Plnoměřítkové požární testy uskutečněné v Technickém muzeu v Brně - Líšni dne 12. května 2009

Plnoměřítkové požární testy, které byly uskutečněny dne 12. května 2009 v Technickém muzeu v Brně – Líšni, splnily následující cíle:

1. Názorně demonstrovaly účastníkům diskusního semináře „Technologie požární ochrany muzeí“ hasicí účinnost dvou významných hasicích technologií použitelných při požární ochraně muzeí, a to systému INERGEN a systému nízkotlaké vodní mlhy.
2. Experimentálně potvrdily vhodnost systému INERGEN pro hašení muzejních materiálů uložených v regálech.
3. Doplnily a upřesnily výsledky plnoměřítkových požárních testů systému nízkotlaké vodní mlhy Tyco, které byly uskutečněny den 5. 11. 2008 v Technické muzeu v Brně.
4. Umožnily praktické vyzkoušení detekce a komunikace požáru.

Uspořádání a příprava požárních testů

Testovací garáž

Plnoměřítkové požární testy byly stejně jako v roce 2007 a 2008 uskutečněny v garáži umístěné v areálu Technického muzea v Brně – Líšni o rozměrech: 5,5m × 2,9 m × 2,1m (délka × šířka × výška). Celková plocha podlahy garáže byla 15,95 m^2 a objem 33,5 m^3.

Regály

Při testech bylo použito stejné uspřádání polic jako při předchozích testech. Rozměry regálů byly 2,0m × 0,8m × 1,6m (délka × šířka × výška). Mezera mezi regály byla 0,8 m. Každý regál měl 3 dřevěné police. V policích byly umístěny archivní krabice (zcela naplněné papírem), knihy, dřevěné hranoly a v malé míře kompaktní disky – obr. 1. Některé archivní krabice byly očíslovány a byla u nich sledována hmotnost před a po hašení. Umístění sledovaných krabic je patrné na obr. 2, 3 a 4.

Hasicí systémy

Jak již bylo řečeno, během plnoměřítkových požárních testů 2009 byly sledovány dva hasicí systémy:

1. Test 1 – systém INERGEN
2. Test 2 – systém nízkotlaké vodní mlhy

Test 1 – systém INERGEN

Systém INERGEN navrhl, nainstaloval a zkoušky provedl Ing. Stanislav Musil, ředitel společnosti Fire Eater CZ, spol. s r.o.

Při této zkoušce byla plechová vrata zavřena a utěsněna ve spodní části pytli pískem a po stranách polyurethanovou pěnou. Stejnou pěnou byly rovněž utěsněny škvíry a otvory ve stěnách garáže. Láhev s INERGENEM o tlaku 300 bar byla položena před vrata garáže (obr. 5) a spojena tlakovou pryžovou hadicí s ocelovým rozvodným potrubím, které bylo umístěno na stropě garáže. Potrubí bylo zakončeno tryskou. Poloha trysky je patrná z obr. 3 a 6. Láhev byla otevřena ručně. Test byl přerušen po 20 minutách otevřením vrat garáže.

Test 2 – systém nízkotlaké vodní mlhy

Stejně jako v listopadu 2008 jsme pro testy použily systém LPWM MicroDrop společnosti Tyco. Tento systém používá otevřené hubice se šroubovicí, které v závislosti na tlaku proudu vody vytvářejí vodní kapky o průměru 20 – 200 µm. Vzhledem k předpokládanému malému riziku LH a střednímu riziku OH1 společnost Tyco doporučila použití MicroDrop hubice FS 5, která má K-faktor 5 a může pracovat při tlacích vody 4 – 12,5 bar – obr. 7. Hubice vytváří rozstřik s dvěma kužely kapek vody – obr. 8. Vnější rozstřikovací kužel má úhel 110° a vnitřní 80°. Vnitřní část kužele obsahuje především menší kapky mlhy. Hubice je vybavena vnitřním jemným sítkem proti nečistotám ve vodě a proti vnějším nečistotám je chráněna ochranným víčkem. Potřebný tlak vody 6,5 barů dodávalo čerpadlo hasičského vozu. Z cisterny stejného vozu byla odebírána i hasicí voda. Voda byla filtrována přírubovým potrubním filtrem zařazeným do potrubí. Při testech systému LPWM bylo použito celkem 6 hubic FS a jejich umístění je patrné z obr. 4.

Průtok hubice byl vypočítán z následující rovnice:

$$Q = K.P^{1/2} \qquad (1)$$

kde:

Q je průtok v l/min;

K-faktor;

P- tlak v bar.

Dosazením do rovnice za *K*-faktor = 5; a za *P* = 6,5 bar byla získána hodnota průtoku jedné hubice Q = 12,7 l/min.

Instalace potrubí a hubic byla uskutečněna stejně jako v roce 2008 dle projektu společnosti Tyco. Potrubí bylo zhotoveno z měděných trubek o vnějším průměru 22 mm a síle stěny 1 mm. Spoje potrubí byly letované – obr. 9.

Iniciace požáru

Metoda iniciace požáru byla stejná jako v roce 2008. Na dno kbelíku bylo nalito 150 ml heptanu a kbelík byl naplněn koulemi zmuchlaného papíru pokropeného 100 ml heptanu. Zapálení bylo provedeno na dálku elektrickou roznětkou. Rychlost uvolňování tepla byla odhadnuta na 100 kW[1]. Umístění iniciačního požáru při testech je patrné na obr. 2, 3, 4 a 10.

Měření teploty a tlaku vody

Během požárního testu byla v prostoru garáže na několika místech měřena teplota. Sondy s termočlánky (dále jen sondy) byly napojeny na vyhodnocovací jednotku a počítač. Nákres popisující polohu sond je uveden obr. 11. Byly použity nekryté otevřené termočlánky NiCr-Ni (termočlánek K) s kompenzačním vedením pro článek K.Výstup z každé sondy byl zaveden do převodníku A/D (12 bitů) a upraven na digitální tvar s převodem na textový řetězec. Standardní chyba měření byla ± 1°C. Výsledný řetězec byl převeden do formátu .xls programu Microsoft Excel. Teplotní kompenzace na teplotu okolí byla provedena na vstupu každého převodníku. Data o teplotě pro každou sondu byla ukládána v reálném čase 3x za sekundu. Termočlánky byly vloženy do ocelových trubek a ve formě sond, které procházely střechou, byly spuštěny do prostoru garáže. Měření teploty uskutečnili, stejně jako v roce 2008, pracovníci společnosti ELKOSO, spol. s r.o. – obr. 12.

Výsledky měření byly monitorovány počítačem a po zpracování byly shrnuty na obr. 19 a 31.

Tlak vody systému nízkotlaké vodní mlhy byl sledován mechanickým tlakoměrem, napojeným na rozvodné potrubí.

[1] SIVERTSEN, K.: *Water Mist for Attic Flashover Prevention.* COST Action C17, Built Heritage: Fire Lost to Historic Buildings, C/ Conference Proceedings, Part 1, str.188. příp.dle NFPA 92 B a NFPA 72.

Měření koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého

Technické měření koncentrací kyslíku a oxidu uhličitého zajistila Autorizovaná laboratoř pro kontrolu emisí a imisí fy. DETEKTA s.r.o. Brno.

Plynný vzorek byl odebírán přes kovovou nevyhřívanou sondu, na níž byla napojena vyhřívaná PTFE trubice JS 4 mm, délky cca 10,0 m vedená přímo do chladničky plynu PPS - 5, která obsahuje integrovaný blok úpravy plynu, membránové čerpadlo, rotametr a hlídač vlhkosti s blokováním čerpadla vzorku. Poloha odběrové sondy je patrna z obr. 3. Její vyústění bylo umístěno ve výšce cca 10 cm pod stropem.

Vzorek plynných emisí z chladničky PPS - 5, zbavený vlhkosti a prachu byl poté veden PTFE trubicí JS 4 mm do měřicí aparatury plynných emisí.

Pro měření oxidu uhličitého byl použit kontinuální analyzátor BINOS 1.2 od výrobce ROSEMOUNT Hanau, GmbH, SRN, pracující na principu IRVIS/UV spektroskopie.

Pro stanovení koncentrace kyslíku byl použit kontinuální mikroprocesorový analyzátor kyslíku PMA 10, pracující na paramagnetickém principu od výrobce M & C Instruments BV, NL.

Pro kalibraci analyzátorů byl použit kalibrační plyn fy. SIAD Italy.

Naměřené výsledky plynných složek CO_2 a O_2 mohou být zatíženy chybou max. 2% z hodnoty použitého rozsahu, přičemž další chyba 1 % může být vnesena použitým kalibračním plynem 1. třídy přesnosti fy SIAD, Italy.

Koncentrace látek v grafech s rozměrem % jsou měřené hodnoty analyzátory a jsou vztaženy na obvyklé provozní podmínky v suchém plynu.

Použité rozsahy analyzátorů: CO_2 0 - 15 % O_2 0 - 30 %.

Ke stanovení koncentrace kyslíku byl dále použit přenosný analyzátor plynu OxyGuard, který dala k dispozici spol. Fire Eater. Analyzátor byl vybaven sondou, která byla podstrčena do zkušebního prostoru pod vraty – obr. 13. Naměřené koncentrace kyslíku patrné na displeji pověřená pracovnice odečítala a zaznamenala.

Měření distribuce hasicí vody na podlaze garáže

Během požárních testů systému nízkotlaké vodní mlhy byla obdobně jako při testech v roce 2008 sledována horizontální distribuce hasicí vody na podlaze garáže. Na podlahu garáže byly tentokrát místo spodních půlek PET lahví, které byly použity při testech 2008, umístěny plechovky používané ke konzervaci masa, které zachycovaly rozptýlenou hasicí vodu – obr. 14. Průměr plechovek byl 10 cm. Rozmístění plechovek je patrné na obr. 4 a 10. Po ukončení testu byly plechovky vyneseny hasiči a pracovnice muzea změřily objem zachycené vody – obr. 15. Výsledky měření jsou shrnuty v tab. 2.

Stanovení změny hmotnosti archivních krabic při hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy

Při předchozích testech jsme sledovali poškození archivních krabic vizuálním posouzením a dále změnou jejich hmotnosti, která nastala během hasicího procesu. Při tomto testu jsme použili opět archivní krabice zhotovené z archivní lepenky Laurent. Krabice vyrobila a pro pokusy opět dodala spol. EMBA, spol. s r.o. Paseky nad Jizerou. Krabice byly zcela naplněny skládanými listy papíru. Rozmístění sledovaných krabic v regálech a ve zkušebním prostoru je patrné z obr. 2 až 4. Krabice byly váženy před hašením. Po ukončení vypouštění vody, tedy ještě před konečným uhašením požáru, byly vyneseny hasiči z garáže – obr. 16 – a znovu zváženy – obr. 17. Výsledky vážení jsou uvedeny tab. 3.

TEST 1 – SYSTÉM INERGEN

Ve snaze získat srovnatelné výsledky s testy uskutečněnými v roce 2008, bylo hašení zahájeno ručním otevřením láhve INERGENU při překročení teploty u stropu 125 °C (sonda A – obr. 11), tj. při teplotě aktivace sprinklerové trysky při testech 2008.

Počáteční požár regálu s muzejním materiálem před spuštěním hasicího systému INERGEN je patrný na obr. 18.

Průběh teplot ve zkušebním prostoru při hašení INERGENEM je znázorněn na obr. 19. Z tohoto obrázku je patrné, že uhašení požáru došlo během cca 2 minut. Toto uhašení bylo konečné a ani sonda C (obr. 19), která byla umístěna uvnitř regálu, nevykázala později dlouhodobé zvýšení teploty, které by naznačovalo, že uvnitř regálu probíhá doutnavý požár. Test rovněž ukázal, že celkové poškození muzejních materiálů umístěných v regálech bylo malé – obr. 20 a obr. 21. Požár zasáhl pouze čelní povrch materiálů a nepronikl do středu regálu.

