

# Efektivita hasebních látek

Adam Hanák

---

Bakalářská práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení  
Ústav ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Adam Hanák  
Osobní číslo: L22718  
Studijní program: B1032A020002 Ochrana obyvatelstva  
Forma studia: Kombinovaná  
Téma práce: Efektivita hasebních látek

## Zásady pro vypracování

- Vymezte problematiku na základě dostupných zdrojů.
- Analyzujte vliv hasebních látek, efektivitu a použití.
- Vytvořte návrhy na efektivnější využívání hasebních látek.

---

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

1. AAMODT, Edvard, Christoph MERANER a Are W. BRANDT. *Review of efficient manual fire extinguishing methods and equipment for the fire service*. FRIC Fire Research and Innovation Centre, 2020. ISBN 9789189167940.
2. ANGLE, James S., Gala Jr., Michael F., Harlow David a William B. Lombardo. *Firefighting Strategies and Tactics*. 4th ed. Massachusetts: Jones & Bartlett Learning, 2021. ISBN 9781284180190.
3. *Bojový řád jednotek požární ochrany*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017. ISBN 9788073851972.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Snopek, Ph.D.**  
Ústav environmentální bezpečnosti

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. května 2024**

L.S.

---

**doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.**  
děkanka

---

**prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.**  
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 4. prosince 2023

---

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 3.5.2024

Jméno a příjmení studenta: Adam Hanák

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zaměřuje na porovnání efektivity hasebních látek při hašení požárů různého charakteru a typu. Hlavním cílem práce je analyzovat a porovnat využitelnost a účinnost hasebních látek. Kromě teoretických poznatků práce zahrnuje i experimentální část, ve které jsou testovány vlastnosti a metody použití vody jako hasební látky na požáru tuhých látek a hořlavých kapalin. V rámci experimentů byly využity modelové situace, které simulovaly běžně vyskytující se scénáře požárů. Poznatky z této práce mají přispět k lepšímu porozumění a výběru hasebních látek, což by mělo vést k efektivnější likvidaci požárů a tím i k ochraně zdraví a majetku. Práce také nabízí přehled možných návrhů pro zlepšení v dané problematice.

Klíčová slova: požár, požární ochrana, hašení, hasební látky, efektivita hasebních látek, vodní mlha

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis focuses on comparing the effectiveness of firefighting substances in extinguishing fires of various characters and types. The main goal of the thesis is to analyze and compare the usability and efficiency of firefighting substances. In addition to theoretical knowledge, the work includes an experimental part, where the properties and methods of using water as a firefighting substance on fires involving solid materials and flammable liquids are tested. Model situations that simulated commonly occurring fire scenarios were used in the experiments. Insights from this work are intended to contribute to a better understanding and selection of firefighting substances, which should lead to more effective fire suppression and thereby protect health and property. The thesis also offers an overview of possible proposals for improvement in this issue.

Keywords: fire, fire protection, extinguishing, extinguishing agents, effectiveness of extinguishing agents, water mist

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Lukáši Snopkovi, Ph.D., za trpělivost a příkladné vedení při konzultacích poskytnutých ke zpracování této práce. Zároveň bych rád poděkoval nrap. Bc. Michalu Kužilkovi, firmě Agrishop-cz a dalším zúčastněným, za pomoc při realizaci experimentů pro praktickou část bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 HASEBNÍ LÁTKY</b> .....	<b>11</b>
1.1 VODA.....	11
1.1.1 Látky nevhodné k hašení vodou.....	12
1.1.2 Prostředky zlepšující vlastnosti vody.....	13
1.1.3 Vodní mlha.....	15
1.2 HASÍCÍ PRÁŠEK.....	16
1.2.1 Prášky BC.....	17
1.2.2 Prášky ABC.....	18
1.3 HALONY.....	19
1.4 HASÍCÍ PĚNA.....	19
1.5 INERTNÍ PLYNY A CHEMICKÁ HASIVA.....	22
<b>2 HOŘENÍ</b> .....	<b>25</b>
2.1 PÁSMA POŽÁRU.....	26
2.2 FÁZE POŽÁRU.....	27
2.3 PŘENOS TEPLA.....	28
2.4 POŽÁRNĚ TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY HOŘLAVÝCH LÁTEK.....	29
<b>3 TŘÍDY POŽÁRU PODLE ČSN EN 2</b> .....	<b>31</b>
<b>4 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI</b> .....	<b>33</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>34</b>
<b>5 EFEKTIVITA HASEBNÍCH LÁTEK</b> .....	<b>35</b>
<b>6 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b> .....	<b>37</b>
6.1 TECHNICKÉ PROSTŘEDKY POUŽITÉ K EXPERIMENTŮM.....	38
6.2 PRVNÍ POLOVINA EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI.....	43
6.3 EXPERIMENT 1.....	44
6.4 EXPERIMENT 2.....	44
6.5 EXPERIMENT 3.....	45
6.6 DRUHÁ POLOVINA EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI.....	46
6.7 EXPERIMENT 4.....	46
6.8 EXPERIMENT 5.....	47
6.9 EXPERIMENT 6.....	48
<b>7 VÝSLEDKY EXPERIMENTŮ</b> .....	<b>49</b>
<b>8 VYHODNOCENÍ</b> .....	<b>52</b>

8.1 NÁVRHY.....	53
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>54</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>55</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>59</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>60</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>61</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>62</b>



## ÚVOD

Práce se zabývá klíčovým tématem v oblasti požární ochrany, a to srovnáním efektivnosti různých hasebních látek při zvládnutí požárů různého typu a charakteru. Efektivita hasebních látek přímo ovlivňuje schopnost rychle a efektivně reagovat na požáry, minimalizovat škody na majetku a zdraví lidí a zároveň snížit negativní dopady na životní prostředí.

Hlavním cílem této práce je analýza a porovnání využitelnosti a efektivity jednotlivých hasebních látek s následným návrhem možných zlepšení pro jejich efektivnější použití v praxi. Dalším cílem je zjistit, jaký potenciál mají některé nové technologie v této oblasti.

V práci jsou využity prvky komparativní analýzy, logické indukce a optimalizační studie. Tato práce kombinuje teoretické poznatky s experimentálním výzkumem, což umožňuje komplexní hodnocení účinnosti hasebních látek v reálných podmínkách.

Výzkumné otázky, na které práce hledá odpovědi, zahrnují: Jaké hasební látky jsou nejúčinnější pro různé typy požárů? Jak lze optimalizovat použití hasebních látek s ohledem na jejich vliv na životní prostředí a zdraví lidí? Jak mohou nové inovativní technologie přispět k lepší efektivitě hasebních látek?

Očekávaný přínos práce spočívá v lepším porozumění vlastnostem a efektivitě hasebních látek, což by mělo vést k jejich vhodnějšímu výběru a použití v boji s požáry. Zvýšení efektivity hasebních zásahů by mělo přispět k rychlejší a bezpečnější likvidaci požárů, což je klíčové pro ochranu obyvatelstva a majetku. Zároveň je zde kladen důraz na proveditelnost a udržitelnost návrhů. Práce také nabízí možné doporučení a nové postupy, které by mohli být v některých situacích účinnější.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HASEBNÍ LÁTKY

Hasební látky jsou látky využívané k boji proti požárům. Pracují na principu eliminace alespoň jednoho z elementů, které jsou nezbytné pro udržení požáru: tepla, kyslíku nebo paliva. Toho mohou dosahovat různými metodami hašení jako jsou ochlazování, inhibice, izolace či zředování.

Každý typ požáru vyžaduje specifický přístup a typ hasební látky. Například některé látky jsou vhodné k hašení hořlavých kapalin, jiné zas proti požárům tuhých látek. Správný výběr hasební látky je proto zásadní jak z pohledu minimalizace škod a rychlého uhašení, tak i z hlediska ceny či ekologických dopadů.

V moderní době se na ekologické dopady hasebních látek klade velký důraz. Proto je snaha vyvíjet hasiva nová, či upravovat stávající tak, aby vyhovovali požadavkům šetrnosti ke zdraví i životnímu prostředí (Gann, 2023).

### 1.1 Voda

Voda, je jedna z nejdostupnějších látek v přírodě. Také je ekonomicky nejvýhodnější hasivo, které v současnosti využíváme. Voda pokrývá necelých 71 % plochy naší planety, tedy 360,6 milionů km<sup>2</sup>, z toho 97 % je tvořeno oceány a pouhé 3 % sladkými vodami. Díky svým vlastnostem je také velmi šetrná pro zdraví a životní prostředí.

Z hlediska efektivity, má voda hned několik vlastností. Klíčová, je například měrná tepelná kapacita, což znamená, že dokáže absorbovat velké množství tepla, aniž by se sama výrazně zahřála. Když voda přijde do kontaktu s otevřeným ohněm, dochází k rychlé přeměně vody z kapalného stavu do páry. Tento proces, známý jako fázový přechod, má za následek výrazné snížení teploty. Při kontaktu s ohněm tedy voda rychle absorbuje teplo z ohně a snižuje jeho teplotu pod bod hoření, což je klíčové pro uhašení požáru. Konkrétní hodnota měrné tepelné kapacity vody je 4180 J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>, to je více než čtyřnásobná hodnota oproti měrné tepelné kapacitě vzduchu.

Kromě toho, že voda absorbuje teplo, také zabraňuje přístupu kyslíku k hořícímu materiálu tím, že jej fyzicky odděluje od zbytku prostředí. Kyslík je nezbytný pro udržení hoření, a jeho odstranění nebo snížení koncentrace v bezprostředním okolí ohně značně přispívá k zastavení šíření požáru (Gala Jr. et al., 2020).

Při zvažování použití vody jako hasiva je důležité zvážit fyzikální a chemické vlastnosti materiálů zapojených do požáru. Při nesprávném použití vody hrozí vznik nebezpečných chemických reakcí, explozí či neefektivní hašení (Gala Jr. et al., 2020).

### **1.1.1 Látky nevhodné k hašení vodou**

Některé látky při kontaktu s vodou za určitých podmínek dokážou zhoršit průběh hašení, způsobit materiální a ekologické škody, či dokonce ohrozit na životě. Mezi takové patří:

#### **Alkalické kovy (sodík, draslík, vápník, hořčík, hliník a další)**

Tyto kovy reagují jak s kapalnou vodou, tak i s vodní párou za vývinu vodíku, který se může vznítit od uvolněného reakčního tepla. Při hašení dochází k silným explozím a rozstříkávání hořícího kovu. To samé platí i pro ostatní hořlavé kovy jako lithium, titan, uran, železo, aj. (Fojtík, b. r.).

#### **Materiály obsahující uhlík (uhlí, koks, saze)**

Pro tuto kategorii platí to samé jako u alkalických kovů, a sice že při hašení vodou za vysokých teplot zde probíhá chemická reakce u které se uvolňuje vodík a oxid uhelnatý (Fojtík, b. r.).

#### **Koncentrované kyseliny ( $H_2SO_4$ , $HNO_3$ , $HSO_3Cl$ )**

Při ředění kyselin, jako jsou kyselina sírová, kyselina dusičná a kyselina chlorosírová dochází k uvolňování velkého množství tepla, a hrozí zde nebezpečí opaření, či vylití z nádob nebo rozstříkávání kyselin do okolí. U kyseliny dusičné pak dochází také k vývinu oxidu dusičitého ( $NO_2$ ), který je toxický (Fojtík, b. r.).

#### **Látky zahřáté nad teplotu varu vody (tuky, oleje, ropa, aj.)**

Pokud bychom například hasily nádrž s ropou, voda by v nádrži klesala níže, do té doby, než se zahřeje a změní v páru. Díky tomu může dojít k utajovanému varu a k explozivnímu vývinu vodní páry, čímž dojde k vyvržení nebo vzkypění látek z nádoby (Fojtík, b. r.).

#### **Zkapalněné plyny s nízkou teplotou varu (methan, propan, butan, erhylene, propylen)**

Tyto plyny mají bod varu v rozmezí od  $-48\text{ }^\circ\text{C}$  do  $-161\text{ }^\circ\text{C}$ . Při hašení vodou jsou zahřátý na daleko vyšší teplotu, díky čemuž dochází ke zvýšenému vypařování plynů (Fojtík, b. r.).

#### **Polární kapaliny (aceton, estery, líh, kyselina octová, kyselina mravenčí, aj.)**

Hašení těchto kapalin skladovaných v nádržích je málo účinné (Fojtík, b. r.).

### **Zařízení pod elektrickým napětím**

Hašení těchto zařízení je životu nebezpečné. Dovoleno je to pouze za specifických podmínek určených v Metodickém listě č.25/P a č. 14/N (Fojtík, b. r.).

### **Usazený prach**

Při vstříknutí vody pod tlakem do souvislé vrstvy usazeného prachu dochází k jeho zviření a hrozí zde exploze (Fojtík, b. r.).

#### **1.1.2 Prostředky zlepšující vlastnosti vody**

Jak je již zmíněno výše, voda je sama o sobě velice účinné hasivo. Každopádně existují určité vlastnosti vody, které můžeme vylepšit. Tyto vlastnosti lze ovlivnit přísadami, které lze dělit do dvou skupin na přísady zvyšující hasební účinek vody a na přísady s pomocným účinkem.

Do první skupiny řadíme zejména smáčedla (tenzidy), solné roztoky v podobě vodní mlhy a emulze či suspenze dalších hasiv ve vodě.

Mezi přísady s pomocným účinkem pak řadíme, konzervační přísady, mrazuvzdorné přísady a inhibitory koroze (Macht, 2001; Janebová, 2011).

#### **Smáčedla**

Smáčedla jsou organické sloučeniny, které snižují povrchové napětí vody. Samotná molekula smáčedla je složena z hydrofilní a hydrofobní části. Hydrofilní část zapříčiňuje rozpustnost povrchově aktivní látky ve vodě. Naopak cílem hydrofobní části je adsorpce na povrchu hmoty.

Smáčedla najdou své využití zejména u požárů látek s velkým povrchovým napětím jako je například dřevitá moučka, guma, uhelný prach či tkanina. V těchto případech dokážou zvýšit efektivitu hašení vody, konkrétně její spotřebu, až o 50 %. Tato smáčedla zároveň zvyšují tepelnou vodivost v okolí plamene, čímž dosahují lepšího ochlazujícího účinku.

Mezi nejrozšířenější značky smáčedel patří například Pyrocool, které se přidá do vody buď ve formě kartuší, nebo jako tekutý prostředek (Macht, 2001; Janebová, 2011).

#### **Solné roztoky ve vodní mlze**

Vodní mlha, tvořená velmi jemnými kapkami vody, se používá pro její schopnost rychle chladit a zvlhčovat prostředí, což je užitečné při boji s požáry.

Solné roztoky mohou být v těchto systémech využity k dosažení lepšího hasebnímu účinku díky jejich vlastnostem, které podporují rychlejší absorpci tepla a snížení teploty hořícího materiálu. Vodní mlha umožňuje účinněji snížit teplotu a zvýšit relativní vlhkost v blízkosti plamenů, což přispívá k rychlejšímu hašení (Macht, 2001; Janebová, 2011).

### **Emulze dalších hasiv přidaných do vody**

Emulze různých hasiv přidaných do vody mohou významně zlepšit hasební účinky, zejména při hašení požárů kapalin a látek, které se obtížně hasí. Tyto přísady mohou zahrnovat pěnotvorné látky nebo speciální chemikálie, které změní fyzikální vlastnosti vody a umožní její lepší aplikaci na hořící materiály. Emulze jsou užitečné zejména v situacích, kde je potřeba rychle pokrýt velkou plochu hořícího materiálu a izolovat ho od zdroje kyslíku (Macht, 2001; Janebová, 2011).

