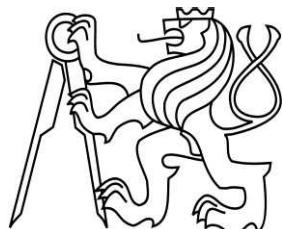


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov



Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Integrální bezpečnost staveb

DIPLOMOVÁ PRÁCE
UMÍSTĚNÍ POŽÁRNÍCH HLÁSIČŮ
V PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNÝCH OBJEKTECH
THE LOCATION OF FIRE DETECTORS IN HISTORICAL BUILDINGS

Bc. Iveta Zámoravcová

vedoucí práce: Ing. Pavla Pechová, Ph.D.

2019



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Zámoravcová Jméno: Iveta Osobní číslo: 396624
Zadávající katedra: Technických zařízení budov
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Integrální bezpečnost staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Umístění požárních hlásičů v památkově chráněných objektech

Název diplomové práce anglicky: A Location of Fire Detectors in Historical Buildings

Pokyny pro vypracování:

V teoretické části práce provedte rešerši způsobů řešení elektrické požární signalizace (EPS) v památkově chráněných objektech. Uvedte specifické podmínky, které ovlivňují výběr detekčních prvků a správný návrh EPS jako celku.

V praktické části vytvořte počítačový model v části historicky cenné budovy s prvky elektrické požární signalizace. Pro modelování použijte program Fire Dynamics Simulator (FDS). V modelu uvažujte různé umístění hlásiče v rámci střeženého prostoru. Zhodnoťte, co nejvíce ovlivňuje rychlosť detekce pro dané umístění, a čím může být pozitivně či negativně rychlosť detekce ovlivněna.

Seznam doporučené literatury:

Dudáček, A. Automatická detekce požáru. 2. vydání, 2008. Kučera, P. a Z. Pezdová. Základy matematického modelování požáru. 1. vydání. 2010. Drysdale, D. An Introduction to Fire Dynamics, 3rd Edition, 2011. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th Edition, 2015. Report on Fire in Atrium Buildings Problems and Control, 1992.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Pavla Pechová, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 1.10.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

2.10.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

S P E C I F I K A C E Z A D Á N Í

Jméno diplomanta: Bc. Iveta Zámoravcová

Název diplomové práce: Umístění požárních hlásičů v památkově chráněných objektech

Základní část: Systém elektrické požární signalizace v památkově chráněných objektech. podíl: 100 %

Formulace úkolů:

V teoretické části se zaměřte na problematiku požární ochrany v památkově chráněných objektech a strategii požární ochrany, která vede ke snížení požárního rizika. Dále se zaměřte na elektrickou požární signalizaci (EPS), jako na vyhrazený druh požárně bezpečnostního zařízení. Uveďte prvky, které tvoří systém elektrické požární signalizace, a uveďte základní principy, na kterých požární hlásiče pracují.

V praktické části vytvořte počítačový model požáru v objektu Invalidovny, která je od července 2017 národní kulturní památkou. Vytvořte model pouze jedné obytné jednotky, která sloužila v době svého vzniku k ubytování invalidů, a později jako prostor vojenského archivu. Pro počítačovou simulaci uvažujte pro obytnou jednotku funkci archivu, kde jsou na otevřených regálech umístěny stohy papíru. V ubytovací jednotce umístěte požární hlásiče dle skutečného stavu, a zhodnoťte efektivnost systému EPS, v případě různých požárních scénářů. K simulaci použijte program FDS (Fire Dynamics Simulator).

Podpis vedoucího DP: Datum: 12.10.2018

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Umístění požárních hlásičů v památkově chráněných objektech“ jsem vypracovala samostatně pod vedením Ing. Pavly Pechové, Ph.D. Všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 6.1.2019

.....
Bc. Iveta Zámoravcová

Poděkování

Chtěla bych velice poděkovat Ing. Pavle Pechové, Ph.D., za odborné vedení, pomoc, nápady a cenné rady při zpracování této diplomové práce.

Dále bych také chtěla poděkovat celé své rodině za podporu, kterou mi vyjadřovali během celého studia.

Obsah

Abstrakt	VI	
Abstract	VI	
Seznam použitých symbolů a zkratek	VII	
1	Úvod	9
2	Cíl diplomové práce	11
3	Požární ochrana památek a riziko vzniku požáru	12
3.1	Strategie v požární ochraně památek	12
3.2	Analýza rizika poškození památky požárem	12
3.2.1	Metoda odhadu rizika	13
3.2.2	Kvalitativní odhad rizika požáru	13
4	Systém pasivní požární ochrany	15
5	Systém aktivní požární ochrany	16
5.1	Základní rozdělení systému EPS	17
5.1.1	Neadresovatelné systémy EPS	18
5.1.2	Adresovatelné systémy EPS	18
5.1.3	Analogový systém EPS	19
5.2	Ústředna EPS	19
5.2.1	Jednostupňová EPS	19
5.2.2	Vícestupňová EPS	20
5.3	Hlásiče požáru	21
5.3.1	Umístění požárních hlásičů	22
5.3.2	Kouřové hlásiče	26
5.3.3	Teplotní hlásiče	31
5.3.4	Hlásiče vyzařování plamene	33
5.3.5	Multisenzorové hlásiče	34
5.3.6	Bezdrátové hlásiče	34
5.3.7	Hlásiče využívající videodetekci	36
6	Základy modelování	38
6.1	Vstupní údaje	39
6.2	Výstupní údaje	39
7	Modelový příklad	40
7.1	Popis ubytovací jednotky	41
7.2	Vstupní parametry pro modelaci jednotky	43
7.3	Validace modelu	48
7.4	Citlivostní analýza	50
7.5	Výstupní parametry	53
7.5.1	První simulace	53
7.5.2	Druhá simulace	58
7.5.3	Třetí simulace	62
7.5.4	Čtvrtá simulace	65

7.5.5	Zhodnocení simulací	67
8	Závěr	68
Příloha 1 – dotazník pro odhad rizika	70	
Příloha 2 – Fotografie ubytovací jednotky Invalidovny.....	71	
Příloha 3 – Půdorys 1.NP	73	
Příloha 4 – Půdorys 2.NP	74	
Příloha 5 – Zdrojový kód: První simulace.....	75	
Seznam obrázků.....	80	
Seznam tabulek	82	
Literatura	83	

Abstrakt

Diplomová práce se v teoretické části zaměřuje na současný stav poznání v oblasti požárních hlásičů a jejich umístění, technologii detekce požáru zaměřená na nejpoužívanější hlásiče, nové metody využití hlásičů i typy, které jsou i nejsou vhodné pro instalaci do památkově chráněných budov. Dále jsou v práci uvedeny nezbytné komponenty, které jsou součástí elektrické požární signalizace. V praktické části byl vytvořen počítačový model pomocí softwaru FDS, národní kulturní památky pražské Invalidovny, konkrétně jedné ubytovací jednotky. V několika různých simulacích se liší lokace zdroje hoření. U navržených požárních hlásičů se vyhodnocuje rychlosť detekce požáru.

Klíčová slova

Památkově chráněný objekt; požár; požární hlásič; umístění požárního hlásiče; elektrická požární signalizace; archiv; klenba; Fire Dynamics Simulator (FDS);

Abstract

The thesis in the field of the theoretical parts focuses on the current state of knowledge of fire detectors and their location in construction, fire detection technology focused on the most used detectors, new methods of using detectors and types, which are not suitable for installation in listed buildings. The necessary components are included in the work, which are part of the fire alarm system. In the practical part I have created a computer model of national cultural monument of Prague Invalidovna, specifically one accommodation unit. In several different simulations the location of the sources of fire differs. The fire detection rate is evaluated for the proposed fire detectors.

