučeny hodnoty  $450 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^3$  v prvním případě (požáry s dobrým odvětráním) a  $220 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^3$  ve druhém případě (požáry se špatným odvětráním).

**Smrtelná expoziční dávka 50,  $LCt_{50}$**  (lethal exposure dose 50) je expoziční dávka toxické látky, která při vdechování způsobí usmrcení 50 % jedinců stejného druhu vystavených stejným chemickým látkám za stejných podmínek.“ (2)(17)

## ***1.2. Účinky nejčastějších látek ve zplodinách hoření na lidský organismus***

„Každý zasahující hasič si musí uvědomit, že během prací vedoucí k záchraně životů a k likvidaci požáru je jeho organismus stále vystaven toxickým látkám. Musí mít neustále na paměti, že společný účinek těchto látek je synergický, což znamená, že celková toxicita celého souboru látek vyvíjejících se při hoření je větší, než pouhé sečtení vlivů jednotlivých látek.

## ***1.3. Rozdělení látek***

Prvními látkami, se kterými se můžeme setkat, jako veřejnost která se dostane k požáru, jsou látky tzv. **těkavé**, které se odpařují do okolního ovzduší jako první. Pro zasahující hasiče neznamenaají velké riziko a ohrožení jejich zdraví, protože se stihnou odpařit, nebo vyhořet dříve než hasiči přijedou k zásahu. Nebezpečí pro hasiče



znamenaají v průmyslu, ve výrobách a skladování těchto látek. Kde jich může být velké množství a znamenat tak možnost ohrožení zdraví nejen osob, které se vyskytují v halách, zásobnících a výrobách kde jsou tyto látky používány nebo skladovány. A nemusí se jednat jen o požáry, již samotné odpary a úniky při technologických poruchách mohou být nebezpečné a koncentrace mohou snadno dosáhnout smrtelných hodnot.

S těmito látkami se hasiči setkávají, pokud se jedná o technologické, technické závady nebo o požáry ve skladech a při používání ve výrobě. „Jedná se o látky, jako jsou **organická rozpouštědla**, mezi další látky které obsahují velké množství těkavých látek jsou **alkoholy** (methanol a ethanol), **aldehydy, ketony, ethery a estery** (aceton, diethylether, cyklohexanon), **alifatické uhlovodíky** (methan, ethan, propan až dekan), **aromatické uhlovodíky** (benzen, naftalen, toluen, styren), **halogenované uhlovodíky** (chloroform, tetrachlormethan, trichlorethylen, perchlorethylen), **halogenované aromatické uhlovodíky** (hexachlorbenzen, polychlorované bifenyly, polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany), **dušíkaté sloučeniny** (Nitrosloučeniny (nitromethan, nitrobenzen), Aminosloučeniny (anilin, pyridin).“ (13)

„Při požárech se pak setkáváme také s několika **plyny**. Jsou to hlavně oxid uhelnatý (CO), oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), nitrozní plyny (NO<sub>x</sub>), chlorovodík (HCl), kyanovodík (HCN), fosgen (COCl<sub>2</sub>) a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH). Každá z těchto látek má také jiný účinek na zdraví zasahujících hasičů a osob vyskytujících se ve zplodinách hoření. Některé působí přímo na plíce a způsobují jejich otok, jiné se spojují s červenými krvinkami a snižují schopnost krve přenášet kyslík a účinky PAH se mohou projevit jako karcinogeny i po několika letech. Smrtelná dávka je však pro každý organismus jiná, při jejím překročení ale může nastat smrt udušením.“ (8)(17)

### **1.3.1 Oxid uhelnatý – CO**

„Oxid uhelnatý je bezbarvý hořlavý plyn, lehčí než vzduch. Vzniká při každém požáru, nejvíce při nedokonalém hoření, kde je ve větším procentuelním zastoupením. Opticky to pak vypadá tak, že z požářiště stoupá hustý dým bílé až nažloutlé barvy. Podle toho můžeme usoudit na nedokonalé hoření a vyšší přítomnost CO.

Ve statistikách, které řeší úmrtnost při požárech, je tento plyn vyhodnocen na prvním místě. Na následky „udušení“ tímto plynem, ročně zemře víc lidí než na všechny ostatní jedovaté látky a plyny, které se při požárech vyvíjejí. Hlavní nebezpečí oxidu uhelnatého spočívá v jeho schopnosti se vázat na červené krvinky (hemoglobin) snadněji než kyslík. Při normálním stavu se na hemoglobin váže kyslík a ten je krví roznášen do celého těla. Při zvýšených koncentracích CO, se plyn váže na hemoglobin zhruba 200 x rychleji a vytváří karboxyhemoglobin (dále COHb). Tím znemožňuje kyslíku vázat se na červené krvinky. Následným prouděním neokysličené krve v organismu dochází v mozku k nedostatku kyslíku (hypoxii) a tím k bezvědomí postižené osoby.

Jestliže postiženému nebude okamžitě poskytnuta první pomoc – v případě oxidu uhelnatého, stačí vynést osobu na čerstvý vzduch, (inhalace kyslíkem) - hrozí mu v krátké době smrt.

Každý plyn má ve vzduchu svojí určitou koncentraci, při které se již můžou projevit příznaky otravy. U CO může být koncentrace ve vzduchu nad 0,05 % již nebezpečná. Při koncentracích mezi 0,05 – 1 % se mohou při pobytu v zasažené oblasti projevit u postižených první příznaky, jako jsou bolest hlavy a nevolnosti. Při koncentracích vyšších než 1 % může nastat smrt bez předchozích příznaků viz. tab.č.2. CO při koncentraci 12,5% na požářišti dosahuje tzv. dolní meze výbušnosti.

**Tabulka č. 2. – koncentrace CO ve vzduchu a příznaky účinku na člověka**

<b>CO (ppm)</b>	<b>CO ve vzduchu (obj %)</b>	<b>P ř í z n a k y</b>
100	0,01	Žádné příznaky - bez nebezpečí
200	0,02	Mírné bolesti hlavy
400	0,04	Silné bolesti hlavy po 1 až 2 hodinách
800	0,08	Silné bolesti hlavy po 45 minutách; nevolnost, mdloby až bezvědomí po 2 hodinách
1 000	0,10	Nebezpečná koncentrace - bezvědomí po 1 hodině
1 600	0,16	Nevolnost, silné bolesti hlavy a závratě po 20 minutách
3 200	0,32	Nevolnost, silné bolesti hlavy a závratě po 5 až 10 minutách; bezvědomí po 30 minutách
6 400	0,64	Silné bolesti hlavy a závratě po 1 až 2 minutách;

		bezvědomí po 10 až 15 minutách
12 800	1,28	Okamžité bezvědomí, nebezpečí smrti po 1 až 3 minutách
Ppm (Parts per milion) - část z milionu (jedna miliontina)		

*Zdroj: Základy požární taktiky, konspekt 1-1-5, ing. Miroslav Lukeš, MV-Ředitelství  
HZS ČR, odborná příprava jednotek*

Nikdy se však nemůžeme spoléhat jen na příznaky, které má postižená osoba, protože každý organismus je jiný a reaguje odlišně. Záleží na dalších osobních předpokladech, jak organismus zvládá zvýšená procenta CO ve vzduchu. Například na fyzické zdatnosti, věku, činnosti, kterou postižený provádí a také na pohlaví (muž x žena). Další důležitou věcí je synergický efekt, tzn. kombinace několika jedovatých zplodin hoření v prostoru, kde se člověk pohybuje.

Další věcí, kterou je třeba si uvědomit je zpoždění účinků CO v těle postiženého. To může mít za následek jistou setrvačnost v projevovaných příznacích nadýchání. Například při koncentraci 1 % CO ve vzduchu se v krvi vytvoří 50 % COHb po 2,5 až 7 minutách. Pro koncentraci 5 % ve vzduchu to může být 30 až 90 vteřin. COHb je tedy krví roznášen po organismu postiženého ještě nějakou dobu po vnesení na čerstvý vzduch, nebo po nasazení inhalační masky. To může mít za následek zhoršení příznaků nadýchání, i když je postižený mimo zasažený prostor. Při nadýchání může také dojít k poškození nervové soustavy, které se může projevit i po 3 týdnech.“ (8)(17)

### **1.3.2 Oxidy síry – SO<sub>x</sub>**

„Do této skupiny látek patří oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) a oxid sírový (SO<sub>3</sub>). Oxid siřičitý je bezbarvý štiplavý plyn s teplotou varu -10,2°C. Je nehořlavý a rozpouští se ve vodě za vzniku kyselého roztoku. Ty se potom v podobě kyselých dešťů dostávají zpět na zem, kde likvidují porosty, ukládají se do půdy, ze které se opět vyplachují a ničí vodní zdroje. Při nedostatku alkalických částic v ovzduší dochází k **okyselení srážkových**

**vod až na pH < 4.** Tímto způsobem **oxidy síry** společně s **oxidy dusíku** tvoří takzvané **kyselé deště.**

U oxidů síry můžeme zmínit několik zdrojů emisí. Jedním je spalování paliv obsahujících síru, dále jsou to úniky z průmyslu a pak také zdroje neantropogenního charakteru. **Antropogenní zdroje** emisí můžeme shrnout následovně:

Dnešní společnost spotřebovává velká množství paliv v mnoha různorodých aplikacích, jako jsou například: **výroba elektrické energie, výroba tepelné energie, rafinerie ropy, dopravní prostředky nebo zpracování kovů.** Ve všech těchto zařízeních může při spalování paliv obsahujících síru docházet k její oxidaci na  $SO_x$  a následnému úniku do ovzduší. Při spalování tuhých paliv asi 95% přítomné síry přechází na  $SO_2$ , u kapalných paliv je to prakticky 100%. Oxid siřičitý je ve spalinách částečně oxidován na  $SO_3$ . V kouřových plynech z elektráren před odsířením dosahuje poměr  $SO_3/SO_2$  1/40 až 1/80. Mnohdy lze ale použít účinná odsiřovací zařízení či jiné technologie, které mohou u některých zdrojů emise oxidů síry omezit nebo dokonce prakticky zcela zlikvidovat. Hlavní význam mají emise oxidu siřičitého, protože oxidu sírového se ve spalinách běžně nachází jen asi 2% (z celkového obsahu sloučenin síry). Oxid sírový v ovzduší následně vzniká oxidací oxidu siřičitého.

**V průmyslu výroby kyseliny sírové** jsou užívána velká množství oxidu siřičitého. Proto je zde možné nalézt potenciální riziko úniků této látky do ovzduší.

Mezi přírodní zdroje můžeme zařadit vulkanickou činnost a přirozené lesní požáry.“

### **Dopady na zdraví člověka, rizika**

Při běžných koncentracích kolem  **$0,1 \text{ mg.m}^{-3}$**  oxid siřičitý **dráždí oči a horní cesty dýchací.** Při koncentraci  **$0,25 \text{ mg.m}^{-3}$**  dochází ke **zvýšení respirační nemocnosti u citlivých dospělých i dětí.** Koncentrace  **$0,5 \text{ mg.m}^{-3}$**  vede k **vzestupu úmrtnosti u starých chronicky nemocných lidí.** Významně ohroženou skupinou lidí jsou především astmatici, kteří bývají na působení oxidů síry velmi citliví. Při kontaktu s vyššími koncentracemi oxidu siřičitého ( $SO_2$ ) dochází u exponované osoby zejména k následujícím konkrétním projevům:

- poškození očí;
- poškození dýchacích orgánů (kašláni, ztížení dechu);
- při velmi vysokých koncentracích tvorba tekutiny v plicích (edém).

Opakovaná expozice způsobuje ztrátu čichu, bolesti hlavy, nevolnost a závratě.“(11)

### 1.3.3 Oxid uhličitý – CO<sub>2</sub>

„Plynný oxid uhličitý je součástí jak atmosféry, tak i samotného lidského organismu. Neustále probíhá výměna mezi zevním prostředím a tělem. Oxid uhličitý není tedy látka tělu cizí, naopak je zařazena do neustálé látkové výměny. Organismus disponuje mechanismy k jeho tvorbě, transportu, výdeji a k jeho zpracování po příjmu ze zevního prostředí.“ (8)(17)

„Jedná se o bezbarvý nehořlavý plyn, bez zápachu, a je těžší než vzduch. Rozpustný ve vodě v poměru 1 l plynu v 1 l vody. Ve vodě se po rozpuštění tvoří slabá kyselina uhličitá. CO<sub>2</sub> se tlakem zkapalňuje a při vypuštění do normální atmosféry mohutně ochlazuje prostředí, odtud název suchý led. Při pomalém vypouštění přes redukční ventil ze zásobníku se získává zpět plynný oxid uhličitý k průmyslovým, k léčebným, ale i k hasebním účelům.“(8)(17)

„V přízemních vrstvách atmosféry vzduch obsahuje 0,03 % (objemových) CO<sub>2</sub>. Oxid uhličitý se však vyskytuje i v geologických strukturách, vzniká spalováním organických látek, jejich kvašením nebo jejich hnilobou.

Organismus může přijít do styku s oxidem uhličitým jednak svým kožním povrchem, jednak výstelkou plicních sklípků při vdechování. Dále sliznicí trubice při pití tekutin s rozpuštěným oxidem uhličitým. Plynná podoba vstupuje do organismu plicemi a kůží, vodní vstupuje trávicím ústrojím, nebo kůží.“(4)(17)

„Normální koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu je, jak bylo psáno výše cca **0,03 objemových** %. Při této koncentraci je CO<sub>2</sub> jako produkt látkové výměny odstraňován z plic člověka dýcháním.

Koncentrace oxidu uhličitého **do 2 objemových %** se vyskytuje ve špatně větraných místnostech a zpravidla se nevnímá. Maximálně dochází ke větší ospalosti a nepozornosti osob v místnosti.

Zvýší – li se koncentrace však již na **2 - 3 objemová %**, prohlubuje se dýchání.

Při asi **4 – 7 objemových %** koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu, dochází ke zrychlenému dýchání doprovázeného bolestí hlavy, závratěmi, stoupaním krevního tlaku, pocením a rozrušením.

Mezi **8 - 10 objemovými %** oxidu uhličitého ve vzduchu, může dojít během několika minut ke smrti postiženého následkem ochrnutí dýchacího centra mozku.

Další nebezpečí oxidu uhličitého spočívá i v tom, že na jeho zvýšenou koncentraci tělo reaguje zrychleným dýcháním, čímž se ovšem do organismu dostává i větší množství ostatních produktů hoření. Toto je jedna z nebezpečných věcí pro zasahující hasiče, u kterých hrozí nadýchání a akutní otrava jinými látkami (mnohdy jedovatějšími) než je oxid uhličitý.“ (10)(17)

Uvedené koncentrace jsou však velmi vysoké. Bylo by jich možno dosáhnout v uzavřených místnostech, kde by nebyla zabezpečena výměna vzduchu. Ve srovnání s ostatními zplodinami hoření, je toxicita CO<sub>2</sub> minimální.

#### **1.3.4 Chlorovodík –HCl**

„Chlorovodík je bezbarvý plyn, těžší než vzduch, se silně dráždivými účinky na dýchací cesty a oči. Dále způsobuje poleptání sliznic, pokožky a slzení. Při nadýchání vyvolává otok horních cest dýchacích, který může přejít v zástavu dýchání a smrt následkem udušení.“ (8) Bod varu má 53°C. Má velice dobrou schopnost se rozpouštět ve vodě, kde reaguje kyselé, a je označován jako kyselina chlorovodíková.

Kyselina chlorovodíková je látka přirozeně se vyskytující v trávicím traktu mnoha živočichů i člověka, kde se významným způsobem podílí na trávení přijímané potravy. Při vyšších koncentracích ve vodním prostředí je nebezpečná pro vodní živočichy.

S chlorovodíkem se u požáru můžeme setkat poměrně často, protože je produktem hoření všech látek, které ve své molekule obsahují chlór (PVC, obaly, podlahové krytiny, koženky, izolace kabelů, hračky aj.). Plynný chlorovodík vzniká však také

tepelným rozkladem izolací elektrických kabelů v požárem rozžhavených betonových stěnách. Velmi nebezpečné jsou proto dokončovací práce po požárech v budovách, kde došlo k působení vysokých teplot na zdi a podlahy ve kterých je veden rozvod elektrického proudu a položena podlahová krytina z materiálů obsahujících chlór. Nebezpečí právě hrozí i v místech, která nebyla přímo zasažena požárem, ale jen vysokými teplotami.

I po likvidaci samotného požáru, je ve vzduchu velká koncentrace plynného HCl, který napadá organismus hasičů, kteří se již v této fázi likvidačních prací nechrání dýchacím přístrojem. „HCl se spolu se vzduchem dostává do plic, které jsou vlhké, tam reaguje s vodou a v plicních sklípcích vzniká kyselina chlorovodíková. (8)(17)

Dalším velkým nebezpečím pro zasahující hasiče je kyselina **chlorovodíková**. Protože u zásahu, kde hoří látky s vyšším obsahem chlóru, se chlorovodík uvolněný při hoření rozpouští ve vodě používané na hašení, nebo ochlazování. Ta se používá ve formě plných proudů, nebo vodní mlhy a tak vzniká kyselina chlorovodíková. Která může být v některých případech až překvapivě silná. Proto zbytková voda při hasebním zásahu (jedná se již o slabou kyselinu chlorovodíkovou), která volně odtéká z požářiště, může napáchat další škody. Nejen na zdraví všech, kteří s ní přijdou do styku, ale také i na majetku.

Jelikož u požárů se z látek uvolňuje chlor i chlorovodík, proto nelze přesně odlišit dopady expozice **chlorem a chlorovodíkem**. U exponované osoby chlorem (resp. chlorovodíkem) se mohou projevit následující rizika a potíže:

- podráždění nosu, dýchacích cest, vznik trhlinek na dýchacích cestách, silné kašláni, krvácení z nosu a bolest na hrudi;
- dráždění plic, dušnost, tvorba tekutiny v plicích (edém) i nebezpečí udušení;
- popálení očí a kůže s nevratným poškozením;
- opakované expozice mohou nenávratně poškodit plíce, zuby a vyvolat vyrážky.

V prvních fázích provádění hasebního zásahu jsou zasahující hasiči dobře chráněni. Dýchací technika ochrání jejich dýchací cesty proti plynnému chloru i chlorovodíku.

Zásahové oblečení a protichemické oděvy zase kůži před účinky kyseliny chlorovodíkové.