Zjištění, že v regálu neprobíhal doutnavý požár bylo překvapivé, neboť z literatury je známo, že inertní plyny při návrhové koncentraci inertního plynu cca 40 obj.%, tj. cca 11,5 obj.% kyslíku[2] nejsou schopné uhasit doutnavý požáry typu A – dřeva, papíru atp.[3]. Vysvětlení tohoto zjištění bylo nalezeno při hodnocení grafů na obr. 22, případně obr. 23, na nichž je znázorněna závislost koncentrace kyslíku na čase hašení.

Z uvedených grafů, a především z přesnějšího grafu na obr. 22 je zřejmé, že při testu byla nadměrně snížena koncentrace kyslíku a to na 8,3 obj.% Zjevně nebyla dodržena návrhová koncentrace pro hasivo IG-541 (INERGEN) dle ČSN EN – 15004-10 a to 39,9 obj.%, která měla v chráněném prostoru vytvořit atmosféru s 11,5 obj.% kyslíku nezbytnou pro přežití „zapomenutých“ osob. To bylo vyvoláno zřejmě tím, že do garáže o objemu 33,5 m^3 bylo vypuštěno z 80 litrové lahve o tlaku 300 bar 24 m^3 INERGENU.

Objem plynu, který je nutno vypustit z lahve INERGENU, umožňuje zjednodušený výpočet počtu lahví *n* nezbytných pro dosažení návrhové koncentrace v daném prostoru dle rovnice 2:

$$n = -\frac{V_{místnosti}}{V_{láhve}} \times \ln(1 - \frac{c}{100}), \qquad (2)$$

kde $V_{místnosti}$ je objem chráněné místnosti v m^3, v případě testu 1 = 33,5 m^3,
$V_{láhve}$ je objem INERGENU vypuštěného z jedné lahve tj. 24 m^3,
c je návrhová hasební koncentrace INERGENU, v případě testu 1 = 39,9 obj.%.

Dosazením do rovnice 2 bylo stanoveno, že počet lahví n nezbytný k dosažení návrhové koncentrace INERGENU 39,9 obj.% je 0,71, to znamená, že do garáže mělo být napuštěno pouze cca 17,05 m^3. Obdobného výsledku bylo dosaženo, když byl uvažován tabelovaný zaplavovací faktor (flooding factor) pro INERGEN pro návrhovou koncentraci 39,9 obj.%, jehož hodnota je 0,512.[4] Při tomto výpočtu byla stanoven nezbytný vypuštěný objem INERGENU 17,15 m^3.

[2] Návrhová koncentrace kyslíku volená vzhledem k proklamované bezpečnosti systému INERGEN v zájmu nutnosti přežití „zapomenutých“ osob. Běžná zdravá osoba je schopna bez problémů krátkodobě existovat při koncentraci kyslíku 10 – 12%.
[3] Mark L. Robin, Thomas F. Rowland, Mark D. Cisneros: *Fire Suppression testing_Extinguishment of Class A Fires with Clean Agents.* Halon Options Technical Working Conrerence 24-26 April 2001, str. 27.
http://www.fire.nist.gov/bfrlpubs/fire02/PDF/f02180.pdf
[4] ČSN EN 15004-10.

Je nutno podotknout, že při tomto zjednodušeném výpočtu byla uvažována teplota 20 °C a nadmořská výška 0 metrů. Stejně nebylo uvažováno zmenšení objemu chráněné místnosti regály naplněnými muzejními materiály.

Z uvedeného vyplývá, že pří požárním testu 1 byla použita vyšší koncentrace INERGENU, která se zřejmě blížila návrhové koncentraci doporučené VdS pro hašení knih, tedy 61 obj.% – tab. 1.[5,6] Tato doporučená návrhová koncentrace snižuje koncentraci kyslíku na cca 8,2 obj.%,, tedy na koncentraci, za které je uhašen doutnavý požár. Účinné uhašení doutnavého požáru podpořila i skutečnost, že zdržná doba hasiva byla prodloužena z běžně vyžadovaných 10 minut na 20 minut.

Závažné je, že při testu 1 použitá koncentrace INERGENU vytvořila obdobnou atmosféru s obsahem kyslíku 8,3 obj.%, kterou „zapomenuté“ osoby nemohou přežít. Je evidentní, že tímto zvýšením koncentrace INERGENU byla potlačena zásadní výhoda systému INERGEN a to možnost přežití „zapomenutých osob.

Zároveň, jak vyplývá z obr. 22, stoupla koncentrace oxidu uhličitého na 5 obj.%, tedy na koncentraci, která se pokládá za nebezpečnou pro lidské zdraví a tedy i nebezpečnou pro „zapomenuté“ osoby.[7]

Tab. 1. Návrhová koncentrace dusíku a INERGENU pro materiály třídy A dle různých norem.

	Pevné látky		Knihy	
Norma	Dusík	Inergen	Dusík	Inergen
ČSN EN 15 004-10	40,3%	39,9%	-	-
VdS 2380	37,2%	36,6%	61,0%	61,0%

Z grafu na obr. 22 vyplývá další důležitá skutečnost a to, že v garáži se podařilo udržet po dobu cca 20 minut nízkou koncentraci kyslíku. To svědčí o tom, že se garáž podařilo velmi dobře utěsnit.

Test 2 – systém nízkotlaké vodní mlhy

Při použití hasicího systému nízkotlaké vodní mlhy byly použity otevřené hubice, a systém byl aktivován spuštěním čerpadla hasičského vozu. Ve snaze získat srovnatelné výsledky se sprinklery použitými při testech v roce 2008, bylo čerpadlo spuštěno po dosažení teploty u stropu 125 °C (sonda A – obr. 11), tj. při teplotě aktivace sprinklerové trysky při testech v roce 2008.

Z obr. 2 a 4 je patrné základní uspořádání testu. Při hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy bylo použito celkem 6 hubic a celková hodnota průtoku byla 12,7 l/min×6 = 76,5 l/min. Při době hašení 25 minut bylo celkem v prostoru garáže během testu 2 rozptýleno 1912,5 l vody.

Pravá polovina vrat garáže byla na rozdíl při hašení INERGENEM během celého testu otevřená. Důvodem byla snaha potvrdit, že systém nízkotlaké vodní mlhy je účinný i v podmínkách, kdy do testovacího prostoru může vnikat vnější vzduch a podporovat hoření.

[5] VdS-Richtlinien für Feuerlöschanlagen mit nicht verflüssigten Inertgasen, Planung und Einbau, VdS 2380 : 2006-09.
[6] Průha, M.: *Použití dusíku při požární ochraně kulturního dědictví.* Sborník přednášek semináře Technologie požární ochrany muzeí, Technické muzeum v Brně, květen 2009.
[7] Wikipedia; Carbon dioxide. URL <http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide#Toxicity>

Průběh požárního testu je patrný z obr. 24 až 27. Stejně jako při testech 2008 poměrně intenzivní „iniciační“ požár přešel v „primární“ požár, který byl uhašen systémem vodní mlhy.[8] Významné je, že požár muzejních materiálů ve středu 2. regálu nad 2. policí nebyl potlačen a postupně přešel v „sekundární“ doutnavý požár, který se nepodařilo vůbec uhasit. Regál s poškozeným muzejním materiálem po uhašení systémem nízkotlaké vodní mlhy je zobrazen na obr. 28. Archivní krabice 1 a 2 umístěné v těchto prostorech musely být po vynesení uhašeny hasiči – obr. 29. Při hašení vzniklo poměrně velké množství vodní páry a kouře, což významně snížilo viditelnost v garáži – obr. 30.

Závislost teploty na čase je patrná na obr. 31. Z obrázku je zřejmé, že teplota u stropu dosáhla 125 °C za cca 1 minutu, kdy bylo zpuštěno čerpadlo hasičského vozu a „primární“ požár byl uhašen během cca 2 minut. Obdobný průběh teploty na jiných místech zaznamenaly i ostatní sondy. Obdobně jako při testech v roce 2008 se ukázalo, že požár byl uhašen pouze zdánlivě. Jak ukazuje teplota naměřená sondou C umístěnou ve středu regálu mezi muzejními materiály se za cca 10 min rozhořel doutnavý požár, který ale nepřešel v plamenný požár, jako tomu bylo při testech v roce 2008. Příčinou tohoto jevu byla zřejmě skutečnost, že hašení bylo ukončeno zastavením čerpadla hasičského vozu až po 25 minutách. Vodní mlha přítomná po delší dobu zřejmě významně ochladila okolí ohniska doutnavého požáru, i když samotný doutnavý požár nedokázala uhasit.

Významné je, že požár se ani za těchto podmínek nepřenesl do sousedních regálů. Stejně jako při hašení sprinklery je i v tomto případě důležité, aby při hašení reálného požáru bylo čerpadlo zastaveno až po příchodu hasičů nebo po úplném uhašení požáru manuálními prostředky personálem muzea.

Koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého

I když vrata garáže byla při testu otevřená, přesto byla zaznamenána nižší koncentrace kyslíku v blízkosti požáru. Závislost koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého na čase při hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy je uvedena na obr. 32. Z obrázku je zjevné, že při požáru nastalo během 2 min 25 sec lokální snížení koncentrace kyslíku z 20,8 obj.% na 18,3 obj.%. Toto snížení koncentrace kyslíku je možno vysvětlit spotřebou kyslíku při hoření muzejních materiálů a dobře mu odpovídá zvýšení koncentrace oxidu uhličitého z 0 obj.% na 2,0 obj.%., které proběhlo ve stejném intervalu a na stejném místě.

Distribuce hasicí vody na podlaze garáže

Během požárních testů byla sledována i horizontální distribuce hasicí vody na podlaze garáže. Na podlahu garáže byly umístěny plechovky, které zachycovaly rozptýlenou hasicí vodu – obr. 4. Výsledky měření jsou shrnuty v tab. 2 a pro názornost uvedeny na obr. 33, kde pod číslem plechovky je uvedena stanovená intenzita dodávky vody. Tyto výsledky potvrdily skutečnost zjištěnou již při testech v roce 2008 a to, že rozptýlení vody ve zkušebním prostoru je značně nerovnoměrné.

Je to dáno zřejmě tím, že použité trysky vytvářejí rozstřik s dvěma kužely kapek vody a intenzitu dodávky pro jednotlivá místa významně ovlivňuje tvar a vzájemná interakce těchto rozstřiků. Skutečnost, že použité trysky poskytují rozstřik s dvěma kužely kapek, kdy ve středu se kužele se předpokládá pouze malé množství kapek potvrzuje fakt, že ve většině případů v místech bezprostředně pod tryskami byla stanovena malá intenzita dodávky vody (např. plechovka *1, 6, 7, 10*). Naopak některé plechovky mezi tryskami vykázaly vysokou intenzitu dodávky vody (např. plechovka *4* a *8*). Zajímavé je, že plechovky *2*, *5 a 11*, které byly v analogické pozici vzhledem tryskám jako dříve zmíněné plechovky, vykázaly podstatně menší intenzitu dodávky vody.

[8] Pro potřeby této zprávy byly zvoleny následující definice:
„Iniciační“ požár je požár, který je vyvolán počátečním hořením papíru a heptanu v plechovém vědru.
„Primární“ požár je požár, který je způsoben navazujícím hořením muzejních materiálů v regálu. Tento požár je potlačen systémem vodní mlhy.
„Sekundární“ požár je doutnavý požár muzejních materiálů, který nekontrolovaně pokračuje po potlačení „primárního“ požáru systémem vodní mlhy.