Keywords

Fire; fire alarms; locations of fire alarms, fire detection and fire alarm systems; archives; vault; Fire Dynamics Simulator (FDS);

Seznam použitých symbolů a zkratek

Latinské symboly

A	Plocha	m^2
c	Měrná tepelná kapacita	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

Řecké symboly

λ	Součinitel tepelné vodivosti	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
ρ	Objemová hmotnost	kg/m^3

Zkratky

HZS	Hasičský záchranný sbor
SDH	Sbor dobrovolných hasičů
hl. m.	hlavní město
EPS	Elektrická požární signalizace
PBZ	Požárně bezpečnostní zařízení
SHZ	Stabilní hasicí zařízení
ZOKT	Zařízení pro odvod kouře a tepla
CFD	Computational Fluid Dynamics
FDS	Fire Dynamics Simulator (software)
PÚ	Požární úsek
PBŘ	Požárně bezpečnostní řešení
ÚC	Úniková cesta
CHÚC	Chráněná úniková cesta
NUC	Nechráněná úniková cesta
VSD	Video smoke detection
VIFD	Videodetektor požáru (Video Image Fire Detector)
SMV	Smokeview
CCTV	Uzavřený televizní okruh (Closed Circuit Television)
EZS	Elektronické zabezpečovací signalizace

ZDP	Zařízení dálkového přenosu
PCO	Pult centrální ochrany
IR	Infračervené záření
UV	Ultrafialové záření
NIST	National Institute of Standards and Technology
KV	Konstrukční výška

1 Úvod

Požár je nejničivější z možných katastrof, které mohou památkové objekty a sbírky postihnout. Při krádeži je naděje, že bude zloděj dopaden a hodnotná sbírka se navrátí zpět na své místo. Škody způsobené povodněmi dovolují obnovit moderní technologie. Chemické či mechanické znehodnocení díla je typické pro vandalismus, i toto lze vrátit do původního stavu pomocí vhodně zvolené technologie restaurátorství. Obnovit památky, sbírky a mobiliáře poškozené požárem je však nemožné. Hodnotu a významnost památky nenahradí ani sebelepší replika.

V památkových objektech jsou často použity materiály organického původu např. dřevo, useň, papír, hořlavé kapaliny atd., které napomáhají rozvoji vzniklého požáru. Úkolem požární ochrany je navrhnut taková opatření, která zamezí vzniku požáru a případně jeho rozvoj výrazně omezí či zastaví.

Možnost, jak ochránit muzejní sbírky, pergamenové a papírové listiny, sochy, fotografie, je preventivní ochrana před požárem. V minulosti se neuvažovalo o požární ochraně budov a v dnešní době se snažíme přizpůsobit požadavkům na bezpečnost, evakuaci osob, zvířat a majetku, v historických budovách. Nebylo použito řešení dělení do požárních úseků, neuvažovalo se o únikových délkách, odvětrání, instalaci stabilních hasicích systémů a elektrické požární signalizace. To bezpochyby v minulosti vedlo k mnohonásobně vyšším ztrátám na životech a škodám na majetku.

V současnosti není výjimkou, že požár zachvátí i ty nejvýznamnější památky. Tou světovou je zámek Windsor ve Spojeném království v roce 1992, kde požár vznikl v soukromé kapli. Rychle se rozšířil a zničil jednu pětinu zámku. Zásah trval více než 15 hodin a spotřebovalo se 1,5 milionu litrů vody. Celkové náklady na opravu poškozené části byly 37 milionů britských liber.

V České republice je nejznámější požár Národního divadla dne 12.srpna 1881 v podvečerních hodinách, kde na střeše budovy byly prováděny dokončovací práce na hromosvodu. Jednou z verzí je, že dva dělníci při výměně měděného lana za drát, při letování použili plechová kamínka a po uhašení vhodili uhlí do okapového žlabu na střeše. Soudní komise rozhodla, že vysypané uhlí dopomohlo k rozpálení plechu a následnému vznícení střechy a odsoudila řemeslníky k týdennímu vězení. Druhou verzí je úmyslné založení požáru [1], ta se však neprokázala, ale objasnila pomocí modelové zkoušky z roku 1982 provedenou Ing. Masaříkem, CSc., že požár nemohl vzniknout z nedbalosti řemeslníků. Je tedy možné, že verze úmyslného založení požáru je pravděpodobná, ale nelze ji považovat za prokazatelnou. Nicméně znovu otevření Národního divadla bylo 18. listopadu 1883 představením Smetanovy opery Libuše.

Největší z požárů dnešní doby byl požár Průmyslového paláce na pražském Výstavišti v roce 2008. Příčinou vzniku požáru bylo neštastnou shodou náhod zapnutí dvouplotýnkového vařiče. Během několika minut zasáhl požár celý objekt levého křídla. Zasahující jednotky se snažily zabránit rozšíření požáru na střední část a pravé křídlo. To se podařilo vlivem správné koordinace

a pozitivním okolnostem – bezvětří, děšť, velké nástupní plochy pro rozvinutí výškové požární techniky. Byla zřízena dvě centra pro zásobování požární vodou zajišťující trvalý přísun hasebních látek. Na místě zasahovalo celkem 9 jednotek hasičského záchranného sboru hl. m. Prahy (disponovali 123 hasiči a 33 požárními automobily), 25 jednotek SDH (s počtem 152 hasičů a 36 požárních vozidel). V záloze bylo 75 hasičů HZS hl. m. Prahy, 10 hasičů HZS Středočeského kraje – stanice Mělník a Říčany a 2 požární vozidla. Vzniklá škoda po požáru byla vyčíslena na bezmála jednu miliardu korun. [2]

Tyto události byly impulsem pro různá protipožární opatření objektů. Bohužel se počty požáru v čase nesnižují (tab.1). Jednou z příčin může být zpřístupňování dalších památek a jejich prohlídkových tras, nových zrestaurovaných prostor dosavadních památek, zvyšující se počet veřejných, tak i soukromých akcí jako jsou: divadelní představení, módní přehlídky, filmové účely, svatby, semináře, školení atd.

tab. 1 Požáry památek [3]

<i>Rok</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>
<i>Objekt</i>								
<i>Hrady a zámky</i>	6	2	4	4	4	3	5	1
<i>Kostely, kláštery a jiné církevní objekty</i>	8	5	11	8	2	7	9	7
<i>Jiné historické budovy a objekty</i>	2	4	3	2	2	3	3	4
<i>Celkem</i>	16	11	18	20	8	13	17	12

Jak je patrné z tab. 1, požáry památkových objektů nejsou zanedbatelné. Je snahou majitelů, správců, památkářů, tak i projektantů předcházet škodám na majetku. K nejvýznamnějším prvkům zajištění ochrany slouží instalace elektrické požární signalizace (EPS) a stabilních hasicích zařízení (SHZ). Projektování těchto systémů vyžaduje velmi citlivý přístup, který musí kombinovat funkčnost zařízení a zároveň by neměl narušit historický vzhled interiéru a exteriéru. Nastávají situace, kdy navržené řešení splňuje požadavek památkářů o skrytí komponentů požárních systémů, nicméně snižuje účinnost díky nevhodnému umístění.

Vybrané právní předpisy, které se vztahují k tématice požární ochrany památek:

- Zákon č. 133/1985 Sb. [4]
- Zákon č. 20/1987 Sb. [5]
- Zákon č. 183/2006 Sb. [6]

2 Cíl diplomové práce

Cílem této diplomové práce je v teoretické části stručný úvod do problematiky požární ochrany památkově chráněných objektů, strategie požární ochrany a návrhu opatření ke snížení možných škod způsobených požárem. Tento návrh zahrnuje zejména elektrickou požární signalizaci a v této práci jsem analyzovala jednotlivé prvky EPS, které jsou nedílnou součástí návrhu EPS jako celku. Výrazněji se zaměřuji na vhodné i nevhodné použití hlásičů požáru v památkově chráněných objektech. Jedná se jak o umístění hlásičů, které dodržují normu ČSN 34 2710 [7], tak i dané parametry hlásičů a princip jejich fungování.