Pokud však dojde k nadýchání zasahujícího hasiče, musíme postiženého vynést na čerstvý vzduch. Zajistíme pro něj okamžitou lékařskou pomoc a inhalaci kyslíku nebo roztoku hydrogenuhličitanu sodného.“ (9)(17)

### 1.3.5 Nitrozní plyny – NO<sub>x</sub>

„Nitrozní plyny patří mezi velmi nebezpečné látky. Zvláštní postavení mezi nimi mají oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>). Přičemž oxid dusnatý při styku s kyslíkem a vzdušnou vlhkostí navazuje O<sub>2</sub> a mění se na oxid dusičitý.

**Oxid dusnatý (NO)** je jedním z oxidů dusíku. Je to za normální teploty bezbarvý, jedovatý a za přítomnosti vlhkosti, leptavý plyn. Příznaky otravy oxidem dusnatým NO:

- silně dráždí dýchací cesty, způsobuje cyanózu.

Po chemické stránce je silným oxidovadlem, reagujícím s kovy, organickými látkami a řadou jiných chemických sloučenin. Snadno oxiduje s volným kyslíkem na oxid dusičitý.

**Oxid dusičitý** nemusí vznikat jen při hoření. Vzniká v senážních věžích při skladování zemědělských produktů. To je nebezpečné pro hasiče, kteří musí do těchto věží, i když někdo nahlásí jen příznaky podobné hoření. Hasiči provedou průzkum, měření teploty, a to i v případě, že se jedná jen o planý poplach. V případě požáru, nebo příznaků hoření se začne provádět hasební zásah. Při požárech se oxid dusičitý uvolňuje nejvíce při hoření umělých hnojiv (velké množství dusíku v hořícím materiálu). Nebezpečné jsou však i požáry v kancelářích a bytech.

Oxid dusičitý je žluto- až červenohnědý plyn, těžší než vzduch. Má silné dráždivé účinky pro dýchací cesty. Tato jeho vlastnost chrání organismus a varuje postiženého, že se vyskytuje v nebezpečném prostředí (organismus se brání kašlem). Pokud postižený neopustí zasažený prostor, hrozí mu edém plic s možnou následnou smrtí udušením. Nebezpečná je u oxidu dusičitého doba latence, kdy bezprostředně po



nadýchání se mohou objevit pouze mírné příznaky postižení a teprve po několika hodinách se projeví vlastní otrava organismu.

Všechny oxidy dusíku se rozpouštějí ve vodě za vzniku dusičitých kyselin. Ty ohrožují zasahující hasiče poleptáním. Jejich výpary mohou při vdechnutí způsobovat poleptání sliznic dýchacích cest, přes které se dostávají do krve. Tyto kyseliny reagují v lidském těle s alkalickými sloučeninami za vzniku nitrátů a nitridů. Ty potom napadají krevní částice, což vede k celkovému kolapsu organismu a ke komatu. Příznakem je rozšiřování cév, kolísání krevního tlaku, bolest hlavy a mdloby.

Jako první pomoc stačí postiženého vynést ze zasažených prostor na čerstvý vzduch a provádět inhalaci kyslíku. Odbornou pomoc pak musí zajistit lékařská služba, kterou musíme povolat.“ (8)(17)

### **1.3.6 Kyanovodík – HCN**

„Kyanovodík je bezbarvý plyn se zápachem a chutí po hořkých mandlích, je lehčí než vzduch.

Kyanovodík (HCN) je velmi nebezpečný. Při požárech vzniká při hoření polyamidu (silon, nylon), polyuretanu (molitan), močovinoformaldehydové pryskyřice (umakart, lepidla, laky), palubní desky automobilů, vlny, peří, přírodního hedvábí aj.

HCN se vstřebává nejen plícemi, ale i kůží. Přičemž toto vstřebávání je tím rychlejší, čím je kůže teplejší a vlhčí. Organismus reaguje na přítomnost kyanovodíku zvýšením srdeční frekvence až na 100 tepů za minutu. Koncentrace **135 ppm** vyvolává smrt postiženého do **30 minut**, ale při koncentraci **270 ppm** nastává smrt **okamžitě**.“ (8)(17)

### **1.3.7 Fosgen – COCl<sub>2</sub>**

„Fosgen je bezbarvý plyn bez chuti, ale s nepříjemným zápachem po shnilém seně. Má silné dráždivé účinky, přičemž jeho jedovatost se projeví až několik hodin po expozici.

Do koncentrace **6 ppm**, kdy je již jeho zápach znatelný, **dráždí oční sliznice** a nutí ke **kašli**, čímž postiženou osobu nutí opustit zasažený prostor. Pokud by koncentrace dosáhla **25 ppm**, nastává **smrt**.

Fosgen se uvolňuje při požárech chladicích kapalin a plynů, které obsahují freon. Spolu se vzduchem se dostává do plic, které jsou vlhké. Tam reaguje s vodou a v plicních sklípcích vzniká kyselina chlorovodíková.  $\text{COCl}_2$  snadno reaguje s vodou, i v prostředí mimo tělo, přičemž vzniká také kyselina chlorovodíková.“ (8)(17)

### **1.3.8 Ultrajedy (suprajedy)**

„Ultrajedy, v některé literatuře nazývané též suprajedy, jsou chemické sloučeniny, které již v mikrogramovém množství mohou v organismu vyvolat velmi vážné změny vedoucí k neléčitelným nemocem, ale v miligramových množstvích již usmrucují. Ultrajedy vznikají při hoření sloučenin s obsahem chlóru v malém, přesto nebezpečném množství. Mezi ně řadíme skupinu dioxinů, kam patří např. PCDBF (polychlordibenzofurany) a TCDBO (polychlordibenzoparadioexiny). Tyto sloučeniny jsou nebezpečné tím, že se váží na saze, které odchází z požářiště (ty se při vysoké teplotě kouře pak mohou dostat do velkých výšek a větrem pak daleko od centra požáru). Mohou se dostat do plic nejen hasičů, ale i osob, které se pohybují v místech zasažených „jen,, kouřem i v relativně bezpečné vzdálenosti od požáru (vyšetřovatelé, ostatní složky IZS, ale i přihlížející veřejnost). Naštěstí se však ultrajedy uvolňují velice zřídka, a jejich výskyt ve zplodinách hoření závisí na mnoha velice specifických podmínkách. Ty nastávají při požárech velmi vzácně. Největší riziko představují požáry skladů PVC (polyvinylchlorid). (8)(17)

### **1.3.9 Polycyklické aromatické uhlovodík – (PAH)**

„Čisté sloučeniny jsou bílé nebo nažloutlé krystalické pevné látky. Jsou velmi málo rozpustné ve vodě, ale snadno se rozpouštějí v tucích a olejích. Skupina polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) představuje velmi širokou škálu různých látek vyznačujících se tím, že ve své molekule obsahují kondenzovaná aromatická jádra a

nesou žádné heteroatomy ani substituenty. Do skupiny PAH náleží například následující látky: naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren.

PAH vznikají v rámci spalovacích procesů jakýchkoli materiálů obsahujících uhlík, pokud není spalování dokonalé. Jedná se o spalování téměř všech druhů uhlíkatých paliv. Polycyklické aromatické uhlovodíky je nutné očekávat obecně všude tam, kde se vyskytují vysokovroucí ropné či uhelné produkty (dehty, asfalty). Za přírodní zdroje emisí je možné považovat také přirozené přírodní požáry a erupce sopek.

PAH jsou toxické pro celou řadu živých organismů. Mohou způsobovat rakovinu, poruchy reprodukce a mutace. Jejich působení na celé populace organismů je proto závažné. Nejproblematičtější vlastností PAH je jejich **perzistence**, tedy **schopnost odolávat přirozeným rozkladným procesům**. Celá řada látek ze skupiny polycyklických aromatických uhlovodíků představuje závažné zdravotní riziko pro člověka. Jejich nebezpečí spočívá především v **karcinogenitě, mutagenitě a ohrožení zdravého vývoje plodu**:

- ohrožení zdravého vývoje plodu;
- riziko onemocnění rakovinou;
- podráždění až popálení kůže;
- opakované expozice způsobují ztenčení a popraskání pokožky.

Zejména pokud jsou emitovány při spalovacích procesech, jsou **schopné transportu atmosférou na velké vzdálenosti** (ve formě navázané na zrna sazí a prachových částic). Stopy těchto látek proto byly zjištěny i na velmi odlehlých místech. PAH se také silně adsorbují na sedimenty ve vodách, které potom působí jako určité rezervoáry těchto nebezpečných látek.“ (12)(17)

## **2. Cíl práce a hypotézy**

### **2.1. Cíle práce**

1. Analýza a popis zplodin, které vznikají při dokonalém a nedokonalém hoření za podmínek požáru v reálných prostorech.

2. Zjistit přítomnosti toxických látek ve zplodinách hoření formou jímání a laboratorním rozborem.

3. Dotazníkovým šetřením zjistit znalosti hasičů po zapracování výsledků bakalářské práce do systému školení zásahových jednotek HZS JČK

### **2.2. Hypotézy**

1. Liší se zastoupení zplodin hoření, v závislosti na dokonalém a nedokonalém hoření.

2. Vykazují větší nebezpečí zplodiny při nedokonalém hoření, než při dokonalém hoření.

### **3. Metodika**

#### ***3.1. Pálení vzorků***

Ve své práci hodlám učinit rozbor stejných vzorků jako v bakalářské práci, abych mohl získané výsledky porovnat. Jediný vzorek bude jiný, jedná se o PUR pěnu, která se používá na vyplnění dutin na stavbách, utěšňování mezer při montáži oken, v modifikacích, jako izolace trubek na vodu, nebo jako tzv. „línou pěnu“ v matracích sedacích souprav a postelí.

Vybrané vzorky spálit a zjistit zplodiny, a v jakém množství se uvolňují do ovzduší při nedokonalém hoření. Proto musím vybrané vzorky zapálit, zplodiny jímát a následně nechat vyhodnotit v laboratoři.

#### ***3.2. Jímání vzorků***

Jímání vzorků bylo provedeno v improvizovaném spalovacím zařízení. Jednalo se o vyřazená kamna značky Petra s komínkem vytvořeného s kouřových rour v délce jednoho metru. Jímání bylo provedeno na ústí komínku plynovým odběrovým čerpadlem americké výroby PCXR4 (Obrázek č. 1). Toto čerpadlo bylo předem nastaveno na průtok vzduchu 2 l za min. Vzniklé zplodiny byly jímány do teflonových vaků stejného výrobce o obsahu 3l (Obrázek č. 2). Výhoda byla, že odběr trval přibližně 2 minuty. Tento způsob jímání byl zvolen z ohledu na potřebné vzorky. Jednalo se o nedokonalé hoření, které by se delší dobu nepodařilo zajistit.

**Obrázek č.1 – Odběrové plynové čerpadlo PCXR 4**



*Zdroj: vlastní fotografie*

**Obrázek č.2 – Odběrový vak (3litry)**



*Zdroj: vlastní fotografie*

### **3.3. Laboratorní analýza vzorků**

Vzorky získané pálením vybraných materiálů jsem po domluvě s p. Ing. Čapounem nechal vyhodnotit akreditovanou laboratoř. Pro tuto práci jsem zvolil laboratoř Institutu ochrany obyvatelstva se sídlem v Lázních Bohdaneč, neboť se jedná již o speciální měření, na které u HZS JČK nemáme přístroje a není je možno provádět.

Toto **laboratorní zpracování** obsahuje přesné a lepší výsledky. Tak jak to bude v našem případě, kdy budeme látky pálit a jímat do vakuových vaků, kde výrobce garantuje neměnnost vzorku 3 dny, takže nemusíme provádět pálení přímo v laboratoři. Následným měřením na přístrojích a analýzou pak získáme výsledky, které se dají publikovat, pokusit se seznámit s nimi co největší množství lidí, aby získali alespoň představu, co je ohrožuje při spalování různého odpadu.

### **3.4. Dělení a detekce vzorků**

„Další dělení odebíraných vzorků může být podle skupenství vzorku. Rozlišujeme **plynné** zplodiny hoření, pokud vznikají, tak **kapalné** látky (nejčastěji se jedná o požární vodu určenou k hasebnímu zásahu, ve které jsou toxické látky rozpuštěny), nebo **pevné** látky, které zůstanou na požářišti a ohrožují např. vyšetřovatele, nebo skupiny které likvidují požářiště.

Detekce **plynných** látek slouží v první chvíli pro ochranu hasičů a všech lidí, kteří se musí pohybovat v okolí požáru. U požárů ho provádíme nejčastěji pomocí čerpadel s průkazníkovými trubičkami (např. CHP-71), nebo vícekanálovými detektory plynů (TETRA) a získáváme tak první cenné informace o zplodinách hoření. Ty pak mohou pomoci veliteli zásahu v rozhodnutí o provedení evakuace obyvatel v místě požáru. Dále můžeme vzorky odebírat do tenaxových trubiček nebo odběrových vaků. Ty pak v laboratořích vysát a odebraný vzorek analyzovat, a můžeme tak zjistit úniky jedovatých látek při požáru do životního prostředí. A zjistit možné následky nejen pro blízké okolí, ale i pro místa vzdálená i několik kilometrů po větru. Která byla zasažena kouřem a ostatních zplodin hoření z požáru. Protože v místech, která kouř zasáhl, může dojít k poškození zdraví občanů, zamoření rostlin, vody nebo půdy toxickými látkami.

Odběr **kapalných** látek (pokud vznikají) provádíme do určených nádob, které odpovídají laboratorním požadavkům. Nejčastěji se jedná o vodu, která byla použita na samotný hasební zásah a z požářiště nekontrolovaně odtéká. Tato voda může po průchodu všemi složkami ohně (kouř, hořící látka, látka v pásmu přípravy hoření, zbytky materiálů, které zůstaly po požáru) obsahovat různé jedovaté látky ve velkém množství a dopravit je na velké vzdálenosti. Hrozí tady nejen kontaminace zeminy, kudy voda odtéká, ale zamoření povrchových toků a v neposlední řadě i zasažení spodních vod, které mohou být využívány obyvatelstvem jako zdroje pitné vody. Výsledky analýzy hasební odtokové vody může být rovněž cenným zdrojem informací o příčinách vzniku požáru.

Odběr **pevných** látek a jejich následná analýza nám může pomoci při zjišťování příčin požáru, nebo jestli se jednalo skutečně o látky, které byly majitelem deklarované. Analýza nám také může napovědět nejen jaké látky a kolik se dostalo do ovzduší, ale i jaké látky a na jak dlouho mohly zamořit požářiště a jeho nejbližší okolí. Rovněž podle zplodin, které zůstaly na požářišti, budeme muset zvolit postup a ochranu osob při úplném zlikvidování následků požáru.“(17)

### ***3.5. Odebírání vzorků pro laboratorní analýzu***

Odběr vzorků proběhl po dohodě s Ing. Čapounem do odběrových vaků s obsahem 3 litry. Jednalo se o třílitrové odběrové vaky stejného výrobce, jako bylo čerpadlo vzduchu (USA). Výrobce garantuje po dobu 72 hodin neměnnost vzorku a ani jeho ovlivnění okolním prostředím. Rovněž garantuje, že vzorek, který je najímáný ve vaku po udanou dobu nevyprchá a nepřijdeme tak o některé z látek, které jsou najímány. K jímání bylo použito odběrového plynového čerpadla PCXR4 (SKC Inc. USA), u kterého byl průtok nastaven na 2 l vzduchu za minutu. Z toho vyplývá, že naplnění vaku trvalo přibližně dvě minuty. Doba se však trochu lišila, jelikož čerpadlo má v sobě zabudovaný filtr hrubých nečistot, který se při materiálech, které uvolňovaly velké množství pevných, a lehkých sazí ucpával. Celá odběrová soustava jak byla použita je na obrázku č.3.



Spalování probíhalo pro možnosti porovnání s bakalářskou prací, stejně. Tedy ve starých kamnech „Petra“ na které bylo nasazeno kouřové koleno a metrová roura (obrázek č.4). Roura byla nasazena hlavně z důvodu co možná největšího ochlazení vznikajících zplodin a usměrnění proudu odcházejících spalin. Při improvizovaném požáru byla teplota okolního vzduchu od 13°C do 19 °C a proudil slabý vítr. Teplota zplodin, které byly na výstupu odebírány, se pohybovala v rozmezí 25 – 30°C. Pro potřeby našeho pokusu bylo potřeba tuto nízkou teplotu co nejvíce dodržet, jelikož se mělo jednat o podmínky nedokonalého hoření, které probíhá za nízkých teplot a omezeného přístupu vzduchu. Přístupu vzduchu bylo zmezeno důkladným zavřením dolních dvířek, které jsou pro proudění vzduchu pod topeniště sestrojeny a umístěny.

Jelikož byl odběr prováděn plynovým čerpadlem, které nemá vlastní sací hadičku, nebo trubičku bylo ho třeba připojit plastovou hadičkou v délce jednoho metru. Výhoda takto dlouhé hadičky byla v tom, že lehké saze, které se uvolňovaly při hoření, se v ní zachycovaly a neucpávaly filtr v čerpadle. Na druhou stranu, velkou nevýhodou plastové hadičky, která byla použita, bylo její ohřívání a měknutí. I přesto, že odběr vzorků probíhal při poměrně nízké teplotě a jen krátkou dobu, u výhřevnějších materiálů docházelo k zatavení konce hadičky. Velkou výhodou pro mé použití, ale hlavně pro použití v oblasti reálného požáru vidím v zařazení delší kovové trubičky na konec sací soustavy. Ta by pak zabránila zatavování konce plastové hadičky, zvláště pokud by odběr probíhal při vyšších teplotách zplodin odcházejících z požářiště.

**Obrázek č.3 – Odběrové čerpadlo PCXR-4 a odběrový vak (3litry)**



*Zdroj: vlastní fotografie*

#### Obrázek č.4 - improvizované spalovací zařízení



*Zdroj: vlastní fotografie*

#### **3.6. Výběr vzorků**

Výběr vzorků byl usnadněn potřebami pro diplomovou práci. Pro možnosti porovnání byly vybrány shodné vzorky jako v bakalářské práci. Po dohodě s ing. Čapounem byla vynechána nafta. Jelikož u nafty při jejím hoření neprobíhá nedokonalé hoření. Místo nafty byl zařazen molitan, se kterým se zasahující hasiči setkávají hlavně při bytových požárech, které zasáhnou sedací soupravy a čalouněné vybavení bytů. Dalším zajímavým materiálem se nám jevila PUR pěna, která v poslední době zažívá rozmach v použití. Je to od utěšňování otvorů při stavbách kde se používá jako tzv. tvrdá pěna, tak hlavně v obytných prostorech, kde jí používáme např. jako matrace v postelích.