### **Konzervační přísady**

Konzervační přísady se používají k ochraně vody v nádržích a hasicích systémech před kontaminací mikroorganismy, jako jsou plísňe a řasy.

Tyto přísady zahrnují chemikálie, které zabraňují růstu mikroorganismů a zároveň zachovávají kvalitu vody v hasicích systémech. Jsou důležité pro udržení dlouhodobé efektivity a bezpečnosti hasicích systémů (Macht, 2001; Janebová, 2011).

### **Mrazuvzdorné přísady**

Mrazuvzdorné přísady jsou důležité pro zabezpečení funkčnosti hasebních systémů v chladném prostředí, kde hrozí zamrznutí vody v hasicích zařízeních. Tyto přísady snižují bod mrazu vody, čímž zabraňují jejímu zamrznutí a udržují hasební médium tekuté i při teplotách pod bodem mrazu.

Běžně používané mrazuvzdorné látky zahrnují glykoly, jako je ethylenglykol nebo propylenglykol, které jsou efektivní, ale musí být používány v odpovídajících koncentracích, aby nedošlo k poškození hasicího zařízení nebo snížení hasební účinnosti (Macht, 2001; Janebová, 2011).

### **Inhibitory koroze**

Inhibitory koroze jsou chemikálie přidávané do hasebních systémů k ochraně kovových částí před korozivními účinky vody a jiných chemikálií. Tyto přísady pomáhají prodloužit životnost hasicího zařízení tím, že minimalizují riziko koroze, které může vést k selhání zařízení.

Inhibitory obvykle pracují tak, že vytvářejí na povrchu kovů ochranný film, nebo ovlivňují elektrochemické procesy, které vedou ke korozi.

Mezi běžné inhibitory řadíme fosfáty, silikáty a některé typy aminů, které jsou účinné v různých druzích vodních systémů (Macht, 2001; Janebová, 2011).

### 1.1.3 Vodní mlha

Nad vodní mlhou jako hasivem, se začalo uvažovat již ve 40. letech 20. století. Po 90. letech se vývoj značně zrychlil, a to zejména kvůli zákazu používání halonů jakožto hasební látky. Od této doby bylo provedeno mnoho pokusů zkoumající vlastnosti vodní mlhy a jejího použití.

Vodní mlha se v současnosti běžně používá v požární bezpečnosti staveb ve formě stabilního hasícího zařízení. Nejedná se však o tzv. sprinklery, kde je velikost kapek okolo 1 až 3 mm. Vodní mlha je převážně tvořena kapkami o velikosti výrazně menší než 1 mm. Díky velké ploše kapek ku objemu, je vodní mlha schopna odebírat velké množství tepla a zároveň je zde dosaženo efektu objemového hašení. Proto je největší efektivita dosažena v uzavřených místnostech. Objemové hašení je způsobeno hlavně kvůli dvěma jevům. Jde o samotnou spotřebu kyslíku pro hoření materiálu a vytlačování kyslíku pomocí vodní páry. Zde platí, že z 1 litru vody vznikne při 100 °C 1700 litrů páry. Tento výpočet vychází z rovnice ideálního plynu.

Rovnice 1 – Rovnice ideálního plynu (Hurley, Gottuk et al., 2015).

$$p \times V = n \times R \times T$$
$$V = \frac{n \times R \times T}{p} = \frac{55,6 \times 8,314 \times 373}{101\,325} \cong 1,7m^3$$

Dusivý mechanismus dosahuje své efektivity jedině v případě, když se hašený požár nachází v uzavřené místnosti. Je proto dobré zvážit využití v prostorách s větším prouděním vzduchu, či na kompletně otevřeném prostranství.

Hlavním hasebním efektem vodní mlhy je však chlazení, tedy schopnost absorbovat teplo. Tato schopnost je zde velmi vysoká, a to zejména z důvodu velikosti kapek, tedy čím jsou kapky menší, tím je jejich povrchová plocha na jednotku objemu větší (Aamodt et al., 2020; Hurley, Gottuk et al., 2015).

### Atomizace vodní mlhy

Atomizace neboli rozprašování, představuje rozdělení jedné velké kapky na mnoho menších kapiček, což je zásadní pro efektivní hašení požárů pomocí vodní mlhy. Tento proces je zprostředkován narušením rovnováhy povrchového napětí uvnitř kapky.

Mezi běžné metody atomizace patří použití ultrazvukových vln, vysokého tlaku nebo tepelných procesů. V kontextu hasicích systémů je však atomizace obvykle realizována mechanicky, pomocí speciálně navržených rozprašovacích trysek.

Rozprašovací trysky fungují na několika základních principech:

- Odstředivá síla – Tekutina je tlačena přes trysku, která jí roztáčí. Odstředivá síla pak způsobí, že tekutina opouští trysku ve formě jemného rozstříku.
- Náraz – Voda je vystřikována proti pevnému předmětu nebo se střetává s dalším vodním proudem, což způsobuje její rozpad na drobnější kapky.
- Přídavný plyn – Voda je smíchána s plynem (např. vzduchem), který je pod tlakem a při vstupu do atmosféry se rychle expanduje, čímž dochází k atomizaci vodního proudu.
- Kmitání – Voda prochází tryskou, která vytváří oscilace v proudu tekutiny, což vede k rozdělení na menší kapky.

Atomizace je kritickým krokem v procesu hašení požárů pomocí vodní mlhy, protože rozložení a velikost kapek přímo ovlivňuje schopnost systému odvést teplo od ohně. Výzkumy a vývoj v oblasti tryskových technologií neustále pokračují s cílem zlepšit účinnost hašení, snížit spotřebu vody a zvýšit celkovou efektivitu hasicích systémů. Každý nový pokrok v atomizační technologii může významně přispět k lepší ochraně majetku a životů před devastujícími účinky požárů (Lefebvre, McDonell, 2017).

## 1.2 Hasící prášek

Hasící prášky patří mezi běžně používané hasební látky ve všech různých odvětvích. Jedná se o organické nebo anorganické látky v tuhém skupenství s přibližnou velikostí částic pohybující se okolo 0,1 mm. Fungují na principu chemického mechanismu hašení, který je složen z inhibičního (antikatalitického) jevu a stěnového efektu. Inhibice, je schopnost zasahovat do chemické reakce hoření a tím ji zpomalit nebo zcela zastavit. Stěnový efekt je oblak rozptýleného prášku, který vytváří clonu a zabraňuje tak šíření tepla.



Přesné složení prášků se liší podle typu, použití a výrobce. Nejběžnější chemické sloučeniny jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 1 - Běžně používané chemické sloučeniny hasících prášků (Orlíková, 1995).

chlorid draselný KCl	hydrogenfosforečnan diamonný (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
chlorid sodný NaCl	hydrogenuhlíčan draselný KHCO <sub>3</sub>
síran didraselný K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	hydrogenuhlíčan sodný NaHCO <sub>3</sub>
síran disodný Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	tetraboritan sodný Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>
síran diamonný (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	hexafluorohlinitan trisodný Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>
dihydrogenfosforečnan amonný NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	močovina CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>

Konkrétní chemická sloučenina, ze které je výsledný prášek vyroben hraje klíčovou roli v mnoha faktorech jako je samotná efektivita, cena, nároky na skladování, toxikologické vlastnosti a enviromentální dopad. Většina uvedených látek má hydrokopické vlastnosti, což znamená, že na sebe vážou vlhkost. Tím pádem je nutná jejich hydrofobická úprava, na kterou se používají silikony, vosky a stearáty kovů. Kvalitně upravený prášek má životnost i více jak 10 let.

Hasební prášky dělíme podle složení a použití na tři základní skupiny BC, ABC a prášky hasící kovy. Tyto názvy jsou odvozeny od tříd požárů, ke kterým jsou určeny. Prášek BC je vhodný pro hašení požárů hořících kapalin a plynů. Zatímco prášek ABC (v některých literaturách označován i jako ABCD) je vhodný i pro hašení pevných látek a některých kovů (Balog, 2004; Orlíková 1995).

### 1.2.1 Prášky BC

Mechanismus hašení BC prášků je založen na heterogenní inhibici radikálového procesu hoření. Ta probíhá při dopravení prášku do prostoru hoření, kde na sebe vážou radikály vznikající při procesu hoření. Tento proces probíhá především na povrchu částic, z čehož vyplývá, že čím jsou částice menší, tím je hašení efektivnější. Ovšem nelze jej zmenšovat donekonečna. Částice menší jak 0,1 mm jsou hůře dopravovány.

Důležitou vlastností BC prášků je dekrepitace neboli rozpad nerostů zahříváním.

Díky tomu se částice prášku dokážou násobně zmenšit až v požářišti a tím docílit lepších inhibičních výsledků v reakci. Touto vlastností disponují hlavně prášky z hydrogenuhličitanu draselného (např. Monnex), kde se velikost zmenší až na částice menší než 1  $\mu\text{m}$ .

Hlavní složkou BC prášků je obvykle hydrogenuhličitan sodný, hydrogenuhličitan draselný, uhličitan vápenatý a síran draselný. Konkrétní poměr složení může vypadat následovně: 95-98 % hydrogenuhličitan sodný, 1-3 % stearátu hořečnatého (pro hydrofobizaci prášku) a 1-3 % dalších přísad zlepšujících skladovatelnost a dopravitelnost (Balog, 2004; Orliková, 1995).

### 1.2.2 Prášky ABC

Složení ABC prášků je rozdílné a závisí na konkrétním výrobcí. Přibližně by se složení mohlo pohybovat následovně: 40 % síranu amonného, 40 % fosforečnanu amonného, 10 % síranu barnatého a 10 % přísad.

Tyto prášky mají vynikající vlastnosti, jako je nižší hustota a velký povrch částic, což zvyšuje jejich hasící účinnost. ABC prášky jsou efektivní při hašení požárů tříd B a C, kde vysoké teploty způsobují rozklad amonných sloučenin, a tím i vznik ochranného povrchu, který omezuje přístup kyslíku k žhavým materiálům. Tento ochranný účinek je podporován uvolňováním amoniaku, který inhibuje plamen, a fosforečnany, které napomáhají uhlíkovatění tuhých materiálů.

Významný je také dusivý efekt ABC prášků, který je zvláště účinný v uzavřených prostorech, kde se uvolněný dusík z prášků mísí s kyslíkem a snižuje jeho koncentraci v okolí hořícího materiálu. Výsledkem je zpomalení nebo úplné uhašení požáru vlivem nedostatku kyslíku.

ABC prášky se mohou považovat za univerzální hasící látky, vhodné pro použití laiky bez rizika chybného výběru hasiva pro konkrétní typ požáru. Jsou často používány v přenosných hasicích přístrojích a jsou vhodné pro hašení automobilů, topných systémů na olej, plyn a tuhé palivo, dílen, garáží, skladovacích prostor atd. Mají široké spektrum použití (třídy požárů A, B a C), avšak nejsou doporučeny pro hašení citlivých elektrických zařízení a zařízení pod vysokým napětím kvůli riziku korozivních účinků. Zároveň při jejich aplikaci dochází k snížení viditelnosti, což může komplikovat záchranné operace. Také se nesmí používat na kovy jako jsou lithium, sodík a draslík, kvůli riziku exotermické reakce, která může vést k explozi (Balog, 2004; Orliková, 1995).

### 1.3 Halony

Halon je obchodní název pro skupinu halogenovaných uhlovodíků, které jsou efektivní při zastavování chemických reakcí, jež udržují požár.

Mezi jejich hlavní výhody patří nízká toxicita (v určitých koncentracích), efektivita v malých množstvích a to, že po uvolnění nezanechávají žádné zbytky, což je činí ideálními pro použití v elektronických zařízeních, počítačových místnostech a muzeích.

Halony fungují tím, že přerušují chemickou reakci požáru na molekulární úrovni, a to buď absorpcí tepelné energie, čímž se snižuje teplota požáru, nebo reakcí s volnými radikály, které jsou klíčové pro udržení hoření.

Halony, objevené v 60. letech 20. století, byly zpočátku využívány především ve vojenském sektoru a následně se staly populární v civilním sektoru pro ochranu nových technologií, včetně počítačových místností a leteckého průmyslu. Jejich schopnost rychlého rozptýlení bez zanechání zbytků, elektrická nevodivost a účinnost proti různým typům požárů byly klíčové pro široké uplatnění halonů.

Nicméně, kvůli jejich vlivu na ozonovou vrstvu a potenciálu přispívat ke globálnímu oteplování byla jejich výroba a používání v mnoha zemích omezena nebo zakázána mezinárodními dohodami, jako je Montrealský protokol. Prvky jako fluor, chlor a brom ve struktuře halonů přispívaly k rozkladu ozónu a globálnímu oteplování, což bylo měřeno hodnotami ODP (Ozone Depletion Potential) a GWP (Global Warming Potential).

Nahrazení halonů vyžaduje látky s minimálním nebo nulovým ODP a nižším GWP, kde je důraz na omezení skleníkového efektu. Nové alternativy, jako například FM-200 a Novec 1230, představují čistá hasiva s lepšími environmentálními vlastnostmi, neobsahují látky poškozující ozonovou vrstvu a mají nižší dopad na globální oteplování. Navíc mají nízkou toxicitu a jsou kompatibilní s mnoha materiály (Balog, 2004; Orliková, 1995).

### 1.4 Hasící pěna

Hasící pěna se využívá zejména proti požárům hořlavých pevných látek a hořlavých kapalin. Tento typ hasiva se skládá z milionů malých vzduchových bublin, které vznikají mechanickým nebo chemickým smícháním dvou kapalin, čímž se vytváří hustý a lehký materiál schopný izolovat hořlavé látky od přístupu kyslíku a částečně odvádět teplo, což významně zpomaluje nebo zastavuje proces hoření.

Podle způsobu vzniku dělíme pěnu na chemickou a mechanickou. Chemická pěna vzniká chemickou reakcí mezi kyselým a zásaditým roztokem, což vede k rychlé tvorbě pěny. Tento způsob se také nazývá mokrá způsob. Existuje ještě suchý způsob, kde dochází k reakci práškové směsi.

Chemická pěna se v současnosti v podstatě nepoužívá a je nahrazena pěnou mechanickou. Mechanická pěna je vytvářena zaváděním vzduchu nebo inertního plynu do pěnivého roztoku, obvykle za použití speciálních pěnivých zařízení, která jsou schopna generovat pěnu s požadovanou konzistencí a stabilitou.

Pro vytvoření mechanické pěny je zapotřebí smíchat vodu s pěnivkem a pomocí pěnivých proudnic či agregátů jí obohatit vzduchem. K smíchání vody s pěnivkem se nejčastěji používá tzv. příměšovač, ten pro svoji činnost využívá Venturiho princip. Což je jev, kdy proudící voda skrz příměšovač způsobuje podtlak, který je využit k nasátí pěnivka.

Po smíchání pěny a pěnivka vzniká pěnivý roztok neboli směs která je svým složením připravena k výrobě pěny. Ten je dopraven do konkrétní pěnivé proudnice, ventilátoru či agregátu na lehkou pěnu, kde se smíchá se vzduchem a vzniká tak mechanická pěna (Balog, 2004; Orlíková, 1995; Fojtík).

Pěny jsou dále děleny podle čísla napěnění na těžké, střední a lehké. Číslo napěnění udává množství vzniklé pěny z jednoho litru vody a pěnivka.