V praktické části jsem vytvořila počítačový model v programu Fire Dynamics Simulator (FDS), národní kulturní památky pražské Invalidovny, která byla původně svým účelem využívána jako ubytovací jednotka. Později byly tyto prostory využívány jako vojenský archiv, který sloužil i jako podklad pro simulace. Při těchto simulacích jsem uvažovala s několika místy zdroje hoření a u navržených hlásičů jsem vyhodnotila rychlosť detekce požáru a čím byla rychlosť detekce ovlivněna.

3 Požární ochrana památek a riziko vzniku požáru

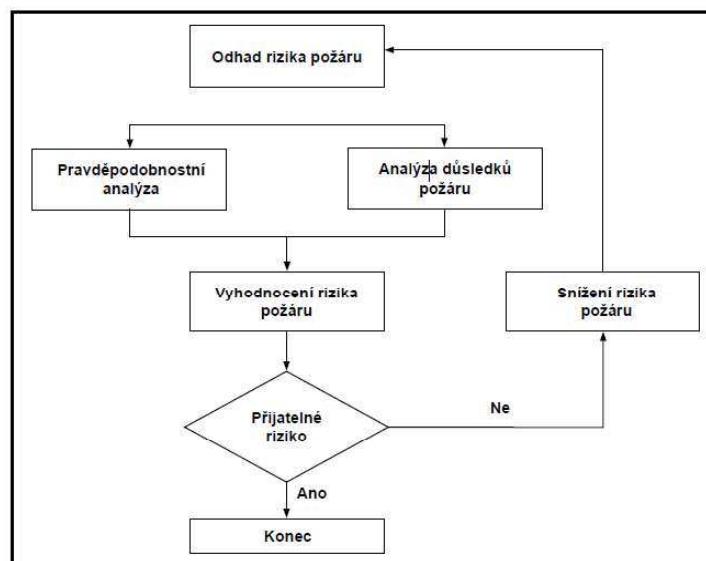
3.1 Strategie v požární ochraně památek

V rámci mezinárodní spolupráce je snaha o vypracování strategického postupu k ochraně historicky cenných objektů před účinky požáru. Tento postup nelze aplikovat na všechny památky současně, protože každý objekt se liší jak významností, tak velikostí, národními či regionálními specifiky i např. dostupností. Rizika jsou spojena s obecnou bezpečností objektů (např. vandalismus), a jejich následky, po kterých může požár vzniknout. Dokumentace požární strategie je vytvořena pro každou dostupnou památku v písemné formě. Pro rozsáhlejší objekty, kde je zpřístupněna pouze část, je dokument vypracován na tuto část, nikoli na celý objekt. Strategie má vycházet ze zpracované analýzy rizik, která vyplývá z běžného provozu i z mimořádných činností.

Pro každý památkový objekt by měla být zpracována dokumentace zdolávání požáru, i když tato povinnost nevyplývá ze zákona o požární ochraně. Detailní plány a postupy v případě požáru jsou součástí manuálu požární bezpečnosti. Opatření pro snížení vzniku požáru a jeho včasné detekci vycházejí z analýzy rizik. Systémy detekce požáru by měly být moderní, spolehlivé s minimem planých poplachů. Hlavní úlohou strategie požární ochrany je maximum bezpečnosti s minimálním poškozením objektu.

3.2 Analýza rizika poškození památky požárem

Nevhodnější metody ochrany proti požáru vycházejí z podrobné analýzy rizika vzniku požáru a následnému výběru vhodné metody (obr.1) a zařízení, které jsou využívány při prevenci požáru. Odhad rizika slouží i k rozpoznání nebezpečí a k odhadu pravděpodobnosti možného poškození památky.



obr. 1 Schéma analýzy rizika [8]

3.2.1 Metoda odhadu rizika

Metody odhadu rizika jsou složité, využívají se matematické modely, které jsou prováděny odbornými pracovníky – analytiky. Pro většinu objektů je toto modelování velmi nákladné a spíše se využívají jednoduché a standardizované postupy. Princip odhadu rizika požáru v kulturních památkách spočívá v určení pravděpodobnosti požárního rizika konkrétního objektu, jeho obsahu (sbírek)

a přítomných osob. Hlavním úkolem řízení odhadu rizika je [9]:

- preventivně se připravit na snížení nebo řešení budoucí krizové situaci
- připravit zaměstnance a veřejnou správu o možném chování při krizové situaci
- průběžně vyhledávat a vyhodnotit možná rizika

Princip odhadu rizika je cenný nástroj v rozdělení stupně a závažnosti rizika, kterému může být objekt vystaven. Stupně rozdělení odhadu rizika jsou [9]:

- **zdroj požáru** – identifikace nebezpečí/zdroj požáru
- **nebezpečí** – identifikace kdo/co je v nebezpečí
- **riziko** – odhad rizika požáru
- **vyhodnocení** – vyhodnocení výsledku odhadu a úprava strategie požární ochrany
- **opatření** – návrh a realizace opatření ke snížení rizika požáru

Citlivé vyhodnocení výsledků vede k využití méně náročných technologií požární ochrany. Proto se častěji vychází u objektů kulturního dědictví z vyhodnocení rizika požáru a na to následné navrhování opatření zamezení vzniku škod.

3.2.2 Kvalitativní odhad rizika požáru

Ke zjištění míry rizika slouží dotazník zpracovávaný kvalifikovanou osobou. Jedná se o externisty, kteří se orientují v dané problematice, či přímo zaměstnance správy památkového objektu. Dotazník je rozdělen do několika kategorií – živelné pohromy, nezákonné akty, nehody nebo selhání a jiné mimořádné události. Zhodnocuje pravděpodobnost rizika a jeho závažnost, dle pořadí priorit – příloha 1. S výslednými návrhy pak vedení instituce musí přijmout opatření, které vede ke snížení rizika vzniku požáru, či jiných mimořádných událostí.

Rozsah pravděpodobnosti rizika je vyjádřen:

- 1) vysoce nepravděpodobné riziko
- 2) málo pravděpodobné riziko
- 3) středně pravděpodobné riziko
- 4) pravděpodobné riziko
- 5) vysoce pravděpodobné riziko

Rozsah závažnosti rizika je vyjádřen:

- 6) nepatrý vliv rizika
- 7) málo závažný vliv rizika
- 8) střední vliv rizika
- 9) významný vliv rizika
- 10) velmi významný vliv rizika

Největším zdrojem rizika ohrožující objekt se nachází uvnitř samotného celku. Jde o lhostejnost zaměstnanců, nedisciplinovanost, nevhodné chování, nedostatečné proškolení. Proto je nezbytné provádět školení, kontroly zavedených systémů, nácvik cvičného požárního poplachu atd. Riziko tímto není natrvalo odstraněno, ale takové opatření velkou mírou přispívá k jeho snížení.

Od toho se také odvíjí systém pasivní a aktivní ochrany. Rizika s vysokou pravděpodobností či následné závažné důsledky mimořádné události (požár, záplavy), bychom měli řešit s větším důrazem.