Jedná se o tyto materiály:

- „**polyvinylchlorid** (dále **PVC**) - je dnes jedním z nejpoužívanějších materiálů na podlahové krytiny nejen v bytech, kancelářích, chodbách většiny domů. V různých měkčených podobách se používá na výrobu dětských hraček, trubek sloužících v budovách k odvodu vody, různých kabelových lišt a chrániček. Většina těchto plastů je pro lepší zpracovatelnost, nebo jejich používání v konečné podobě ještě měkčena ftaláty. Dnešní doba přináší ještě další velké množství využití PVC. Je to výroba, skladování, prodej plastových oken a jejich stále větší obliba v budovách všech druhů. „Při hoření PVC vzniká značné množství plynného chlorovodíku (HCl). Dalším významným produktem je benzen, který se tvoří jako výsledek cyklizace nenasycených konců řetězců. Mezi další produkty hoření patří alifatické a aromatické uhlovodíky. V menším množství vznikají i halogenderiváty. Jedná se především o vinylchlorid a chlorbenzeny. Někdy je v malém množství detekován i fosgen (do 5 ppm). Vybrané produkty jsou uvedeny v tabulce č.3 (1). „Při spálení 1 kg čistého PVC vzniká přibližně 380 až 400 l plynného HCl. Vzniklý chlorovodík vytváří se vzdušnou vlhkostí páry kyseliny chlorovodíkové, která způsobuje velmi silnou korozi kovových materiálů. Koncentrace HCl nad 1,5 mg.l-1 je již životu nebezpečná. Tato koncentrace vzniká např. spálením 300g PVC v uzavřeném prostoru o objemu 100 m3.“ (12)(17)

**Tab. č. 3 - vybrané produkty tepelného rozkladu PVC při teplotě 500 a 700°C**

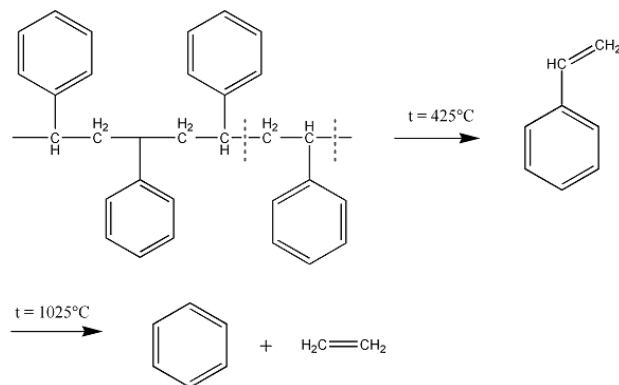
Složka	500°C	700°C
alifatické uhlovodíky	3,6	31,87
benzen	70,23	36,74
toluen	4,98	9,87
ethylbenzen	0,76	0,81
o-xylen	1,12	1,48
monochlorbenzen	0,37	0,14

styren	1,63	1,85
vinyltoluen	0,47	0,5
p-dichlorbenzen	0,09	0,06
o-dichlorbenzen, inden	1,58	2,46
1, 3, 5-trichlorbenzen	0,25	0,11
1, 2, 4-trichlorbenzen	1,35	0,66
naftalen	6,22	7,28
$\alpha$ -methylstyren	0,94	1,4
$\beta$ -methylstyren	0,73	1,14

*Zdroj: Cromton T.R.A. Analýza plastů, Praha, SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1989. Přeloženo z anglického originálu. "The Analysis of Plastics", ISBN 80-03-00162-5*

- **„polystyren** - v dnešní době se s tímto materiálem hasiči setkávají stále častěji. Nejvíce při požárech rodinných domků a nově i panelových bytových domů, kde se používá jako vnější zateplení obvodových zdí. Dalším místem s velkým množstvím polystyrenu, je jeho samotná výroba a skladování ve skladech prodejen stavebnin, dále ve skladech kde slouží k prokládání hotových výrobků. Při rozkladu polystyrenu je hlavní složkou tepelného rozkladu která se dostává do zplodin hoření styren, který se uvolňuje při nižších teplotách, ale se zvyšující teplotou hoření dochází k dalšímu štěpení na menší molekuly např. benzen a etylen (schéma č.2). Z toxikologického hlediska je pak benzen posuzován jako hlavní látka pro posouzení toxicity zplodin. „(15)(17)

## Schéma č. 2 - tepelný rozklad polystyrenu na styren dále na benzen a etylen



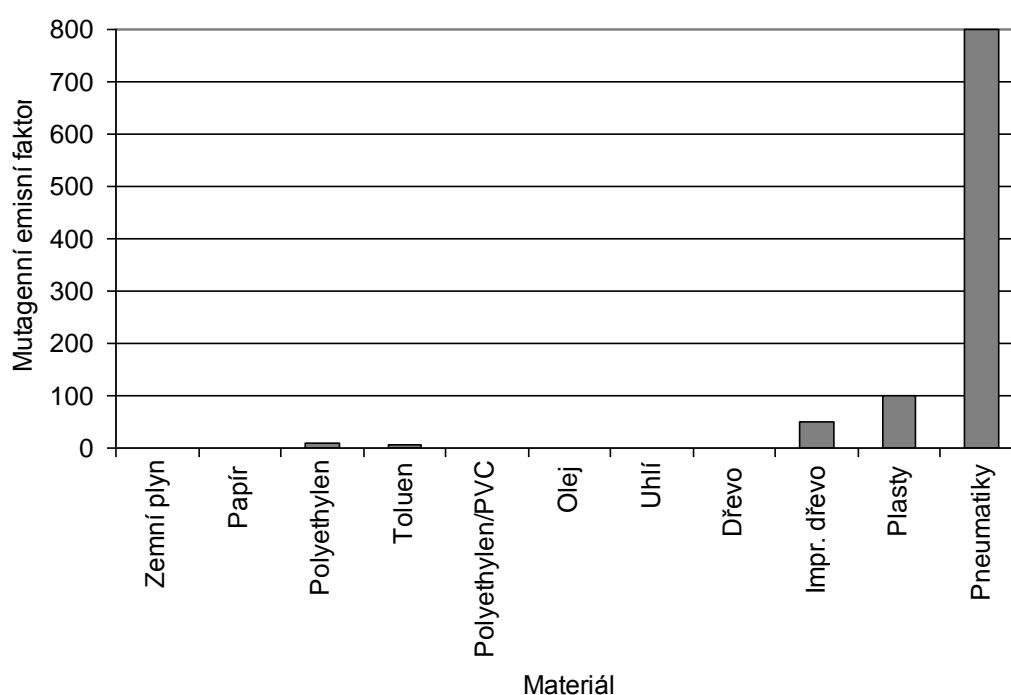
Zdroj: *Analýza a toxikologie zplodin hoření*, Mgr. Henryk Sikora

- „**pryže (kaučuky)** - hasiči se s nimi nejčastěji setkávají při požárech motorových vozidel. U zásahů, kde je zasažen požárem motorový prostor, jsou pneumatiky, hadice a pryžová těsnění jedním z prvních materiálů, které při příjezdu hasičů hoří. Jedná se však, ale o malé množství. Největším nebezpečím s obrovským výskytem pryží je samotná výroba, skladování, prodej a recyklace pneumatik. Pryží se však dneska používá ve velkém množství i v domácnostech, kancelářích v různém provedení. Jedná se o další sloučeniny kaučuku, např. neopren, silikony, isopren. Jelikož likvidace použitých pryžových výrobků je obtížná, končí na skládkách, kde při požárech potom uvolňují jedovaté zplodiny, které ohrožují zasahující hasiče.

„ Nejrozšířenějším a nejpoužívanějším kaučukem je styren-butadien kaučuk (SBR), který tvoří 60 % celkové produkce. Jeho největší uplatnění je při výrobě pneumatik. Významný podíl zplodin tvoří 1,3-butadien, 1,3-pentadien, benzen, toluen, styren, xyleny, 4-vinylcyklohexen, limonen, aj. Zplodiny z pneumatik jsou nebezpečné především svými karcinogenními účinky. Porovnání mutagenního emisního faktoru s ostatními materiály je zobrazeno v tab. č. 4. (Mutageny jsou látky, které mohou poškozovat genetickou informaci člověka. Některé mutageny mohou působit také jako karcinogeny a způsobovat zhoubné bujení – rakovinu.

Mohou také ovlivnit prenatální vývoj člověka.) Značnou část zplodin tvoří sirné sloučeniny vznikající z přítomné síry po vulkanizaci. Obsah síry ve výsledném výrobku se pohybuje mezi 1-3 %. Hlavním představitelem je SO<sub>2</sub> dále pak organické sirné deriváty např. thiofen, methylthiofen, benzothiofen, aj(1) K rozsáhlým požárům, dochází nejčastěji ve skladech pneumatik a na skládkách, kde se ve velkém množství používají k zatížení skládkové folie. „(15)(17)

**Tabulka č. 4 - mutagenní emisní faktor**



*Zdroj: YOUN SUK LEE: Quantitative analysis of unknown compositions in ternary polymer blends – A model study on NR/SBR/BR systém. Journal of analytical and applied pyrolysis, 2005.*

- PUR pěna** – jedná se o materiál, který má velice mnoho možností využití. Jak všichni známe každodenního používání, kdy si večer jdeme lehnout na modifikovanou tzv. měkkou PUR pěnu v matraci, nebo polštáři z tzv. líné pěny. Další velké využití má tzv. tvrdé pěny, přináší používání ve stavebnictví. „Je to pro její vynikající izolační schopnost, možnost zpracování na místě nebo do

libovolné formy, přilnavost (kotvení) k plášt'ovým materiálům a podkladům, buněčná struktura s uzavřenými dutinkami, nízká nasákavost, nepatrná hmotnost, pevnost.

Jedná se o materiál širokého použití, jelikož je to materiál "programovatelný", podle jeho chemického složení a vytvoření může vzniknout řada zcela odlišných typů - od měkkých pěn přes tvrdé pěny až po strukturální PUR pro výrobky stavebního i spotřebního průmyslu, od běžně hořlavého polyuretanu přes samozhášivé typy až po těžko hořlavé až nehořlavé, s teplotní odolností běžnou (120 °C) až po teplotně odolné při 300 °C atd.

Jeho velká výhoda je v dopravě materiálu na místo použití. Výrobek se dostane co nejbližší k místu použití - od výrobce PUR pěny se ke zpracovateli dopravuje surovina jako kapalina ve dvou složkách, tedy velmi úsporně na přepravu v nízkém objemu. Způsob zpracování má významné technologické výhody (adheze k povrchům bez nutnosti lepení, vyplnění dutin atd.).

Polyuretan je zdravotně nezávadný, avšak při práci se surovinami, které jsou v tekutém stavu toxické, při jejich přepravě a zacházení s nimi, je třeba dodržovat příslušná bezpečnostní opatření. Po vytvrzení je pěna zcela neškodná. Nedochozí k odpařování jakýchkoliv škodlivin, hlavní hygienik schválil tuto izolaci i do prostorů s potravinami, kde jsou zvlášť přísné požadavky. Polyuretan není napadán plísněmi ani hmyzem, má trvalou odolnost proti hnilobě. Pokud jde o odpad v podobě tvrdé pěny, o jeho další využití je velký zájem jednak pro izolační zasypy, použití do litých výrobků PUR a podobně.

Z požárního hlediska je velká výhoda jelikož se běžně používají samozhášivé typy tvrdé polyuretanové pěny, jinak byla už zmínka o možnostech speciálních typů, které jsou ovšem cenově náročnější. Pro užití PUR ve stavbách existují pouze omezení, daná stavebními předpisy a požárně technickou normou.

Vzhledem k malé hmotnosti PUR jako izolantu nedochází k podstatnému zvýšení požárního zatížení a Hlavní správa Sboru požární ochrany vydala souhlas k jeho užití ve smyslu expertizy, která byla z iniciativy Asociace vypracována a schválena. " Jelikož se jedná o moderní materiál, do budoucna se bude jistě

využívat v dalších oborech nejen průmyslu, ale i domácností bylo by třeba se blíže zaměřit na jeho vlastnosti. V české republice se využívají znalosti převzaté ze zahraničí.(3)

- **„lamino a dřevotříska** - jsou to materiály, které se používají na výrobu nábytku a interiérového zařízení bytů, kanceláří, pohledových obkladů chodeb a všech místností, kde se člověk pohybuje. Jedná se o nejčastěji používanou náhradu dřeva. Tento materiál je z hlediska zplodin hoření velmi nebezpečný, nejen hustým černým kouřem, který znemožňuje viditelnost, ale hlavně obsahem jedovatých látek. Ve zplodinách jsou zastoupeny fenolformaldehydové, nebo močovinoformaldehydové pryskyřice“(17)
- **„elektrické kabely** – jedná se o materiál, který se používá jako vnější izolace elektrických kabelů. S těmi se hasiči setkávají u každého požáru, ať je to požár bytu, kanceláří, skladů, nebo motorových vozidel. Výjimku tvoří asi jen lesní požáry a požáry suché trávy na volném prostranství. Největší nebezpečí na zasahující hasiče číhá při dokončovacích pracích, kdy se již většinou nechrání dýchací technikou. Protože jedovaté látky se uvolňují z izolací elektrických kabelů i při působení vysokých teplot a nemusí být přítomno vlastní hoření. Z izolace elektrických kabelů se uvolňují do ovzduší hlavně kyanovodík, chlorovodík, nitrozní plyny, oxidy síry a benzen“(15)



#### 4 Popis pálených vzorků a výsledky analýz

Teflonové odběrové vaky o obsahu 3l s najímaným vzorkem byly poslány do chemické laboratoře IOO Lázně Bohdaneč, kde byly provedeny analýzy jejich obsahu.

Výsledky analýz ing. Čapoun zpracoval do výsledných protokolů o zkoušce, které jsem obdržel. Po konzultaci s ing. Čapounem, jsem vybral látky, které jsou ve zplodinách zastoupeny v největších koncentracích. V protokolech, jsou popsány ale i látky, které jsou zastoupeny jen v nízkých koncentracích. Naopak u některých látek byly koncentrace tak vysoké, že neumožňovaly u citlivého přístroje identifikaci ani stanovení žádné ze složek směsi. Všechny tyto protokoly o zkoušce jsou přiloženy v příloze této diplomové práce.

- **PVC**

Pro rozbor byla vybrána PVC podlahová krytina. Jednalo se o obdélník 20 x 10 cm. Na rozdíl od pálení pro potřeby bakalářské práce, kde byl vzorek pálen a zplodiny jímány 20 min, tentokrát bylo potřeba naplnit vak o obsahu 3l. Vzorek byl zapálen a znepřístupněn přístup vzduchu. Protože bylo potřeba nastavit podmínky co nejpodobnější nedokonalému hoření. Vzorek hořel za vzniku velkého množství sazí.

Ve výsledcích u PVC je vidět značný rozdíl mezi zplodinami dokonalého a nedokonalého hoření. Zatímco u dokonalého hoření převládaly píky pro **benzen** a **toluen**, které byly rozhodující, u nedokonalého se projevíly jiné látky. Jednalo se o **oxid uhelnatý**, který byl zastoupen v hodnotách vyšších než 1000 ppm, dále **chlor** v hodnotě - 36 ppm, **oxid siřičitý** - 28 ppm, **kyanovodík** - 4ppm, **fosgen** – 0,8 ppm.

Při GC/MS analýze byl hlavní podílovou složkou **oxid uhličitý**, dále převládaly složky ve vysokých koncentracích **benzen**, 3 izomery **Methylheptenů** U složek o nízkých koncentrací to byl **toluen** a **3-Methylheptan**, **chlorbenzen**, **fenol** viz příloha č.1 – **Protokol o zkoušce č.:715, PVC lino**. Účinky na zdraví člověka je působením na CNS, imunitní systém, krevetvorbu – napadají kostní dřeň a jsou leukemickými karcinogeny.

- **Polystyren**

Pro rozbor byla vybrána polystyrenová deska používána pro zateplení budov. Jednalo se o desku o rozměru 10 x 15 x 5 cm. Deska byla nalámána na menší kusy a ty zapáleny. Opět bylo zabráněno přístupu vzduchu, a jelikož se jednalo o materiál s retardérem hoření, polystyrenové desky nejprve „odtávaly“. Během jímání však vzplály a hořely plamenem za vývinu velkého množství štiplavého kouře.

Jelikož se jedná o materiál, který je průmyslově vyroben z určitých materiálů, potvrdilo se, že látky uvolňující se při nedokonalém hoření jsou hodně podobné látkám zjištěných při dokonalém hoření. V našem případě, u nedokonalého hoření obsahoval kouř **oxid uhelnatý** v množství min. 630 ppm a **oxid siřičitý** v min. množství 14 ppm.

GC/MS analýza neukázala, že hlavní podílovou složkou byl **oxid uhličitý**, dále to byla z převládajících složek směsi ve vysokých koncentracích tak jako při nedokonalém hoření **benzen, styren, toluen**. Ve složkách o nízkých koncentracích tu byl ještě zastoupen **fenylacetylen** a **amylacetát**. Všechny výsledky jsou viz příloha č.2 – **Protokol o zkoušce č.:709, polystyren**. Látky, které se uvolňují při hoření polystyrenu, jsou nebezpečné svými účinky na centrální nervový systém člověka (dále jen CNS), a jako látky napadající kostní dřeň ovlivňují krevtvorbu. Patří tak mezi leukemické karcinogeny. Styren pak patří svými účinky mezi látky poškozující játra – hepatotoxické látky.

- **Pneumatika (pryže)**

Pro získání spalin byla vybrána stará pneumatika, ze které byla vyříznuta část o rozměru 7 x 30 cm. Ta byla zapálena (obtížně). I při omezeném množství vzduchu látka poměrně dobře hořela za vzniku velkého množství kouře a sazí.

V protokolu o zkoušce analýza zplodin hoření pneumatiky nám detekce multidetektorů plynů MX 21 Plus ukázaly, že hlavním zástupcem byl **oxid uhelnatý** v hodnotě 720 ppm a **oxid siřičitý** měl hodnotu 8 ppm. Analýza plynů detektorem GDA 2 i přes vysoké hodnoty nebezpečných látek u citlivého přístroje ukázala, že vzorek obsahoval **oxid uhelnatý** – 700 ppm a **formaldehyd** – 37 ppm.