Tab. 2. Testy rozptýlení vody na podlaze garáže

Číslo plechovky	Objem zadržené vody za 25 min (ml)	Celková dodávka vody za 25 min (L/m²)	Intenzita dodávky vody (L/m² min)
1	300	38,2	1,5
2	300	38,2	1,5
3	850	108,3	4,3
4	780	99,4	4,0
5	260	33,1	1,3
6	160	20,4	0,8
7	200	25,5	1,0
8	825	105,1	4,2
9	270	34,4	1,4
10	150	19,1	0,8
11	330	42,0	1,7
12	370	47,1	1,9

Z uvedeného vyplývá, že vysoká intenzita dodávky vody v oblasti plechovky *8*, která umožnila rychlé uhašení požáru v její blízkosti, byla do značné míry věcí náhody. Pokud by iniciační požár byl umístěn na druhé straně regálu v blízkosti plechovek *2* nebo *11*, hašení požáru vzhledem k podstatně menší intenzitě dodávky vody by muselo mít odlišný, pomalejší průběh.

Druhý faktor, který do značné míry ovlivnil naměřenou intenzitu dodávky vody na různých místech garáže, byla skutečnost, že rozstřik jednotlivých trysek byl významně ovlivněn samotnými regály a muzejními materiály, které byly v regálech umístěny.

Naměřené výsledky naznačují, že použití trysek FS 5 patrně nebylo optimálním řešením pro ochranu muzejních materiálů umístěných v regálech. Bylo by vhodné vyzkoušet jiný typ trysky, kterou dodává spol. Tyco, např. trysku nárazového typu AM24 *AquaMist,* která dle údajů výrobce poskytuje homogenní konický rozstřik.[9]

Změna hmotnosti archivních krabic při požárních testech:

Při hašení muzejních materiálů jsou předměty poškozovány nejen ohněm, ale i vodou.
Poškození archivních krabic bylo stejně jako při požárních testech v roce 2007 a 2008 sledováno vizuálním posouzením a dále změnou jejich hmotnosti, která nastala během hasicího procesu. Při testech 2009 byla prodloužena doba vypouštění vody z 4,5 minut na 25 minut. Rozmístění sledovaných krabic v regálech a ve zkušebním prostoru je patrné z obr. 2, 3 a 4. Krabice byly váženy před hašením a po ukončení hašení. Výsledky vážení jsou uvedeny tab. 3.

[9] Grinnell: *AquaMist@ OH System, Type AM 24 Aquqmist automatic nozzles, for the protection of light and ordinary hazard occupancies.* URL <http://www.wormald.com.au/__data/assets/pdf_file/0020/1658/AM24_AquaMist_Nozzle.pdf>

Z tab. 3 a z obr. 34 je patrné, že významný úbytek hmotnosti zaznamenaly krabice 1 a 2 v těsné blízkosti iniciačního požáru. Krabice byly velmi vážně poškozené – obr. 35 a po vynesení z garáže doutnaly. Tyto krabice se roztrhly a otevřely a byly dohašeny hasiči mimo prostor garáže – obr. 29. Úbytek hmotnosti stanovený se značnou nepřesností byl dán shořením části krabice a v ní obsaženého papíru. Ostatní krabice nebyly během požárního testu poškozené a nebyl postižený ani jejich obsah, a to i když byly umístěné poměrně blízko požáru.

Porovnáním polohy krabic (obr. 2 a 4) s přírůstkem hmotnosti krabic (tab. 3) je možno vysledovat závislost nárůstu hmotnosti archivních krabic na jejích poloze a jejich vzdálenosti od hubic. Krabice 3 a 5, které byly umístěny v horní polici regálu v místech, kde byla stanovena vysoká intenzita dodávky vody, vykázaly rovněž značné zvýšení hmotnosti. Naopak krabice 4 a 7, kde byla naměřena nízká intenzita dodávky vody, vykázaly menší zvýšení hmotnosti. Úbytek hmotnosti krabice 8 je vysvětlitelný tím, že krabice byla blízko požáru a během testu byla teplem požáru vysušena. Průměrný nárůst hmotnosti krabic byl 4,6%, zatím co při testu v roce 2008 byl 1,73 %. Je to přirozené, protože při testu v roce 2008 bylo doba vypouštění vody 4 min: 30 sec a množství rozstříknuté vody na 1 m^2 21,6 litrů, při testu v roce 2009 byla doba vypouštění 25 minut a množství rozstříknuté vody 119,9 L/m^2. Množstvím vody rozstříknuté během testu 2009 bylo 5,5 krát větší než v roce 2008, ale množství vody, kterou nasály krabice bylo pouze 2,7 krát větší. Je zřejmé, že většina vody při testu 2009 stekla po povrchu krabic dříve než se mohla do nich vsáknout.

Tab. 3. Změny hmotnosti archivních krabic při požárních testech

Číslo krabice	Hmotnost krabice před požárem (g)	Hmotnost krabice po požáru (g)	Rozdíl hmotností (g)	Rozdíl hmotností (%)	Stav krabice po požáru
1	3972	3719	-181	-4,55	spálená
2	4250	4114	-136	-3,2	spálená
3	4100	4734	634	15,46	mokrá
4	4418	4702	284	6,43	mokrá
5	3961	4417	456	11,51	mokrá
6	3482	3701	219	6,29	mokrá
7	3948	4147	199	5,04	mokrá
8	3621	3611	-10	-0,28	nepoškozená

Srovnání systému INERGEN se systémem nízkotlaká vodní mlha

Testy prokázaly, že oba zvolené systémy byly schopné účinně potlačit požár muzejních materiálů umístěných v regálech. Bylo zjištěno, že systém INERGEN zcela uhasil požár, zatím co systém nízkotlaké vodní mlhy požár pouze potlačil a zabránil jeho šíření do sousedních regálů. Doutnavý požár nebyl uhašen a archivní krabice s doutnajícím papírem musely být uhašeny po vynešení hasiči.

Představu o průběhu hašení poskytuje obr. 36. Jako kriterium pro srovnání obou systémů byla zvolena závislost teploty na čase zaznamenaná sondou C, tedy sondou, která byla umístěna ve středu *2.* regálu na úrovni *2.* police. Křivka pro INERGEN na obr. 36 potvrzuje, že systém INERGEN byl schopen zcela uhasit požár. Na křivce se neobjevují další maxima naznačující rozvinutí primárního (plamenného) požáru muzejních materiálů či sekundárního (doutnavého) požáru stejných materiálů.

Tato maxima se naopak objevují na křivce systému nízkotlaké vodní mlhy. Na křivce nízkotlaké vodní mlhy se nachází maximum primárního požáru, které naznačuje, že ve středu *2.* regálu na úrovni *2.* i po spuštění hasicího systému se po cca 2 minutách rozvinul „primární“ požár archivních materiálů. Na křivce je další maximum (mezi 10 a 11 minutou) potvrzující rozvinutí „sekundárního“ doutnavého požáru, který ale nepřešel do stádia plamenného požáru.

Ze srovnání obr. 36 a obr. 37 jasně vyplynul význam prodloužení doby hašení z 4,5 min. (test Tyco 2008) na 25 minut. Toto prodloužení doby hašení zabránilo tomu, aby doutnavý požár nepřešel do stádia plamenného požáru a to díky chladicímu účinku vodní mlhy, která byla vtahována do místa doutnavého požáru jako substituce odcházejícího horkého vzduchu a spalin.

Z obr. 36 vyplynula další skutečnost a to, že systém nízkotlaké vodní mlhy byl schopen potlačit „iniciační“ požár rychleji než systém INERGEN. Je to dáno pravděpodobně tím, že chladící efekt vodní mlhy je významně vyšší než chladicí efekt plynného INERGENU[10].

Detekce a signalizace požáru pomocí GSM komunikátoru a mobilních telefonů

V rámci požárních testů byly uskutečněny zkoušky detekce a signalizace požáru pomocí GSM komunikátoru a mobilních telefonů. Zkoušky, které provedli pracovníci společnosti Flajzar, s.r.o. prokázaly schopnost tohoto poměrně jednoduchého a levného komunikačního systému informovat zodpovědné pracovníky především malých muzeí o vzniklé krizové situaci. Celková zpráva, kterou zpracovala společnost Flajzar je přiložena jako příloha 1.

Závěry:

1. Systém INERGEN prokázal za daných experimentálních podmínek svou schopnost uhasit požár muzejních materiálů, zatím co systém vodní mlhy požár pouze potlačil.
2. Uhašení požáru muzejních materiálů, včetně požáru doutnavého INERGENEM, bylo dosaženo tím, že koncentrace kyslíku v testovací garáži byla snížena na 8,1 obj.%. Toto snížení koncentrace kyslíku není běžně přípustné vzhledem k bezpečnosti „zapomenutých“ osob. Má-li být zachována tato běžně deklarovaná zdravotní výhoda INERGENU, potom je nutné dodržet koncentraci kyslíku 11,5 obj.%. Jak naznačuje práce uvedená v poznámce pod čarou 3 je velmi pravděpodobné, že doutnavý požár papíru za těchto podmínek nebude uhašen.
3. Nevýhodou systému INERGEN bylo, že požadoval dokonalé utěsnění testovací garáže, zatím co systém nízkotlaké vodní mlhy byl účinný při otevřených vratech garáže.
4. Požární testy prokázaly, že distribuce hasicí vody na podlaze garáže je velmi nerovnoměrná. V případě, že by systém nízkotlaké mlhy měl být skutečně použit k ochraně muzeí, případně knihoven (např. depozitáře Klementina), bylo by vhodné vyzkoušet jinou hubici, např. hubici Tyco: *AquaMist@ OH System, Type AM* 24 a sledovat rovnoměrnost rozptýlení vodní mlhy dosažené touto hubicí.
5. Archivní krabice zhotovené z archivní lepenky Laurent, které vyrobila spol. EMBA, spol. s r.o. Paseky nad Jizerou, se ukázaly jako odolné vůči vodě.
6. Byl úspěšně vyzkoušen jednoduchý a finančně nenáročný zabezpečovací systém schopný nahlásit požární situaci pomocí SMS. Systém AHS-600 dodaný společností Flajzar, s.r.o. sestával z detektorů kouře (fotoelektrický a ionizační) a detektoru teploty, GSM komunikátoru, který vyslal předem zvoleným návštěvníkům semináře a pracovníkům muzea SMS, která je informovala, že v testovací garáži vznikl požár.

[10] Zatímco specifická entalpie varu (výparné teplo) vody je 2256,68 kJ/Kg a specifická tepelná kapacita vodní páry při konstantním tlaku a při 25 °C je 1,8638 kJ/kg K, specifická tepelná kapacita INERGENU je pouze 0,574 kJ/kg K – podrobněji viz obr. 38.

7. Plnoměřítkové požární testy systému INERGEN a systému nízkotlaká vodní mlha názorně demonstrovaly účastníkům semináře „Technologie požární ochrany muzeí“ výhody a nevýhody obou hasicích metod. Účastníci semináře nejen sledovali účinnost těchto metod při hašení muzejních materiálů, ale měli i možnost diskutovat s řadou přítomných specialistů klady i zápory těchto metod při požární ochraně kulturního dědictví.

8. Při testech FOGTEC v roce 2007, při testech Tyco v roce 2008 a při testech 2009 pracovníci Metodického střediska konzervace při Technickém muzeu v Brně získali cenné teoretické i praktické zkušenosti, jak při jejich experimentálním provedení, tak při jejich vyhodnocení. Tyto zkušenosti bude možné použít při vypracování metodického listu pro uskutečnění plnoměřítkových testů SHZ, které budou nezbytné pro odpovědné a nestranné doporučení a výběr technologie hašení požáru v muzeích, galeriích, knihovnách a archivech ČR.

Poznámka:

Tyto plnoměřítkové požární testy byly uskutečněny v rámci projektu Ministerstva kultury ČR „Technologie ochrany kulturního dědictví před požáry“, jehož nositelem je Technické muzeum v Brně.

Poděkování

Autor této zprávy by chtěl poděkovat celé řadě pracovnic a pracovníků Technického muzea v Brně, kteří svou iniciativou a pracovní spolehlivostí pomohli zajistit, jak úspěšný průběh plnoměřítkových požárních testů, tak celého semináře „Technologie požární ochrany muzeí“. Můj dík patří především Ing. Martinu Mrázkovi, Ph.D., vedoucímu Metodického centra konzervace Technického muzea v Brně, za celkové zajištění zmíněného semináře a s tím souvisejících plnoměřítkových požárních testů.