4 Systém pasivní požární ochrany

Pasivní požární ochranu objektu zajišťuje konstrukční a dispoziční řešení stavby. Jde o schopnost budovy odolávat účinkům požáru a sálavého tepla na konstrukci. Mezi hlavní prvky patří:

- stabilita objektu jako celku
- členění objektu do PÚ
- použití stavebních prvků s vyhovující požární odolností
- bezpečné únikové cesty
- odstupové vzdálenosti mezi objekty
- podmínky pro účinný protipožární zásah

Zpracování požárně bezpečnostního řešení (PBŘ) stávajících památek by ve většině případů nevyhovělo podle stavebního zákona, jsou předmětem ochrany v oblasti památkové péče [5], a proto není podmínkou se těmto předpisům vždy přizpůsobit. Pokud ale vlastník plánuje rekonstrukci objektu, či jen její části, ve které je požadováno stavební řízení, musí doložit požadovanou projektovou dokumentaci v předepsaném rozsahu, tedy včetně PBŘ. Dále je nutné doložit stanoviska dotčených orgánů státní správy. V případě kulturních památek i stanovisko výkonného orgánu státní památkové péče a stanovisko státního požárního dozoru. [9]

Je vhodné, aby investor a projektant konzultovali navržené opatření už ve fázi rozpracovanosti, s památkáři i s hasiči. Památkáři budou požadovat o co možná nejmenší zásah do konstrukce s minimálním vizuálním narušením instalací bezpečnostních prvků, hasiči budou požadovat co největší spolehlivost a účinnost u požárně bezpečnostních zařízení. Na základě předběžných konzultací lze dosáhnout požadovaného výsledku pro všechny zúčastněné strany.

5 Systém aktivní požární ochrany

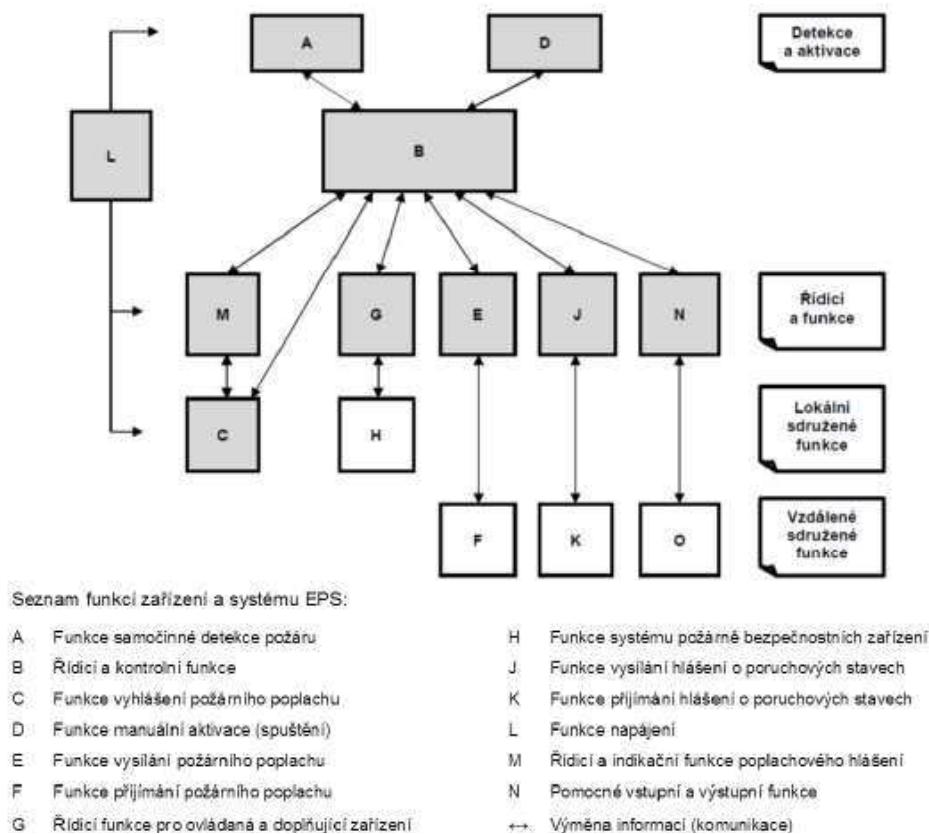
Aktivní požární ochrana představuje schopnost požárně bezpečnostních zařízení jako celku v budově detekovat účinky požáru. V logických návaznostech ovládá další požárně bezpečnostní zařízení a likviduje, případně snižuje účinek vznikajícího požáru v jeho počáteční fázi. Jedná se hlavně o elektrickou požární signalizaci, stabilní hasicí zařízení, zařízení pro odvody kouře a tepla, požární větrání únikových cest, zařízení pro autonomní detekci a signalizaci požáru a další zařízení. V této práci se věnuji pouze problematice EPS.

Elektrická požární signalizace

Elektrická požární signalizace patří dle vyhlášky č. 246/2001 Sb. [10] k vyhrazeným požárně bezpečnostním zařízením (PBZ) a slouží ke zjištění vzniku požáru v jeho prvním stádiu. Zařízení detekuje a lokalizuje vznik požáru a následně vyhodnotí situaci a spustí požární poplach. Systém se skládá z různých typů hlásičů (samočinné a tlačítkové) zapojených v hlásících linkách, signalizační linky, optické a akustické signalizace, kabeláže, ústředny EPS a dalších případných ovládacích a ovládaných zařízení. Seznam funkcí a zařízení, které jsou součástí EPS je zobrazen na obr. 2.

Systém EPS může dále [11]:

- Ovládat zařízení bránící šíření požáru (SHZ, ZOKT, požární uzávěry otvorů atd.)
- Rozšiřovat informace u předem určených míst v požárně nebezpečné situaci
- Vydávat signály v případě požáru technologickým zařízením



obr. 2 Funkce a komponenty zařízení a systému EPS [12]

Elektrická požární signalizace používaná v historických budovách sebou nese i několik problémů. Jedná se zejména o spojení detektorů pomocí kabeláže, kdy je esteticky narušen interiér objektu a jeho výzdoba. Dalším problémem je nesprávné použití detektorů vůči provozu, a tím vznikající plané poplachy.

5.1 Základní rozdelení systému EPS

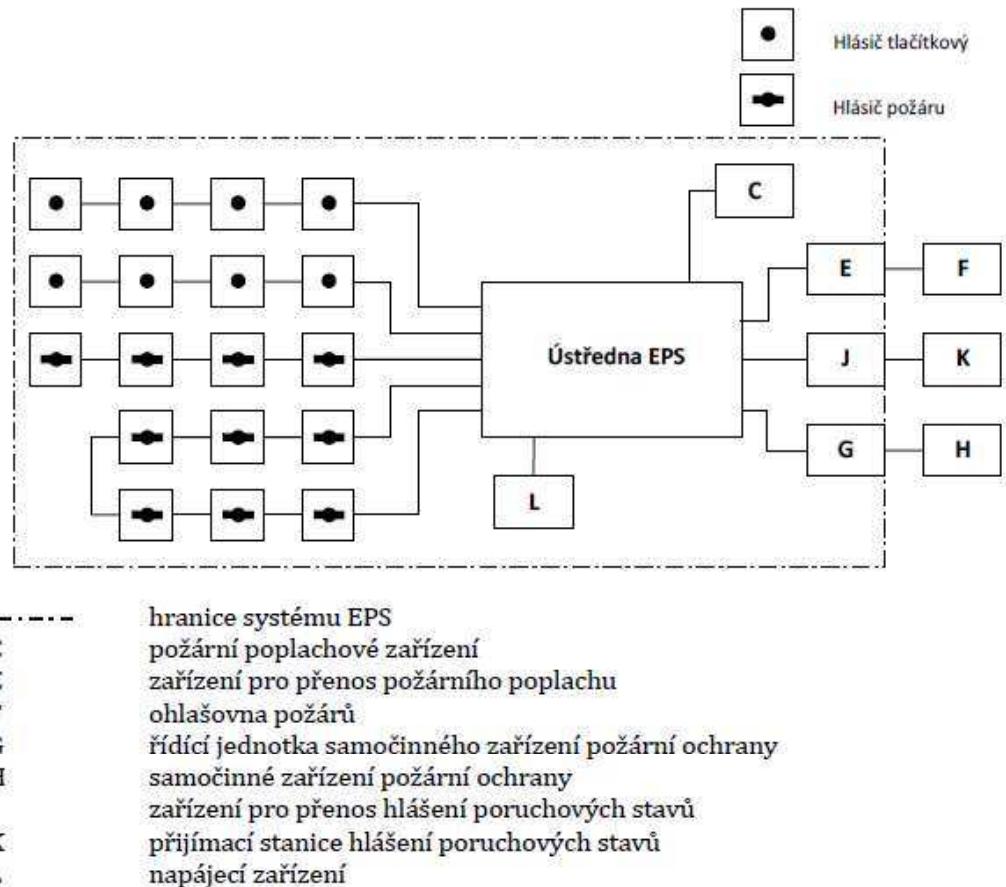
Systémy EPS se dělí do základních skupin dle identifikace místa požáru. Další rozdelení je podle druhu EPS.