GC/MS analýza ukázala, že pneumatika při svém hoření uvolňuje i další látky převládající ve směsi ve vysokých koncentracích jako jsou aromatické uhlovodíky - **limonen, styren, benzen, toluen**. V nízkých koncentracích ve směsi to pak byly **xyleny, fenylacetylen, 3-methylheptan**. Všechny podrobnosti jsou viz. příloha č.3 – **Protokol o zkoušce č.:712, pneumatika**.

Opět se zde ukazují látky, které ovlivňují CNS a jsou významnými karcinogeny a mohou být nebezpečné i v prenatálním vývoji člověka. Látky byly zastoupeny ve vyšších koncentracích.

- **PUR pěna**

Jelikož se jednalo o materiál, který byl bez retardérů hoření, bylo pro potřeby pálení a následného získání zplodin použito odřezků z tepelné izolace. Tato je běžně dostupná jako tzv. montážní pěna, kterou běžně používají firmy např. na utěsnění otvorů při montáži oken. Přes omezení přístupu vzduchu do prostoru spalování, vzorek vyhořel velmi rychle za vzniku velkého množství kouře a sazí.

Jelikož jsem v bakalářské práci neměl tento materiál, nemáme výsledky, které jsme získali rozborem s čím porovnat. Ve směsi byly nejvíce zastoupeny **oxid uhelnatý**, bylo to více než 1000 ppm, **oxid siřičitý** – 30 ppm, **kyanovodík** – 16 ppm, **oxidy dusíku** – 6ppm, **fosgen** – více než 1 ppm. Analýza detektorem GDA 2 opět nebyla možná z důvodů vysokých koncentrací jednotlivých látek. Analýza GC/MS nám ukázala, že ve vysokých koncentracích byly vedle hlavního podílu **oxidu uhličitého**, zastoupeny aromatické uhlovodíky – **benzen a toluen**. V nízkých koncentracích byly zastoupeny **fenylacetylen, xyleny a pyrazinamid**. Výsledky jsou uvedeny v přílohách této práce, viz. příloha č. 4 – **Protokol o zkoušce č.713, PUR pěna**. Tyto látky jsou pro člověka nebezpečné svými účinky na CNS, mohou vyvolávat rakovinotvorné bujení, napadat kostní dřeň a tím ovlivňovat krevetvorbu.

- **Dřevotříska a lamino**

Pro získání potřebného množství zplodin hoření byla uříznuta deska o rozměrech 15 x 10 x 1 cm. Jednalo se dřevotřísku s povrchovou úpravou (lakované lamino). Ta pak

byla rozštípána na malé kusy a zapáleny. Opět pro nejvěrnější podobnost s nedokonalým hořením bylo co nejvíce zabráněno přístupu vzduchu. Největším problémem byla obrovská výhřevnost a teplota kouře, která způsobovala roztavení hadičky, kterou se zplodiny hoření nasávaly. Jelikož se jednalo o nedokonalé hoření, vznikal hustý černý kouř.

Pomocí selektivních analyzátorů byly ve vzorku identifikovány tyto složky. Opět to byl v nejvyšší koncentraci **oxid uhelnatý** – 700 ppm, **oxidy dusíku** – 18 ppm, **oxid siřičitý** – 4 ppm, **chlor** – 4 ppm, **fosgen** – 0,8 ppm. Analýza plynů detektorem GDA 2 ukázala, že ve zplodinách byl nejvíce zastoupen **oxid uhelnatý** – 720 ppm, **oxid siřičitý** – 7 ppm, a **fosgen** – 1,2 ppm. GC/MS analýza ukázala, že hlavními složkami ve směsi plynů byly vedle **oxidu uhličitého**, následující látky. Jednalo se o aromatické uhlovodíky, **benzen**, **toluen**, **2,3-dikyanopropionamid**. Ve složkách o nízkých koncentracích, byly nejvíce zastoupeny **chlorbenzen**, **fenylacetylen**, **xyleny**, **butanal**, **etylbenzen**. Výsledky jsou v příloze č.5 – **Protokol o zkoušce č.710, dřevotříska a lamino**. U tohoto materiálu se ukázal zajímavý výsledek. V laboratoři byly rozborem zjištěny látky jiné než při prvním rozboru v bakalářské práci. Patrně se jednalo o materiál, který je na první pohled stejný, jako byl materiál v bakalářské práci, použité materiály, lepidla při výrobě byly zřejmě odlišné. Jednalo se zejména o substituované furany a alkoxyfenoly. Účinky na zdraví člověka jsou opět karcinogenní, mutagenní a účinkují na CNS.

- **Izolace elektrických kabelů**

Izolace elektrických kabelů byla vybrána jsem již v bakalářské práci. Jelikož se s nimi hasiči setkávají ve všech objektech, kde při požárech zasahují. Jako vzorek byl vybrán kus kabelu, který se nejčastěji používá při domovních instalacích v délce 1 metru, který byl zapálen. Pro účely porovnání byl opět vzorek pálen za omezeného přístupu vzduchu. Vzorek hořel tmavým a velmi štiplavým kouřem.

Výsledky rozborů ukázaly na multidetektoru plynů MX 21 Plus, největší podíl ve vzorku měl **oxid uhelnatý**, kdy to bylo více jak 1000 ppm, dále to byl **oxid siřičitý** 180 ppm a poslední látku kterou nám rozbor ukázal, byl **fosgen**. Kterého bylo více než

1ppm. Detektorem GDA 2 pro jeho citlivost nebylo změřeno nic. GC/MS analýza nám ukázala, že při nedokonalém hoření za nízkých teplot se uvolňují do ovzduší **benzen**, **toluen** a **3-methylenheptan**. Zastoupení v nízkých koncentracích to byl **styren**, **2-ethyl-1,3-butadien**, **chlorbenzen**, **fenylacetylen** a **methylhepteny**. Viz. Příloha č. 6 – **Protokol o zkoušce č. 714, izolace elektrických kabelů**. Opět nám rozbor ukázal benzen a toluen, látky, které svými účinky ovlivňují CNS. Dále pak styren, který působí na játra – hepatotoxicky, další látky jsou významné karcinogeny a mutageny, ale mohou mít vliv i na vývoj plodu v těle matky.

- **Molitan**

Molitan je materiál, který se v dnešních domácnostech používá ve většině čalouněného nábytku. Nejvíce je ho v sedacích soupravách, které bývají při požárech bytů zasaženy po požárech kuchyňských linek hned na druhém místě.

Rozbory nám ukázaly, že při nedokonalém hoření se uvolňuje nejvíce **oxid uhelnatý** – 440 ppm, **oxid siřičitý** – 5 ppm, **kyanovodík** – 2 ppm a **fosgen** – 0,8 ppm. Citlivostí detektoru GDA 2 se tyto potvrdily a jsou zastoupeny ve vyšších koncentracích. **Oxid siřičitý** – 7 ppm, **kyanovodík** – 2,8 ppm, **fosgen** – 1 ppm. GC/MS analýza ukázala, že se ve vyšších koncentracích do směsi plynů uvolňují další látky. Jsou to **benzen**, **toluen** a **2,3-dikyanopropionamid**. V nižších koncentracích to byl **chlorbenzen**, **fenylacetylen** a **2.kyanoacetamid**. Vše je popsáno, viz. Příloha č. 7 – **Protokol o zkoušce č. 711, molitan**. Látky uvolněné do ovzduší, opět ovlivňují CNS, způsobují edém plic. A jako v ostatních případech působí karcinogenně.

U všech materiálů se v rozbořech objevil **oxid uhelnatý** v poměrně velkých koncentracích. Jeho účinky jsou pro člověka velmi rychlé, jelikož se jedná o bezbarvý plyn bez chuti a zápachu je velmi nebezpečný. Hlavně pro přihlížející, vyšetřovatele a ostatní osoby, které se pohybují kolem požářiště. Menší riziko je pro zasahující hasiče, jelikož se pohybují v dýchacích přístrojích. Vazba oxidu uhelnatého na hemoglobin je přibližně dvousetkrát silnější než kyslíku a jeho odstranění z krve trvá mnoho hodin až

dní. Příznaky otravy se objevují již při přeměně 10 % hemoglobinu na karboxyhemoglobin.,

Dále pak to byl **oxid siřičitý**, který působí na horní cesty dýchací dráždivě a vyvolává kašel. V těžších případech může vyvolat edém plic, rozedmy, poškození srdečního svalu a poškození krevní tvorby.

## 5 Možnosti detekce u HZS JČK

### 5.1 Vybavenost jednotek HZS JČK - detekční technika

„Hasičský záchranný sbor JČK (HZS JČK) je vybaven několika druhy přístrojů. Jsou to přístroje, které slouží výjezdovým jednotkám k ochraně zdraví zasahujících hasičů.

Detekční přístroje u HZS JČK můžeme rozdělit podle principu měření na prostředky založené na chemickém a fyzikálním principu:

- na chemickém principu je založen chemický průkazník **CHP – 71** s měřícími trubičkami na bojové chemické látky a průmyslové škodliviny. Jejich nespornou **výhodou** při používání je jednoduchost, není nutná pravidelná kalibrace a kontrola se provádí jen na průtok vzduchu. Hlavní **nevýhodou** jednoduché detekce trubičkami je nízká selektivita, nutnost disponovat několika druhy skleněných trubiček (možnost rozbití), jelikož každá trubička měří jen látku, pro kterou je vyrobena, a je osazena do prosavače. Zjištěné % zastoupení měřených látek není správné (zjišťujeme ho pouhým okem a porovnáváme s etalonem). Následuje poměrně zdlouhavá příprava k měření, a jehož správnost závisí také na okolní teplotě (nesprávné měření je při teplotách pod bodem mrazu). Podobným, ale modernějším přístrojem je **Dräger CMS**. K měření používá čipy obsahující miniaturní trubičky (10 kusů na každém čipu). Přesnost tohoto přístroje je větší, než u předešlého, protože změna barvy či stupeň zabarvení směsi v trubičce provádí již optika zabudovaná v přístroji. Naměřená hodnota je potom vypsána na displej.
- druhou skupinu přístrojů, která se používá u HZS JČK, jsou detektory, které využívají k měření elektrochemická čidla a měří simultánně několik látek (tzv. selektivní multidetektory). Nejpoužívanějším přístrojem je vícekanálový detektor plynů **Crowcon Tetra**. Ve výbavě některých jednotek jsou ještě přístroje **Dräger X-am 5000**. Počet simultánně měřených látek závisí na množství čidel, kterými jsou osazeny (např. u přístroje Tetra maximálně 4 ks). **Výhodou** těchto přístrojů je jejich rychlá možnost použití, malé rozměry a neustálé měření v průběhu času i polohy přístroje. **Nevýhodou** je vyšší cena samotného přístroje, čidel a nutnost jejich pravidelné kalibrace.

- dále jsou ve výbavě některých jednotek přístroje, které můžeme v případě nutnosti použít i na měření zplodin hoření. Tyto přístroje jsou schopny měřit úroveň O<sub>2</sub> (oxymetry), hranice výbušnosti (explozimetry) v měřeném prostoru. Nejsou však schopny měřit ostatní jedovaté zplodiny hoření.

Na každé stanici v Jihočeském kraji je podle její velikosti počet vyškolených osob (hasičů chemiků). Tito hasiči jsou vycvičeni ovládat tyto přístroje, provádět s nimi daná měření a vyhodnotit výsledky. Vybavení stanic detekční technikou a jejími typy je uveden v tabulce č. 5.“(17)

**Tabulka č. 5 – Typy a počty detekční techniky u HZS JČK**

Jednotka	Přístroje	Jednotka	Přístroje
<b>Centrální stanice České Budějovice</b>	2x PAC EX II 4x CHP 71 4x Tetra 2x Dräger X-am 5000	<b>Písek</b>	1x Dräger Pac III 1x Tetra 1x CHP 71
Stanice Suché Vrbné, České Budějovice	1x Tetra 1x CHP 71	Stanice Milevsko	1x Tetra 1x CHP 71
Stanice Trhové Sviny	1x Tetra 1x CHP 71	<b>Prachatice</b>	3x CHP 71 2x Tetra
Stanice Týn nad Vltavou	1x Tetra 1x CHP 71	Stanice Vimperk	1x Tetra
<b>Český Krumlov</b>	1x Tetra 1x CHP 71	<b>Strakonice</b>	2x Tetra 1x CHP 71 Dräger CMS (HCN, H <sub>2</sub> S, fosgen, Cl, propan-butan, NH <sub>3</sub> )
stanice <u>Frymburk</u>	1x Tetra 1x CHP 71	Stanice Blatná	1x Tetra 1x CHP 71
Stanice Kaplice	1x Tetra 1x CHP 71	Stanice Vodňany	1x Tetra 1x CHP 71
Stanice Kremže	1x Tetra 1x CHP 71	<b>Tábor</b>	2x Tetra 1x CHP 71
<b>Jindřichův Hradec</b>	1x Tetra 1x Orade II (zatím pouze explozimetr) 1x CHP 71	Stanice Soběslav	1xTetra 1x CHP 71
Stanice <u>Dačice</u>	1x Tetra 1x CHP 71		
Stanice Třeboň	1x Tetra 1x CHP 71		

*Zdroj: evidence detekční techniky – chemická služba HZS JČK*



U Hasičského záchranného sboru JČK, máme dvě možnosti detekce zplodin hoření při požáru. Záleží, pro jaké potřeby ho děláme.

- **první** možnost je pro potřebu velitele zasahujících hasičů, jednak pro ochranu jejich zdraví, jednak pro ochranu zdraví ostatních osob, které se musí pohybovat po požářišti jak v průběhu vlastního zásahu, nebo v jeho těsné blízkosti. Tuto možnost využívají zasahující jednotky při malých požárech, kde následky nejsou tak velké a ohrožení se týká jen malého množství lidí a malé plochy okolo požářiště.
- **druhá** možnost je odběr vzorků na požářišti, které se pak vyhodnocují v odborných laboratořích. Tato možnost je samozřejmě přesnější a výsledky jsou zcela přesné. Největší nevýhodou pro zasahující jednotky je jejich časová odluka od doby odběru. Zde se nám zapojuje několik časových prodlev, které výsledek ovlivňují. Je to doba dovozu do laboratoře, tam potom vlastní zpracování a vyhodnocení naměřených dat. Po konzultaci s Ing. Čapounem, bylo spočítáno, že nejkratší doba, kdy je možno dostat tyto výsledky pro velitele zásahu je 2,5 – 3 hodiny. Na výsledku musí spolupracovat řada lidí v laboratoři, které je třeba předem telefonicky upozornit, aby se připravily přístroje, které budou potřeba. Vlastní rozbor trvá přibližně 35 minut a výsledky je možno zaslat e-mailem, nebo přímo oznámit telefonicky veliteli zásahu. Nejdelší časový interval tedy zůstává na dobu dopravy vzorku do laboratoře, také ho ovlivňuje nejvíce faktorů. Proto se tato možnost využívá u požárů, které trvají delší dobu a zasáhnou více lidí v okolí požáru, ale i větší počet hasičů kteří se u zásahu střídají v pravidelných intervalech. Nejlepším příkladem takového zásahu je požár skládky komunálního odpadu. Tento zásah je z řady dlouhotrvajících požárů (1- 14 dní), kde ještě navíc dochází k hoření domovního odpadu, který je zhutněn a hoření probíhá ve velkých hloubkách (2 – 10 m) za nedostatku vzduchu tzv. nedokonalé hoření. Zde je ideální odběr vzorků, vyhodnocení laboratoří a podle zjištěných výsledků navrhnout opatření pro okolí, které je zplodinami zasaženo. Na místě je

v tomto případě i ochrana životního prostředí nejen v blízkém okolí skládky, nejen přímé ohrožení kouřem odcházejícího z požářiště, ale je tu i možnost průniku látek do vodotečí, kde mohou zasáhnout faunu a floru. V proudících vodách se pak mohou dostat i do větších vzdáleností. Může se jednat nejen o látky, které vznikají při hoření, ale mohou to být i látky které se normálně vyskytují ve skládce a mimo se dostanou až s odtékající vodou, která byla použita na hašení. Dále je tu ohrožení lidí kontaminovanou vodou, která by se mohla v případě prohoření skládkových folií dostat do spodních vod a znečistit zdroje pitné vody ve svém okolí. Dále je tu kouř, který je plný nebezpečných látek a vítr který fouká, ho zanáší do značných vzdáleností. Ve stopě pak vypadávají částice popela, na které mohou být toxické látky navázány. Ty pak mohou kontaminovat půdu a rostliny, které zasáhnou i na delší dobu a takovéto znečištění životního prostředí by mohlo mít minimálně nepříjemné následky pro obyvatele (znečištění pitné vody), pokud to nebudou přímo následky zdravotní. Podobná rizika jako požár skládky komunálního odpadu představuje požár skladu, nebo skládky pneumatik.

## ***5.2 Způsoby detekce plynů při požáru u HZS JČK***

Pro potřeby velitele zasahujících jednotek je nejdůležitější rychlost jakou výsledky dostane. Jelikož podle výsledků určuje počty zasahujících hasičů, jejich ochranu a dobu, po kterou provádějí vlastní hasební práce. Tuto službu mu zajišťuje chemická služba. Na každém prvním výjezdovém vozidle je chemik, který po příjezdu na místo zásahu provádí měření a výsledky hlásí veliteli. Měření se provádí **chemickým průkazníkem CHP – 71** viz Obrázek. č. 5, dle Řádu chemické služby Hasičského záchranného sboru ČR. Výhoda tohoto přístroje a měření je v možnosti vložení až čtyř trubiček, kdy každá reaguje a měří jinou látku. U HZS JČK se používají trubičky, které jsou uvedeny v tabulce, viz tabulka č. 6. Nevýhoda v tom, že trubičky ukážou, je-li přítomna látka, pro kterou je vyrobena, ale neukážou v jaké koncentraci látka je.