Dále můj dík patří Ing. Jitce Vrajové, která iniciativně a bezchybně organizačně zajistila průběh celého semináře a mimo to se významně podílela na organizaci plnoměřítkových testů. Ing. Haně Grossmanové a pí. Renatě Pelíškové bych chtěl poděkovat za zajištění fyzikálních měření a vyhodnocení jejich výsledků.
Dále děkuji pracovníkům Technického muzea v Brně – Líšni, kteří pod vedením p. Petra Hochmanna obětavě zajistili technickou stránku plnoměřítkových testů.

Konečně bych rád touto formou poděkoval Ing. Stanislavovi Musilovi, řediteli společnosti Fire Eater CZ, za nezištnou úspěšnou realizaci plnoměřítkových testů systému INERGEN a řediteli Tyco Fire & Integrated Solutions s.r.o. Vysoké Mýto Ing. Luboši Dostálovi a jeho spolupracovníkům p. Vlastimilu Hubinkovi a p. Josefu Zavřelovi, za pomoc při instalaci systému nízkotlaké vodní mlhy.

Děkuji příslušníkům Jednotky sboru dobrovolných hasičů obce Lelkovice, kteří, obdobně jako v roce 2008, zajistili požární bezpečnost plnoměřítkových testů a navíc se obětavě podíleli na vlastním provedení testů.
Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům společnosti ELKOSO, kteří pod vedením p. Jiřího Marka uskutečnili náročné měření teploty v testovací místnosti a dále p. Martinu Skřivánkovi, pracovníkovi společnosti Detecta, který zajistil měření koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého.
Moje poděkování patří i p. Tomášovi Flajzarovi, jednateli společnosti Flajzar, s.r.o a jeho spolupracovníkům za instalaci a úspěšné vyzkoušení systému detekce a signalizace požáru pomocí GSM komunikátoru.

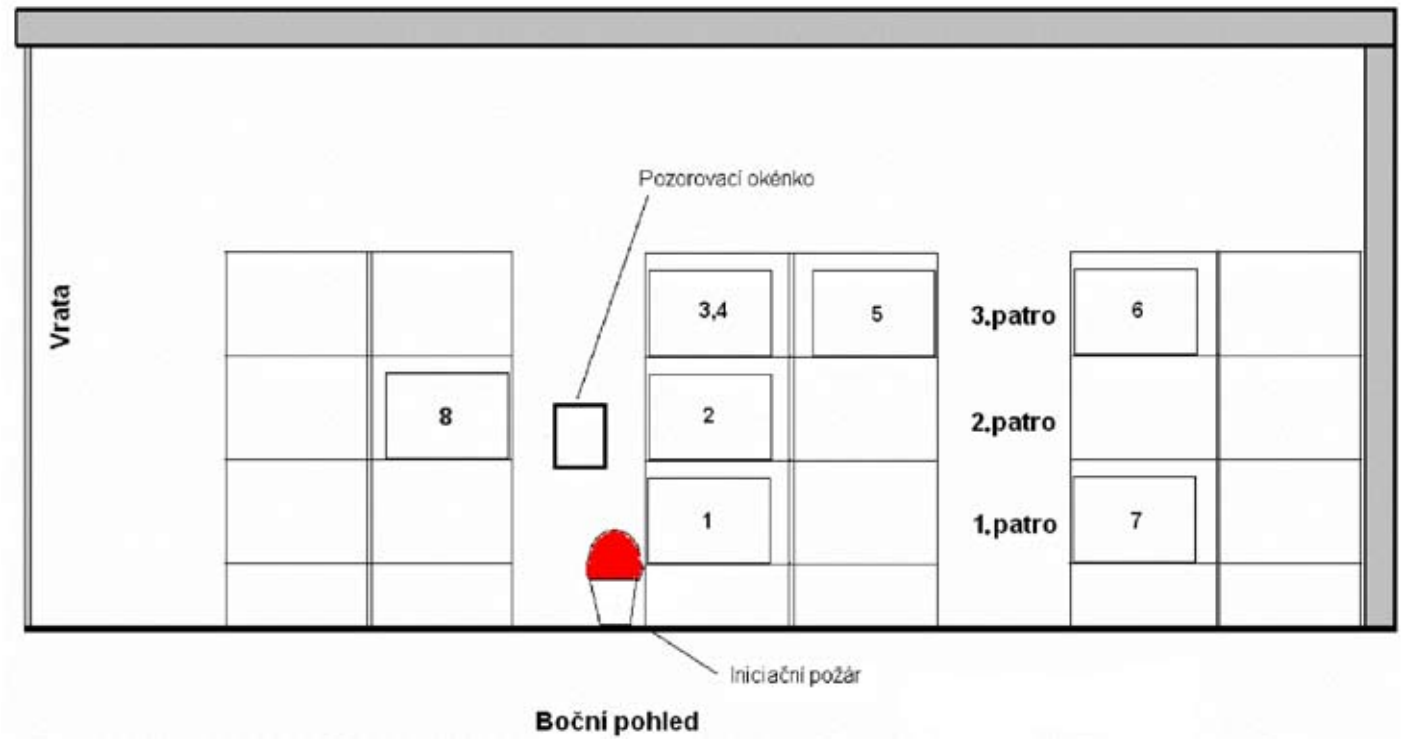
Praha, Brno, červen 2009

Prof. Ing. Jiří Zelinger, DrSc.
řešitel projektu „Technologie ochrany kulturního dědictví před požáry“
Metodické centrum konzervace
Technické muzeum v Brně

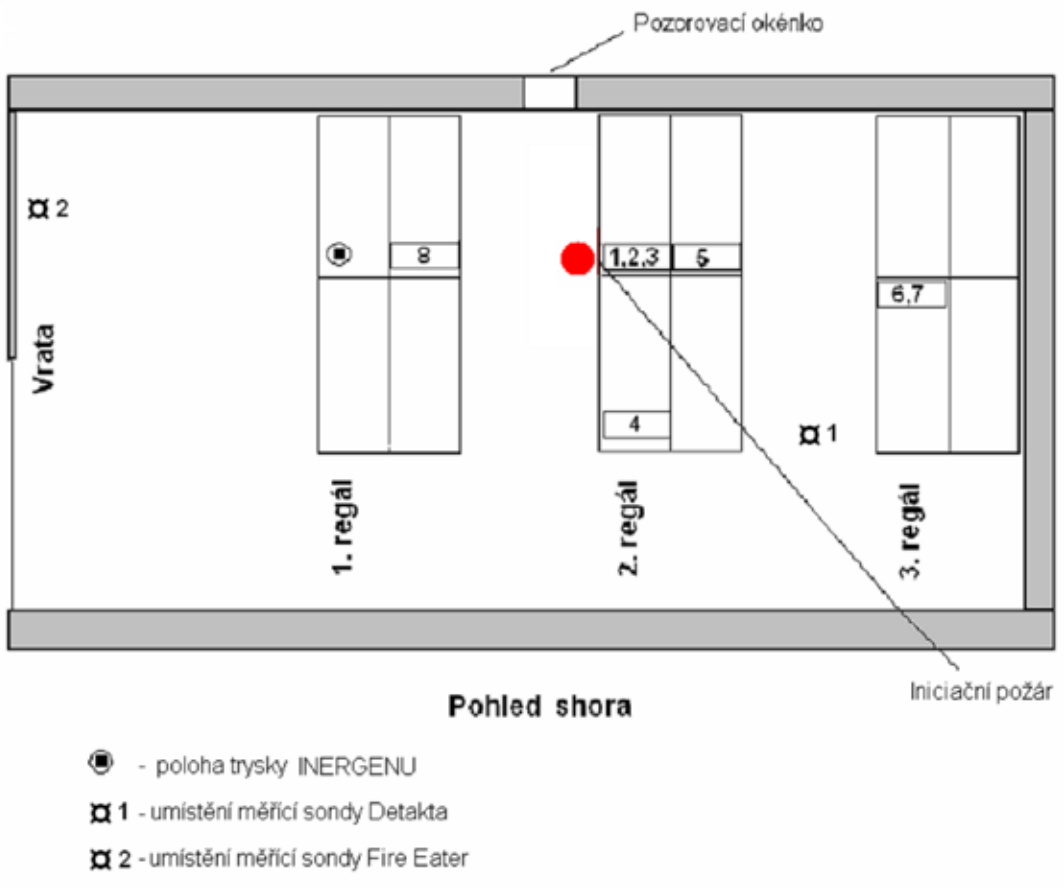
Plnoměřítkové požární testy uskutečněné v Technickém muzeu v Brně - Líšni dne 12. května 2009

Obrazová příloha

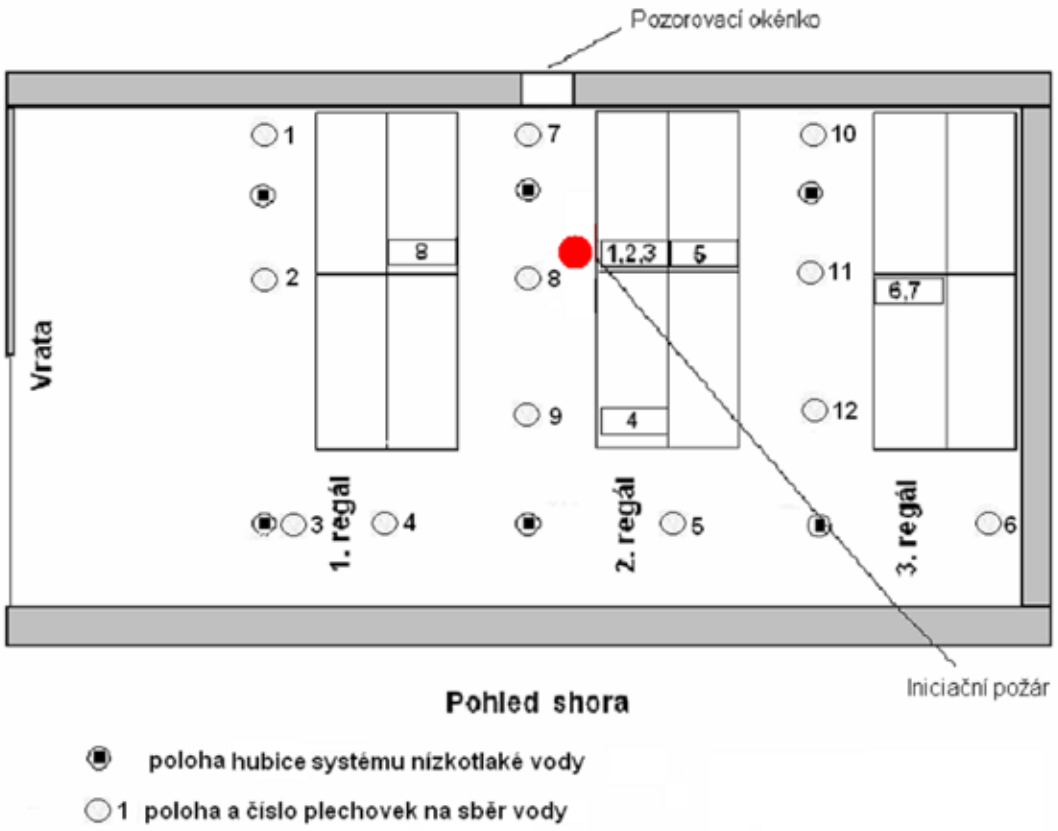
Obr. 1. Police zaplněné muzejním materiálem před zahájením požárního testu.



Obr. 2. Boční pohled na umístění regálů, zkušebních archivních krabic a iniciačního ohně.



Obr. 3. Test 1. Umístění trysky systému INERGEN, sond na měření kyslíku a oxidu uhličitého a zkušebních archivních krabic v testovací garáži.