Rozdelení skupin systémů EPS:

- Neadresovatelné – s kolektivní adresací
- Adresovatelné – s individuální adresací
- Analogové

Rozdelení podle druhu EPS:

- Jednostupňová
- Vícestupňová



obr. 3 Základní schéma systému EPS [11]

5.1.1 Neadresovatelné systémy EPS

Systémy s kolektivní adresací jsou připojeny na hlásící linku. Rozpoznají pouze dva režimy „PROVOZ“ – klidová situace, a „POŽÁR“ – poplachová situace, kdy na některém hlásící linky byla překročena nastavená limitní hodnota. Při režimu „POŽÁR“ ústředna EPS vyhodnotí pouze hlásící linku, na které požár vznikl, ale už neurčí polohu konkrétního hlásíče.

Z důvodu bezpečnosti se proto tento systém využívá hlavně v menších prostorách, kde je snadná orientace a nevzniká riziko velkých škod případného požáru. Výhodou tohoto systému je relativně nízká cena. Nevýhodou je, že nelze zjistit stav jednotlivých hlásíčů v rámci linky.

5.1.2 Adresovatelné systémy EPS

Systémy s individuální adresací EPS fungují na principu datové komunikace s jednotlivými prvky, umístěnými na datové lince. Každý prvek má svou přesnou adresu a samostatně komunikuje s ústřednou. Prvky požární signalizace jsou řazeny do různých skupin a funkčních celků. Výhodou adresovatelných systémů EPS je přesná identifikace každého jednotlivého prvku v systému a tím i možnost přesné a rychlé lokalizace místa vzniku požáru.

Datová linka je otevřená a její délka může být v řádech stovek metrů až kilometru. Na jedné adresné lince mohou být až stovky prvků, jak detekčních (hlásiče), tak i ovládacích (reléové prvky). Požární ústředna může obsluhovat několik datových linek. Jednotlivé ústředny je možné spojovat do společné sítě a tím získat kompaktní, moderní systém EPS i u velmi rozsáhlých objektů a areálů.

Adresovatelný systém EPS lze snadno rozšiřovat. Flexibilnější a jednodušší je i jeho údržba a provádění pravidelných zkoušek. Adresovatelný systém EPS je preferován ve většině instalací. Některé náročnější instalace požární signalizace již přímo vyžadují adresné systémy EPS.

5.1.3 Analogový systém EPS

Analogové hlásiče mají tak jako adresovatelné systémy svoji konkrétní adresu, tedy lze při detekci zjistit na ústředně přesné umístění hlásiče. Hlásiče fungují na principu neustálého měření fyzikálních hodnot, které jsou odesílány do ústředny EPS a ta následně naměřené hodnoty vyhodnotí a podle zpracovaného výsledku vyšle signál obsluze o daném provozním stavu.

5.2 Ústředna EPS

Ústředna je zařízení, které je nezbytnou součástí celého systému EPS. Zpracovává informace, které přichází od detektorů požáru. V případě poplachové situace či poruchy, okamžitě reaguje a obsluha musí vykonat předepsaný úkon. Pokud se potvrdí poplachová situace, ústředna automaticky podle nastavení může vyhlásit poplach, aktivuje PBZ, uzavře požární uzávěry (dveře, klapky), případně vyšle signál přes zařízení dálkového přenosu (ZDP) na pult centrální ochrany (PCO) daného HZS. Na čelním panelu ústředny jsou obsluze poskytovány informace o celkovém stavu systému. Základní stavy pro signalizaci jsou „PROVOZ“, „PORUCHA“, POŽÁR“.

Hlavním úkolem ústředny je:

- příjem vyslaných signálů od hlásičů požáru
- předání poplachového signálu do místa trvalé obsluhy
- určení místa, tj. který hlásič byl aktivován
- spuštění zařízení (vyhrazené druhy PBZ)
- kontrola činnosti celého systému
- záznam každé změny situace

5.2.1 Jednostupňová EPS

Jednostupňový systém má pouze hlavní ústředna EPS (nemá vedlejší ústředny), která pracuje samostatně. Na vstupy do ústředny jsou připojeny tlačítkové a samočinné hlásiče požáru. Na výstupy jsou zapojeny ovládací a doplňující zařízení.

5.2.2 Vícestupňová EPS

Vícestupňová EPS má stejné parametry jako jednostupňová, pouze je rozšířena o vedlejší ústředny. Tato sestava se používá u rozsáhlých systémů s větším počtem ústředen, tzn. v případech, kdy nestačí použít jen jednu ústřednu. Na vstupy jsou napojeny tlačítkové a samočinné hlásiče požáru a výstupy vedlejších ústředen (nižšího stupně) a výstupy doplňkových zařízení.

Systém EPS se dále dělí podle způsobu signalizace poplachu:

- jednostupňová signalizace
- dvoustupňová signalizace

Jednostupňová signalizace požárního poplachu

Tento stupeň signalizace vyhlašuje ústředna EPS všeobecný požární poplach v místě, které bylo zasaženo požárem. Není vázán na přítomnost osoby, přítomnost kouřových částic detekují samočinné hlásiče požáru. Pokud je stav signalizován jako základní, nelze určit, v jakém místě požár vznikl, pouze z jaké hlásící linky je signál o požáru vyslan. Pokud je však použito adresného systému, lze zjistit konkrétní hlásič, který požární poplach vyvolal. Akustický signál, který vyšle ústředna EPS pro tato zařízení, musí vydávat zvuk zřetelně, odlišující se od ostatních zvukových signálů. Nejvhodnější případ nastane, kdy jsou všechny ostatní akustické podněty vypnuty a znamení o vzniklému požáru lze jednoznačně slyšet, ze kteréhokoli místa ve střežené oblasti.

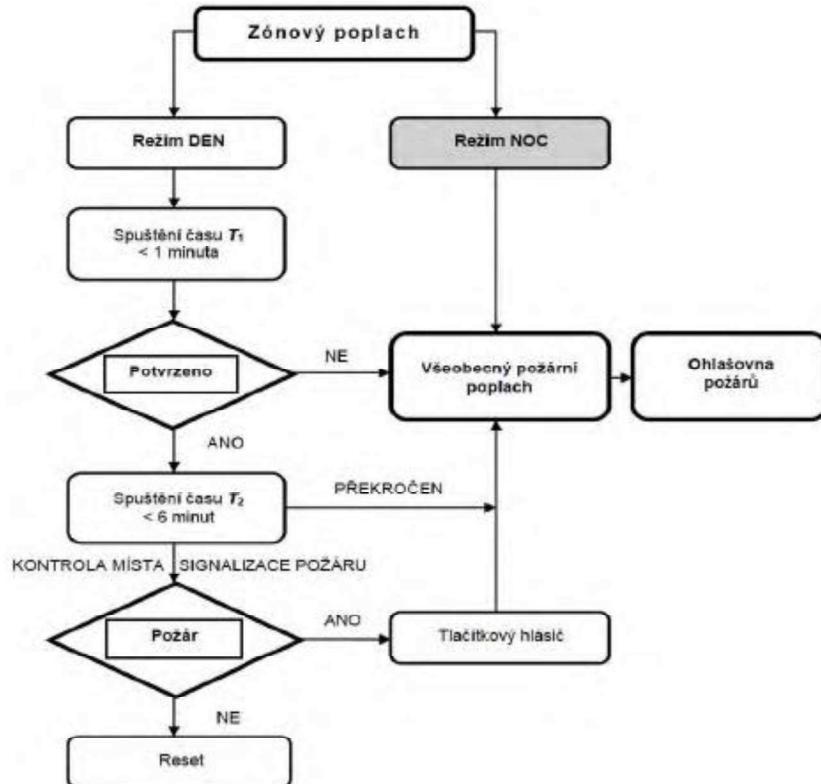
Dvoustupňová signalizace požárního poplachu