Obrázek č. 5 - CHP - 71



Zdroj: vlastní fotografie

Tabulka č. 6 – Používané trubičky u HZS JčK

<i>Označení trubičky a látka kterou měří</i>	<i>Označení trubičky a látka kterou měří</i>
<i>TT 15, H (vodík)</i>	<i>TT 007, CS<sub>2</sub> (sirouhlík)</i>
<i>TT 14.1, L (Lewisit)</i>	<i>TT 008, NH<sub>3</sub> (Amoniak)</i>
<i>TT 11, G, V (VX, Sarin, Soman)</i>	<i>TT 009, HCl (Chlorovodík)</i>
<i>TT 12, CG, DP, CK, AC (Kyanovodík, Fosgen, Difosgen, Chlorkyan)</i>	<i>TT 13, HD, H, T, Q, HN (Yperit)</i>
<i>TT 003, Cl<sub>2</sub> (chlor)</i>	<i>TT 004, NO<sub>x</sub> (Nitrosní plyny)</i>
<i>TT 006, H<sub>2</sub>S (sulfan)</i>	<i>TT 005, N H<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> (Amoniak, Ox. siřičitý)</i>

Zdroj: informace od chemické služby u HZS JčK

Dalším přístrojem, který slouží veliteli zásahu pro včasné určení je vícekanálový osobní detektor plynů **Crowcon Tetra**. Oproti CHP-71 má tento přístroj velkou výhodu v automatickém spouštění alarmových signálů v případě, že jsou naměřeny koncentrace vyšší, než jsou nastaveny. Současně se rozblíká červené a modré LED světlo a na displeji se zobrazuje hladina alarmu. Tento přístroj pro měření využívá elektrochemická

čidla, kterými je osazen. Nejčastěji to je čidlo na CO, O<sub>2</sub> a metan. Výhodou tohoto přístroje je jeho rychlé, stálé použití během zásahu a rychlý výstup z měření.

### **5.3 Možnosti odběru u HZS JČK pro laboratorní rozbor**

Pro možnosti zjištění zplodin v kouři vycházejícího z požářiště u dlouhotrvajících zásahů je v České republice několik laboratoří, které jsou schopny vypracovat a dodat veliteli zásahu výsledky v reálném čase. Pro tuto možnost máme několik možností odběru a přepravy do laboratoří. Odběry na místě zásahu provádí chemická služba dle Řádu chemické služby.

- **první možnost** je odběr plyných vzorků do vzorkovacího vaku pomocí odběrového čerpadla. Jedná se o nejsnazší způsob, kdy se vzorek odebírá do vaku daného objemu. Tyto vaky se pak odvezou do laboratoře, kde se provede rozbor. V mém případě byly použity vaky o objemu 3 litry, dále existují např. 5 litrové vaky. K jejich naplnění u zásahových jednotek nejčastěji používáme čerpadlo vzduchu CHP – 71. Tento způsob byl použit i pro tuto diplomovou práci pouze s čerpadlem PCXR 4.
- **druhou možností** je odběr vzorků do trubiček Tenax, nebo ORBO -32. Tato možnost je složitější než odběr do vaků (v materiálových možnostech). Trubičky mají omezenou použitelnost a musí se pravidelně obměňovat. Což znamená pravidelné finanční výlohy, které jsou v dnešní době poměrně omezené. Další nevýhodou oproti odběru do vaků je v celkové době odběru. Odběr do vaků trvá dle čerpadla a nastaveného průtoku přibližně 2 – 4 minuty. Odběr do trubiček trvá, dle Řádu chemické služby HZS při použití trubiček ORBO – 32, 10 minut a průtoku vzduchu čerpadlem 4 l/minutu. Pro trubičky Tenax je doba ještě delší. Je to 20 min při nastaveném průtoku 0,5 l/minutu u čerpadla PCXR4. Ještě složitější je to u čerpadla CHP-71, nebo CHP-5 se musí do komory umístit 2 trubičky na yperit – otevřené a 2 neotevřené. Hadičkou se spojí trubička, a čerpadlo. Regulátor, se nastaví do nulové pozice. Po spuštění čerpadla se otáčí regulátorem do doby než je slyšet jeho chod. Dále je ještě možné tzv. pasivní odběr na

trubičku Tenax, spočívající v pouhém umístění otevřené trubičky do prostoru odběru (bez prosávání). Tento postup je podstatně kratší (1 – 3 minuty), ale je omezen pouze na místa s velmi vysokou koncentrací zplodin. Odběr do adsorpčních trubiček je založen na absorpci látek do materiálu, který trubičky obsahují. Po jejich vzduchotěsném uzavření zátkami, a ve skleněných zkumavkách se zabroušeným uzávěrem se odvezou do laboratoře, kde se zpětnou adsorpcí v přístrojích zjistí, které látky obsahoval kouř, ve kterém byl vzorek odebrán. Tento způsob byl použit v mé bakalářské práci.

- **třetí možností** jak získat vzorek z požářiště je způsob záchytu na prachový filtr. Tato možnost je vhodná pro odběr aerosolů a prachů. Pro tento odběr se používá čerpadlo CHP-71, kde na vstupní nástavec vloží nový prachový filtr, který se nástavcem zašroubuje. Vzorek se prosává jako u adsorpčních trubiček 10 minut. Po odběru se filtry vyjmou z čerpadla, vloží se do skleněné vzorkovnice a dopraví se do laboratoře.

#### **5.4 Zhodnocení vybavení HZS JČK detekční technikou**

Na všech stanicích u HZS JČK (v červenci 2012 byl dodán i na stanici Vimperk) jsou ve výbavě detekční přístroje, které jsou použitelné pro prvotní stanovení zplodin hoření (viz Tabuka č.5). Jedná se hlavně o přístroj CHP – 71, který je možno použít jako detektor (pomocí trubiček), ale i jako čerpadlo k jímání zplodin do odběrových vaků, tenaxových nebo ORBO trubiček. Pomocí přístroje CHP – 71a trubiček je chemická služba schopna detekovat nejběžnější toxické zplodiny. Bohužel je to jen pomocí trubiček, ve kterých poznáme samotnou látku, i když je ve sloučeninách. Nejsme schopni poznat sloučeninu, ve které je látka obsažena, pokud se nejedná o speciální trubičku na danou sloučeninu. Druhým přístrojem, který je na všech stanicích je TETRA. Tento přístroj ovšem může měřit látky, podle čidla, kterým je osazen. Nejčastěji to bývá čidlo na methan, O<sub>2</sub>, CO a NH<sub>3</sub>.

Vybavení je postačující pro první zásah a získání prvotních informací pro potřeby velitele zásahu, i když je již zastaralé. Dnešní technické možnosti jsou již dál, vývoj se

samozřejmě nezastavil ani v oblasti detekčních přístrojů. Moderní přístroje jsou schopny pracovat na dálku a pracují na principu pasivní infračervené spektrometrie. Bohužel finanční situace u HZS JČK nedovoluje nákup modernějších přístrojů. Jelikož se jedná o nákup na všechny stanice, kterých je v jihočeském kraji dvacet. Z finančního hlediska stačí jen, když má chemická služba zajistit pravidelnou obměnu trubiček do CHP – 71 a obměnu a kalibraci čidel na přístroj TETRA. Je problém i pořídit na výjezdová vozidla odběrové vaky, jelikož by se jednalo částku, kterou chemická služba není schopna ze svého rozpočtu uvolnit.

## 6 Diskuze

### 6.1 Dotazníkové šetření

### 6.2 Obecné informace

Dotazníkové šetření bylo zopakováno po dvou letech. Jelikož se nepodařilo vytvořit informační kampaň, nebo jakýkoliv informační leták, na kterém by se k **laické veřejnosti** dostaly informace ohledně zplodin hoření, nebylo opakováno dotazníkové šetření zaměřené na tuto skupinu obyvatel.

U HZS JČK se podařilo zpracovat výsledky mé bakalářské práce do systému pravidelného školení. Zajímalo mě, jestli tyto informace mají vliv na vědomosti **zasahujících hasičů**. Proto byl po dvou letech použit dotazník z bakalářské práce (viz příloha č. 8 – Dotazník pro hasiče), a nechal ho vyplnit příslušníky zásahových jednotek HZS JČK České Budějovice. Výsledky byly vyhodnoceny a porovnány s výsledky, které byly zjištěny a zveřejněny v bakalářské práci.

#### 6.2.1 Hasiči

Dotazníkem bylo osloveno 50 respondentů z HZS, kteří pravidelně jezdí k zásahům. Dotazy byly rozděleny do osmi různých kritérií. Jednalo se kritérium, které se týkalo rozdělení do čtyř věkových skupin rozdělených po 10 letech. První skupina byla 20 – 30 let, druhá 31 – 40 let, třetí 41 – 50 let a do čtvrté skupiny byli zařazeni hasiči ve věku 51 let a více..

Jedním z dalších hledisek, které bylo zajímavé, bylo srovnání hasičů, které se týkalo jejich pracovního zařazení. Otázka směřovala na rozdělení respondentů na hasiče, kteří vykonávají vlastní zásah a na hasiče, kteří se dostávají k zásahům jako velitelé zásahu. Velitelé zásahu byli také jednou ze sledovaných skupin. Svým rozhodnutím totiž ovlivňují nejen průběh zásahu, ale i ohrožení zdraví a životů všech zasahujících jednotek IZS. Mnohdy si totiž velitelé neuvědomují, že svým špatným rozhodnutím mohou způsobit poškození zdraví nejen své, ale všech zúčastněných osob (pracovníci ostatních složek IZS, osoby zodpovědné za místo požáru aj.).

Všech 50 respondentů bylo požádáno o vyplnění tabulky v dotazníku a jejich odpovědi pak procentuelně vyhodnoceny a zpracovány do grafů.

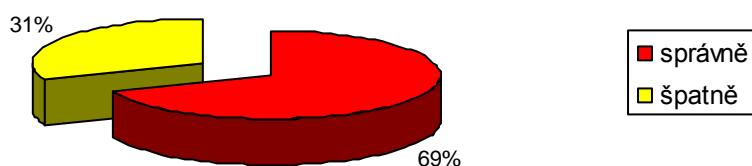
### 6.3 Vyhodnocení dotazníku

#### 6.3.1 Hodnocení podle věkových kategorií (bez velitelů)

„V první věkové kategorii **20 – 30 let** bylo osloveno celkem 8 respondentů. Jednalo o skupinu mladých lidí, kteří jsou u hasičů jen krátce a mají znalosti ze základního nástupního kurzu, který musí absolvovat každý nastupující hasič. Po vyplnění tabulky o zplodinách hoření byly vyhodnoceny jejich znalosti, a správnost byla 69 %, viz. graf č.1. Bylo to nejvíce ze všech hasičů.“(17)

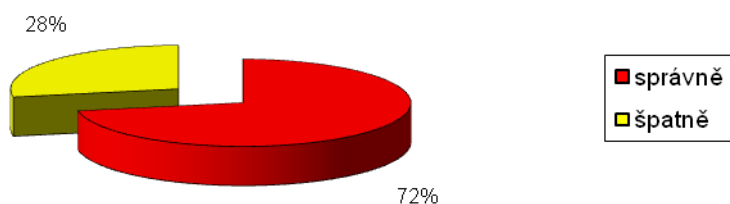
Pro potřeby diplomové práce a porovnání výsledků byla oslovena skupina, která je definována výše. Opět se jednalo o nováčky a nejmladší hasiče, kteří mají po základním nástupním kurzu. Jak ukazuje graf č.1a jejich znalosti se zlepšily jen o 3%, což bylo absolutně nejméně ze všech hodnocených kategorií.

**graf č.1 - odpovědi hasičů věkové kategorie  
20 - 30 let**





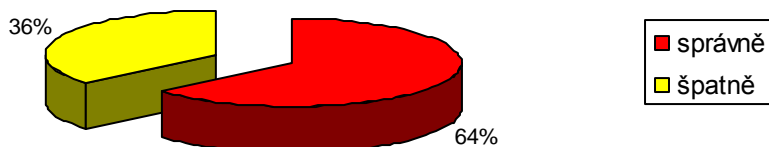
**graf č.1a - odpovědi hasičů věkové kategorie  
20 - 30 let**



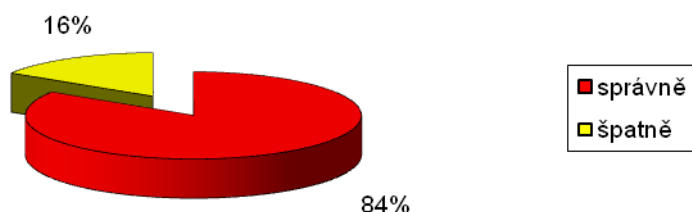
„Druhou věkovou skupinou hodnocenou v dotazníku byla skupina **31 – 40 letých**. Tato skupina byla zastoupena nejvíce, bylo osloveno 12 respondentů. Jelikož se jednalo o skupinu lidí, která sice má již poměrně dlouho po základním nástupním kurzu, ale jejich profesionální znalosti a zkušenosti jsou oproti nováčkům větší. Jejich počet správných odpovědí byl 64 % viz graf č.2. Správné odpovědi se u této skupiny pohybovaly v úplně jiných částech dotazníku (jednalo se hlavně o správné odpovědi ve skupině CO a CO<sub>2</sub>)“(17).

Opět i ve druhé skupině bylo osloveno stejné množství respondentů jako v bakalářské práci, viz výše. Výsledky mě překvapily, protože přes počáteční protesty s vyplněním dotazníku, vyhodnocení ukázalo velký nárůst znalostí, oproti skupině nejmladších hasičů. Bylo to o 20% více, celkem na 84% správných odpovědí viz graf č.2a.

**graf č. 2 - odpovědi hasičů věkové kategorie  
31 - 40 let**



**graf č. 2a - odpovědi hasičů věkové kategorie  
31 - 40 let**

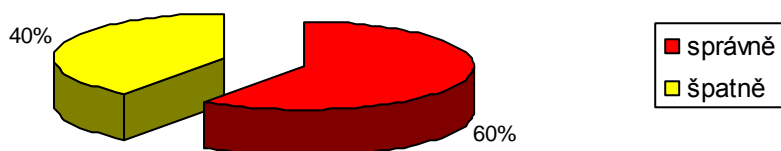


„Třetí hodnocenou věkovou skupinou byla skupina **41 – 50 letých** a osloveno bylo celkem 10 respondentů. U této skupiny respondentů se ukázala značná neznalost věci, přestože by se již měla projevit velká profesní znalost a přehled v daném problému vyplývající z velkého množství zásahů, které absolvovali. Vyplnění a výsledek byl hodně ovlivněn osobním přístupem a správných odpovědí bylo 60 % viz. graf č.3. Jednalo se o skupinu, která vrátila nejvíce nevyplněných, nebo jen částečně vyplněných dotazníků. V této skupině byla znát největší nechuť s vyplněním dotazníku. Jednalo

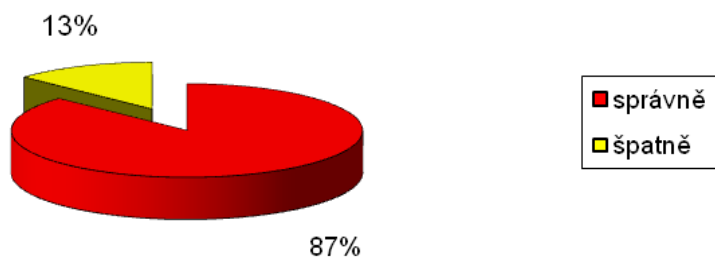
se patrně o strach, že špatné odpovědi přispějí k dalším hodinám školení a učení se něčemu novému“(17).

Jako v bakalářské práci třetí skupinou, které oslovilo dotazníkové šetření, byla skupina 41- 50 letých. Ostatní parametry zůstaly stejné jako u bakalářské práce, viz výše. Musím tuto skupinu pochválit nejen v řeči čísel, ale i přístup se hodně změnil, nebyla tam již znát nechuť s vyplněním dotazníku a k práci přistoupili velice důkladně. Také výsledky v této kategorii hasičů ukázaly, že pravidelná školení mají své opodstatnění. Nárůst znalostí byl nejvyšší ze všech oslovených. Jednalo se o 27% více správných odpovědí, než bylo před dvěma lety. Celkem se jednalo 87% správných odpovědí, viz graf č.3a.

**graf č.3 - odpovědi hasičů věkové kategorie  
41 - 50 let**



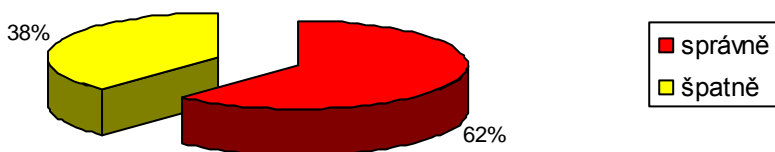
**graf č.3a - odpovědi hasičů věkové kategorie  
41 - 50 let**



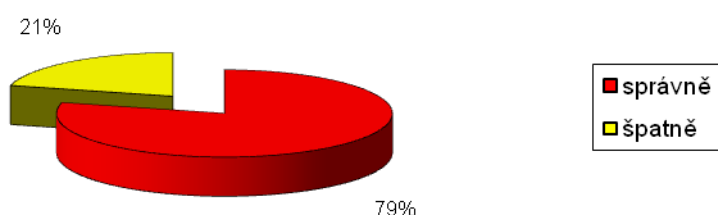
„Čtvrtá hodnocená skupina byla skupina hasičů ve věku **51 let a více**. V této věkové skupině bylo osloveno celkem 10 respondentů a projevila se zřejmě největší ochota spolupracovat na daném problému. Počet správných odpovědí byl 62 %, viz. graf č.4. Také mě v této skupině oslovilo nejvíce respondentů (celkem 7), které zajímaly výsledky laboratorních rozborů měřených látek. Zřejmě si tito hasiči již plně uvědomují vztah mezi zplodinami v kouři a svým zdravím“ (17).

Opět i ve čtvrté skupině bylo osloveno stejně respondentů, viz výše. Již u nich nebyla stejná snaha se dozvědět výsledky dotazníku ani rozborů jako v bakalářské práci. Také znalosti narostly jen o 17%, což bylo po nováčcích nejméně. Celkem bylo vyhodnoceno 79% správných odpovědí viz graf. č.4a. Tentokrát se neochota s vyplňováním přesunula do této věkové skupiny. Nevím, jestli to bylo tím, že jsem byl již ten den třetí, kdo po nich chtěl něco vyplnit. Spíše se u této skupiny projevují zásahy vlády a vedení s šetřením a neustálé tlaky na jejich psychiku. Kdy musí podávat skvělé výsledky u každého zásahu, ale nikde není ohodnocena ochota udělat něco navíc.