- Těžké pěny mají číslo napěnění menší než 20. Ze všech tří kategorií obsahují nejméně vzduchu a nejvíce vody. Těžká pěna má největší dosah (20-30 m), rychle se rozprostře a přilne k hořlavým materiálům. Hasí pomocí zamezení přístupu kyslíku a zároveň díky poměrně vysokému obsahu vody také chladí. K jejich aplikaci se používají proudnice, jako jsou např. P3, P6, P12, AWG S2.
- Střední pěny se s číslem napěnění pohybují v rozmezí 20 až 200. Oproti těžké pěně se skládá z výrazně menšího množství vody, tudíž má i kratší dosah účinného použití. Hlavním hasebním efektem je zde zamezení přístupu oksylichovadel. Pro aplikaci střední pěny lze využít proudnic SP 350, AWG M2, AWG M4.
- Lehké pěny mají číslo napěnění větší než 200. Kvůli svému složení mají rozdílný způsob aplikace, a to pomocí ventilátorů, či generátorů na lehkou pěnu na který je připevněn usměrňovací rukáv. Díky svým vlastnostem se používá hlavně k objemovému hašení zejména kabelových kanálů, kolektorů či jiných malých prostorů kde je obtížné provádět hasební práce.

Kromě čísla napěnění u pěn sledujeme i další fyzikálně-chemické vlastnosti. Mezi takové řadíme například stabilitu pěny, která je vyjádřena časem, za který pěna ztratí určitou část (nejčastěji polovinu nebo čtvrtinu) své vody. Dalším důležitým parametrem je viskozita pěny, která je závislá na teplotě pěny a udává její tekutost.

Mezi další vlastnosti, ve kterých se jednotlivá pěnidla mohou lišit pak řadíme mrazuvzdornost a teplotní odolnost, obsah sedimentu a pH (Balog, 2004; Mizerski, Sobolewski a Król, 2009).

Z hlediska složení rozdělujeme pěnidla na proteinová, syntetická, fluoroproteinová, pěnidla tvořící vodní film a pěnidla pro speciální použití.

- Proteinová pěnidla jsou vyrobena z hydrolyzovaných proteinů a jsou určena pro tvorbu těžké pěny. Mají výbornou tepelnou odolnost a jsou stabilní v kyselém prostředí. Zároveň ale mají omezenou skladovatelnost a mohou nepříjemně zapáchat.
- Syntetická pěnidla jsou založena na směsi povrchově aktivních uhlovodíků, které mohou obsahovat fluorované složky pro lepší hasící účinnost a stabilizaci pěny. Tato pěnidla mohou být speciálně upravena k použití na různé typy požárů. Na rozdíl od proteinových pěnidel se nekazí, nezapáchají a nevytvářejí sedimenty.
- Fluoroproteinová pěnidla přidávají k proteinovým pěnidlům fluorované povrchově aktivní látky, čímž výrazně zkracují dobu hašení a jsou efektivní i na nepolární hořlavé kapaliny.
- Pěnidla tvořící vodní film, známé také pod zkratkou AFFF (Aqueous film forming foam), jsou složeny z uhlovodíků a fluorovaných povrchově aktivních látek. Svůj název získali díky schopnosti tvořit vodní film na povrchu některých uhlovodíkových paliv. Pěnidla AFFF dále dělíme na AFFF s obsahem filmotvorných látek a na AFFF s obsahem filmotvorných látek a polysacharidů.
- Pěnidla pro speciální použití jsou velice ojedinělá. Jako nejčastější pěnidlo spadající do této kategorie je cvičná pěna. Ta je díky svému složení zdravotně a environmentálně nezávadná, takže je možno jí využít na akcích pro veřejnost (Balog, 2004; Orliková, 1995; Fojtík).

### **Ekologické dopady pěnidel**

Ekologické dopady pěnidel se liší v závislosti na typu a složení konkrétního pěnidla. Ovšem platí, že produkty hoření jsou mnohem škodlivější než jakékoliv pěnidlo. Z čehož vyplývá, že pro zmírnění negativních ekologických dopadů je důležité včasné zahájení hasebních prací.

Pěnidla na proteinové bázi jsou přírodního původu, a tak při malých koncentracích nejsou zas tak škodlivé. Ovšem o úplné neškodnosti se také mluvit nedá, jelikož ve svém složení obsahují Zinek, který je při vyšších koncentracích toxický.

Pěnidla AFFF obsahují až 20 % perfluorovaných tenzidů různých typů, které jsou jen velmi těžko rozložitelné v přírodě.

Fluorované pěnidla mají vzhledem k své velké molekulové hmotnosti velice malou škodlivost. Někteří výrobci těchto pěnidel uvádí až 100% biologický rozklad. To však platí pouze o krátkodobých dopadech. Z hlediska dlouhodobého užívání je zde riziko neúplného rozkladu a ponechání částí perfluorovaných složek, jejichž rozklad může trvat až desítky let (Balog, 2004).

### **1.5 Inertní plyny a chemická hasiva**

Princip hašení inertními plyny spočívá ve snížení koncentrace kyslíku v prostředí požáru na úroveň, která není dostatečná k udržení hoření. Konkrétně jde o snížení kyslíku na hranici 10-12 %. Tento proces hašení nezpůsobuje poškození hašených materiálů a je bezpečný pro elektronická zařízení.

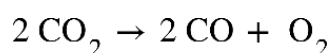
Mezi nejpoužívanější inertní plyny patří například dusík (pod technickým názvem IG-100), argon (IG-01) a inergen (IG-541). Dusík s argonem efektivně snižují koncentraci kyslíku v ochraňovaném prostoru. Argon má lepší rozpustnost ve vzduchu, což zajišťuje rovnoměrnější distribuci v ochráněném prostoru. Inergen je směs argonu, dusíku a oxidu uhličitého. Díky tomuto složení dokáže kyslík snížit na takovou koncentraci, která je ještě bezpečná pro lidi, a zároveň potlačuje hoření (Brumovská, 2008; Orlíková, 1995).

Svoji skupinu potom tvoří oxid uhličitý (dále jen CO<sub>2</sub>), který se obvykle klasifikuje jako inertní plyn, přestože není chemicky inertní v absolutním slova smyslu, jako například argon nebo dusík.

Ve srovnání s ostatními inertními plyny, CO<sub>2</sub>, reaguje s vodou za vzniku kyseliny uhličité a může se podílet na chemických reakcích, avšak v kontextu hašení požárů se jeho působení zaměřuje na snížení koncentrace kyslíku a absorbování tepla sublimačním ochlazováním (573,6 kJ/kg). CO<sub>2</sub> je stabilní proti vysokým teplotám, ovšem při teplotě nad 1500 °C stoupá jeho rozklad na oxid uhelnatý, který je silně jedovatý a výbušný.

Reakce probíhá podle následující rovnice.

Rovnice 2 - Přeměna oxidu uhličitého na oxid uhelnatý a kyslík (Balog, 2004).



Tabulka 2 - Stupeň rozkladu oxidu uhličitého v závislosti na teplotě (Balog, 2004).

Teplota (°C)	Stupeň rozkladu (%)
1 600	3
2 000	7
2 400	40
2 800	60
3 200	85
3 600	94
4 000	98
4 500	100

Oxid uhličitý je také nevhodný pro hašení koksů, hořícího uhlí či antracitu. S látkami s vysokým obsahem uhlíku reaguje a vytváří oxid uhelnatý. Dále není vhodný na použití proti hořčíku, vápníku zinku a draslíku, jelikož při vysokých teplotách reaguje za vývinu uhličitánů (Balog, 2004).

Chemická hasiva hasí požár pomocí chemické reakce s hořícími materiály, a částečně hořlavý materiál ochlazují. Stejně tak jako inertní plyny jsou nevodivá. Avšak oproti nim jsou výrazně škodlivější pro životní prostředí, a proto dochází k jejich regulaci. Mezi nejpoužívanější chemická hasiva patří FM-200 a NOVEC 1230, která vznikla jako alternativa halonů (Brumovská, 2008; Orlíková, 1995).

FM-200 (HFC-227a) je hydrofluorokarbonát, který fyzicky přerušuje řetězovou reakci hoření na molekulární úrovni. Je bezpečný pro použití v obsazených prostorech a po hašení nezanechává žádné reziduum, což jej činí ideálním pro ochranu citlivé elektroniky a cenných dokumentů. Značné efektivity sice dosahuje, ale vzhledem ke svému složení se jedná o skleníkový plyn, který má negativní vliv na globální oteplování (ČSN EN 15004-5).

NOVEC 1230 patří mezi nejmodernější chemická hasiva s nízkým potenciálním dopadem na globální oteplování a ozonovou vrstvu. Je to kapalina, která se při uvolnění rychle odpaří a absorbuje dostatečné množství tepla, čímž efektivně hasí požár. Je vhodný pro ochranu datových center, uměleckých sbírek a archivů, kde je důležitá rychlá evakuace hasiva a minimální poškození (ČSN EN 15004-2; Rybář, 2016).



## 2 HOŘENÍ

Hoření je exotermická reakce, což znamená, že v průběhu dochází k uvolňování energie ve formě tepla a světla. Zároveň se jedná o fyzikálně chemickou oxidační reakci, kde hořlavá látka prudce reaguje s oxidačním činidlem. Aby k takové reakci došlo, je zapotřebí splnění určitých podmínek, a to přítomnost oxidačního činidla, iniciačního zdroje a hořlavé látky. Dohromady mluvíme o tzv. trojúhelníku hoření, který tvoří základ pro samotnou podstatu vzniku a likvidace hoření, a to tak, že pokud není přítomna jedna z těchto podmínek, oheň nemůže vzniknout.



Obrázek 1 - Trojúhelník hoření (vlastní, 2024).

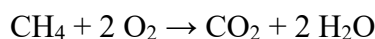
Hoření lze dělit do různých skupin podle několika faktorů. Podle výukových materiálů JPO, se hoření dělí na dokonalé, nedokonalé a explozivní.

### Dokonalé hoření

Pojem „dokonalé“ představuje úplnost proběhlé chemické reakce, kdy nevznikají zplodiny schopné dalšího hoření.

Příklad rovnice dokonalého hoření methanu:

Rovnice 3 - Dokonalé hoření methanu (vlastní, 2024).

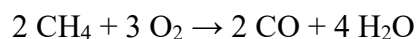


### Nedokonalé hoření

U nedokonalého hoření dochází k reakci s omezeným přístupem oxidačního činidla, to vede ke vzniku zplodin schopných dalšího hoření. Nejčastěji se jedná o oxid uhelnatý, který je jedovatý a také výbušný. U nedokonalého hoření plastů mohou vznikat další toxické plyny, například chlorovodíky nebo dioxiny a dibenzofurany (Volf, 2001; Linhart, 2002; Požární ochrana, 2022).

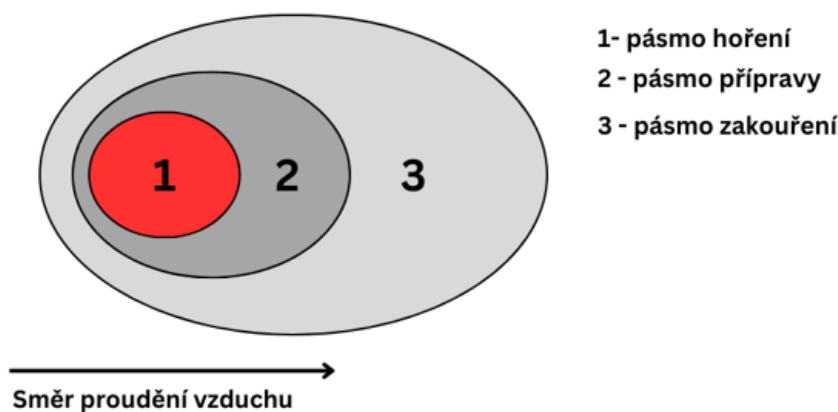
Příklad rovnice nedokonalého hoření methanu:

Rovnice 4 - Nedokonalé hoření methanu (vlastní, 2024).



## 2.1 Pásma požáru

Pásma požáru popisují požár v závislosti na čase. Ovlivněný prostor dělíme na tři pásma. Pásma hoření, pásmo přípravy a pásmo zakouření. V průběhu času a vlivem okolních podmínek se mění tvar i rozsah jednotlivých pásem. Může se stát, že v jeden moment bude nějaké z pásem chybět, nebo bude obtížně určitelné. Hlavním úkolem JPO ve všech pásmech je záchrana ohrožených osob, zvířat a majetku.



Obrázek 2 - Pásma hoření [vlastní, 2024 /dle Vilímek, 2008)].

Pásma hoření je prostor, kde probíhá vlastní hoření látek. Je složeno z objemu par a plynů ohraničených povrchem plamene a hořící látky, ze kterého páry a plyny vystupují. Teplota v tomto pásmu dosahuje nejvyšších hodnot, například u dřeva až 1000 °C, u hořlavých kapalin 1200–1500 °C, u sazí a termitu až 3000 °C.

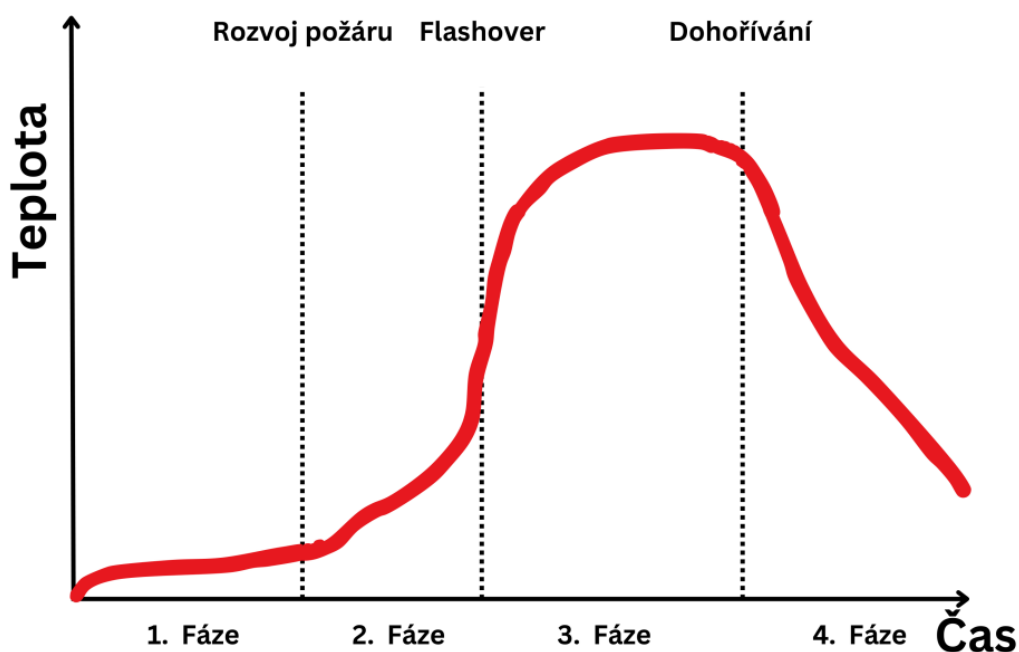
Pásma přípravy navazuje na pásmo hoření, do kterého se po dosažení určitých teplot přemění. Probíhá zde přenos tepla všemi třemi způsoby. Hlavním úkolem JPO je zamezit šíření požáru, ochlazování okolních konstrukcí a materiálů, odstraňování hořlavých látek či tlakových lahví apod.

Pásma zakouření je určitá oblast v prostoru, ve které je taková koncentrace kouřových plynů, že ohrožují život či zdraví, nebo svým charakterem brání v činnosti JPO kvůli snížené viditelnosti nebo teplotou nad 60 °C.