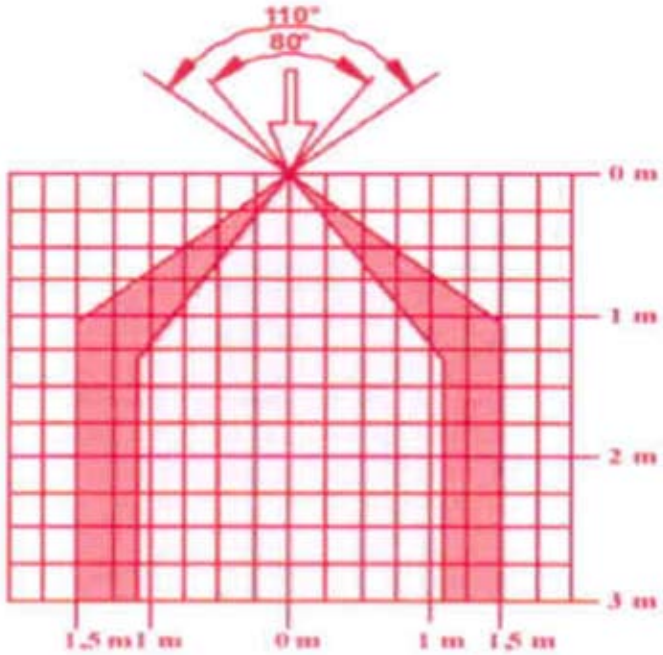


Obr. 4. Test 2. Umístění trysek systému nízkotlaké vodní mlhy v testovací garáži. Na obrázku je znázorněno umístění plechovek na podlaze garáže a zkušebních archivních krabic v regálech.

Obr. 5. Test 1. Láhev s INERGENEM o tlaku 300 bar umístěná před vraty garáže.

Obr. 6. Test 1. Přívodní potrubí zakončené tryskou INERGENU.

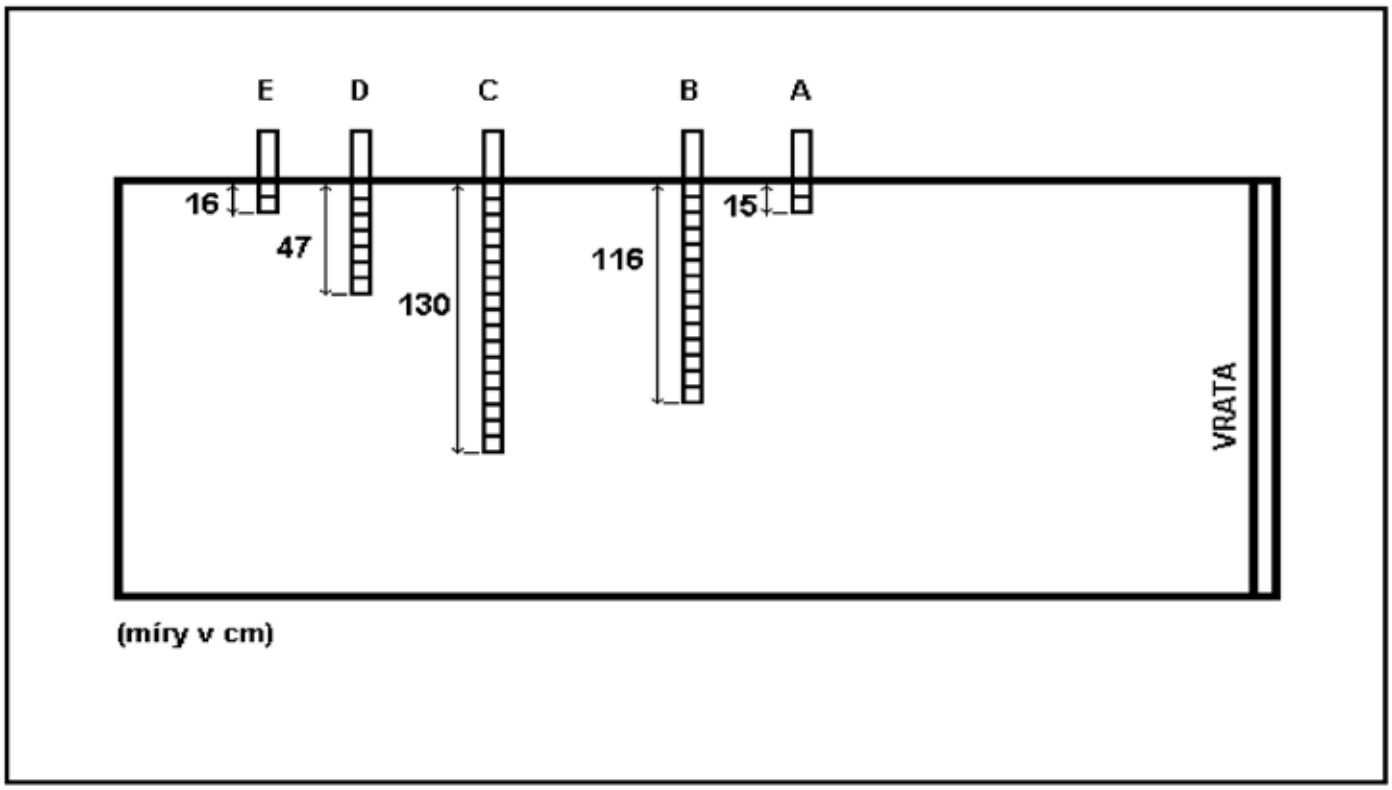
Obr. 7. Test 2. Vyobrazení hubice FS 5 systému nízkotlaké vodní mlhy MicroDrop.



Obr. 8. Test 2. Charakteristika rozstřiku hubice typu FS 5 systému nízkotlaké vodní mlhy MicroDrop.

Obr. 9. Test 2. Vlevo hubice systému nízkotlaké vodní mlhy MicroDrop napojená na měděné letované potrubí. Na obrázku je patrné odhozené ochranné víčko hubice.

Obr. 10. Test 1. Plechové vědro naplněné papírem připravené pro iniciaci požáru. Na zemi jsou patrné plechovky určené pro zachycení kapek vody dopadající na zem – Test 2.



Obr. 11. Umístění sond s termočlánky a jejich označení.

Obr. 12. Příprava systému měření teploty během požárních testů v prostoru garáže pracovníky společnosti ELKOSO.

Obr. 13. Test 1. Stanovení koncentrace kyslíku přenosným analyzátorem plynu OxyGuard.

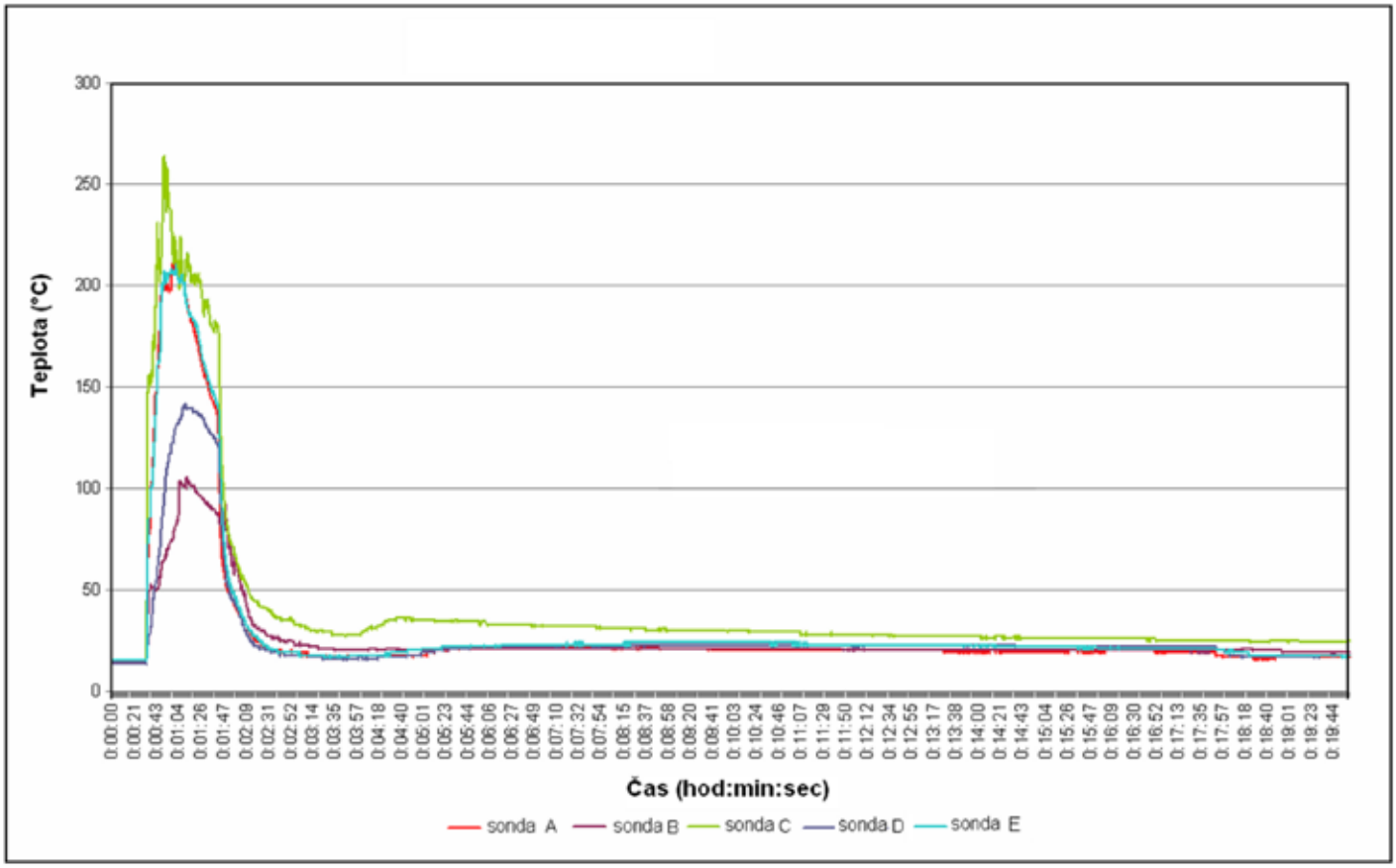
Obr. 14. Test 2. Plechovky použité při stanovení distribuce vody na podlaze garáže při hašení nízkotlakou vodní mlhou.

Obr. 15. Test 2. Pracovnice TMB měřící objem zachycené vody v plechovkách po hašení systémem nízkotlaké vody.

Obr. 16. Test 2. Hasiči vynášející zkušební archivní krabice po hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.

Obr. 17. Test 2. Vážení archivních krabic po hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.