**graf č.4 - odpovědi hasičů věkové kategorie  
51 - a více let**



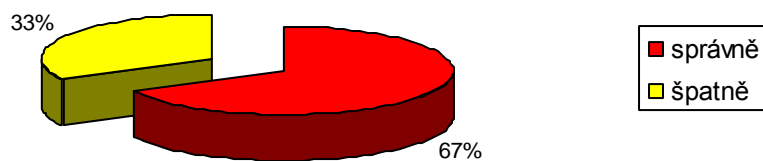
**graf 4a - odpovědi hasičů věkové kategorie  
51 - a více let**



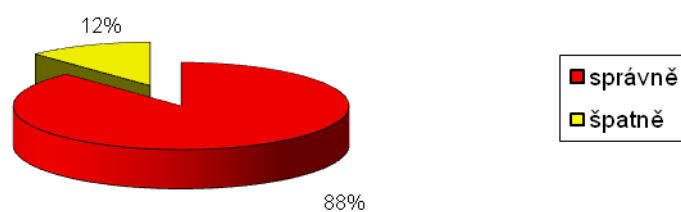
„Poslední hodnocenou skupinou, která mě zajímala nejvíc ze všech, byla skupina **hasičů – velitelů**. V této skupině bylo hodnoceno celkem 10 respondentů, u kterých jsem vybral pouze pracovní zařazení a ne věkovou kategorii. Vyplňování dotazníku bylo hodně ovlivněno osobností dotazovaného. Ale i přes počáteční nedůvěru v anonymitu dotazníku všichni vyplnili dotazník s poměrně velkým zájmem. 6 respondentů pak mělo zájem o správné výsledky. V této skupině byly správné výsledky i přes velké věkové rozdíly na druhém místě. Dotazník byl správně vyplněn v 67 %, viz. graf.č.5“ (17)

I u této u hasičů celkem speciální kategorie byli osloveni respondenti jako v bakalářské práci, viz výše. Výsledek správných odpovědí byl nejvyšší ze všech kategorií, celkem se jednalo o 88% správných odpovědí, viz graf č.5a. V porovnání nárůstu správných odpovědí se jednalo druhý nejlepší, bylo to o 21 %. Zřejmě se zde projevil fakt, že již v minulém dotazníku měla tato skupina nejvíce správných odpovědí.

**graf č.5 - odpovědi hasičů - velitelů, kteří jezdí k zásahům jako velitelé zásahu**

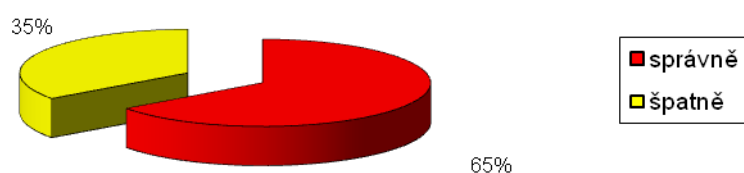


**graf č.5a - odpovědi hasičů - velitelů, kteří jezdí k zásahům jako velitelé zásahu**

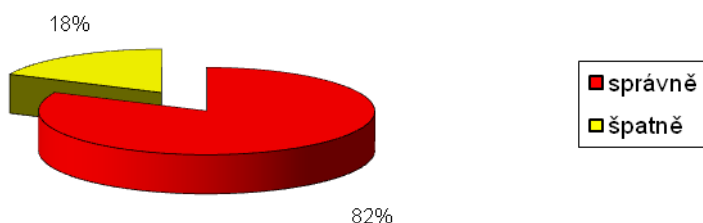


Výsledky dotazníkového šetření byly potěšitelné. V dotaznících, které hasiči vyplňovali před dvěma lety, bylo 65 % správných odpovědí viz graf č.6. Po dvou letech a několika pravidelně se opakujících školeních (1x za 6 měsíců) se znalosti zlepšily na poměrně slušných 82 % správných odpovědí, viz graf.č.6a. Dotazníkové šetření ukázalo, že strach o vlastní zdraví a informace, které je možno poskytnout mají své opodstatnění a zlepšují znalosti zasahujících hasičů.

**graf č.6 - průměrné správné odpovědi hasičů ve všech kategoriích**



**graf č.6a - průměrné správné odpovědi hasičů ve všech kategoriích**



## 7 Závěr

Cílem práce bylo zjistit, jestli látky vznikající a uvolňující se do ovzduší při nedokonalém hoření jsou jedovatější než při hoření dokonalém.

Tato práce byla zaměřena na spalování vybraných materiálů za omezeného přístupu vzduchu (tzv. nedokonalé hoření). Jednalo se o stejné látky, které již byly použity v bakalářské práci. Získané laboratorní výsledky pak byly porovnány s výsledky, které byly uvedeny v bakalářské práci.

Zjištěné hodnoty byly velice zajímavé a potvrdily, že nedokonalé hoření je pro zasahující jednotky daleko nebezpečnější než zplodiny při dokonalém hoření.

Jelikož se jedná o zplodiny v kouři, který často zamoří velké okolí požářiště a je nebezpečný pro všechny osoby v okolí, přičemž ale může poškodit nebo narušit přírodní ekosystémy. Hlavně při zasažení vodních zdrojů, kam odtéká voda používaná na samotný zásah.

Získané výsledky a data, která tato práce potvrdila, mohou být zapracována do systému školení profesionálních hasičských jednotek. Ve formě informačního listu je poskytnout velitelům, kteří jezdí jako velitelé zásahu. Zvláštní pozornost je třeba věnovat školení jednotek SDH, jelikož jsou to jednotky, které velmi často jezdí k požárům nedostatečně vyškoleni, a navíc nemají často vybavení pro ochranu dýchacích cest a snaží se provádět hasební zásah tzv. za každou cenu. V neposlední řadě je poskytnout výsledky i vedení požárních skupin v továrnách, kde se vyrábí, skladují nebo zpracovávají některé z vybraných materiálů pro školení zaměstnanců.

Největší přínos by mělo zapracování do celkového systému školení ve školících zařízeních HZS ČR nejen při odborných kurzech (techniků chemické služby), ale i do základních kurzů nováčků.

První cíl práce, kde se jednalo o zjištění zplodin při nedokonalém hoření a porovnání se zplodinami při dokonalém hoření, byl naplněn. Bylo provedeno spalování materiálů a potřebné rozborů v laboratoři.

Druhým cílem bylo porovnat znalosti hasičů pomocí dotazníkového šetření. Úkolem bylo zjistit, jestli zasahující hasiči, kteří se zúčastňují pravidelných školení, do kterých byly zapracovány výsledky mé bakalářské práce, mají větší znalosti než před dvěma



lety. Jestli jsou schopni již při příjezdu k požáru podle hořících materiálů alespoň odhadnout, jaké toxické látky je mohou očekávat. Zda jsou velitelé podle odhadnutých zplodin hoření schopni určit stupeň ochrany zasahujících jednotek. Jestli jim stačí pro první zásah pouze ochrana dýchacích cest, nebo musí použít vyšší stupeň ochrany tzv. ochranné oděvy.

Hypotézy se potvrdily a cíle práce byly splněny.

První hypotéza se potvrdila. Rozbory a následným porovnáním bylo prokázáno, že látky vznikající při nedokonalém hoření jsou toxičtější pro organismus, více než látky, které vznikají při dokonalém hoření. Jednalo se hlavně zvýšené koncentrace, ve kterých se látky v kouři odcházejícího z požářiště vyskytují. Dále se zjistilo, že při nedokonalém hoření se uvolňuje část látek, které jsou stejné jako při dokonalém hoření. Lišila se pouze jejich koncentrace – většinou byla větší. Část látek je však jiná, a v mnoha případech daleko toxičtější při nejen pro živé organismy, ale i pro floru, kterou zasáhnou.

Druhá hypotéza, která se týkala znalostí hasičů, se potvrdila. Projevilo se zapracování výsledků z mé bakalářské práce do školení jednotky. Jednalo se jen o základy, ale výsledek byl zvýšení znalostí hasičů ohledně toxických zplodin hoření.

Dotazníkové šetření dokázalo, že školení, které probíhá u jednotek má své opodstatnění, a informace které členové zásahových jednotek dostávají, jsou schopni použít v praxi. Zvláště pokud se to týká ochrany jejich vlastního zdraví a pokud jim někdo vysvětlí, jaké látky se uvolňují do kouře, ve kterém se pohybují. Jaké účinky mají pak tyto látky na jejich organismus. Výsledky u HZS JČK ukázaly, že příslušníci, kteří se zúčastňují pravidelných školení, mají větší znalosti, než nováčci kteří mají po základních kurzech. Což bylo podle dosažených výsledků v dotazníkovém šetření v bakalářské práci, úplně obráceně.

Možná byla škoda, že jsem neoslovil pro srovnání dotazníkovým šetřením opět laickou veřejnost jako v bakalářské práci. Jelikož však nebyla provedena žádná osvěta, patrně by se výsledky příliš nelišily. Proto bych znovu apeloval na výchovu dětí ve školách všech stupňů, kdy informace podané při hodinách chemie by mohly tyto znalosti zlepšit a tím dát šanci nám všem dýchat čistější vzduch bez různých jedů.

## **8 Klíčová slova**

Zplodiny hoření

Nedokonalé hoření

Dokonalé hoření

Pálení vzorků

Laboratorní rozbory

Protokol o zkoušce

## **9 Key words**

Combustion products

Incomplete combustion

Complete combustion

Burning of samples

Collection of combustion products

Laboratory analyses

Report of test

## 10 Seznam použitých zdrojů

1. CROMPTON T.R. *Analýza plastů*. Praha. SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1989. Přeloženo z anglického originálu „*The Analysis of Plastics*“. ISBN 80-03-00162-5
2. DVOŘÁK, O. – ŠEVĚČEK, P. *Toxické nebezpečí kouře při požárech*. Praha, 112 - MV-generální ředitelství HZS ČR, 2005, roč. 4, č. 11. (cit. příloha s.1-2).ISSN 1213-7057
3. *Historie polyuretanu*.  
Dostupné z <http://pur.asociace.sweb.cz/pritazlivy.html> (cit .3.1.2012)
4. HLAVÁČEK, A. *Plyn,kyslík a jeho využití*. Přerov, 1996. (cit. 9.11.2009)  
Dostupné z: <http://www.rkka.cz/kacebo/3.htm>
5. ISO/TS 1357: 2002 *Složky požáru ohrožující život* – Směrnice pro odhad doby využitelné k evakuaci na základě parametrů požáru
6. KUKLIŠ, L. *Emise oxidu uhličitého a jeho koncentrace v atmosféře*. 2005.(cit. 18. 11. 2009)
7. KVARČÁK, M. *Základy požární ochrany*. 1. vyd. Frýdek – Místek: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2005. 134 s. ISBN: 80-86634-76-0
8. LUKEŠ, M. *Produkty hoření*. Konspekty odborné přípravy jednotek požární ochrany. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1999. ISBN: 80-86111-46-6
9. Ministerstvo životního prostředí. *Chlór a organické sloučeniny jako HCl*. Integrovaný registr znečišťování, 2010, (cit. 19.11.2009)  
Dostupné z: [http://www.irz/latky/chlor a organické sloučeniny](http://www.irz/latky/chlor_a_organicke_slouceniny)
10. Ministerstvo životního prostředí. *Oxid uhličitý*. Integrovaný registr znečišťování, 2010, (cit. 14.11.2009)  
Dostupné z: [http://www.irz/latky/oxid\\_uhlicity](http://www.irz/latky/oxid_uhlicity)

11. Ministerstvo životního prostředí. *Oxidy síry*. Integrovaný registr znečišťování, 2010, (cit. 31.12.2010)  
Dostupné z: [http://www.irz/latky/oxidy síry](http://www.irz/latky/oxidy_siry)
12. Ministerstvo životního prostředí. *Polycyklické aromatické uhlovodíky*. Integrovaný registr znečišťování, 2010, (cit. 3.1.2010)  
Dostupné z: [http://www.irz/latky/polycyklické aromatické uhlovodíky](http://www.irz/latky/polycyklické_aromatické_uhlovodíky)
13. PATOČKA, J. *Obecná toxikologie*, 1. Vyd. Praha. Manus. 2003. ISBN. 80-86571-04-1
14. REISMAN, J. *Air emission from scrap tire combustion*. United states Environmental Protection Agency, Washington. 1997.  
Dostupné z: [http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/tire\\_eng.pdf](http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/tire_eng.pdf)
15. *Řád chemické služby*, 1. vyd. Praha. MV-generální ředitelství HZS ČR, 2007, (cit. s 95-96). ISBN: 80-86640-70-1
16. Sikora, H. *Výsledky měření analýz zplodin různých materiálů*. Texty Školícího střediska HZS Plzeňského kraje, Třemošná, 2006-2007
17. Šeba Jaroslav. *Bakalářská práce* Jihočeská univerzita České Budějovice, 2010, (cit. 10.4.2012)

## **11 Seznam příloh**

Příloha č.1 - **Protokol o zkoušce č.:715, PVC lino**

Příloha č.2 – **Protokol o zkoušce č.:709, polystyren**

Příloha č.3 – **Protokol o zkoušce č.:712, pneumatika**

Příloha č.4 – **Protokol o zkoušce č.713, PUR pěna**

Příloha č.5 – **Protokol o zkoušce č.710, dřevotříska a lamino**

Příloha č.6 – **Protokol o zkoušce č. 714, izolace elektrických kabelů**

Příloha č.7 – **Protokol o zkoušce č. 711, molitan**

Příloha č.8 - **Dotazník pro zasahující hasiče**

Příloha č.1 – **Protokol o zkoušce č.:715, PVC lino**

**Požadovaná  
zkouška:**

ANALÝZA ZPLODIN HOŘENÍ  
MATERIÁLŮ

**Expertiza č.: 15/12**

**Žadatel:**

♦ *jméno:* Bc. Jaroslav ŠEBA      ♦ *funkce:* student JČU  
♦ *adresa:* HZS Jihočeského kraje České Budějovice

**Vzorek:**

♦ *označení:* **PVC LINO**      ♦ *odebral:* Bc. Šeba  
♦ *vzhled:* plyn v odběrovém vaku      ♦ *datum odběru:* 23. 3. 2012  
♦ *množství:* 3 litry      ♦ *datum dodání:* 24. 3. 2012

**Zkouška:**

♦ *provedl:* Čapoun, Krykorková, Ulbrich      ♦ *dne:* 26. 3. 2012

- ♦ *přístroje:*
1. Odběrové plynové čerpadlo PCXR4 (SKC Inc., USA).
  2. Multidetektory plynů MX 21 Plus, výr.č. 8304, 8307, 01009 (Oldham, Fr.) s čidly na CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HCN, HCl, COCl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>.
  3. Přenosný detektor nebezpečných plynů a bojových otravných látek GDA 2 (AIRSENSE Analytics GmbH, Schwerin, SRN).
  4. Plynový chromatograf s hmotnostním detektorem GC/MSD 7890A / 5975C (Agilent Technologies, Inc., Wilmington, USA), výr. č. CN11391046 / US11384708, obsluha a kontroly dle metrologického záznamníku LPZ 26-2. Parametry měření „TOL-SPME-MAN“:  
Nosný plyn He 0,8 ml/min, T Inlet 230 °C, T rozhraní GC/MSD 290 °C, Scan range 35-800 amu, Inject Time 0,05 min., Splitless, Solvent Delay: 0 min., GC program: 40 °C – 2 min, od 40 °C do 130 °C dT/dt 5 °C/min, od 130 °C do 220 °C dT/dt 20 °C/min, 220 °C – 1 min.

- ♦ *postup:*
1. Odběr vzorku: odběr vzorku zplodin proveden žadatelem pomocí odběrového čerpadla PCXR4 do odběrového vaku objemu 3 litry podle platného Řádu chemické služby HZS ČR, příloha č. 26, čl. 17.
  2. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus: obsah odběrového vaku byl změřen podle standardního operačního postupu SOP P02.  
*Postup není v chemické laboratoři akreditován.  
Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 25 %.*
  3. Analýza plynů detektorem GDA 2: analýza plynů byla provedena podle

standardního operačního postupu SOP P08.

*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 40 %.*

#### 4. GC/MS analýza

- odběrový vak se vzorkem umístěn do sušárny vyhřáté na 60 °C na 30 minut
- metodika přímého nástřiku odebraného vzorku plynů a par „TOL-SPME-MAN“ (viz parametry měření),
- objem vzorku: 100 µl
- identifikace látek softwarem přístroje DataAnalysis byla provedena podle standardního operačního postupu SOP I03.

- ♦ *výsledek* 1. Přílohy tohoto protokolu  
*uložen:* 2. C: MSDCHEM\1\DATA\EXPERTIZY\2012\15-12.D  
3. Záznam č. 253/Ča

### Výsledky:

#### **1. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus**

Pomocí selektivních analyzátorů byly ve vzorku identifikovány tyto složky o následujících koncentracích, které představují průměrné hodnoty ze 3 měření:

<b>Oxid uhelnatý:</b>	> 1000 ppm	
<b>Oxid siřičitý:</b>		28 ppm
<b>Fosgen:</b>	0,8 ppm	
<b>Kyanovodík:</b>		4 ppm
<b>Chlor:</b>		36 ppm

#### **2. Analýza plynů detektorem GDA 2**

Vysoké koncentrace nebezpečných látek neumožňovaly u citlivého přístroje identifikaci ani stanovení žádné ze složek směsi.

#### **3. GC/MS analýza**

Výsledný chromatogram vzorku včetně provedené identifikace jednotlivých složek na základě hmotnostních spekter je uveden v příloze č. 1.

Hlavními složkami odebrané směsi plynů byly – vedle oxidu uhličitého jako hlavního podílu – tyto látky s následující podobností hmotnostního spektra změřeného a přiřazeného z databáze:

Převládající složky směsi (vysoké koncentrace):

**Benzen** (95 %)



**Methylhepteny** – 3 izomery (90 %)

Složky o nízkých koncentracích:

**Toluen** (93 %)

**3-Methylenheptan** (62 %)

**Chlorbenzen** (85 %)

**Fenol** (82 %)

**Chloralkany** (77 %)

### Závěr:

Zplodiny hoření obsahovaly následující toxické látky:

- oxid uhelnatý,
- oxid siřičitý,
- fosgen,
- kyanovodík,
- chlor,
- aromatické uhlovodíky benzen, toluen,
- chlorovaný aromatický uhlovodík chlorbenzen,
- fenol,
- chlorované alifatické uhlovodíky,
- alkeny methylenheptan, methylhepteny.