Pásmo zakouření tvoří nebezpečí také kvůli rychlosti výměny plynů v místě požáru a toxicitě. Činností JPO je zde zejména snaha o usměrnění kouře a vyvážení osob, zvířat a cenností ze zasažené oblasti (Vilímeck, 2008).

## 2.2 Fáze požáru

Z hlediska intenzity požáru vázanou na jednotku času, dělíme požáry do čtyřech fází. Délka mezi jednotlivými fázemi se může lišit, a to zejména z důvodu rozdílných vlastností materiálu ovlivňující šíření požáru. Z pohledu požární ochrany, není žádoucí nechat požár projít všemi fázemi, nýbrž snažit se jej zastavit co nejdříve.



Obrázek 3 - Fáze požáru (vlastní, 2024).

První fáze požáru, je doba od počátku hoření až do nárustu intenzity hoření. Hašení v této fázi se jeví jako nejúčinnější, a to z důvodu nízké intenzity hoření. Zároveň nevznikají tak velké škody jak samotným požárem, tak i jeho likvidací. Podle statistických dat tato fáze obvykle trvá okolo 3 až 10 minut, s ohledem na konkrétní podmínky. V takto krátkém čase je v běžných podmínkách obvykle nemožné, aby požár hasili jednotky požární ochrany, a proto řešením, jak požár zlikvidovat jsou například přenosné hasící přístroje, či stabilní hasící zařízení.

Druhá fáze požáru navazuje na počátek intenzivního hoření z konce 1. fáze až do doby, kdy požár zasahuje do celého prostoru a dosahuje maximálních hodnot teploty a rychlosti hoření. Hašení v této fázi požáru je velice náročné, obzvláště ke konci fáze, kde stabilita budovy zejména kovových konstrukcí je narušena a hrozí nebezpečí zřícení.

Dále zde hrozí „flashover“, což je jev, který americká norma NFPA 921 definuje jako *"přechodnou fázi rozvoje požáru v prostoru, kdy povrchy vystavené tepelnému záření dosáhnou teploty vzplanutí víceméně současně a požár se rychle šíří po celém prostoru, což vede k plnému zasažení místnosti nebo úplnému zasažení prostoru nebo uzavřeného prostoru"*. Z toho vyplývá, že dochází ke vznícení veškerých hořlavých materiálů v celém objemu uzavřeného prostoru. Teplota zde může během několika vteřin dosahovat až na 538 °C. V tento okamžik, je velice nepravděpodobné, že by zde lidé mohli přežít.

Třetí fáze požáru je vyznačována maximální intenzitou požáru až po bod, kdy intenzita začíná klesat. Z pohledu taktiky zásahu JPO, je zde možnost nechat objekt kontrolovaně vyhořet, a místo na hašení se soustředit na ochlazování okolních objektů. Zásah v této fázi je totiž pořad velice náročný a většinou i nákladný.

Čtvrtá fáze požáru je rozmezí od začátku snižování intenzity až po úplné vyhoření hořlavých látek (Schviek, 2021; Mleziva, 2016).

### 2.3 Přenos tepla

K přenosu tepla dochází pomocí vedení (kondukcí), prouděním (konvekci) a sáláním (zářením, radiací). Přenos tepla je založen na základech termomechaniky, fyziky, chemie a také matematiky.

Přenos tepla vedením je přenos energie z oblasti s vyšší teplotou do oblasti s nižší teplotou. Vedení tepla probíhá obecně v tuhých látkách i v tekutinách, bez ohledu na to, jestli jsou či nejsou v pohybu. Je zapříčiněno pohybem strukturních částic hmoty a vychází z Fourierova zákona.

Přenos tepla prouděním je dáno volným pohybem částic v látkách. Probíhá jak v kapalinách, tak i v plynech a funguje na návaznosti teploty na hustotu látky. Teplejší látka má nižší hustotu tím pádem stoupá nahoru kde se znovu ochladí a děj se tak opakuje.

Přenos tepla zářením vzniká pomocí elektromagnetického vlnění díky přeměnám v atomech a molekulách tělesa.

Na rozdíl od ostatních způsobů přenosu tepla, tepelné záření nepotřebuje pro přenos tepla hmotné prostředí. Z hlediska požární ochrany, je sledována vlnová délka 1–10  $\mu\text{m}$ . V tomto rozmezí se vyzáří nejvíce radiační energie (Havelka, 2017).

## 2.4 Požárně technické charakteristiky hořlavých látek

### Teplota vzplanutí

*„Teplotou vzplanutí se rozumí nejnižší teplota, při které hořlavá látka za normálního tlaku vyvine tolik hořlavých par, že tyto ve směsi se vzduchem při krátkodobém přiblížení přesně definovaného otevřeného plaménku krátce vzplanou, ale dále nehoří.“ (Pecl, 1999).*

Podle ČSN 65 0201 tabulka č. 1, se podle teploty vzplanutí rozlišují hořlavé látky do čtyřech skupin, takzvaných tříd nebezpečnosti.

Tabulka 3 - Třídy nebezpečnosti (ČSN 65 0201, 2003).

Třída nebezpečnosti	Teplota vzplanutí
I	<21
II	21–55
III	55–100
IV	>100

Při stanovování teploty vzplanutí se využívá metody otevřeného a uzavřeného kelímku. Metoda uzavřeného kelímku dosahuje zpravidla nižších hodnot o 5-20 °C. (Pecl, 1999)

### Teplota Vznícení

Za teplotu vznícení považujeme nejnižší teplotu, při které se za předem definovaných podmínek hořlavá látka ve směsi se vzduchem sama vznítí. Za vznícení považujeme počáteční bod chemické reakce směsi par nebo plynů se vzduchem při které se objeví otevřený plamen.

Hořlavé kapaliny se dříve dělily podle normy ČSN 33 0371 na základě teplot vznícení do následujících teplotních tříd.

Tabulka 4 - Teplotní třídy (ČSN 33 0371).

Teplotní třída	Teplota vznícení
T1	450 °C
T2	300 až 450 °C
T3	200 až 300 °C
T4	135 až 200 °C
T5	100 až 135 °C
T6	85 až 100 °C

Norma ČSN 33 0371 je od května roku 2017 neplatná bez náhrady (Pecl, 1999).

### **Oblast výbušnosti**

Oblastí výbušnosti se rozumí taková koncentrace směsi par, plynů nebo prachu se vzduchem, ve které při iniciaci směs vybuchuje. Přičemž reakce je natolik silná a soběstačná, že není potřeba jakýmkoliv způsobem dodávat další energii do hoření.

Oblast výbušnosti dělíme na dvě mezní koncentrace. Horní mez výbušnosti, kde je nejvyšší koncentrace hořlavých par, plynů nebo prachu, při které je směs ještě výbušná. Naopak dolní mez výbušnosti je nejnižší koncentrace hořlavých par, plynů nebo prachu, při které je směs již výbušná. Oblast výbušnosti je tedy rozmezí mezi horní a dolní mezí výbušnosti. Čím je tato oblast větší, tím nebezpečnější daná látka je (Pecl, 1999).

### **Výhřevnost**

Výhřevnost je množství tepla na jednotku hmotnosti, které se uvolní při dokonalém spálení látky. Čím větší je tato hodnota, tím více vody je zapotřebí k uhašení dané látky. Jednotkou výhřevnosti je MJ·kg<sup>-1</sup> (Pecl, 1999).

### **Rychlost odhořívání**

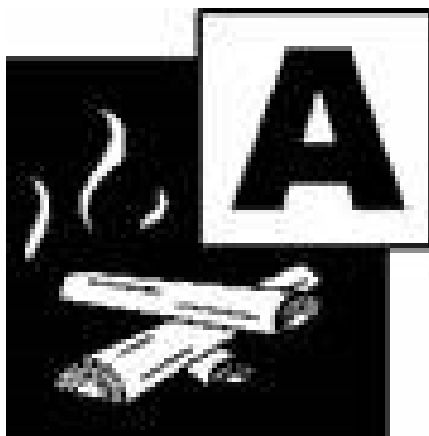
Rychlost odhořívání je množství dané látky, které shoří za jednotku času. Rozeznáváme hmotností (kg/m<sup>2</sup>/s) a lineární (mm/s) rychlost odhořívání. U každé látky se tyto hodnoty stanoví pomocí laboratorních zkoušek, které upřesňuje norma (Pecl, 1999).

### 3 TŘÍDY POŽÁRU PODLE ČSN EN 2

Norma ČSN EN 2 klasifikuje požáry podle druhu hořlavých látek do tříd požáru. Samotná norma rozeznává konkrétně čtyři třídy požáru s označením A, B, C a D. Třídy se běžně používají ve formě piktogramů například na hasících přístrojích. Z počátku existovala i třída E, která označovala požáry elektrických zařízení pod napětím. Následně od této třídy bylo upuštěno, a to z důvodu, že samotný elektrický proud nehoří.

Mezi tyto třídy se běžně přidává i pátá třída F, která sice není součástí normy, ale v Evropě se používá (Dashöfer, Černý, 2023).

Třída A: Požáry pevných látek, zejména organického původu, jejichž hoření je obvykle provázeno žhnutím.



Obrázek 4 - Třída požáru A (Černý, 2024).

Třída B: Požáry kapalin nebo látek předcházejících do kapalného skupenství.



Obrázek 5 - Třída požáru B (Černý, 2024).

Třída C: Požáry plynů.



Obrázek 6 - Třída požáru C (Černý, 2024).

Třída D: Požáry kovů.



Obrázek 7 - Třída požáru D (Černý, 2024).

Třída F: Požáry jedlých olejů a tuků (rostlinné, živočišné oleje, tuky) v kuchyňských zařízeních (Dashöfer, Černý, 2023).



Obrázek 8 - Třída požáru F (Černý, 2024).



## 4 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

V rámci teoretické části této bakalářské práce byla provedena podrobná analýza různých typů hasebních látek, popis fyzikálních a chemických vlastností a další upřesňující informace. Zároveň jsou zde popsány principy hoření, přenosu tepla a požárně technické charakteristiky hořlavých látek.

Z teoretické části vyplývá, že každý typ požáru vyžaduje specifický přístup a výběr vhodné hasební látky. Správný výběr je základní jak z hlediska efektivity hašení, tak i z hlediska minimalizace škod a environmentálních dopadů. Voda, jako nejčastěji používané hasivo, představuje díky svým vlastnostem základní a ekonomicky výhodné řešení pro mnoho typů požárů, přesto její použití není vhodné pro všechny situace, což vyžaduje obezřetnost a znalost specifík materiálů a látek zapojených do požáru.

Moderní výzkumy a technologický pokrok v oblasti hasebních látek a systémů vedou k vývoji nových hasiv, které jsou šetrnější k životnímu prostředí a zdraví lidí. Tento trend je významný, zejména v kontextu rostoucího důrazu na ekologickou udržitelnost a minimalizaci negativní zátěže pro životní prostředí. Zároveň je nutné zdůraznit význam inovací a technického rozvoje v oblasti hasiv. Vývoj nových přísad, jako jsou smáčedla a různá aditiva, které zlepšují hasební účinnost vody a dalších hasiv, je klíčový pro zvyšování efektivity a bezpečnosti požární ochrany.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 EFEKTIVITA HASEBNÍCH LÁTEK

Efektivita hasebních látek je vlastnost či schopnost látek, jak úspěšně dokážou zpomalit, potlačit nebo zastavit hoření požáru. To vše v co nejmenším množství užití hasiva a bez druhotných škod.

Tato efektivita závisí na řadě faktorů, včetně fyzikálně-chemických vlastností samotné hasební látky, mechanismu jejího působení, typu a velikosti požáru, stejně jako na podmínkách, jako jsou teplota, dostupnost kyslíku a specifické vlastnosti hořícího materiálu. Dalším důležitým faktorem je také kdo, popřípadě co, provádí hasební práce. Je velký rozdíl v hašení odborně školených, profesionálních hasičů oproti běžné veřejnosti.

Hlavním předpokladem k dosažení maximální efektivity hasebních látek je jejich vhodný výběr v dané situaci. Hasební látky rozdělujeme podle mechanismu hašení na čtyři základní principy. Látky s efektem ochlazujícím, izolačním zřed'ovacím a inhibičním. Některá hasiva dokážou využít víc vlastností naráz, například vodní pára ochlazuje a zároveň vytěsňuje kyslík (Eu\_admin, 2014).

### **Princip ochlazování**

Podstatou tohoto principu je ochlazení nejen samotného hoření, ale také i pásma přípravy. Pomocí aplikovaného hasiva usilujeme o ochlazení látky pod teplotu vzplanutí a postupné přerušování hoření. Tím docílíme jak snížení intenzity uvolňování hořlavých par a plynů, tak i koncentrace hořlavé směsi.

Nejběžněji se s ochlazovacím principem setkáme u hašení vodou (Eu\_admin, 2014).

### **Princip izolování**

Cílem izolování je oddělení oxidačního prostředku od hořlavé látky, nebo oddělení jiných hořlavých látek od sebe. Hoření je následně přerušeno kvůli absenci jedné z reagujících látek v pásmu hoření.

Pro hašení izolačním principem využíváme zejména hašení pěnou (Eu\_admin, 2014).

### **Princip zřed'ování**

Podstatou tohoto principu je zředění hořlavé atmosféry pomocí nehořlavých látek na takovou úroveň, kdy není požár schopný dále pokračovat.

Mezi hasební látky využívající zřed'ovacího principu patří například dusík, oxid uhličitý, výfukové plyny a vodní pára (Eu\_admin, 2014).

**Princip inhibice**

Inhibice neboli antikatalýza, funguje na principu chemického zpomalování procesu hoření. Tento princip probíhá přímo v plamenu hoření, kde dochází ke zpomalení řetězových reakcí hoření a v konečné fázi i jeho úplným přerušením.

Inhibiční princip je využit u práškových hasiv (Eu\_admin, 2014).

**Další způsoby přerušení hoření**

Mezi další způsobu přerušení hoření patří například samouhašení. K tomuto jevu dojde každý požár, do kterého nezasahujeme. Stane se tak buď úplným vyhořením hořlavých látek, nebo poklesem koncentrace okysličovadla ve vzduchu (Eu\_admin, 2014).

## 6 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Pro dosažení cílů této bakalářské práce byly provedeny specifické experimentální pokusy zaměřené na vliv spotřebovaného množství vody a celkový čas hašení. Zároveň bylo sledováno, jaký vliv na hašení má velikost kapiček a jakých rozdílů lze dosáhnout pomocí různých způsobů použití vody jako hasiva.

Experiment byl rozdělen na dvě poloviny. V první se experiment zaměřil na požár hořlavých tuhých látek, konkrétně dřevěných EURO palet. Ve druhé polovině byly provedeny stejné hasební práce, avšak místo dřeva byl použit požár hořlavých kapalin v kovové nádobě o velikosti 1,5 x 1,0 metru.

V obou částech byly následně provedeny tři různé druhy hašení:

- Hašení pomocí útočného proudu s kombinovanou proudnicí nastavenou na průtok 115 l/min a úhel proudu přibližně 60°.
- Hašení pomocí útočného proudu s kombinovanou proudnicí nastavenou na průtok 475 l/min a úhel proudu přibližně 60°.
- Hašení pomocí mlhového hasicího přístroje od společnosti Alatyr Telesto.