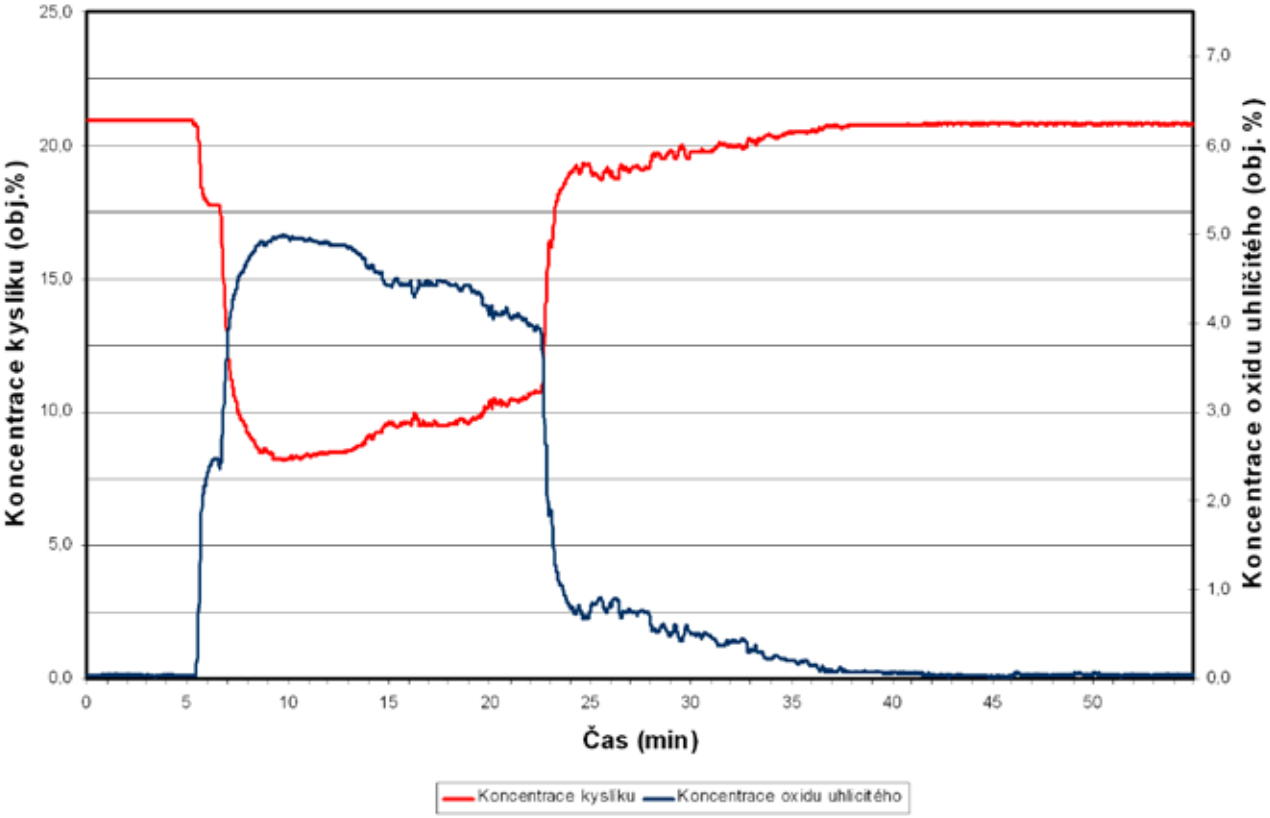
Obr. 18. Test 1. Požár muzejních materiálů těsně před spuštěním systému INERGEN.



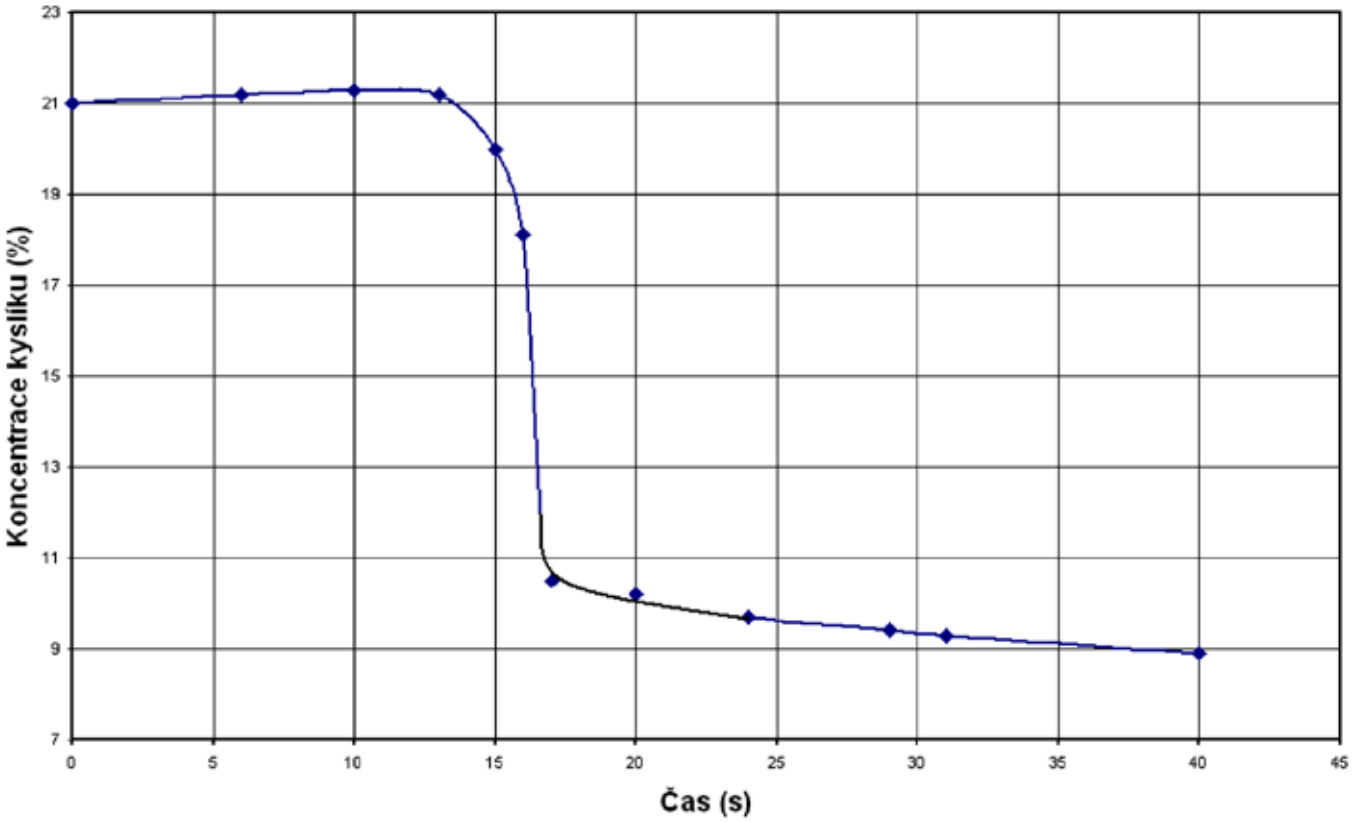
Obr. 19. Test 1. Závislost teploty na čase naměřená různými sondami při hašení INERGENEM.

Obr. 20. Test 1. Regál s poškozeným muzejním materiálem po uhašení INERGENEM.

Obr. 21. Test 1. Detail požárem poškozeného muzejního materiálu po uhašení INRGENEM.



Obr.22. Test 1. Závislost koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého na čase pro požární test s INERGENEM.



Obr. 23. Test 1. Koncentrace kyslíku stanovená přenosným analyzátorem plynu OxyGuard.

Obr. 24. Test 2. „Iniciační" požár před zahájením hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.

Obr. 25. Test 2. „Primární" požár těsně před zahájením hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.

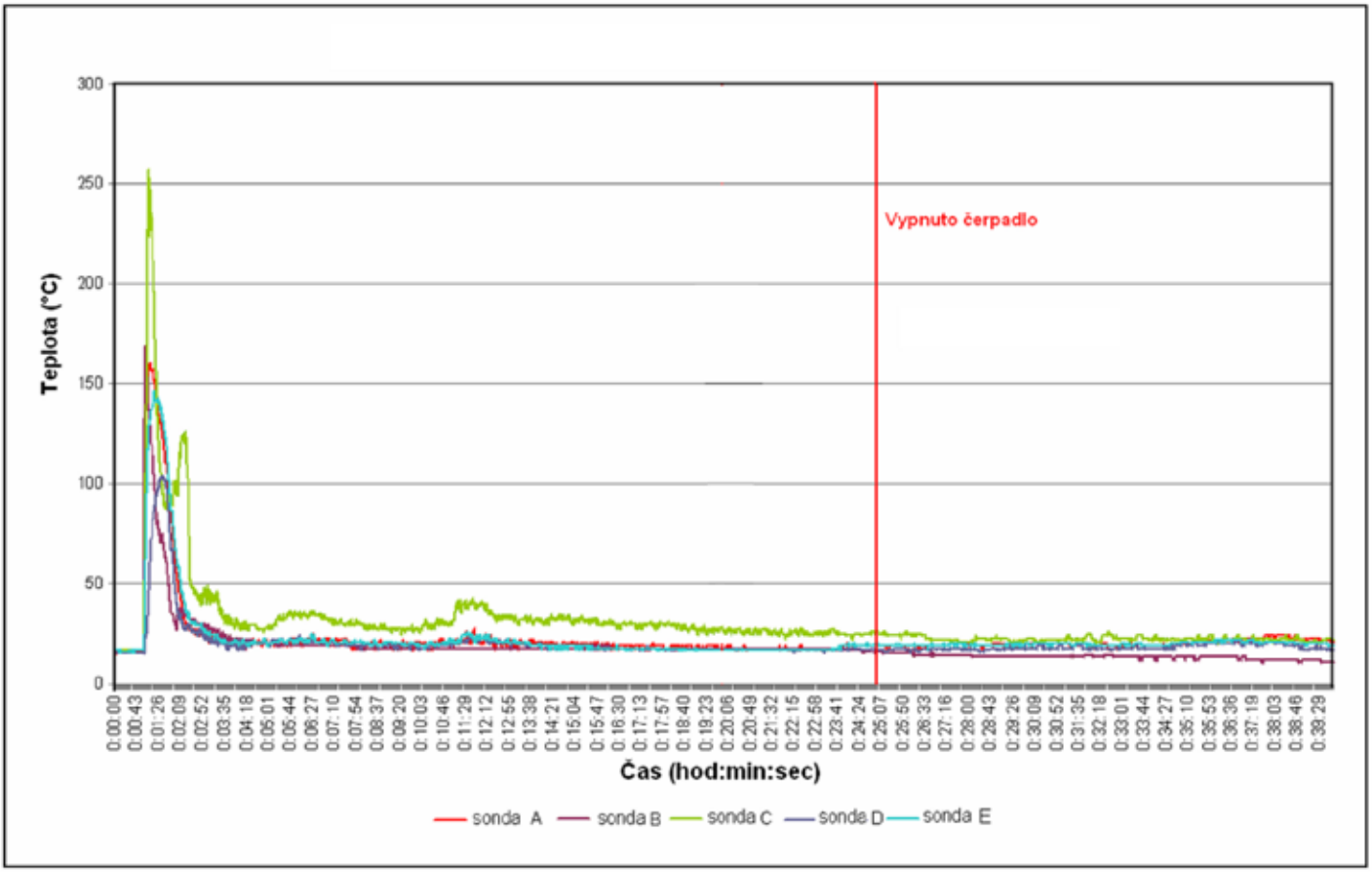
Obr. 26. Test 2. Požár během hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.

Obr. 27. Test 2. Požár v závěrečné fázi hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.