Zkoušku provedli	(podpis):	
Schválil:	Ing. Tomáš Čapoun, CSc. vedoucí PPCHO	
Protokol vydán:	v Lázních Bohdaneč dne	27. března 2012

**\* \* \***

### ***Prohlášení***

1. *Výsledky zkoušky se týkají pouze předmětu zkoušky. Laboratoř odpovídá pouze za výsledky zkoušek vzorku ve stavu, ve kterém byl zákazníkem dodán.*
2. *Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu MV - GŘ HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva reprodukován jinak než celý.*

Příloha č.2 - **Protokol o zkoušce č.:709, polystyren**

**Požadovaná  
zkouška:**

ANALÝZA ZPLODIN HOŘENÍ  
MATERIÁLŮ

**Expertiza č.: 09/12**

**Žadatel:**

♦ *jméno:* Bc. Jaroslav ŠEBA      ♦ *funkce:* student JČU  
♦ *adresa:* HZS Jihočeského kraje České Budějovice

**Vzorek:**

♦ *označení:* **POLYSTYREN**      ♦ *odebral:* Bc. Šeba  
♦ *vzhled:* plyn v odběrovém vaku      ♦ *datum odběru:* 23. 3. 2012  
♦ *množství:* 3 litry      ♦ *datum dodání:* 24. 3. 2012

**Zkouška:**

♦ *provedl:* Čapoun, Krykorková, Ulbrich      ♦ *dne:* 26. 3. 2012

- ♦ *přístroje:*
1. Odběrové plynové čerpadlo PCXR4 (SKC Inc., USA).
  2. Multidetektory plynů MX 21 Plus, výr.č. 8304, 8307, 01009 (Oldham, Fr.) s čidly na CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HCN, HCl, COCl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>.
  3. Přenosný detektor nebezpečných plynů a bojových otravných látek GDA 2 (AIRSENSE Analytics GmbH, Schwerin, SRN).
  4. Plynový chromatograf s hmotnostním detektorem GC/MSD 7890A / 5975C (Agilent Technologies, Inc., Wilmington, USA), výr. č. CN11391046 / US11384708, obsluha a kontroly dle metrologického záznamníku LPZ 26-2. Parametry měření „TOL-SPME-MAN“:  
Nosný plyn He 0,8 ml/min, T Inlet 230 °C, T rozhraní GC/MSD 290 °C, Scan range 35-800 amu, Inject Time 0,05 min., Splitless, Solvent Delay: 0 min., GC program: 40 °C – 2 min, od 40 °C do 130 °C dT/dt 5 °C/min, od 130 °C do 220 °C dT/dt 20 °C/min, 220 °C – 1 min.
- ♦ *postup:*
1. Odběr vzorku: odběr vzorku zplodin proveden žadatelem pomocí odběrového čerpadla PCXR4 do odběrového vaku objemu 3 litry podle platného Řádu chemické služby HZS ČR, příloha č. 26, čl. 17.
  2. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus: obsah odběrového vaku byl změřen podle standardního operačního postupu SOP P02.  
*Postup není v chemické laboratoři akreditován.  
Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 25 %.*
  3. Analýza plynů detektorem GDA 2: analýza plynů byla provedena podle

standardního operačního postupu SOP P08.

*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 40 %.*

#### 4. GC/MS analýza

- odběrový vak se vzorkem umístěn do sušárny vyhřáté na 60 °C na 30 minut
- metodika přímého nástřiku odebraného vzorku plynů a par „TOL-SPME-MAN“ (viz parametry měření),
- objem vzorku: 100 µl
- identifikace látek softwarem přístroje DataAnalysis byla provedena podle standardního operačního postupu SOP I03.

- ♦ **výsledek** 1. Přílohy tohoto protokolu  
**uložen:** 2. C: MSDCHEM\1\DATA\EXPERTIZY\2012\09-12.D  
3. Záznam č. 253/Ča

### Výsledky:

#### **1. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus**

Pomocí selektivních analyzátorů byly ve vzorku identifikovány tyto složky o následujících koncentracích, které představují průměrné hodnoty ze 3 měření:

**Oxid uhelnatý:** 630 ppm  
**Oxid siřičitý:** 14 ppm

#### **2. Analýza plynů detektorem GDA 2**

Vysoké koncentrace nebezpečných látek neumožňovaly u citlivého přístroje stanovení všech identifikovaných složek. Ve vzorku byly identifikovány a stanoveny (průměr ze 3 měření):

**Oxid uhelnatý:** 710 ppm  
**Oxid siřičitý:** 20 ppm

#### **3. GC/MS analýza**

Výsledný chromatogram vzorku včetně provedené identifikace jednotlivých složek na základě hmotnostních spekter je uveden v příloze č. 1.

Hlavními složkami odebrané směsi plynů byly – vedle oxidu uhličitého jako hlavního podílu – tyto látky s následující podobností hmotnostního spektra změřeného a přiřazeného z databáze:

Převládající složky směsi (vysoké koncentrace):

**Benzen** (95 %)

**Toluen** (94 %)

**Styren (96 %)**

Složky o nízkých koncentracích:

**Fenylacetylen (95 %)**

**Amylacetát (69 %)**

**Závěr:**

Zplodiny hoření obsahovaly následující toxické látky:

- oxid uhelnatý,
- oxid siřičitý,
- aromatické uhlovodíky benzen, toluen, styren, fenylacetylen.

Zkoušku provedli	(podpis):	
Schválil:	Ing. Tomáš Čapoun, CSc. vedoucí PPCHO	
Protokol vydán:	v Lázních Bohdaneč dne	27. března 2012

**\* \* \***

***Prohlášení***

3. *Výsledky zkoušky se týkají pouze předmětu zkoušky. Laboratoř odpovídá pouze za výsledky zkoušek vzorku ve stavu, ve kterém byl zákazníkem dodán.*
4. *Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu MV - GŘ HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva reprodukován jinak než celý.*

Příloha č.3 – Protokol o zkoušce č.:712, pneumatika

**Požadovaná  
zkouška:**

ANALÝZA ZPLODIN HOŘENÍ  
MATERIÁLŮ

**Expertiza č.: 12/12**

**Žadatel:**

♦ *jméno:* Bc. Jaroslav ŠEBA      ♦ *funkce:* student JČU  
♦ *adresa:* HZS Jihočeského kraje České Budějovice

**Vzorek:**

♦ *označení:* **PNEUMATIKA**      ♦ *odebral:* Bc. Šeba  
♦ *vzhled:* plyn v odběrovém vaku      ♦ *datum odběru:* 23. 3. 2012  
♦ *množství:* 3 litry      ♦ *datum dodání:* 24. 3. 2012

**Zkouška:**

♦ *provedl:* Čapoun, Krykorková, Ulbrich      ♦ *dne:* 26. 3. 2012

♦ *přístroje:*

1. Odběrové plynové čerpadlo PCXR4 (SKC Inc., USA).
2. Multidetektory plynů MX 21 Plus, výr.č. 8304, 8307, 01009 (Oldham, Fr.) s čidly na CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HCN, HCl, COCl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>.
3. Přenosný detektor nebezpečných plynů a bojových otravných látek GDA 2 (AIRSENSE Analytics GmbH, Schwerin, SRN).
4. Plynový chromatograf s hmotnostním detektorem GC/MSD 7890A / 5975C (Agilent Technologies, Inc., Wilmington, USA), výr. č. CN11391046 / US11384708, obsluha a kontroly dle metrologického záznamníku LPZ 26-2. Parametry měření „TOL-SPME-MAN“:  
Nosný plyn He 0,8 ml/min, T Inlet 230 °C, T rozhraní GC/MSD 290 °C, Scan range 35-800 amu, Inject Time 0,05 min., Splitless, Solvent Delay: 0 min., GC program: 40 °C – 2 min, od 40 °C do 130 °C dT/dt 5 °C/min, od 130 °C do 220 °C dT/dt 20 °C/min, 220 °C – 1 min.

♦ *postup:*

1. Odběr vzorku: odběr vzorku zplodin proveden žadatelem pomocí odběrového čerpadla PCXR4 do odběrového vaku objemu 3 litry podle platného Řádu chemické služby HZS ČR, příloha č. 26, čl. 17.

2. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus: obsah odběrového vaku byl změřen podle standardního operačního postupu SOP P02.

*Postup není v chemické laboratoři akreditován.*

*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 25 %.*

3. Analýza plynů detektorem GDA 2: analýza plynů byla provedena podle

standardního operačního postupu SOP P08.

*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 40 %.*

#### 4. GC/MS analýza

- odběrový vak se vzorkem umístěn do sušárny vyhřáté na 60 °C na 30 minut
- metodika přímého nástřiku odebraného vzorku plynů a par „TOL-SPME-MAN“ (viz parametry měření),
- objem vzorku: 100 µl
- identifikace látek softwarem přístroje DataAnalysis byla provedena podle standardního operačního postupu SOP I03.

- ♦ **výsledek** 1. Přílohy tohoto protokolu  
**uložen:** 2. C: MSDCHEM\1\DATA\EXPERTIZY\2012\12-12.D  
3. Záznam č. 253/Ča

### Výsledky:

#### **1. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus**

Pomocí selektivních analyzátorů byly ve vzorku identifikovány tyto složky o následujících koncentracích, které představují průměrné hodnoty ze 3 měření:

**Oxid uhelnatý:** 720 ppm  
**Oxid siřičitý:** 8 ppm

#### **2. Analýza plynů detektorem GDA 2**

Vysoké koncentrace nebezpečných látek neumožňovaly u citlivého přístroje stanovení všech identifikovaných složek. Ve vzorku byly identifikovány a stanoveny (průměr ze 3 měření):

**Oxid uhelnatý:** 700 ppm  
**Formaldehyd:** 37 ppm

#### **3. GC/MS analýza**

Výsledný chromatogram vzorku včetně provedené identifikace jednotlivých složek na základě hmotnostních spekter je uveden v příloze č. 1.

Hlavními složkami odebrané směsi plynů byly – vedle oxidu uhličitého jako hlavního podílu – tyto látky s následující podobností hmotnostního spektra změřeného a přiřazeného z databáze:

Převládající složky směsi (vysoké koncentrace):

**Benzen** (95 %)  
**Toluen** (95 %)

**Styren (97 %)**  
**Limonen (98 %)**

Složky o nízkých koncentracích:

**Xyleny (95 %)**  
**Fenylacetylen (94 %)**  
**3-Methylenheptan (81 %)**

**Závěr:**

Zplodiny hoření obsahovaly následující toxické látky:

- oxid uhelnatý,
- oxid siřičitý,
- formaldehyd,
- aromatické uhlovodíky benzen, toluen, xyleny, styren, limonen, fenylacetylen,
- alken methylenheptan.

Zkoušku provedli	(podpis):	
Schválil:	Ing. Tomáš Čapoun, CSc. vedoucí PPCHO	
Protokol vydán:	v Lázních Bohdaneč dne	27. března 2012

**\* \* \***

***Prohlášení***

5. *Výsledky zkoušky se týkají pouze předmětu zkoušky. Laboratoř odpovídá pouze za výsledky zkoušek vzorku ve stavu, ve kterém byl zákazníkem dodán.*
6. *Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu MV - GŘ HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva reprodukován jinak než celý.*

Příloha č.4 – Protokol o zkoušce č.713, PUR pěna

**Požadovaná  
zkouška:**

ANALÝZA ZPLODIN HOŘENÍ  
MATERIÁLŮ

**Expertiza č.: 13/12**

**Žadatel:**

♦ *jméno:* Bc. Jaroslav ŠEBA      ♦ *funkce:* student JČU  
♦ *adresa:* HZS Jihočeského kraje České Budějovice

**Vzorek:**

♦ *označení:* **PUR PĚNA**      ♦ *odebral:* Bc. Šeba  
♦ *vzhled:* plyn v odběrovém vaku      ♦ *datum odběru:* 23. 3. 2012  
♦ *množství:* 3 litry      ♦ *datum dodání:* 24. 3. 2012

**Zkouška:**

♦ *provedl:* Čapoun, Krykorková, Ulbrich      ♦ *dne:* 26. 3. 2012

- ♦ *přístroje:*
1. Odběrové plynové čerpadlo PCXR4 (SKC Inc., USA).
  2. Multidetektory plynů MX 21 Plus, výr.č. 8304, 8307, 01009 (Oldham, Fr.) s čidly na CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HCN, HCl, COCl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>.
  3. Přenosný detektor nebezpečných plynů a bojových otravných látek GDA 2 (AIRSENSE Analytics GmbH, Schwerin, SRN).
  4. Plynový chromatograf s hmotnostním detektorem GC/MSD 7890A / 5975C (Agilent Technologies, Inc., Wilmington, USA), výr. č. CN11391046 / US11384708, obsluha a kontroly dle metrologického záznamníku LPZ 26-2. Parametry měření „TOL-SPME-MAN“:  
Nosný plyn He 0,8 ml/min, T Inlet 230 °C, T rozhraní GC/MSD 290 °C, Scan range 35-800 amu, Inject Time 0,05 min., Splitless, Solvent Delay: 0 min., GC program: 40 °C – 2 min, od 40 °C do 130 °C dT/dt 5 °C/min, od 130 °C do 220 °C dT/dt 20 °C/min, 220 °C – 1 min.
- ♦ *postup:*
1. Odběr vzorku: odběr vzorku zplodin proveden žadatelem pomocí odběrového čerpadla PCXR4 do odběrového vaku objemu 3 litry podle platného Řádu chemické služby HZS ČR, příloha č. 26, čl. 17.
  2. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus: obsah odběrového vaku byl změřen podle standardního operačního postupu SOP P02.  
*Postup není v chemické laboratoři akreditován.*  
*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 25 %.*
  3. Analýza plynů detektorem GDA 2: analýza plynů byla provedena podle



standardního operačního postupu SOP P08.

*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 40 %.*

#### 4. GC/MS analýza

- odběrový vak se vzorkem umístěn do sušárny vyhřáté na 60 °C na 30 minut
- metodika přímého nástřiku odebraného vzorku plynů a par „TOL-SPME-MAN“ (viz parametry měření),
- objem vzorku: 100 µl
- identifikace látek softwarem přístroje DataAnalysis byla provedena podle standardního operačního postupu SOP I03.

- ♦ *výsledek uložen:*
1. Přílohy tohoto protokolu
  2. C: MSDCHEM\1\DATA\EXPERTIZY\2012\13-12.D
  3. Záznam č. 253/Ča

### Výsledky:

#### **1. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus**

Pomocí selektivních analyzátorů byly ve vzorku identifikovány tyto složky o následujících koncentracích, které představují průměrné hodnoty ze 3 měření:

<b>Oxid uhelnatý:</b>	> 1000 ppm	
<b>Oxid siřičitý:</b>		30 ppm
<b>Fosgen:</b>	> 1 ppm	
<b>Kyanovodík:</b>		16 ppm
<b>Oxidy dusíku:</b>	6 ppm	

#### **2. Analýza plynů detektorem GDA 2**

Vysoké koncentrace nebezpečných látek neumožňovaly u citlivého přístroje identifikaci ani stanovení žádné ze složek směsi.

#### **3. GC/MS analýza**

Výsledný chromatogram vzorku včetně provedené identifikace jednotlivých složek na základě hmotnostních spekter je uveden v příloze č. 1.

Hlavními složkami odebrané směsi plynů byly – vedle oxidu uhličitého jako hlavního podílu – tyto látky s následující podobností hmotnostního spektra změřeného a přiřazeného z databáze:

Převládající složky směsi (vysoké koncentrace):

**Benzen** (95 %)

**Toluen** (95 %)

Složky o nízkých koncentracích:

**Xyleny** (89 %)

**Fenylacetylen** (93 %)

**Pyrazinamid** (53 %)

**Závěr:**

Zplodiny hoření obsahovaly následující toxické látky:

- oxid uhelnatý,
- oxid siřičitý,
- fosgen,
- kyanovodík,
- oxidy dusíku,
- aromatické uhlovodíky benzen, toluen, xyleny, fenylacetylen,
- heterocyklickou sloučeninu pyrazinamid.

Zkoušku provedli	(podpis):	
Schválil:	Ing. Tomáš Čapoun, CSc. vedoucí PPCHO	
Protokol vydán:	v Lázních Bohdaneč dne	27. března 2012

**\* \* \***

***Prohlášení***

7. *Výsledky zkoušky se týkají pouze předmětu zkoušky. Laboratoř odpovídá pouze za výsledky zkoušek vzorku ve stavu, ve kterém byl zákazníkem dodán.*
8. *Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu MV - GŘ HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva reprodukován jinak než celý.*

Příloha č.5 – Protokol o zkoušce č.710, dřevotříska a lamino

**Požadovaná  
zkouška:**

ANALÝZA ZPLODIN HOŘENÍ  
MATERIÁLŮ

**Expertiza č.: 10/12**

**Žadatel:**

♦ *jméno:* Bc. Jaroslav ŠEBA      ♦ *funkce:* student JČU  
♦ *adresa:* HZS Jihočeského kraje České Budějovice

**Vzorek:**

♦ *označení:* **DŘEVOTŘÍSKA**      ♦ *odebral:* Bc. Šeba  
♦ *vzhled:* plyn v odběrovém vaku      ♦ *datum odběru:* 23. 3. 2012  
♦ *množství:* 3 litry      ♦ *datum dodání:* 24. 3. 2012

**Zkouška:**

♦ *provedl:* Čapoun, Krykorková, Ulbrich      ♦ *dne:* 26. 3. 2012

♦ *přístroje:*

1. Odběrové plynové čerpadlo PCXR4 (SKC Inc., USA).
2. Multidetektory plynů MX 21 Plus, výr.č. 8304, 8307, 01009 (Oldham, Fr.) s čidly na CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HCN, HCl, COCl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>.
3. Přenosný detektor nebezpečných plynů a bojových otravných látek GDA 2 (AIRSENSE Analytics GmbH, Schwerin, SRN).
4. Plynový chromatograf s hmotnostním detektorem GC/MSD 7890A / 5975C (Agilent Technologies, Inc., Wilmington, USA), výr. č. CN11391046 / US11384708, obsluha a kontroly dle metrologického záznamníku LPZ 26-2. Parametry měření „TOL-SPME-MAN“:  
Nosný plyn He 0,8 ml/min, T Inlet 230 °C, T rozhraní GC/MSD 290 °C, Scan range 35-800 amu, Inject Time 0,05 min., Splitless, Solvent Delay: 0 min., GC program: 40 °C – 2 min, od 40 °C do 130 °C dT/dt 5 °C/min, od 130 °C do 220 °C dT/dt 20 °C/min, 220 °C – 1 min.

♦ *postup:*

1. Odběr vzorku: odběr vzorku zplodin proveden žadatelem pomocí odběrového čerpadla PCXR4 do odběrového vaku objemu 3 litry podle platného Řádu chemické služby HZS ČR, příloha č. 26, čl. 17.
2. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus: obsah odběrového vaku byl změřen podle standardního operačního postupu SOP P02.  
*Postup není v chemické laboratoři akreditován.*  
*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 25 %.*
3. Analýza plynů detektorem GDA 2: analýza plynů byla provedena podle

standardního operačního postupu SOP P08.