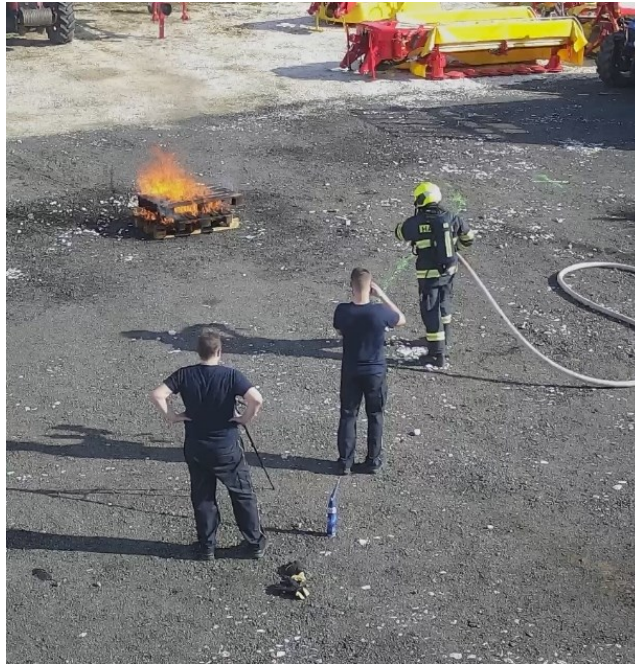
Pro získání relevantních výsledků z experimentu byly vytvořeny konkrétní zásady. Ty měly za účel eliminovat co nejvíc proměnných, které by mohly zkreslit výsledky experimentu. Zejména se jednalo o maximální totožnost veškerých experimentů.

### Popis místa a podnebních podmínek experimentu

Experiment byl proveden v odpoledních hodinách dne 7. dubna 2024 v prostorách firmy Agrishop-cz v Jeseníku. Zde byl zajištěn dostatečně velký a bezpečný prostor pro veškerou potřebnou činnost.

Teplota ovzduší byla 26 °C. Vítr se pohyboval okolo 3 km/h, což lehce narušilo průběh experimentu. Kvůli větru se požářiště z palet rozhořivalo pouze jedním směrem. Problém se částečně vyřešil otočením palet o 180° v průběhu rozehrívací fáze.

Experiment byl natočen kamerou umístěnou na stativu a termokamerou. Pro zachování stejného pozorovacího úhlu se pozice kamer po celou dobu experimentu neměnila. Celé uspořádání bylo uzpůsobeno také pozici slunce, tak aby nesvítilo proti zasahujícím hasiči, ani proti kamerám.



Obrázek 9 - Foto místa experimentu (vlastní, 2024).

## 6.1 Technické prostředky použité k experimentům

### Průtokoměr

Pro stanovení přesných hodnot spotřebované vody byl použit staršího průtokoměr značky Prema, který je na vstupu i výstupu osazen hadicovými spojkami B75. Průtokoměr byl napojen za první hadici vedenou od čerpadla CAS. Hodnoty byly odečteny před a po každém pokusu.



Obrázek 10 - Průtokoměr (vlastní, 2024).

### CAS 30 9000/540–S 3 VH (T-815-7)

Cisternová automobilová stříkačka CAS 30 9000/540–S 3 VH stojí na podvozku TATRA FORCE T815-7 6x6. Se svojí hmotností 25 000 kg uveze až 9000 litrů vody a 540 litrů pěnidla. Čerpadlo THT TO 3000, kterým je toto vozidlo vybaveno, je schopno dodávat až 3000 litrů minutově při tlaku 10 bar (CAS 30/9000/540 - S 3 VH T815-7 6X6.1, ©2019).

Pro účely experimentu byl tento požární automobil více než dostačující, a to zejména kvůli své velkoobjemové vodní nádrži a spolehlivému čerpadlu, které dokáže držet konkrétní hodnotu tlaku.



Obrázek 11 - CAS 30 9000/540–S 3 VH (Centrální hasičská stanice Jeseník, 2023).

### Proudnice kombinovaná C52 PROTEK 2366

Kombinovaná proudnice Protek 2366 C52 je určena k provádění hasebních zásahů vodními hasivými. Je schopna přesně regulovat svůj průtok na 115, 230, 360 a 475 litrů za minutu i při nízkém tlaku. Doporučený pracovní tlak je 6 barů. Proudnice umožňuje nastavení úhlu rozptýlu od 0 ° do 110 °. Pro zbavení se nečistot lze na proudnici nastavit program „Flush“ který lze použít i bez uzavření ventilu. Díky své konstrukční přesnosti, odolnosti materiálů a spolehlivosti je vhodnou variantou do každé situace, a proto byla použita pro potřeby experimentu (Proudnice C52 PROTEK 2366, ©2024).



Obrázek 12 - Proudnice PROTEK (Proudnice C52 PROTEK 2366, ©2024).

### **Termokamera Dräger UCF 9000**

Termokamera Dräger UCF 7000 je navržena pro bezpečné použití i ve výbušném prostředí (ATEX zóna 1). Kompaktní a lehká (1,3 kg) kamera umožňuje obsluhu jednou rukou, poskytuje rozlišení 160 x 120 pixelů a funkci dvojnásobného zvětšení. Je vybavena integrovaným laserovým ukazovátkem zabudovaným v robustním těle. Je odolná proti teple, vodě a prachu s ochranou IP 67. Kamera je ideální pro těžké podmínky a záchranné operace (Dräger UCF 7000, ©2024).

Tato termokamera sice nepatří mezi laboratorní termokamery určené k výzkumným účelům, ale pro podstatu konkrétních experimentů je dostatečná.



Obrázek 13 - Termokamera (Dräger UCF 7000, ©2024).



### Prostředky pro nahrávání a stabilizaci obrazu

Videozáznam byl pořízen mobilním telefonem. Pro dosažení lepší stabilizace, kvality a stálosti obrazu byl mobil upevněn na stativ.

### Anemometr – Windmaster 2

Anemometr Windmaster 2 od značky Kaindl, je spolehlivý a přesný měřič rychlosti větru, který lze využít pro získání aktuální, maximální i průměrné rychlosti větru.

Anemometr byl využit před začátkem experimentu k získání přesných hodnot rychlosti větru, které by mohli mít dopad na průběh experimentu (Meteoshop, b. r.).



Obrázek 14 - Anemometr (Meteoshop, b. r.).

### Mlhový hasicí přístroj od společnosti Alaty Telesto

Společnost Alaty Telesto se specializuje na vývoj, testování a certifikaci systémů hašení založených na technologii nízkotlaké vodní mlhy pod názvem ExtinguishMist®. Tato technologie představuje zásadní inovaci v oblasti mlhových hasicích systémů, které se vyznačují vysokou efektivitou a univerzálností v různých aplikacích, od ručních hasicích přístrojů až po komplexní průmyslové a profesionální systémy.

ExtinguishMist® je systém založený na principu nízkotlaké vodní mlhy, který je schopen zasahovat proti všem běžným třídám požárů, včetně běžných hořlavin, hořlavých kapalin, plynu, elektrických zařízení, olejů na vaření a tuků. Přístroje využívají proud vodní mlhy generovaný s průměrem kapiček okolo 60 mikronů, což umožňuje maximalizovat odebrané teplo z požáru. Technologie je bezpečná a netoxická, díky čemuž je možno jí použít jak v interiérech, tak v exteriérech bez obav z vedlejších škod nebo zdravotních rizik.

Další významný aspekt technologie ExtinguishMist® je její aplikace ve vozidlech a dalších mobilních zařízeních. Například v autobusech a nákladních vozech technologie efektivně chrání motorový a zavazadlový prostor, což zvyšuje bezpečnost cestujících i samotného vozidla. Kromě ručních a mobilních aplikací se ExtinguishMist® využívá také v stacionárních protipožárních systémech, které slouží k ochraně průmyslových a veřejných budov. Tyto systémy mohou být navrženy pro automatické zásahy, které se aktivují při detekci požáru, a to i bez přítomnosti člověka. Taková řešení umožňují ochranu majetku a zdraví i v náročných průmyslových prostředích nebo v místech s vysokým rizikem požáru.

Ve světle těchto inovací a rozšířených aplikací technologie ExtinguishMist® od společnosti Alatyr Telesto lze očekávat další vývoj a zlepšení v oblasti efektivity hašení, ekonomické náročnosti a ekologické udržitelnosti. Tato technologie představuje významný posun v možnostech ochrany proti požárům, který se stává stále důležitějším v dnešním rychle se měnícím a technologicky pokročilém světě (Jung, Łada, 2020).

Ruční hasicí přístroje založené na této technologii jsou obzvláště ceněny pro jejich schopnost rychlé reakce a minimální přípravy před použitím. V důsledku toho může být oheň efektivně a bezpečně uhašen prakticky okamžitě po detekci. Tato rychlost reakce hraje klíčovou roli ve snížení škod způsobených požárem a v ochraně životů.

Tabulka 5 - Vlastnosti kapek (Jung, Łada, 2020).

Průměr kapky	Počet kapek vznikajících z 1 litru vody	Plocha průřezu kapky vznikl z 1 litru vody [m <sup>2</sup> ]	Celková plocha kapek vznikajících z 1 litru vody [m <sup>2</sup> ] (chlazení a vstřebávání)
12 cm	1	0,01	0,05
0,6 cm	8 846	0,25	1
1000 μm	1 910 828	1,50	6
600 μm	8 846 426	2,50	10
<b>100 μm</b>	<b>1 910 828 025</b>	<b>15,00</b>	<b>60</b>
<b>45 μm</b>	<b>20 969 306 178</b>	<b>33,00</b>	<b>133</b>

Hlavním znakem rozlišujícím mlhové technologie je dosahovaná velikost kapiček. Čím menší kapičky jsou, tím větší je poměr plochy ku poměru kapičky. Například jeden litr vody tvoří plochu okolo 200 cm<sup>2</sup>. Pokud ten samý jeden litr vody rozdělíme na kapičky o velikosti 50 μm, jakých je možno dosáhnout pomocí vysokotlakých systémů tvořících vodní mlhu, tak získáme plochu až 120 m<sup>2</sup>.

Technologie ExtinguishMist® dokáže vytvářet kapičky o velikosti až 10 μm. S touto hodnotou vytvoří jeden litr vody asi 600 m<sup>2</sup> povrchové plochy, která dokáže odebrat až 2,6 GJ tepla (Jung, Łada, 2020).

## 6.2 První polovina experimentální části

V první polovině byl experiment zaměřen na požáry pevných látek. Podstatou experimentu byla simulace běžných podmínek, se kterými se můžeme v praxi setkat. Pevné látky a zejména dřevo jsou považovány za jednu z nejběžnějších surovin, tudíž se jejich výskyt dá očekávat u většiny požárů.

### Požářiště

Požářiště bylo vytvořeno ze tří Euro palet (1200 x 800 x 144 mm) naskládaných střídavě na sebe. Aby byl pokus relevantní, byly použity pouze palety, které byly skladovány v suchu a chladu. Stáří palet bylo zhruba 1,5 roku, přičemž minimálně poslední rok byly palety uskladněny a nepoužity.

Pro usnadnění rozehrívací fáze bylo na palety použito 0,75 l benzínu. Benzín byl pokaždé aplikován stejným způsobem. Zároveň kvůli větru se palety po určité době musely otáčet o 180°.

### Provedení

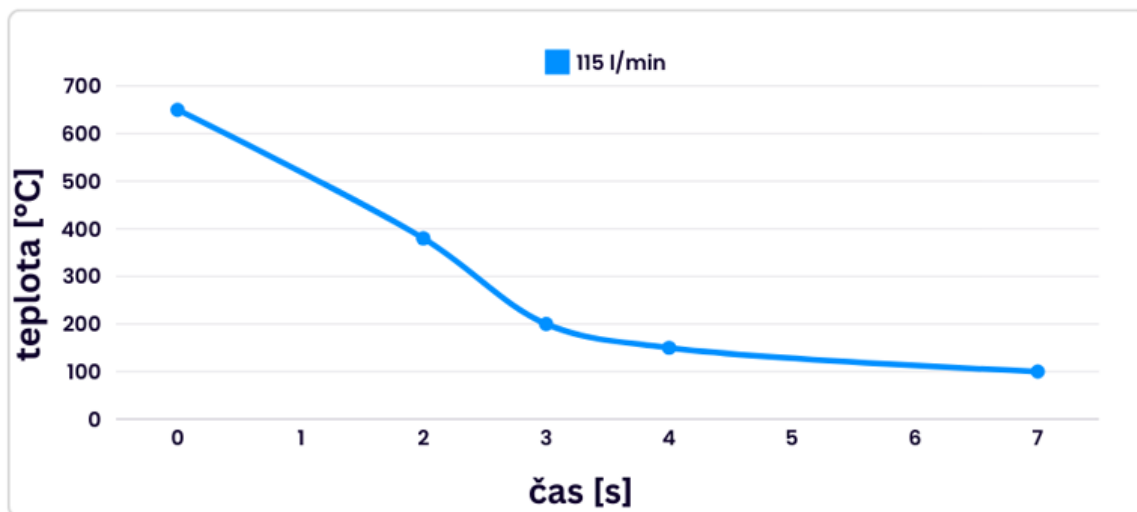
Provedení hasebních prací vyžadovalo dva hasiče obeznámené s podstatou a cílem experimentu. Jeden obsluhoval čerpadlo CAS, kde dodržoval stanovenou hodnotu 6 barů a kontroloval množství vody.

Druhý hasič byl zapojen jako hlavní aktér celého experimentu, jehož úkolem bylo provádění hasebních prací. Před každým jednotlivým pokusem byl seznámen s taktikou hašení, kterou kvůli věrohodnosti výsledků musel dodržet. Zejména šlo o nastavení proudnice na průtok stanovený pokusem a ponechání zhruba 60° úhlu proudu. Zároveň dodržoval trasu a minimální hasební vzdálenost.

### 6.3 Experiment 1

V prvním experimentu byl hašen požár Euro palet pomocí útočného vedení s kombinovanou proudnicí nastavenou na průtok 115 l/min a úhlem proudu přibližně 60°.

Požár palet se rozhořival 5 minut a 16 vteřin, s tím že zhruba v polovině byl kvůli povětrnostním podmínkám otočen o 180°.



Obrázek 15 - Teplotní průběh prvního experimentu (vlastní, 2024).

#### Výsledky

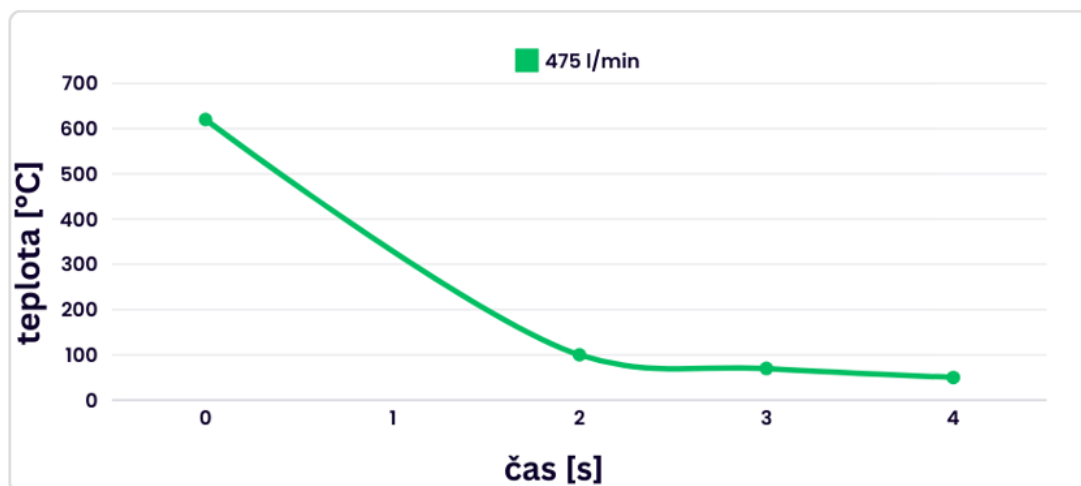
Doba hašení: 7s      Spotřeba vody: 14 l

V prvním pokusu byla teplota relativně rychle sražena k nízkým hodnotám, problém tvořila vzdálenost mezi hasičem a požářištěm a úhel hašení. Kvůli těmto skutečnostem se do středu paletového požáru obtížně dostávalo dostatečné množství vody.