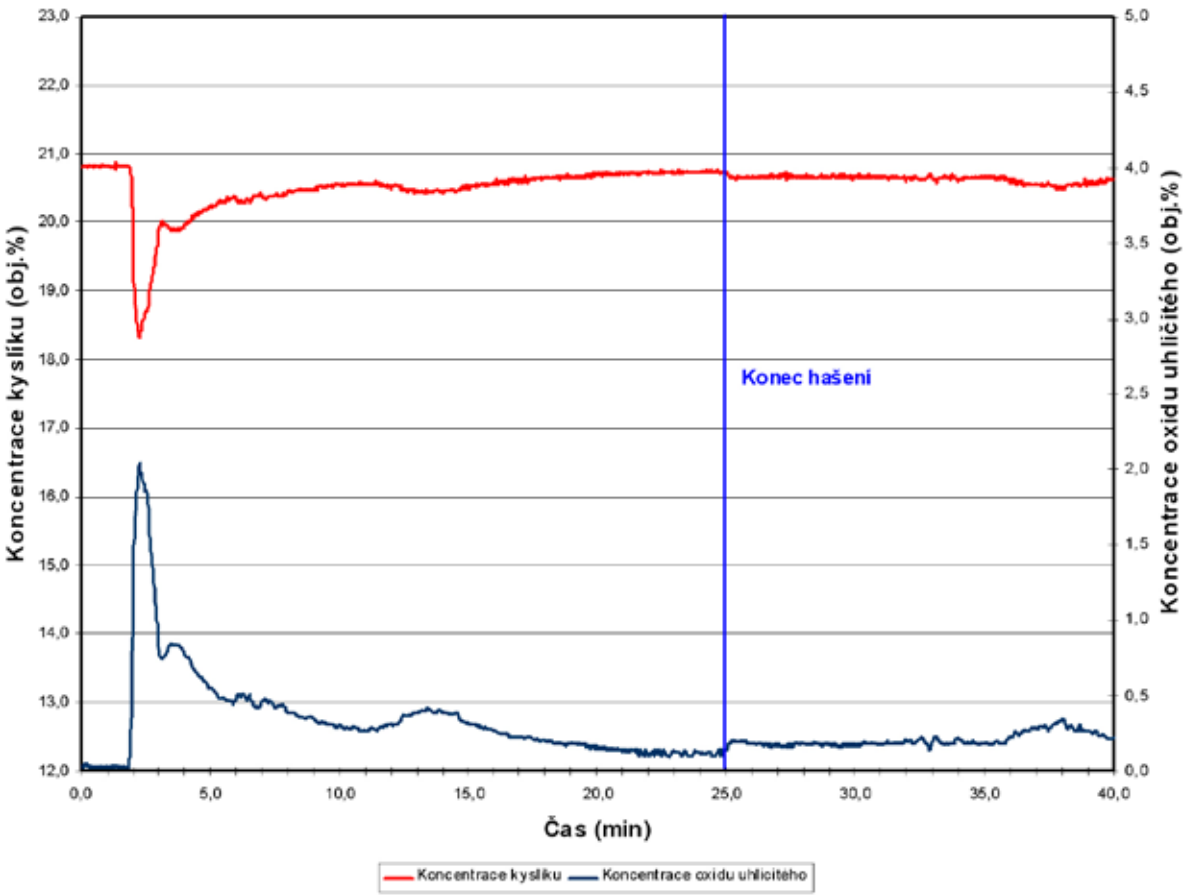
Obr. 28. Test 2. Regál s poškozeným muzejním materiálem po potlačení požáru systémem nízkotlaké vodní mlhy. Archivní krabice 2 byla poškozena doutnavým požárem ve středu regálu, krabice 3 nebyla vůbec požárem poškozena.

Obr. 29. Test 2. Dohašování doutnajících archivních krabic po vynešení z garáže hasiči.

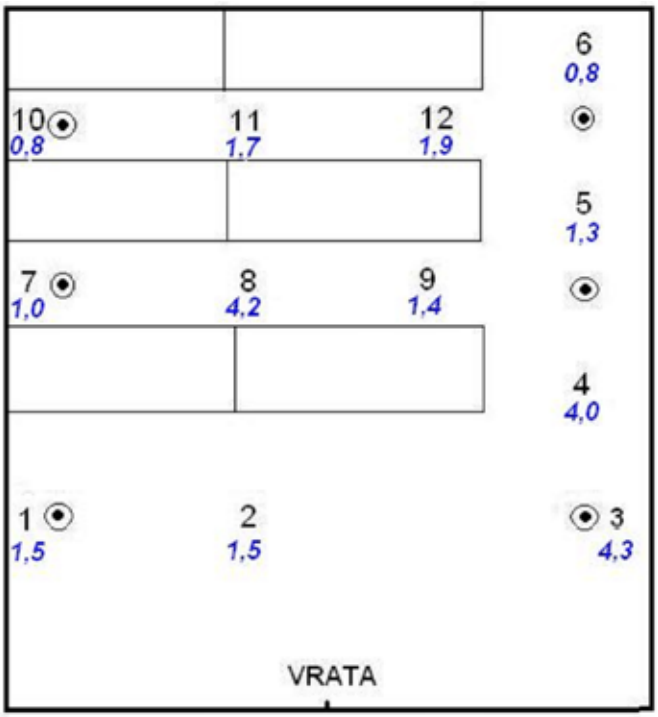
Obr. 30. Test 2. Vodní pára a kouř v garáži po hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.



Obr. 31. Test 2. Závislost teploty na čase naměřená různými sondami při hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.

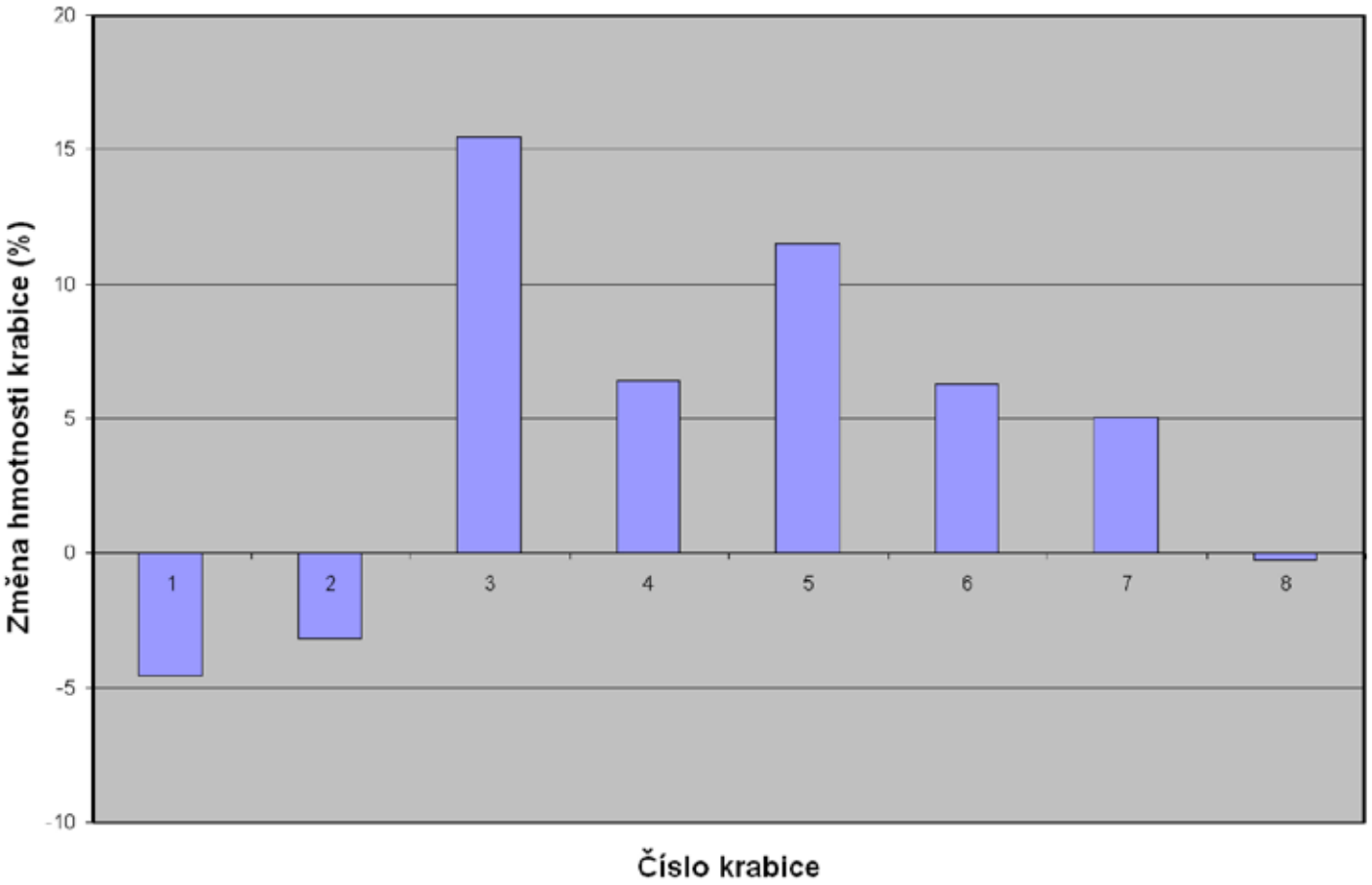


Obr. 32. Test 2. Závislost koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého na čase při hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.



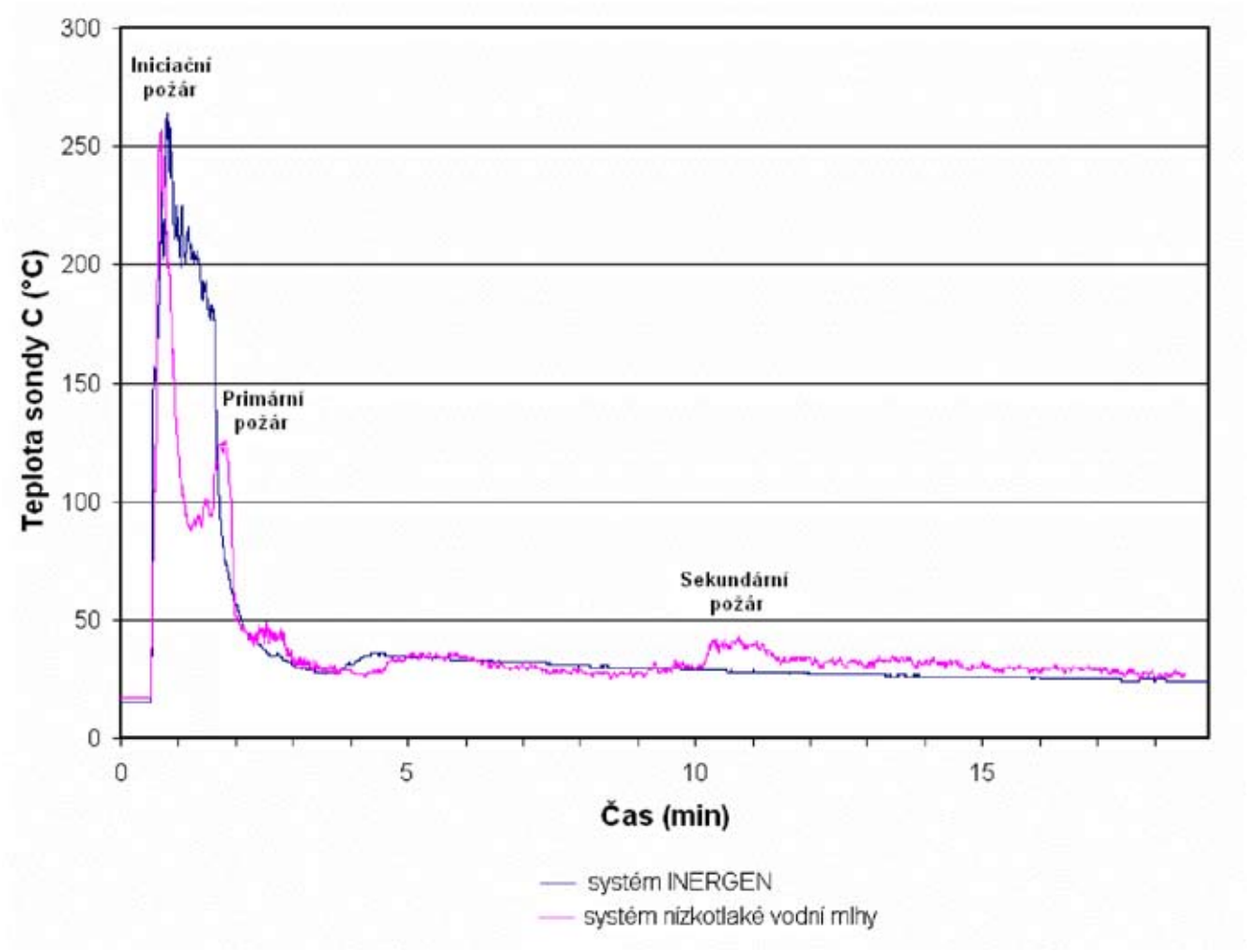
Obr. 33. Test 2. Stanovení distribuce hasicí vody na podlaze garáže.