Při zvolení systému pro dvoustupňovou signalizaci požárního poplachu ústředna EPS vysílá buď úsekový, nebo všeobecný poplach. Jsou navrženy a zajištěny dva funkční režimy – „DEN“ a „NOC“. V případě režimu „DEN“ funguje ústředna na informacích ze samočinných hlásičů požáru. Nejprve vyhlásí úsekový poplach, poté po uplynutí časových intervalů $t1$, popř. $t2$ je vyhlášen automaticky všeobecný poplach. Při režimu „NOC“ je ústřednou EPS vyhlášen současně, jak úsekový, tak všeobecný poplach, popř. vyšle informace k ZDP. Schéma reakce na poplachový stav je zobrazeno na obr. 4.

Čas, označovaný jako $t1$, je interval, kdy obsluha ústředny EPS musí potvrdit přijmutí informace o poplachu. Pokud se tak nestane, obsluha nepotvrdí předepsaný úkonem přijmutí, vyšle ústředna EPS informaci o všeobecném poplachu, popř. zařízení dálkového přenosu (ZDP), zdali je jím objekt vybaven. Pokud obsluha potvrdí přijetí signálu, automaticky se spouští čas $t2$. Čas $t1$ je zpravidla nastavený v rozmezí 1 minut. [12]

Čas, označovaný jako $t2$, je interval, kdy obsluha ústředny EPS musí zjistit a zkontrolovat místo vzniklého ohniska požáru. Pokud obsluha neprovede předepsaný úkol, spustí se automaticky vyhlášení všeobecného poplachu. V opačném případě, tedy pokud obsluha reaguje do konce časového limitu a vykoná daný úkon na ústředně, je časomíra pro interval $t2$ zastavena. Čas $t2$ se nastavuje v rozmezí do 6 minut, s ohledem na velikost PÚ, rozsah objektu atd. Je možné nastavit delší čas, nicméně je nutné jej prokázat analýzou zdolávání požáru s úspěšným provedením

protožárního zásahu. Pokud by se jednalo o planý poplach, obsluha uvede zařízení do původního stavu a zaznamená poplach.



obr. 4 Blokové schéma reakce na poplachový stav [7]

5.3 Hlásiče požáru

Ke zpozorování a lokalizaci vzniku požáru slouží právě hlásiče požáru. Hlásič následně vyšle signál ústředně EPS.

Detektory se dělí na dva druhy podle způsobu detekce – tlačítkové a samočinné. Aktivace tlačítkového hlásiče je závislá na osobě, která vzniklý požár zpozoruje. Tlačítkové hlásiče se dále dělí na dva typy – s přímou obsluhou (typ A) a s nepřímou obsluhou (typ B).

Hlásiče s přímou obsluhou se aktivují pouze následkem posunutím nebo rozbitím ochranného prvku. Signál ústředně EPS je následně vyslan samočinně funkčním tlačítkem. Pro aktivaci hlásičů s nepřímou obsluhou je nutné rozbití ochranný prvek a poté stisknout funkční tlačítko. Tlačítko je po aktivaci aretované mechanicky či magneticky ve stavu „POŽÁR“. Hlásící linka přenese informace vyslané funkčním tlačítkem k ústředně EPS. Umístění těchto detektorů je uvedeno v ČSN 73 0875 [12], jedná se zejména o východy z nechráněné únikové cesty (NÚC) do chráněné únikové cesty (CHÚC), východy na volné prostranství, v místech obsluhy technických zařízení, u východu z prostorů PÚ, které musí být vybaveny EPS do navazujících ÚC. Osazují se ve výšce 1,2-1,5 m.

Dalším druhem jsou samočinné hlásiče požáru. Tyto instalované hlásiče jsou nezávislé na lidském faktoru. Pracují na principu samočinného vyhodnocení fyzikálních a chemických hodnot charakterizujících vznik požáru. Tyto hlásiče lze dělit na několik typů podle parametru jevu, který hodnotí.

Dělení samočinných hlásičů:

- hlásiče kouře
 - o optické
 - o ionizační
 - o nasávací
- hlásiče teploty
- hlásiče plynu
- hlásiče multisenzorové

Hlásiče nejčastěji používané v historických objektech:

- detektory kouře
 - o bodové
 - o nasávací
- detektory teploty
 - o bodové
 - o liniové
- detektory plamene
- multisenzorové detektory
- bezdrátové detektory
- videodetekce (VIFD)

5.3.1 Umístění požárních hlásičů

Důležitým faktorem ke včasné detekci požáru patří i umístění hlásiče. V každém střeženém prostoru musí být instalován alespoň jeden samočinný nebo tlačítkový hlásič. Jsou instalované do míst, kde spaliny hoření nebrání přímé (bez zpoždění, zředění, zeslabení) detekci hlásiče. Vhodné umístění tlačítkových hlásičů je takové, aby mohly být spuštěny osobou, v co nejkratší době a na viditelném místě.

Každý certifikovaný výrobce požárních hlásičů v technickém listě udává, jakou maximální střeženou plochu může daný hlásič pokrýt a do jaké maximální výšky je vhodný. Střežená plocha může být ovlivněna různými okolnostmi:

- konstrukční řešení prostoru – výška, tvar stropu, vzdálenost stěn
- technologická zařízení uvnitř střežené oblasti

- prostorové umístění hlásiče
- proudění vzduchu, ventilace

Při návrhu umístění se uvažuje v případě tepelného a kouřového hlásiče instalace pod ploché stropy či střechy. V tomto případě záleží a posuzuje se dle tab.2:

- plocha střežené oblasti
- druh hlásiče a jeho třída
- výška střežené oblasti
- sklon střechy/stropu

tab. 2 Umístění a volba hlásičů požáru pod plochými stropy a střechami [7]

Plocha střežené místnosti	Druh samočinného hlásiče požáru	Výška místnosti	α (sklon stropu/střechy)					
			< 15°		$\geq 15^\circ \leq 30^\circ$		> 30°	
			A_{max}	DH	A_{max}	DH	A_{max}	DH
$\leq 80 m^2$	Kouřový podle ČSN EN 54-7	$\leq 12,0 m$	$80 m^2$	6,7 m	$80 m^2$	7,2 m	$80 m^2$	8,0 m
$> 80 m^2$	Kouřový podle ČSN EN 54-7	$\leq 6,0 m$	$60 m^2$	5,8 m	$80 m^2$	7,2 m	$100 m^2$	9,0 m
		$> 6,0 m \leq 12,0 m$	$80 m^2$	6,7 m	$100 m^2$	8,0 m	$120 m^2$	9,9 m
$\leq 30 m^2$	Tepelné třídy A1 podle ČSN EN 54-5	$\leq 7,5 m$	$30 m^2$	4,4 m	$30 m^2$	4,9 m	$30 m^2$	5,5 m
	Tepelné třídy A2, B, C, D, E, F, G podle ČSN EN 54-5	$\leq 6,0 m$						
$> 30 m^2$	Tepelné třídy A1 podle ČSN EN 54-5	$\leq 7,5 m$	$20 m^2$	3,6 m	$30 m^2$	4,9 m	$40 m^2$	6,3 m
	Tepelné třídy A2, B, C, D, E, F, G podle ČSN EN 54-5	$\leq 6,0 m$						