### 6.4 Experiment 2

Ve druhém experimentu byl hašen požár Euro palet pomocí útočného vedení s kombinovanou proudnicí nastavenou na průtok 475 l/min a úhlem proudu přibližně 60°.

Požár palet se rozhořival 3 minuty a 8 vteřin, s tím že zhruba v polovině byl kvůli povětrnostním podmínkám otočen o 180°.



Obrázek 16 - Teplotní průběh druhého experimentu (vlastní, 2024).

### Výsledky

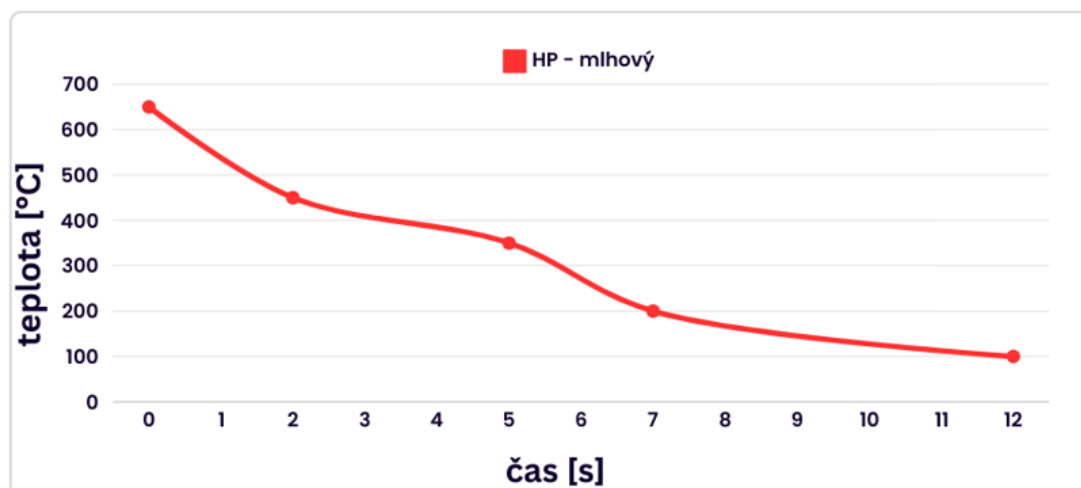
Doba hašení: 4s      Spotřeba vody: 32 l

V tomto případě díky vysokému průtoku se zasahujícímu hasiči podařilo dopravit dostatek vody do středu dřevěného požářiště. Avšak právě kvůli vysokému průtoku bylo pro hasiče velice náročné jakkoliv mířit a manipulovat s proudnicí.

## 6.5 Experiment 3

V třetím experimentu byl hašen požár Euro palet pomocí mlhového hasícího přístroje (6 kg) od společnosti Alaty Telesto.

Požár palet se rozhořival 2 minuty a 22 vteřin, s tím že zhruba v polovině byl kvůli povětrnostním podmínkám otočen o 180°.



Obrázek 17 - Teplotní průběh třetího experimentu (vlastní, 2024).

## Výsledky

Doba hašení: 12 s      Spotřeba vody: 2,8 l

Mlhové hasící přístroje využívají velmi malých kapiček, které jsou sice efektivní, ale za to mají horší dopravitelnost k požáru. Zde byl nucen hasič chodit kolem dokola a hasit z minimální vzdálenosti, aby požár uhasil.

## 6.6 Druhá polovina experimentální části

Ve druhé polovině se vliv a hasební efektivita vody zkoumala na požáru hořlavých kapalin. Jako u předchozích experimentů i zde byly použity běžně užívané hořlavé látky, tedy nafta a benzín.

### Požářiště

Experimentální požářiště bylo tvořeno kovovou obdélníkovou nádobou o rozměrech 1,5 x 1,0 metrů. Tato nádoba se běžně používá v požárním sportu ve štafetě 4x100 metrů v úseku hašení práškovým hasícím přístrojem.

Nádoba byla naplněna zhruba 70 litry vody pro vytvoření souvislé hladiny. Následně bylo do nádoby přidáno 3 litry nafty a 0,5 litru benzínu. Nafta zde tvořila hlavní hořlavou složku, zatímco benzín byl do experimentu přidán čistě za účelem snazšího a rychlejšího rozhoření nafty.

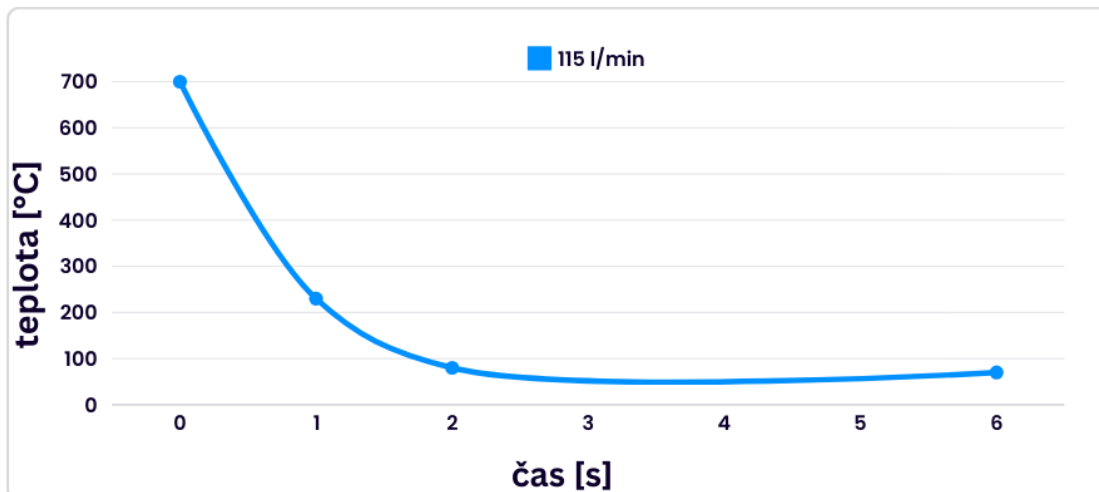
### Provedení

Provedení a postup hašení byl z velké části identický jako u experimentu s dřevěnými paletami. Rozdíl byl ve vzdálenosti hašení a úhlu hašení. Tyto parametry byly záměrně pozměněny, aby zasahující hasič měl větší přehled o situaci a mohl rychleji a s větší přesností reagovat na opětovanou iniciaci hořlavé kapaliny.

## 6.7 Experiment 4

Ve čtvrtém experimentu byl hašen požár směsi nafty a benzínu v poměru 6:1. Tedy 3 litry nafty a 0,5 litru benzínu. Hašení bylo provedeno pomocí útočného vedení s kombinovanou proudnicí nastavenou na průtok 115 l/min a úhlem proudu přibližně 60°.

Požár hořlavých kapalin se rozhořoval přibližně 50 vteřin.



Obrázek 18 - Teplotní průběh čtvrtého experimentu (vlastní, 2024).

## Výsledky

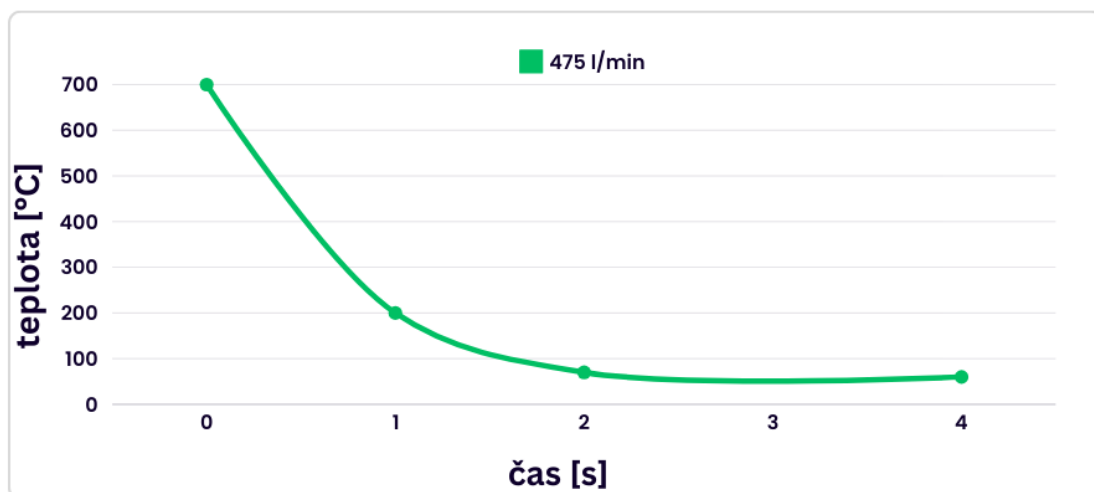
Doba hašení: 6 vteřin      Spotřeba vody: 13 l

Průtok 115 l/min se ukázal jako dostatečný k rychlému uhašení plamenů. Důvodem celkové délky hašení bylo opětované samozapalování hořlavé směsi od nahřátých kovových stěn nádoby.

## 6.8 Experiment 5

V pátém experimentu byl hašen požár směsi nafty a benzínu v poměru 6:1. Tedy 3 litry nafty a 0,5 litru benzínu. Hašení bylo provedeno pomocí útočného vedení s kombinovanou proudnicí nastavenou na průtok 475 l/min a úhlem proudu přibližně 60°.

Požár hořlavých kapalin se rozhořival přibližně 30 vteřin.



Obrázek 19 - Teplotní průběh pátého experimentu (vlastní, 2024).

## Výsledky

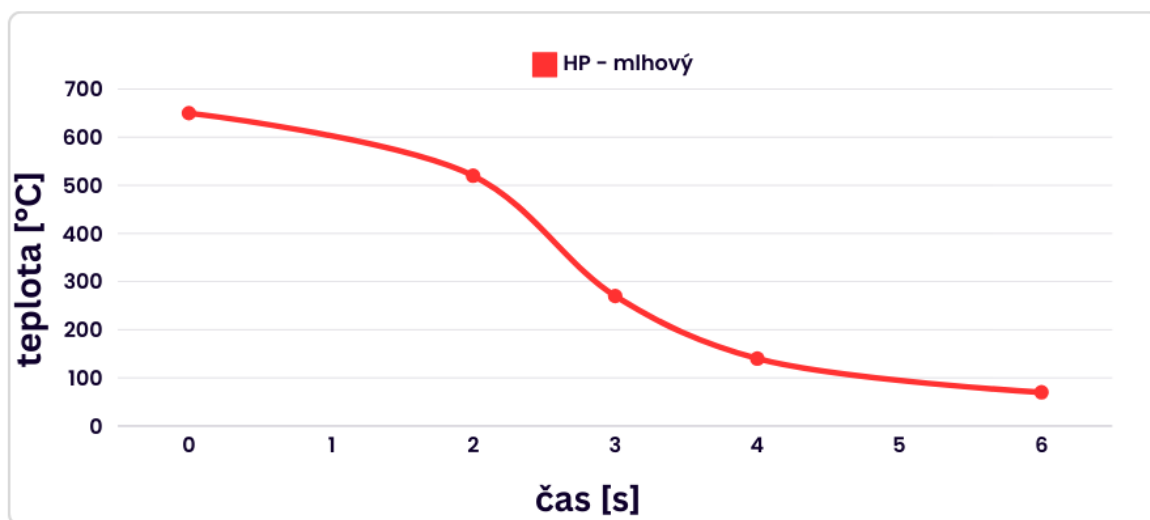
Doba hašení: 4s      Spotřeba vody: 32 l

Stejně tak jako u přechozího pokusu se i zde podařilo rychle zdolat samotné hoření. Ovšem díky většímu množství vody se podařilo zamezit opětovanému rozhoření.

## 6.9 Experiment 6

V šestém experimentu byl hašen požár směsi nafty a benzínu v poměru 6:1. Tedy 3 litry nafty a 0,5 litru benzínu. Hašení bylo provedeno pomocí mlhového hasicího přístroje (6 kg) od společnosti Alatyr Telesto.

Požár hořlavých kapalin se rozhořival přibližně 34 vteřin.



Obrázek 20 - Teplotní průběh šestého experimentu (vlastní, 2024).

## Výsledky

Doba hašení: 6s      Spotřeba vody: 2 l

Mlhový hasicí přístroj nebyl z počátku schopen pokrýt požářiště v takové míře, aby ho uhasil naráz. Tudíž zde docházelo k opětovanému rozhořívání od samotné hořlavé směsi a nažhavené nádoby.



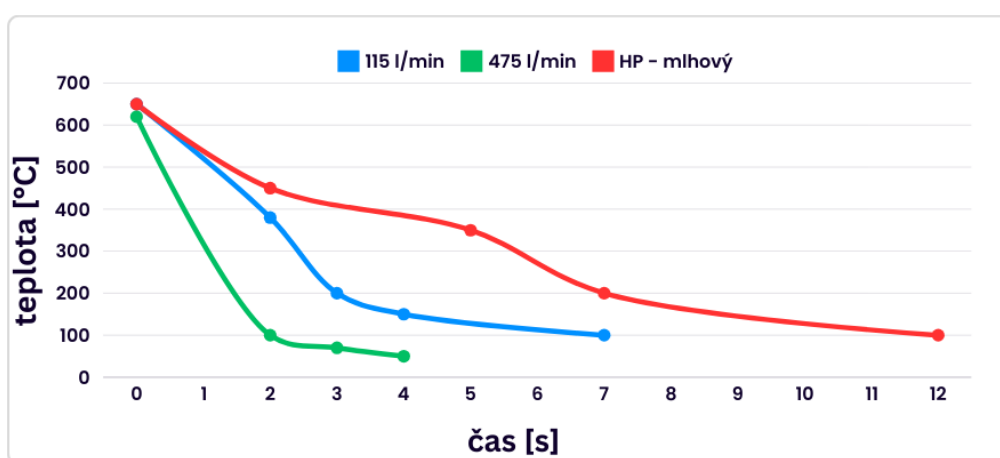
## 7 VÝSLEDKY EXPERIMENTŮ

Výsledky experimentů byly vytvořeny na základě naměřených údajů. V experimentech byla zjištěna celková doba hašení a konkrétní teplota v daných časech. Tyto údaje byly získány zpětně z pořízených videozáznamů.

Další naměřenou hodnotou byla celková spotřeba hasiva, která byla získána pro každý jednotlivý pokus zvlášť odečtem hodnoty z průtokoměru zapojeného do vedení. Výslednou hodnotu lze jednoduše ověřit, pokud vynásobíme celkový čas hašení s konkrétním nastavením průtoku na proudnici. U mlhového hasícího přístroje bohužel nelze použít ani jednu z výše zmíněných metod. Zde bylo měření provedeno zvážením hasícího přístroje před a po pokusu.