poloha trysky nízkotlaké vodní mlhy
1 číslo a poloha sběrných nádob na vodu
X,Y intenzita dodávky vody (L/m²min)

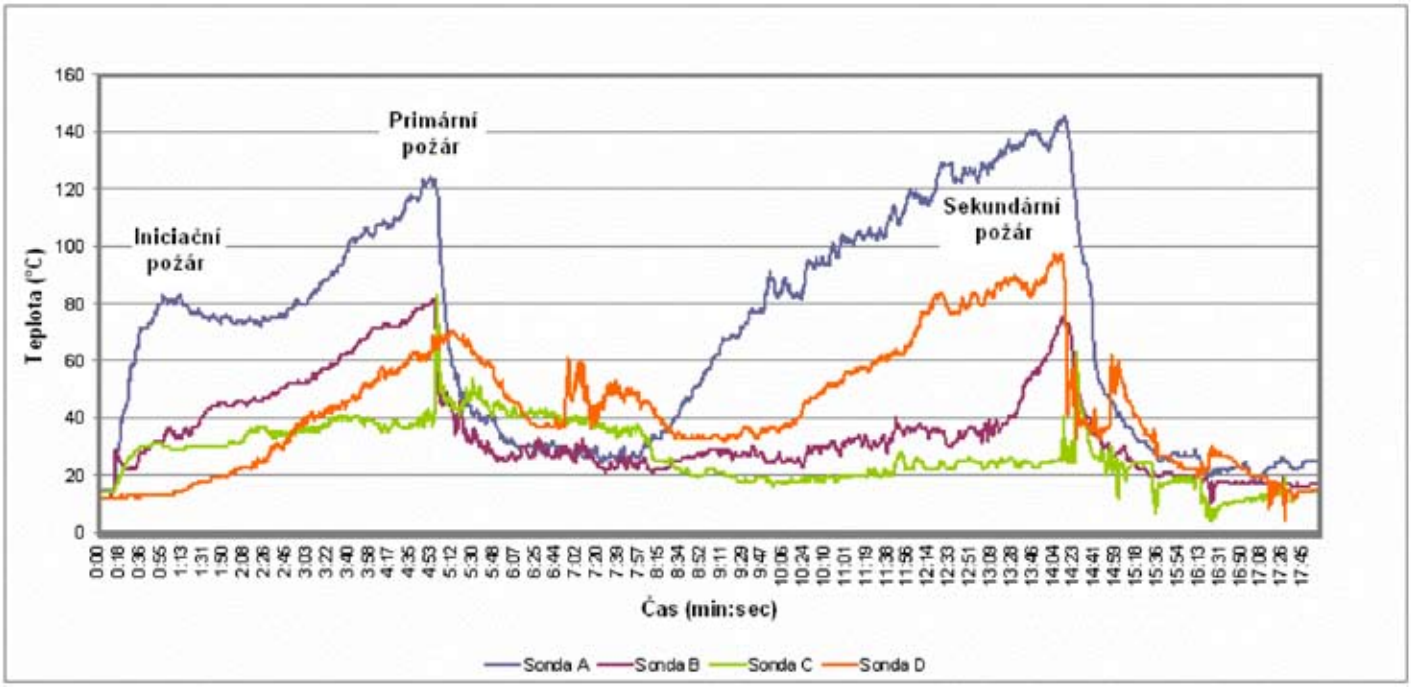


Obr. 34. Test 2. Změna hmotnosti archivních krabic při hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.

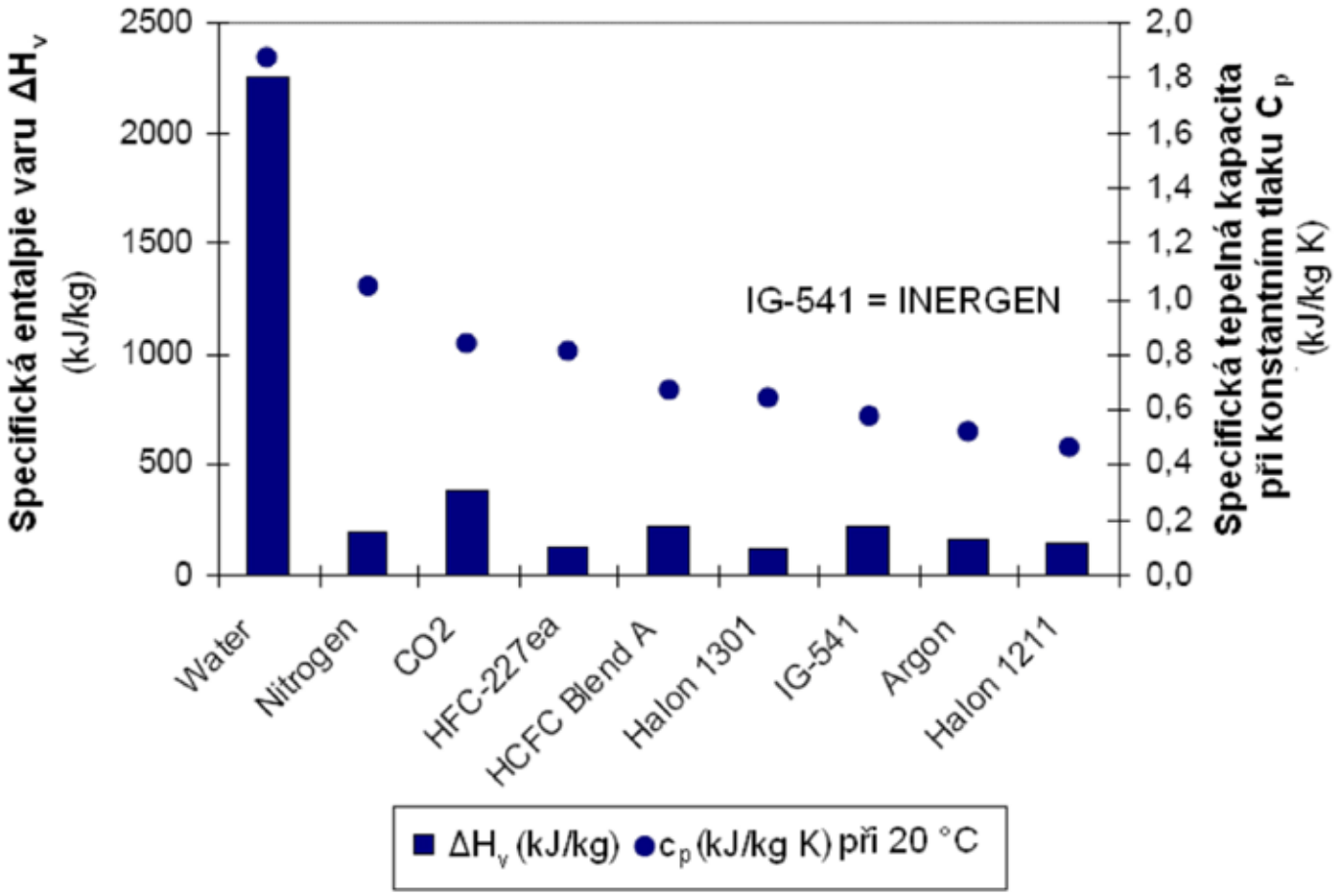
Obr. 35. Test 2. Archivní krabice po hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.



Obr. 36. Test 1 a 2. Srovnání závislosti teploty sondy C na čase pro systém INERGEN a systém nízkotlaké vodní mlhy.



Obr. 37. Test 2., Tyco 2008. Závislost teploty na čase naměřená různými sondami při hašení systémem nízkotlaké vodní mlhy.



Obr. 38. Tepelné vlastnosti vybraných hasiv.
(Wighus Ragnar: *Water Mist Fire Suppression Technology – Status and Gaps in Knowledge*. International Water Mist Conference, Vienna, Austria, 4 - 6 April 2001)

FLAJZAR® electronics
tel.: +420 518 628 596, +420 518 324 086 | mob.: +420 776 586 866 | fax.: +420 518 324 088 | e-mail: flajzar@flajzar.cz | web: www.flajzar.cz
FLAJZAR, s.r.o. - vývoj a výroba elektroniky
FLAJZAR, s.r.o., Lidéřovice 151, Vnorovy, PSČ 696 61

AHS-600 SYSTÉM HLÁŠENÍ POŽÁRU na mobilní telefon

Tento leták vznikl ku příležitosti praktického předvedení systému hlášení požáru, které se konalo dne 12. května v technickém muzeu v Brně.

Systém AHS-600 je spolehlivým a přitom cenově velmi přijatelným zařízením, které dokáže předat informaci o požáru až na 6 přednastavených telefonních čísel. Jedná se o český výrobek vyvinutý a vyráběný firmou FLAJZAR,s.r.o. (www.flajzar.cz, www.zabezpecit.cz).

Systém se skládá ze samotných čidel (nebo jen čidla) umístěných ve střeženém prostoru a hlavní jednotky, která se skládá z GSM komunikátoru a zálohovaného napájecího zdroje. Zařízení je tedy plně funkční i po výpadku síťového napájecího napětí.

Čidlem v tomto případě je požární detektor pracující buď na ionizační nebo optické bázi. Nejlepší je kombinace obou principů. U rozsáhlejších prostor je možné připojit celou řadu čidel a rozdělit je do 5-ti zón. Každá zóna je pak samostatně pojmenována a jakmile odpovědná osoba obdrží poplachovou sms zprávu, přímo v jejím textu se dozví nejen adresu objektu, ale i popis zóny, kde byl spuštěn poplach.

Systém AHS-600 je určen nejen k vyhodnocení a signalizaci požáru, ale je možné k němu připojit libovolné jiné čidlo. Ať už se jedná o čidlo zabezpečovací, detekující pohyby osob, čidla na dveřích a oknech, čidla vlhkosti, teploty apod.

Signalizace poplachu nebo jiného stavu zařízení prostřednictvím sítě GSM je moderním způsobem komunikace. GSM síť je velmi spolehlivá a mobilní telefon dnes vlastní téměř každý moderní člověk.

AHS-600 je možné doplnit i o hlasový modul, na který je nahrána libovolná hlasová zpráva. Při volání na pevné linky je pak "odříkávána" hlasová smyčka obsahující popis události a adresu. Je možné pak přímo předávat informaci na krizové čísla hasičů.

Další funkcí je možnost měření a hlídání teploty v prostoru a následné odeslání sms zprávy v případě překročení teploty.

Cena systému AHS-600 je 9 900,-Kč.

Ze široké nabídky je pak možné vybrat vhodná čidla pro daný prostor.

Praktické ověření systému bylo provedeno dne 12.5.2009 v Brně. Ve zkušebních prostorách Technického muzea byl zažehnut požár a sledovali jsme dobu reakce systému, spuštění sirény a předání informační sms zprávy na mobilní telefony zúčastněných osob.

Kromě sms zprávy byla informace potvrzena ještě klasickým prozvoněním.

Byly provedeny dvě praktické zkoušky. U první zkoušky byla doba reakce (spuštění sirény) do 2 vteřin, předání informačních sms zprávy na 1. nastavené telefonní číslo do 10ti vteřin. Další sms zprávy na další nastavená telefonní čísla byly předávány s intervaly asi 10 vteřin. Pak následovalo prozvoňování na nastavená telefonní čísla.

Po prvním testu došlo k zdeformování plastového krytu požárního čidla (obrázek 4). Při další zkoušce se však ukázalo, že čidlo je stále plně funkční a doba reakce od zažehnutí byla do 5ti vteřin. Opět byly rozeslány sms zprávy a bylo prozváněno na všechna přednastavená tel. čísla.

Oba testy byly velmi úspěšné a v obou případech došlo ke spolehlivému předání informace o požáru.

Doprovodné fotografie:

1

2

3

4

Popis k obrázkům:

1 - fotografie umístění jednotky AHS-600
2 - cvičný archiv s umístěným čidlem před požárem
3 - požár
4 - zdeformované čidlo po požáru - stále funkční