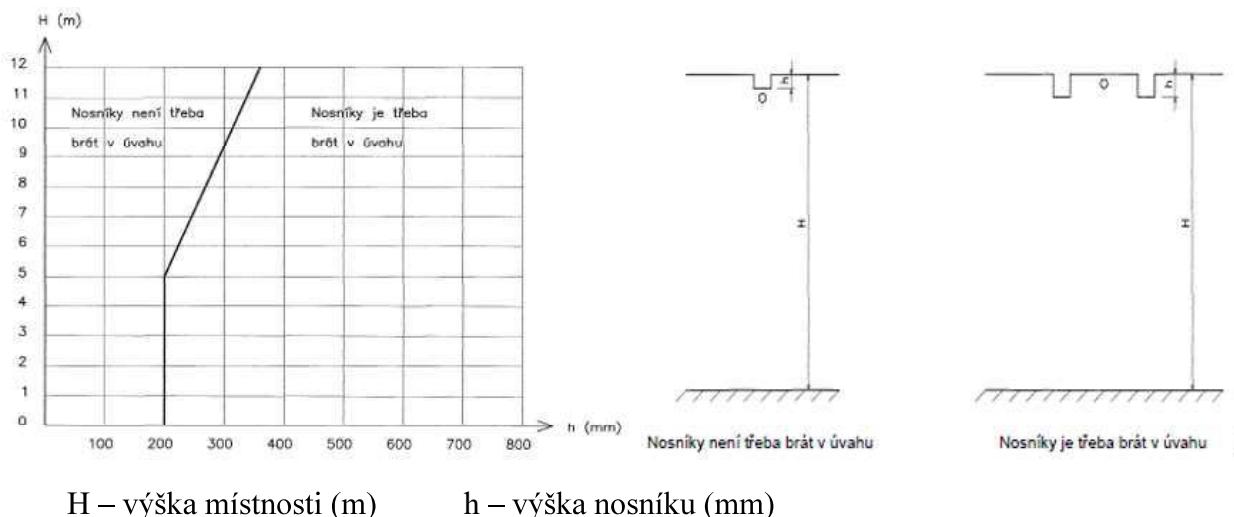
A_{max} maximální plocha střežená jedním hlásičem;

DH maximální vodorovná vzdálenost mezi libovolným místem na stropě a hlásičem;

α sklon stropu (střechy).

Hlásiče se zpravidla umisťují do vrcholu střežené plochy, v řadách za sebou a v jedné vertikální rovině. Norma ČSN 34 2710 [7] uvádí i doporučení vzdálenosti hlásiče od stropu/střechy zvláštních tvarů. Jedná se o rozdělení výšky místnosti ($\leq 6 m$, $> 6 m$), sklon stropu/střechy ($\geq 15^\circ$, $\leq 30^\circ$, $> 30^\circ$), poté je umístění hlásiče v rozmezí $0,2 - 0,8 m$ od stropu.

Dalším bodem, kdy se řeší umístění hlásiče je situace, kdy je strop tvořen nosníky. Pokud je pole mezi nosníky větší, než je maximální střežená plocha jedním hlásičem, platí rozmístění hlásičů dle tab. 2. Dalším faktorem je závislost rozměrů nosníku – poměr výšky místnosti a výšky nosníku. Buď je nosník brán v úvahu, nebo není viz obr. 5.



H – výška místnosti (m)

h – výška nosníku (mm)

obr. 5 Vliv nosníku a umístění hlásičů: (a) vliv nosníku na umístění hlásičů pod stropy; (b) umístění hlásičů pod stropy s nosníky [7]

Pokud je mezi horním okrajem nosníku a dolním okrajem stropní konstrukce nebo střechy volná mezera ve vzdálenosti alespoň 300 mm, není potřeba nosníky jakékoli výšky brát v úvahu. Totéž platí, je-li požární hlásič umístěný pod spodní hranou nosníku, není potřeba brát nosník v úvahu [7]. Rozmístění v polích mezi nosníky je zobrazeno v tab. 3.

tab. 3 Umístění hlásičů podle plochy stropního pole [7]

Druh hlásiče	Maximální střežená plocha A_{max}	Plocha stropního pole [m ²]	Hlásiče musí být umístěny v každém
Hlásiče teplot podle ČSN EN 54-5	20 m ²	> 12	poli
		8 – 12	2. poli
		6 – 8	3. poli
		4 – 6	4. poli
		< 4	5. poli
	30 m ²	> 18	poli
		12 – 18	2. poli
		9 – 12	3. poli
		6 – 9	4. poli
		< 6	5. poli
Hlásiče kouře podle ČSN EN 54-7	80 m ²	> 36	poli
		24 – 36	2. poli
		18 – 24	3. poli
		12 – 18	4. poli
		< 12	5. poli
	80 m ²	> 48	poli
		32 – 48	2. poli
		24 – 32	3. poli
		16 – 24	4. poli
		< 16	5. poli

V památkových objektech je z pohledu stropní/střešní konstrukce toto řešení časté. V minulosti byly hojně používány právě trámové stropy. Jedním z problémů je konstrukce zdvojených podlah, kde se musí umístit také požární hlásič. Pokud jsou splněny podmínky dané normou ČSN 34 2710 [7] čl. 6.5.1.9, hlásiče se do konstrukce zdvojené podlahy instalovat nemusí.

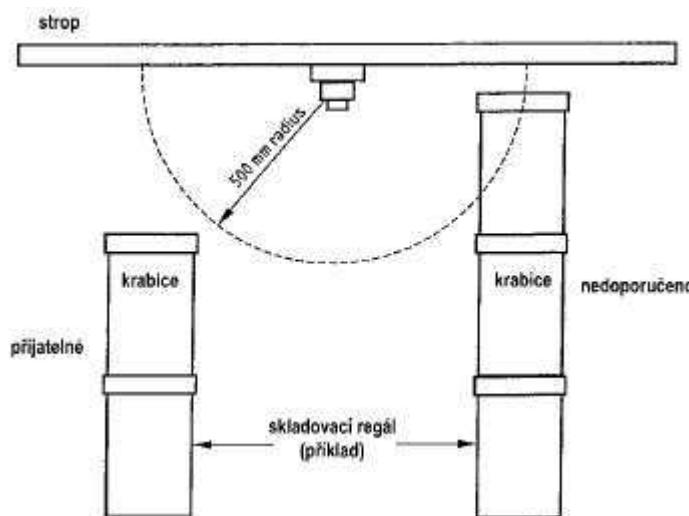
Podmínky, při kterých se nemusí instalovat hlásiče do zdvojených podlah dle ČSN 34 2710 [7] čl. 6.5.1.9:

- otvory v konstrukci zdvojené podlahy tvoří více než 40 % jakékoli části zdvojené podlahy v rozloze $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$;
- minimální rozdíl každého jednotlivého otvoru musí být alespoň 5 mm a plocha 100 mm^2 ;
- tloušťka konstrukce zdvojené podlahy není větší než trojnásobek minimálního rozdílu jednotlivého otvoru;
- je-li zdvojená podlaha z materiálu třídy reakce na oheň A1, A2 nebo B podle ČSN EN 13501-1+A1 a není pod ní žádné požární zatížení

Dalším z předpokládaných řešení, které se vyskytují v památkových objektech je umístění hlásičů v dlouhých, úzkých chodbách. Zde se umísťují detektory vždy do křížení a vyústění chodeb. I v tomto případě nesmí být maximální střezená plocha překročena. Pokud nejsou chodby širší než 3 m, vzdálenost mezi detektory se mohou zvětšit:

- pro hlásiče kouře o 15 m
- pro hlásiče teplot o 10 m

Minimální vzdálenost hlásiče od stěn, překážek (skladované zboží), nebo zařízení nesmí být menší než 0,5 m. Pokud je např. skladované zboží – jeho horní hrana, ve výšce menší než 0,3 m, je tato překážka brána jako dělicí stěna, tedy dosahuje stropu obr. 6. Proto je nutné v dané střezené oblasti instalovat více hlásičů. Tato podmínka platí i v případě archivů.



obr. 6 Umístění hlásičů v blízkosti skladovaného zboží [7]

Při instalaci lineárních hlásičů požáru je nutné zajistit trvalou viditelnost mezi vysílačem a přijímací jednotkou. Jednotlivé typy hlásičů mají svou příslušnou normu, podle které se navrhují, příp. instalují. Pro všechny hlásiče je stejné, pokud nejsou v technickém listě obsaženy parametry plochy pokrytí, instalují se podle požadavků uvedených v normě ČSN 34 2710 [7]. Jinak se při instalaci postupuje podle pokynů výrobce.