### Výsledky měření na experimentálním požáru Euro palet

Podle výsledků naměřených v tomto konkrétním experimentu lze říct, že k nejrychlejšímu ochlazení a zároveň k nejkratšímu potřebnému času k uhašení bylo docíleno s nastavením omezovače průtoku na 475 l/min.



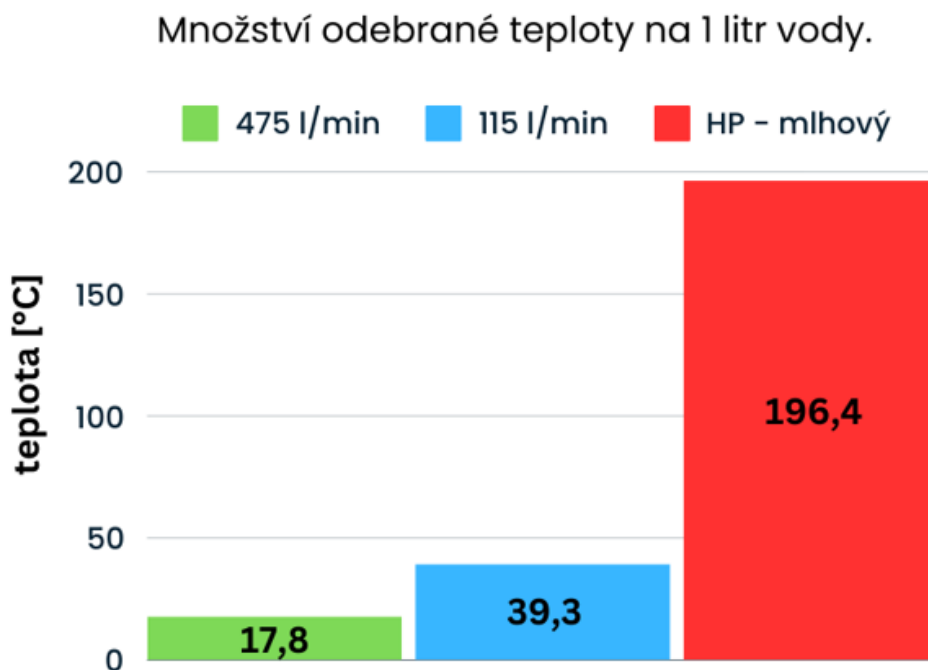
Obrázek 21 - Srovnání teplotních průběhů hašení Euro palet (vlastní, 2024).

Z hlediska spotřeby vody se jako nejefektivnější volba ukázal mlhový hasící přístroj.

Tabulka 6 - Srovnání času hašení a spotřeby vody u požáru Euro palet (vlastní, 2024).

	Čas hašení	Spotřeba vody
Průtok 475 l/min	4 s	32 l
Průtok 115 l/min	7 s	14 l
HP – mlhový	12 s	2,8 l

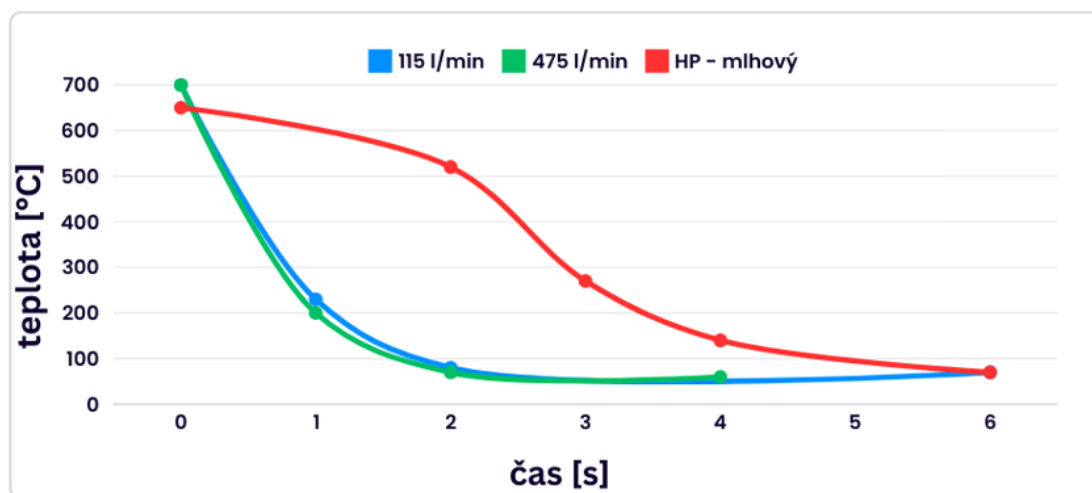
Posledním sledovaným údajem bylo množství odebrané teploty na 1 litr spotřebované vody. Zde se jako nejefektivnější ukázal mlhový hasící přístroj.



Obrázek 22 - Množství odebrané teploty u hašení Euro palet (vlastní, 2024).

### Výsledky měření na experimentálním požáru směsi hořlavých kapalin

Stejně jako u přechodícího pokusu i zde se nejrychleji podařilo hořlavou směs uhasit pomocí proudnice s průtokem 475 l/min. Celkový čas proudnice s průtokem 115 l/min a mlhového hasícího přístroje byl sice totožný, nicméně snížení počáteční teploty bylo s hasícím přístrojem znatelně časově náročnější.



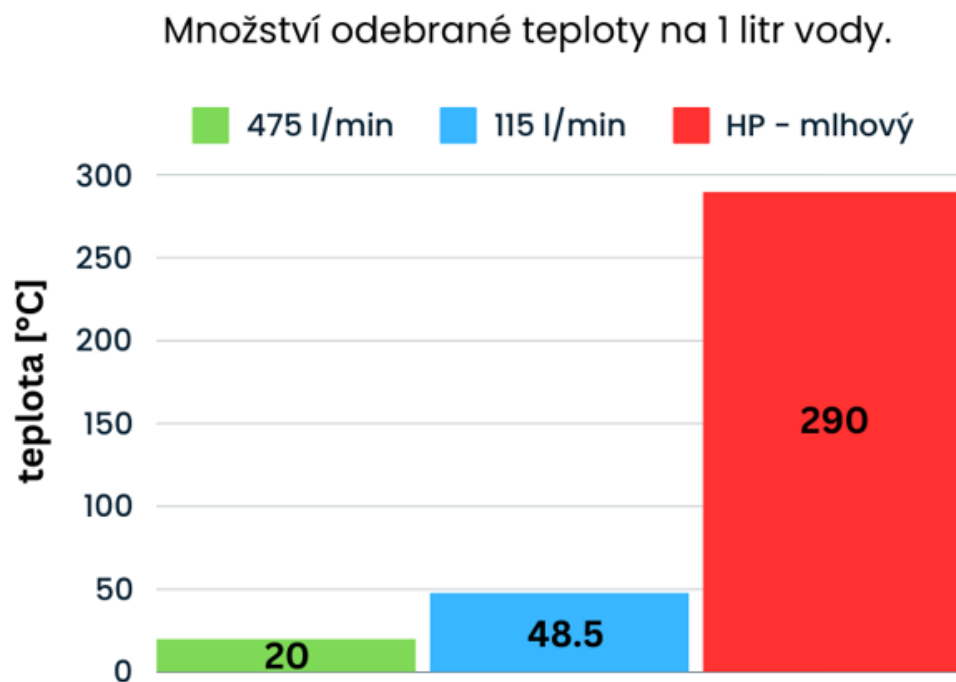
Obrázek 23 - Srovnání teplotních průběhů hašení hořlavých kapalin (vlastní, 2024).

Spotřeba vody potřebná k uhašení požáru byla opět nejnižší s použitím mlhového hasícího přístroje.

Tabulka 7 - Srovnání času hašení a spotřeby vody u požáru hořlavých kapalin (vlastní, 2024).

	Čas hašení	Spotřeba vody
Průtok 475 l/min	4 s	32
Průtok 115 l/min	6 s	13
HP - mlhový	6 s	2

V poměru odebrané teploty na jeden litr vody byl hasící přístroj při hašení hořlavých směsí ještě efektivnější než v předchozím srovnání.



Obrázek 24 - Množství odebrané teploty u hašení hořlavých kapalin (vlastní, 2024).

## 8 VYHODNOCENÍ

Z provedených experimentů je patrné, že to, jakým způsobem se díváme na celkovou efektivitu není zcela jednoznačné. Zároveň je potřeba zmínit, že hasící přístroj je určen k jiným účelům než útočné vedení jakéhokoliv průtoku. Proto je velmi složité parametry relevantně porovnat. Z těchto důvodů byla hodnocena pouze jeho spotřeba a poměr mezi odebranou teplotou a spotřebou vody. Ale i přes tyto rozdíly se podařily z experimentů vypožorovat následující závěry.

U experimentu s proudnicí nastavenou na průtok 475 l/min byl požár uhašen dříve, než s průtokem 115 l/min. Z čehož můžeme vydedukovat, že použitím většího průtoku můžeme požár dostat dříve pod kontrolu. To ale neznamená, že by se při zvyšování průtoku přímo úměrně snižovala celková doba hašení. Tento jev nám potvrzují i výsledky experimentu s vodní mlhou, kde pomocí velmi malého množství vody, bylo odebráno větší množství tepla ku poměru na spotřebovanou vodu.

Z teoretického hlediska to znamená, že pokud bychom měli dostatek vody a naše priorita by byla pouze co nejrychleji uhasit požár, tak by možnost maximalizace průtoku byla ideální. Bohužel těchto ideálních podmínek je většinou problém dosáhnout, a to hlavně ze dvou důvodů. Tím prvním je fakt, že ne vždy se u hašení požárů dokážeme dostat do situace, kdy by vody bylo nadbytek. Ba naopak musí JPO často zřizovat kyvadlovou nebo dálkovou dopravu vody apod.

Druhým problémem hašení s příliš vysokým průtokem je možný vznik druhotných škod způsobených vodou. Tento problém se objevuje hlavně u požárů objektů určených k bydlení, kde sekundární škody mohou být násobně vyšší než škody způsobené požárem.

Z tohoto důvodu je pro praktickou stránku požární ochrany důležité volit pouze takové množství hasebních látek, které je potřeba pro uhašení požáru. V této oblasti se ukázalo hašení vodní mlhou jako ideální varianta, která maximalizuje potenciál vody odebírat teplo, s žádným nebo minimálním vznikem sekundárních škod.

Dalším možným pohledem na provedené experimenty je samotný vliv lidského faktoru na efektivitu hasebních látek. Pokud se například rozhodneme zvolit hašení s vyšším průtokem, pak musíme očekávat celkově náročnější manipulaci s proudnicí a nejspíše i větší počet hasičů u jednoho proudu. Ale zároveň nám větší průtok dává větší „prostor pro chyby“. A to z toho důvodu, že dovoluje efektivně pokrýt větší plochu. Tudíž zde nemusíme být tak precizní, jako u mlhového hasícího přístroje s omezeným průtokem.

## 8.1 Návrhy

Možným krokem k dosažení vyšší efektivity hasebních látek by byla celková optimalizace hašení. Ta se může zaměřit například na vývin nových typů trysek, popřípadě úpravu stávajících. Ideálním řešením by v tomto případě bylo obohatit stávající kombinované proudnice o možnost hašení vodní mlhou.

Další možností, jak vylepšit efektivitu hašení je rozšiřování znalostí v této problematice mezi JPO. Jak zde již bylo zmíněno, tak různé způsoby hašení mají různé výhody a nevýhody. Pokud bude kladen dostatečný důraz na proškolenost JPO v těchto směrech, tak lze dosáhnout větší sebejistoty mezi hasiči při hašení požárů a výběru hasebních látek.

## ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo analyzovat a porovnat účinnost různých hasebních látek při hašení požárů různého charakteru a typu. Tento cíl byl splněn prostřednictvím kombinace teoretického výzkumu a praktických experimentů, které poskytly důležité poznatky o vlastnostech a efektivitě hasebních látek.

V rámci experimentální části byly provedeny testy, které simulovaly reálné požární scénáře, a tím bylo možné objektivně posoudit účinnost vody jako hasební látky. Výsledky ukázaly, že různé způsoby použití vody s sebou přináší různé výhody a omezení. Z čehož vychází, že pokud chceme v této oblasti dosahovat kvalitních výsledků, tak se musíme zaměřit na vzdělanost JPO a všech ostatních, kteří se s hasebními látkami běžně setkávají.

Obecně lze říct, že použití větších průtoků vody má kladný vliv na celkovou dobu hašení, avšak za cenu obtížnější manipulace s proudnicí a velké spotřeby vody. Tato varianta je použitelná mimo budovy, kde zpravidla nevzniká riziko druhotných škod způsobených hasebními látkami. Při hašení tak maximalizujeme ochlazovací efekt vody.

Naopak tomu bude v případě hašení požárů budov, kde sekundární škody hrají velkou roli. Zde je vhodné využít menšího množství vody nejlépe ve formě mlhy a docílit tak maximálního efektu odebrání tepla. Zároveň se u této metody přeměňuje velká část vody na páru, která pomáhá hasit na základě zředovacího efektu.

Druhotným cílem bylo zjistit, jaký potenciál mají některé nové technologie v této oblasti. Kvůli tomuto cíli byl do experimentu zapojen mlhový hasící přístroj od společnosti Alaty Telesto. Ten prokázal obdivuhodnou hasební účinnost už při minimální spotřebě vody. Tato skutečnost společně s faktem, že celá technologie je vyrobena v nízkotlakém provedení otevírá spoustu možností pro další využití, zejména pro použití v uzavřených prostorech ve formě samočinných hasících systémů.

Jedním ze současných problémů hasebních látek, je jejich následná ekologická likvidace po ukončení hasebních prací. Z pohledu budoucnosti efektivitě hasebních látek je klíčové pokračovat ve vývoji ekologicky nezávadných hasiv, a brát tak ohled na životní prostředí a zdraví lidí. To se týká zejména různých přísad obohacujících aktuálně používaná hasiva, které mají za cíl buď podpořit hasební efekt daného hasiva, nebo vylepšit ostatní vlastnosti hasebních látek.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AAMODT, Edvard; MERANER, Christoph; BRANDT, Are W. a RISE, Fire Research, 2020. *Review of efficient manual fire extinguishing methods and equipment for the fire service: FRIC REPORT D4.1-2020.05*. PDF. FRIC Fire Research and Innovation Centre. ISBN 978-91-89167-94-0. Dostupné také z: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1542854/FULLTEXT01.pdf>.

BALOG, Karol, 2004. *Hasiace látky a jejich technologie*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. ISBN 80-86634-49-3.

CAS 30/9000/540 - S 3 VH T815-7 6X6.1, ©2019. Online. In: Tht.cz. Dostupné z: <https://www.tht.cz/cs/cisternova-automobilova-strikacka/stredni/cas-30-9000-540-s-3-vh-t815-7-6x6-1>. [cit. 2024-04-26].

Centrální hasičská stanice Jeseník: *Mobilní požární technika na požární stanici: (aktualizace: 16. června 2023)*, 2023. Online. In: Hzscr.cz. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/pozarni-stanice-jesenik.aspx>. [cit. 2024-04-26].

ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2003. ČSN 65 0201, *Hořlavé kapaliny - Prostory pro výrobu, skladování a manipulaci*.

DASHÖFER, Verlag, ČERNÝ, Josef (ed.), 2024. *Ěčné prostředky požární ochrany a zařízení požární ochrany*. Online. Živnostník.cz. Dostupné z: <https://www.zivnostnik.cz/33/vecne-prostredky-pozarni-ochrany-a-zarizeni-pozarni-ochrany-uniquei-dmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eu2czycG0yCznnSnKSRZ3bCYmRPQYY-nwA/?serp=1>. [cit. 2024-04-25].