*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 40 %.*

#### 4. GC/MS analýza

- odběrový vak se vzorkem umístěn do sušárny vyhřáté na 60 °C na 30 minut
- metodika přímého nástřiku odebraného vzorku plynů a par „TOL-SPME-MAN“ (viz parametry měření),
- objem vzorku: 100 µl
- identifikace látek softwarem přístroje DataAnalysis byla provedena podle standardního operačního postupu SOP I03.

- ♦ *výsledek uložen:*
1. Přílohy tohoto protokolu
  2. C: MSDCHEM\1\DATA\EXPERTIZY\2012\10-12.D
  3. Záznam č. 253/Ča

### Výsledky:

#### **1. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus**

Pomocí selektivních analyzátorů byly ve vzorku identifikovány tyto složky o následujících koncentracích, které představují průměrné hodnoty ze 3 měření:

<b>Oxid uhelnatý:</b>	700 ppm	
<b>Oxid siřičitý:</b>		4 ppm
<b>Fosgen:</b>	0,8 ppm	
<b>Chlor:</b>		4 ppm
<b>Oxidy dusíku:</b>	18 ppm	

#### **2. Analýza plynů detektorem GDA 2**

Vysoké koncentrace nebezpečných látek neumožňovaly u citlivého přístroje stanovení všech identifikovaných složek. Ve vzorku byly identifikovány a stanoveny (průměr ze 3 měření):

<b>Oxid uhelnatý:</b>	720 ppm	
<b>Oxid siřičitý:</b>		7 ppm
<b>Fosgen:</b>	1,2 ppm	

#### **3. GC/MS analýza**

Výsledný chromatogram vzorku včetně provedené identifikace jednotlivých složek na základě hmotnostních spekter je uveden v příloze č. 1.

Hlavními složkami odebrané směsi plynů byly – vedle oxidu uhličitého jako hlavního podílu – tyto látky s následující podobností hmotnostního spektra změřeného a přiřazeného z databáze:

Převládající složky směsi (vysoké koncentrace):

**Benzen** (95 %)

**Toluen** (94 %)

**2,3-Dikyanopropionamid** (59 %)

Složky o nízkých koncentracích:

**Chlorbenzen** (95 %)

**Ethylbenzen** (50 %)

**Xyleny** (78 %)

**Fenylacetylen** (95 %)

**Butanal** (59 %)

### Závěr:

Zplodiny hoření obsahovaly následující toxické látky:

- oxid uhelnatý,
- oxid siřičitý,
- fosgen,
- oxidy dusíku,
- chlor,
- aromatické uhlovodíky benzen, toluen, ethylbenzen, xyleny, fenylacetylen,
- chlorovaný aromatický uhlovodík chlorbenzen,
- nitril dikyanopropionamid,
- alifatický aldehyd butanal.

Zkoušku provedli	(podpis):	
Schválil:	Ing. Tomáš Čapoun, CSc. vedoucí PPCHO	
Protokol vydán:	v Lázních Bohdaneč dne	27. března 2012

**\* \* \***

### ***Prohlášení***

9. *Výsledky zkoušky se týkají pouze předmětu zkoušky. Laboratoř odpovídá pouze za výsledky zkoušek vzorku ve stavu, ve kterém byl zákazníkem dodán.*
10. *Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu MV - GŘ HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva reprodukován jinak než celý.*

Příloha č.6 – Protokol o zkoušce č. 714, izolace elektrických kabelů

**Požadovaná  
zkouška:**

ANALÝZA ZPLODIN HOŘENÍ  
MATERIÁLŮ

**Expertiza č.: 14/12**

**Žadatel:**

♦ *jméno:* Bc. Jaroslav ŠEBA      ♦ *funkce:* student JČU  
♦ *adresa:* HZS Jihočeského kraje České Budějovice

**Vzorek:**

♦ *označení:* **IZOLACE KABELŮ**      ♦ *odebral:* Bc. Šeba  
♦ *vzhled:* plyn v odběrovém vaku      ♦ *datum odběru:* 23. 3. 2012  
♦ *množství:* 3 litry      ♦ *datum dodání:* 24. 3. 2012

**Zkouška:**

♦ *provedl:* Čapoun, Krykorková, Ulbrich      ♦ *dne:* 26. 3. 2012

♦ *přístroje:*

1. Odběrové plynové čerpadlo PCXR4 (SKC Inc., USA).
2. Multidetektory plynů MX 21 Plus, výr.č. 8304, 8307, 01009 (Oldham, Fr.) s čidly na CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HCN, HCl, COCl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>.
3. Přenosný detektor nebezpečných plynů a bojových otravných látek GDA 2 (AIRSENSE Analytics GmbH, Schwerin, SRN).
4. Plynový chromatograf s hmotnostním detektorem GC/MSD 7890A / 5975C (Agilent Technologies, Inc., Wilmington, USA), výr. č. CN11391046 / US11384708, obsluha a kontroly dle metrologického záznamníku LPZ 26-2. Parametry měření „TOL-SPME-MAN“:  
Nosný plyn He 0,8 ml/min, T Inlet 230 °C, T rozhraní GC/MSD 290 °C, Scan range 35-800 amu, Inject Time 0,05 min., Splitless, Solvent Delay: 0 min., GC program: 40 °C – 2 min, od 40 °C do 130 °C dT/dt 5 °C/min, od 130 °C do 220 °C dT/dt 20 °C/min, 220 °C – 1 min.

♦ *postup:*

1. Odběr vzorku: odběr vzorku zplodin proveden žadatelem pomocí odběrového čerpadla PCXR4 do odběrového vaku objemu 3 litry podle platného Řádu chemické služby HZS ČR, příloha č. 26, čl. 17.
2. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus: obsah odběrového vaku byl změřen podle standardního operačního postupu SOP P02.  
*Postup není v chemické laboratoři akreditován.*  
*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 25 %.*
3. Analýza plynů detektorem GDA 2: analýza plynů byla provedena podle

standardního operačního postupu SOP P08.

*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 40 %.*

#### 4. GC/MS analýza

- odběrový vak se vzorkem umístěn do sušárny vyhřáté na 60 °C na 30 minut
- metodika přímého nástřiku odebraného vzorku plynů a par „TOL-SPME-MAN“ (viz parametry měření),
- objem vzorku: 100 µl
- identifikace látek softwarem přístroje DataAnalysis byla provedena podle standardního operačního postupu SOP I03.

- ♦ *výsledek uložen:*
1. Přílohy tohoto protokolu
  2. C: MSDCHEM\1\DATA\EXPERTIZY\2012\14-12.D
  3. Záznam č. 253/Ča

### Výsledky:

#### **1. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus**

Pomocí selektivních analyzátorů byly ve vzorku identifikovány tyto složky o následujících koncentracích, které představují průměrné hodnoty ze 3 měření:

<b>Oxid uhelnatý:</b>	> 1000 ppm
<b>Oxid siřičitý:</b>	180 ppm
<b>Fosgen:</b>	> 1 ppm

#### **2. Analýza plynů detektorem GDA 2**

Vysoké koncentrace nebezpečných látek neumožňovaly u citlivého přístroje identifikaci ani stanovení žádné ze složek směsi.

#### **3. GC/MS analýza**

Výsledný chromatogram vzorku včetně provedené identifikace jednotlivých složek na základě hmotnostních spekter je uveden v příloze č. 1.

Hlavními složkami odebrané směsi plynů byly – vedle oxidu uhličitého jako hlavního podílu – tyto látky s následující podobností hmotnostního spektra změřeného a přiřazeného z databáze:

Převládající složky směsi (vysoké koncentrace):

**Benzen** (95 %)

**Toluen** (95 %)

**3-Methylenheptan** (94 %)

Složky o nízkých koncentracích:

**Methylhepteny** (81 %)  
**2-Ethyl-1,3-butadien** (94 %)  
**Chlorbenzen** (94 %)  
**Fenylacetylen** (94 %)  
**Styren** (96 %)

**Závěr:**

Zplodiny hoření obsahovaly následující toxické látky:

- oxid uhelnatý,
- oxid siřičitý,
- fosgen,
- aromatické uhlovodíky benzen, toluen, styren, fenylacetylen,
- chlorovaný aromatický uhlovodík chlorbenzen,
- alkeny methylenheptan, methylhepteny, ethylbutadien.

Zkoušku provedli	(podpis):	
Schválil:	Ing. Tomáš Čapoun, CSc. vedoucí PPCHO	
Protokol vydán:	v Lázních Bohdaneč dne	27. března 2012

**\* \* \***

***Prohlášení***

11. *Výsledky zkoušky se týkají pouze předmětu zkoušky. Laboratoř odpovídá pouze za výsledky zkoušek vzorku ve stavu, ve kterém byl zákazníkem dodán.*
12. *Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu MV - GŘ HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva reprodukován jinak než celý.*



Příloha č.7 – Protokol o zkoušce č. 711, molitan

**Požadovaná  
zkouška:**

ANALÝZA ZPLODIN HOŘENÍ  
MATERIÁLŮ

**Expertiza č.: 11/12**

**Žadatel:**

♦ *jméno:* Bc. Jaroslav ŠEBA      ♦ *funkce:* student JČU  
♦ *adresa:* HZS Jihočeského kraje České Budějovice

**Vzorek:**

♦ *označení:* **MOLITAN**      ♦ *odebral:* Bc. Šeba  
♦ *vzhled:* plyn v odběrovém vaku      ♦ *datum odběru:* 23. 3. 2012  
♦ *množství:* 3 litry      ♦ *datum dodání:* 24. 3. 2012

**Zkouška:**

♦ *provedl:* Čapoun, Krykorková, Ulbrich      ♦ *dne:* 26. 3. 2012

- ♦ *přístroje:*
1. Odběrové plynové čerpadlo PCXR4 (SKC Inc., USA).
  2. Multidetektory plynů MX 21 Plus, výr.č. 8304, 8307, 01009 (Oldham, Fr.) s čidly na CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HCN, HCl, COCl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>.
  3. Přenosný detektor nebezpečných plynů a bojových otravných látek GDA 2 (AIRSENSE Analytics GmbH, Schwerin, SRN).
  4. Plynový chromatograf s hmotnostním detektorem GC/MSD 7890A / 5975C (Agilent Technologies, Inc., Wilmington, USA), výr. č. CN11391046 / US11384708, obsluha a kontroly dle metrologického záznamníku LPZ 26-2. Parametry měření „TOL-SPME-MAN“:  
Nosný plyn He 0,8 ml/min, T Inlet 230 °C, T rozhraní GC/MSD 290 °C, Scan range 35-800 amu, Inject Time 0,05 min., Splitless, Solvent Delay: 0 min., GC program: 40 °C – 2 min, od 40 °C do 130 °C dT/dt 5 °C/min, od 130 °C do 220 °C dT/dt 20 °C/min, 220 °C – 1 min.
- ♦ *postup:*
1. Odběr vzorku: odběr vzorku zplodin proveden žadatelem pomocí odběrového čerpadla PCXR4 do odběrového vaku objemu 3 litry podle platného Řádu chemické služby HZS ČR, příloha č. 26, čl. 17.
  2. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus: obsah odběrového vaku byl změřen podle standardního operačního postupu SOP P02.  
*Postup není v chemické laboratoři akreditován.*  
*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 25 %.*
  3. Analýza plynů detektorem GDA 2: analýza plynů byla provedena podle

standardního operačního postupu SOP P08.

*Celková rozšířená nejistota stanovení jako rozsah hodnot, ve kterém leží s 95% pravděpodobností správný výsledek, činí 40 %.*

#### 4. GC/MS analýza

- odběrový vak se vzorkem umístěn do sušárny vyhřáté na 60 °C na 30 minut
- metodika přímého nástřiku odebraného vzorku plynů a par „TOL-SPME-MAN“ (viz parametry měření),
- objem vzorku: 100 µl
- identifikace látek softwarem přístroje DataAnalysis byla provedena podle standardního operačního postupu SOP I03.

- ♦ *výsledek* 1. Přílohy tohoto protokolu  
*uložen:* 2. C: MSDCHEM\1\DATA\EXPERTIZY\2012\11-12.D  
3. Záznam č. 253/Ča

### Výsledky:

#### **1. Detekce multidetektory plynů MX 21 Plus**

Pomocí selektivních analyzátorů byly ve vzorku identifikovány tyto složky o následujících koncentracích, které představují průměrné hodnoty ze 3 měření:

<b>Oxid uhelnatý:</b>	440 ppm	
<b>Oxid siřičitý:</b>		5 ppm
<b>Fosgen:</b>	0,8 ppm	
<b>Kyanovodík:</b>		2 ppm

#### **2. Analýza plynů detektorem GDA 2**

Vysoké koncentrace nebezpečných látek neumožňovaly u citlivého přístroje stanovení všech identifikovaných složek. Ve vzorku byly identifikovány a stanoveny (průměr ze 3 měření):

<b>Oxid siřičitý:</b>		7 ppm
<b>Fosgen:</b>	1,0 ppm	
<b>Kyanovodík:</b>		2,8 ppm

#### **3. GC/MS analýza**

Výsledný chromatogram vzorku včetně provedené identifikace jednotlivých složek na základě hmotnostních spekter je uveden v příloze č. 1.

Hlavními složkami odebrané směsi plynů byly – vedle oxidu uhličitého jako hlavního podílu – tyto látky s následující podobností hmotnostního spektra změřeného a přiřazeného z databáze:

Převládající složky směsi (vysoké koncentrace):

**Benzen** (94 %)

**Toluen** (94 %)

**2,3-Dikyanopropionamid** (56 %)

Složky o nízkých koncentracích:

**Chlorbenzen** (95 %)

**Fenylacetylen** (95 %)

**2-Kyanoacetamid** (40 %)

**Závěr:**

Zplodiny hoření obsahovaly následující toxické látky:

- oxid uhelnatý,
- oxid siřičitý,
- fosgen,
- kyanovodík,
- aromatické uhlovodíky benzen, toluen,
- chlorovaný aromatický uhlovodík chlorbenzen,
- nitrily dikyanopropionamid, kyanoacetamid.

Zkoušku provedli	(podpis):	
Schválil:	Ing. Tomáš Čapoun, CSc. vedoucí PPCHO	
Protokol vydán:	v Lázních Bohdaneč dne	27. března 2012

\* \* \*

***Prohlášení***

13. *Výsledky zkoušky se týkají pouze předmětu zkoušky. Laboratoř odpovídá pouze za výsledky zkoušek vzorku ve stavu, ve kterém byl zákazníkem dodán.*

14. *Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu MV - GŘ HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva reprodukován jinak než celý.*

## *Dotazník*

Vážený kolego,

Jmenuji se Jaroslav Šeba a dvacet let sloužím u HZS JčK. V současné době studuji třetím rokem na Jihočeské univerzitě. V letošním roce mám za úkol vypracovat bakalářskou práci, jejíž součástí je zpracování získaných dat. Proto se na Tebe obracím s žádostí o spolupráci a prosím o vyplnění tohoto dotazníku a jeho následné odevzdání.

Dotazník je **anonymní**, slouží pouze pro účely mé práce, jakékoli zneužití informací v něm obsažených je vyloučeno. Prosím o jeho zodpovědné vyplnění. Zajímají mě Tvé skutečné názory a zkušenosti, ne to, co by mohlo být považováno za "správnou" odpověď. Věřím, že Tvá spolupráce pomůže jak mně v mém studiu, tak i přispěje k novým poznatkům jak chránit hasiče u požáru.



Tento dotazník je zaměřený na zjištění obecného povědomí mezi zasahujícími hasiči o nebezpečnosti kouře, který se skládá z mnoha složek podle hořící látky, podle teploty, obsahu vody v hořící látce. Samozřejmě také podle množství kyslíku v jejím okolí.

Zajímá mě jestli si víš, nebo si dovedeš představit jaké látky se při požáru vyskytují ve vzduchu který dýcháš pokud nemáš nasazený dýchací přístroj. A z jakých hořících látek se uvolňují. Nezapomeň že látky se můžou z materiálů uvolňovat nejen při hoření,

ale i při vysokých teplotách při provádění dohašování požářiště, kdy se většinou již dýchací přístroje nepoužívají.

Budeš-li mít zájem, rád tě seznámím s výsledkem svojí práce, jejíž součástí bude i laboratorní rozbor zplodin hoření látek, se kterými se při požárech nejčastěji setkáváš.

Přiložený dotazník si pozorně přečti a po důkladném zvážení každé otázky odpověz tak, že označíš křížkem odpověď, která nejvíce odpovídá Tvé představě a skutečnosti.

1.	Věková kategorie	20 – 30 let	<input type="checkbox"/>
		31 – 40 let	<input type="checkbox"/>
		41 – 50 let	<input type="checkbox"/>
		51 a více let	<input type="checkbox"/>

2.	Délka praxe	0 – 10 let	<input type="checkbox"/>
		11 – 20 let	<input type="checkbox"/>
		21 a více let	<input type="checkbox"/>

3.	Funkce	hasič	<input type="checkbox"/>
		velitel	<input type="checkbox"/>

Následující tabulka je zaměřená na obecné povědomí mezi hasiči v oblasti hoření látek se kterými se u požáru nejčastěji setkávají a jestli si ví, nebo mají představu co se z nich uvolňuje a co dýchají bez použití dýchacího přístroje. Tabulku si přečti a označ křížkem co víš nebo si myslíš že se z hořící látky uvolňuje.

**Tabulka hořlavých látek a zplodin při jejich hoření**

	<i>CO</i>	<i>CO<sub>2</sub></i>	<i>Chlorovodík</i> <i>HCl</i>	<i>Nitrozní</i> <i>plyny</i> <i>NO<sub>x</sub></i>	<i>Kyanovodík</i> <i>HCN</i>	<i>Fosgen</i> <i>COCl<sub>2</sub></i>	<i>Ultrajedy</i> <i>PAH</i>
Suché dřevo							
Dřevotřísky							
Molítany Koženky							
Plasty v automobilech							
Lepidla,barvy, laky,ředidla							
Látky - oblečení,potahy							
Látky obsahující freony							
Vlna							
Peří							
Nafta, benzin, Oleje							
Guma							
Elektrické kabely							
Plastové obaly							
PVC, Podlahové krytiny							
Umělá hnojiva							
Polyamidy (silony,nilony)							
Seno, sláma							