Dräger UCF 7000, ©2024. Online. In: Draeger.com. Dostupné z: [https://www.draeger.com/cs\\_cz/Products/UCF-7000](https://www.draeger.com/cs_cz/Products/UCF-7000). [cit. 2024-04-25].

EU\_ADMIN, 2014. *Kultura a efektivita hašení*. Online. In: Hasci-vzdelavani.cz. Dostupné z: <https://www.hasci-vzdelavani.cz/content/kultura-efektivita-haseni>. [cit. 2024-04-26].

EU\_ADMIN, 2014. *Teorie hašení a principy hašení*. Online. In: Hasci-vzdelavani.cz. Dostupné z: <https://www.hasci-vzdelavani.cz/content/teorie-haseni-principy-haseni>. [cit. 2024-04-26].

FOJTÍK, Roman, b. r. *Pěna*. Online. In: Požární ochrana. Dostupné z: <https://pozarniochrana.netstranky.cz/temata/44-zakladni-hasebni-latky-a-jejich/pena.html>. [cit. 2024-04-25].

FOJTÍK, Roman, b. r. *Voda*. Online. In: . Dostupné z: <https://pozarniochrana.net-stranky.cz/temata/44-zakladni-hasebni-latky-a-jejich/voda.html>. [cit. 2024-04-25].

GALA JR; Michael F. et al., 2020. *Firefighting Strategies And Tactics*. 4th ed. Jones & Bartlett Learning. ISBN 9781284180190.

GANN, Richard, 2023. *Principles of Fire Behavior and Combustion with Advantage Access*. Jones & Bartlett Pub. ISBN 9781284198584.

GUARD7, 2022. *Proces hoření*. Online. Dostupné z: <https://www.guard7.cz/proces-horeni/>. [cit. 2024-04-25].

HAVELKA, Lukáš, 2017. *Přenos tepla radiací při požární ochraně staveb*. Bakalářská práce. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava Fakulta bezpečnostního inženýrství Katedra požární ochrany. Dostupné také z: [https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/118694/HAV0130\\_FBI\\_B3908\\_3908R006\\_2017.pdf?sequence=1&isAll-owed=y](https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/118694/HAV0130_FBI_B3908_3908R006_2017.pdf?sequence=1&isAll-owed=y).

HURLEY, Morgan J., GOTTUK, Daniel; HALL, John R.; HARADA, Kazunori; KULIGOWSKI, Erica; PUCHOVSKY, Milosh et al. (ed.), 2015. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 5. dotisk. Springer. ISBN 978-1-4939-2565-0.

JANEBOVÁ, Bibiana, 2011. *STANOVENÍ TENZIDŮ V HASEBNÍCH PROSTŘEDCÍCH*. Diplomová práce. Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA CHEMICKÁ ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Dostupné také z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_ve\\_rejne.php?file\\_id=37711](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_ve_rejne.php?file_id=37711).

JUNG, Václav a LADA, Ania, 2020. *ExtinguishMist®: Technologie, produkty a řešení pro prevenci a hašení na bázi nízkotlaké vodní mlhy*. Word.

JUNG, Václav a LADA, Ania, 2020. *ExtinguishMist®: Technologie, produkty a řešení pro prevenci a hašení na bázi nízkotlaké vodní mlhy*. Word.

JUNG, Václav, b. r. *Alatyr Telesto: SVĚTOVÁ JEDNIČKA V PREVENCÍ A HAŠENÍ POŽÁRU NÍZKOTLAKOU MLHOU*. Powerpoint.

LEFEBVRE, Arthur H. a MCDONELL, Vincent G., 2017. *Atomization and Sprays*. 2. ilustrované vydání. New York: CRC Press. ISBN 9781498736251.



- LINHART, Igor, 2002. *Jaké látky se uvolňují při spalování plastů?* Online. In: Ekolist.cz. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/dotazy-a-odpovedi/jake-latky-se-uvolnuji-pri-spalovani-plastu>. [cit. 2024-04-25].
- MACHT, Karel, b. r. *Konspekt 1-3-01: POŽÁRNÍ TAKTIKA : Hasební prostředky : Hašení vodou, vodní proudy, proudnice*. Praha: MV- generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. Dostupné také z: [https://metodika.cahd.cz/konspekty/1\\_3\\_01.pdf](https://metodika.cahd.cz/konspekty/1_3_01.pdf).
- METEOSHOP, b. r. *Měřič rychlosti větru - Windmaster 2*. Online. Dostupné z: <https://www.meteoshop.cz/produkt/meric-rychlosti-vetru-windmaster-2/500/>. [cit. 2024-04-25].
- MIZERSKI, Andrzej; SOBOLEWSKI, Mirosław a KRÓL, Bernard, 2009. *Hasicí pěny*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. ISBN 978-80-7385-075-3.
- MLEZIVA, Zdeněk, ©2022. *POŽÁR – DEFINICE, ROZDĚLENÍ, PÁSKA, FÁZE HOŘENÍ*. Online. In: Hasicido.cz. Dostupné z: <https://www.hasicido.cz/faq/pozar-definice-rozdeleni-paska-faze-horeni/>. [cit. 2024-04-25].
- ORLÍKOVÁ, Kateřina, 1995. *Hasební látky*. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. ISBN 80-902-0010-9.
- PECL, Jan, 1999. *Konspekt 1-1-02: Základy požární taktiky : Rozdělení hořlavých látek a jejich požárně technické charakteristiky*. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. ISBN 80-86111-46-6. Dostupné také z: [https://metodika.cahd.cz/konspekty/1\\_1\\_02.pdf](https://metodika.cahd.cz/konspekty/1_1_02.pdf).
- Proudnice C52 PROTEK 2366*, ©2024. Online. In: Vyzbrojna.cz. Dostupné z: <https://www.vyzbrojna.cz/cz/901/819/proudnice-c52-protek-2366.html>. [cit. 2024-04-26].
- RYBÁŘ, Pavel, 2016. *Stabilní hasicí zařízení plynová, prášková, aerosolová a inertizační, provozuschopnost a účinnost SHZ*. Edice Profesní komory požární ochrany. Praha: Profesní komora požární ochrany. ISBN 978-80-260-9155-4.
- SCHEVIK, Tyler, 2021. *What are the Different Stages of a Fire?* Online. Firetrace international. Dostupné z: <https://www.firetrace.com/fire-protection-blog/different-stages-of-a-fire>. [cit. 2024-04-25].

SUCHARDA, Jakub a ŠTAJNCOVÁ, Kateřina, © 2024. *HASIČI RADÍ - TEMATICKÉ ČLÁNKY: Přenosné hasicí přístroje*. Online. In: Hzscr.cz. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/prenosne-hasici-pristroje.aspx>. [cit. 2024-04-25].

ÚŘAD PRO NORMALIZACI A MĚŘENÍ, 1983 - 2017. ČSN 33 0371, *Nevýbušná elektrická zařízení. Výbušné směsi. Klasifikace a metody zkoušek*.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2021. ČSN EN 15004-5 (389250), *Stabilní hasicí zařízení - Plynová hasicí zařízení - Část 5: Fyzikální vlastnosti a návrh plynových hasicích zařízení s hasivem HFC 227ea*. Praha.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2021. ČSN EN 15004-2 (389250), *Stabilní hasicí zařízení – Plynová hasicí zařízení – Část 2: Fyzikální vlastnosti a návrh plynových hasicích zařízení s hasivem FK-5-1-12*. Praha.

VILÍMEK, Miroslav, 2008. *Konspekt 1-1-03: Požární taktika : Základy požární taktiky : Nežádoucí hoření - požár*. 2. aktualizované vydání. ISBN 80-86111-46-6. Dostupné také z: [https://metodika.cahd.cz/konspekty/1\\_1\\_03.pdf](https://metodika.cahd.cz/konspekty/1_1_03.pdf).

VOLF, Oldřich, 2001. *Požární taktika: Základy požární taktiky: Proces hoření*. PDF. MV-ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR ODBORNÁ PŘÍPRAVA JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY. Dostupné také z: [https://metodika.cahd.cz/konspekty/1\\_1\\_01.pdf](https://metodika.cahd.cz/konspekty/1_1_01.pdf).

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

aj. a jiné

apod. a podobně

atd. a tak dále

CAS Cisternová automobilová stříkačka

GWP Global Warming Potential

IP Ingress Protection

JPO Jednotka požární ochrany

n látkové množství [mol]

NFPA National Fire Protection Association

ODP Ozone Deplation Potential

p tlak [Pa]

R molární plynová konstanta [ $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]

T termodynamická teplota [K]

V objem [ $\text{m}^3$ ]

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 - Trojúhelník hoření (vlastní, 2024). .....	25
Obrázek 2 - Pásma hoření [vlastní, 2024 /dle Vilímek, 2008)]. .....	26
Obrázek 3 - Fáze požáru (vlastní, 2024). .....	27
Obrázek 4 - Třída požáru A (Černý, 2024). .....	31
Obrázek 5 - Třída požáru B (Černý, 2024). .....	31
Obrázek 6 - Třída požáru C (Černý, 2024). .....	32
Obrázek 7 - Třída požáru D (Černý, 2024). .....	32
Obrázek 8 - Třída požáru F (Černý, 2024). .....	32
Obrázek 9 - Foto místa experimentu (vlastní, 2024). .....	38
Obrázek 10 - Průtokoměr (vlastní, 2024). .....	38
Obrázek 11 - CAS 30 9000/540–S 3 VH (Centrální hasičská stanice Jeseník, 2023). .....	39
Obrázek 12 - Proudnice PROTEK (Proudnice C52 PROTEK 2366, ©2024). .....	40
Obrázek 13 - Termokamera (Dräger UCF 7000, ©2024). .....	40
Obrázek 14 - Anemometr (Meteoshop, b. r.). .....	41
Obrázek 15 - Teplotní průběh prvního experimentu (vlastní, 2024). .....	44
Obrázek 16 - Teplotní průběh druhého experimentu (vlastní, 2024). .....	45
Obrázek 17 - Teplotní průběh třetího experimentu (vlastní, 2024). .....	45
Obrázek 18 - Teplotní průběh čtvrtého experimentu (vlastní, 2024). .....	47
Obrázek 19 - Teplotní průběh pátého experimentu (vlastní, 2024). .....	47
Obrázek 20 - Teplotní průběh šestého experimentu (vlastní, 2024). .....	48
Obrázek 21 - Srovnání teplotních průběhů hašení Euro palet (vlastní, 2024). .....	49
Obrázek 22 - Množství odebrané teploty u hašení Euro palet (vlastní, 2024). .....	50
Obrázek 23 - Srovnání teplotních průběhů hašení hořlavých kapalin (vlastní, 2024). .....	50
Obrázek 24 - Množství odebrané teploty u hašení hořlavých kapalin (vlastní, 2024). .....	51

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 - Běžně používané chemické sloučeniny hasících prášků (Orlíková, 1995). ....	17
Tabulka 2 - Stupeň rozkladu oxidu uhličitého v závislosti na teplotě (Balog, 2004).....	23
Tabulka 3 - Třídy nebezpečnosti (ČSN 65 0201, 2003). .....	29
Tabulka 4 - Teplotní třídy (ČSN 33 0371). .....	30
Tabulka 5 - Vlastnosti kapek (Jung, Łada, 2020). .....	42
Tabulka 6 - Srovnání času hašení a spotřeby vody u požáru Euro palet (vlastní, 2024). ....	49
Tabulka 7 - Srovnání času hašení a spotřeby vody u požáru hořlavých kapalin (vlastní, 2024). .....	51

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Posudek hasebního pokusu

# **PŘÍLOHA P I: POSUDEK HASEBNÍHO POKUSU**

Jeseník 25. 4. 2024

## **Hasební pokus**

Dne 7. 4. 2024 jsem se jako velitel družstva směny B, CHS Jeseník, zúčastnil hasebního pokusu s cílem porovnat efektivitu hašení požáru pevných a kapalných hořlavých látek. Jako hasivo byla zvolena požární voda, aplikovaná různou intenzitou a více způsoby. Celý průběh hasebních pokusů byl dobře naplánován a promyšlen, pro zachování co nejpodobnějšího rozvoje hoření připraveného paliva a smyslu dopravy hasiva na požářiště. Všechny hasební pokusy prováděl pouze jeden hasič. Na zemi byly značky odkud kam bude aplikovat hasivo pro zachování podobnosti.

Byl teplý slunečný jarní den a pofukoval vítr, který ovlivňoval rozhořívání paliva, ale otáčením hořících palet se podařilo zachovat jednotné podmínky rozvoje požáru jednotlivých hasebních pokusů.

Pro první část hasebního pokusu, byly jako palivo použity dřevěné europalety, podpalované hořlavou kapalinou (0,75 l benzínu). Pro všechny pokusy bylo použito stejné množství paliva. V prvním pokusu byl na proudnici nastaven průtok vody 115 l/min. Ve druhém pokusu byl nastaven průtok vody na proudnici na 475 l/min. Efekt hašení 4násobného množství vody byl jednoznačně účinnější. Tato skutečnost je opakem toho, co se hasiči učí pro hašení požáru v uzavřených prostorách, kde se dbá na co nejefektivnější odpaření vody a využití dusivého účinku vodní páry a zachování kultury hašení s napácháním co nejmenšího množství druhotných škod. Tento efekt v otevřeném prostředí nefunguje. Velké množství vody dokázalo požár ochladit a uhasit rychleji.

Třetím pokusem bylo hašení pomocí speciálního vodního hasicího přístroje. Zde malinké kapičky vody dokázali požár tlumit velice efektivně, ale s klesajícím tlakem hnacího plynu musel hasič zkracovat vzdálenost mezi hořícím materiálem a místem aplikace hasiva. Pokud by nebyl chráněn speciálním třívrstevným zásahovým oděvem, asi by se nedokázal přiblížit k požáru na vzdálenost pro efektivní dopravu hasiva. Požár byl sice uhašen s malým množstvím vody, ale použití tohoto přístroje pro civilistu v běžném domácím oblečení je diskutabilní.

Druhá část hasebního pokusu ověřovala hašení hořlavé kapaliny na hladině vodní lázně. Do nádrže na hašení hořlavých kapalin bylo napuštěno 70l vody. Na její hladinu byla nalita a zapálena směs 3 l nafty a 0,5 l benzínu. Průtoky hasební vody byly stejné jako u hašení pevných látek 115 l a 475 l. Průběh tří hasebních pokusů byl podobný jako u hašení europalet. Menší intenzita průtoku vody ukázala delší dobu hašení požáru proti 4násobnému průtoku. Hasící přístroj musel být opět nasazen v bezprostřední blízkosti hořící kádě, ale požár byl vodní mlhou uhašen s minimálním množstvím hasební látky.

Závěrem lze konstatovat, že intenzivní dodávka hasební vody je na hašení požáru ve volném prostoru efektivnější. Velká kapka má delší dolet a proniká hlouběji do hořícího materiálu. Intenzita žáru není v otevřeném prostředí taková, aby efektivně využila vodní páru jako inertní hasivo. Ta je i vlivem povětrnostní odfoukávána a neplní svou úlohu jako při hašení v uzavřených prostorech. Hasební pokus dokázal efektivitu velkého množství vody na likvidaci požáru na volném prostoru. S touto skutečností vzniká problém se zachytáváním a likvidací velkého množství kontaminované hasební vody u intenzivních a dlouhotrvajících požárů. Ale to nebylo předmětem tohoto pokusu.

nrap. Bc. Michal Kužílek CHS Jeseník