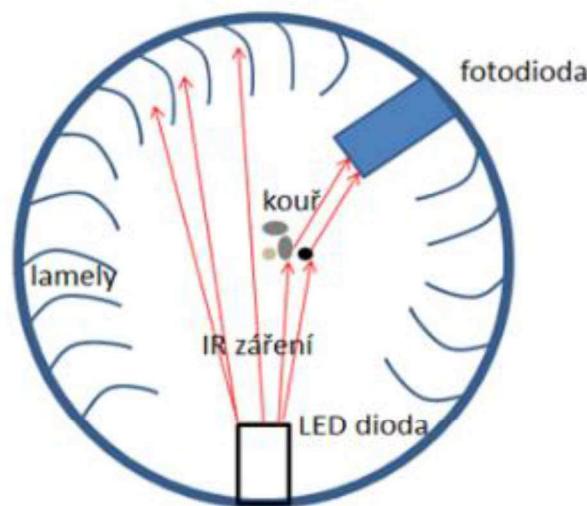
5.3.2 Kouřové hlásiče

Kouřové hlásiče vyhodnocují vznik požáru díky přítomnosti viditelných i neviditelných aerosolů rozptýlených v ovzduší, které vznikají při počátcích a během požáru. K detekování požáru se používají tyto metody [11]:

- Rozptyl nebo pohlcování optického paprsku – opticko-kouřové hlásiče
- Změna vodivosti ionizační komory – ionizační kouřové hlásiče
- Zjišťování přítomnosti plynných zplodin hoření

Kouřové hlásiče bodové optické

Metody pro detekci optického hlásiče jsou na principu rozptylu nebo absorpce nejčastěji infračerveného záření na částečkách aerosolu. Na obr. 7 je znázorněn bodový opticko-kouřový hlásič, v případě, že do komory vniknou částečky aerosolu či kouře, část infračerveného záření je rozptýleno a dopadá na světlo citlivý prvek – fotodiodu. Vyhodnocující elektronika hlásiče sleduje, zda se současně se zábleskem zobrazí i impuls na výstupu světlo citlivé diody. Pokud se toto schéma opakuje při několika záblescích, hlásič situaci vyhodnotí jako POŽÁR“. To zapříčiní vyslání signálu „POŽÁR“ do ústředny EPS.



obr. 7 Bodový opticko-kouřový hlásič [13]

Princip rozptylu je zejména vhodný pro velikosti pevných částic 4-10 μm pro bodové hlásiče, princip absoruce pak pro velikosti pevných částic požárního aerosolu 0,3 - 10 μm pro lineární

hlásiče požáru. Metoda rozptylu je využitelná zejména u lineárních kouřových detektorů, které se skládají z odděleného vysílače paprsku a přijímače, který detekuje IR záření [11]. Optické osy bodových hlásičů jsou orientovány tak, aby paprsek vysílaný přímočaře ze zdroje nedopadal na světlo citlivý prvek. K zabránění vnikání světla slouží labyrint, který odděluje část hlásiče od okolního prostředí, ale umožňuje vniknutí kouře. Zdroj záření nepracuje souvisle, je napájen z impulsního generátoru. Množství rozptýleného světla ovlivňuje několik faktorů. Mezi ně patří vlnová délka a intenzita použitého světla a úhel rozptylu. Významná je také velikost kouřových částic a jejich index lomu, tvar a koncentrace [8].

Bodový kouřový požární hlásič je jedním z nejpoužívanějších detektorů požáru. Umísťuje se jak do bytových jednotek, tak i do komerčních prostor. Hlásiče nelze montovat v prostředí, kde dochází ke vzniku kouře nebo par při běžném provozu (koupelny, sauny, kuchyně atd.). Velkou překážkou bývají i prašné provozy, které zanáší optickou komoru a dochází ke snížení detekční citlivosti, nebo zde hrozí riziko vzniku planých poplachů. Je také nejpoužívanějším hlásičem v památkově chráněných objektech. Nenápadné umístění bodového kouřového hlásiče ve štukovém stropě je zobrazeno na obr. 8.



obr. 8 Nenápadné umístění hlásiče ve štukovém stropě [8]

Opticko-kouřové hlásiče na principu rozptylu jsou vhodné pro světlé dýmy případně i pro některé tmavé dýmy (např. z asfaltové lepenky, koženky apod.). Rozptylové efekty černého kouře jsou nižší než u bílého kouře, protože černá kouřová část pohlcuje světla, zatímco bílý kouř rozptýlí většinu dopadajícího světla. Stávající optický detektor kouře podhodnotí koncentrační hodnoty černých kouřů a může trvat déle, než se spustí poplach, nebo se dokonce nezdaří jeho spuštění.

Proto je nevyhnutelné vyvinout detektor optického filtru, který by odpovídal jak bílým, tak i černým kouřům. Byly provedeny pokusy o vyvážení odezvy detektoru na bílý kouř a na černý

kouř. Ve srovnání s rozptylem (pozorovací úhel od elektrody k přijímači větší než 90°) je zpětná vazba (pozorovací úhel menší než 90°) užitečná pro zmírnění rozdílu reakcí na bílé a černé kouře v určité míře. Nicméně nemůže vyřešit problém nižší účinnosti rozptýlení černého kouře. Rozdíly mezi reakcemi bílých kouřů a černých kouřů stále existují. Některé práce uvádějí, že optické detektory kouře s empirickými vícečetnými pozorovacími úhly nebo několika vlnami dopadajícího světla mohou rozlišit několik různých typů kouře podle vzoru rozpoznání [14].

Index absorpce je parametr požáru použitý ve zkouškách prahové citlivosti optických detektorů kouře. K omezení falešných poplachů způsobených kolísáním běžné koncentrace kouře a prachu v okolí je minimální hodnota absorpce stanovena normami. Na druhé straně jsou detektory klasifikovány podle maximálních hodnot dosažených parametrů požáru, které inicializují poplach v systému zkoušky citlivosti na oheň.

Zdroje poruchy detektoru mohou být rozděleny na dvě samostatné třídy. Stochastické impulzní interference, mající širokopásmové spektrum, patří do první skupiny. Položky druhé skupiny jsou pomalu se měnící parazitické vlivy jako aktivní znečištění optických komponentů, změny teploty a odpovídajících změn parametrů optických komponentů, stárnutí složek, vlhkosti atd [15].

Falešné poplachy způsobené zdroji z první skupiny jsou potlačeny použitím různých režimů časování impulzů, modulací, integrací aj. Citlivost detektoru závisí na pomalu se měnících parazitických vlnách. Ty jsou často potlačeny kompenzačními technikami nebo kalibrací. Pravidelnou údržbou se předpokládá čištění optických součástí od znečištění, která snižuje citlivost detektoru.

Výše zmíněné techniky jsou určeny pro provozní bod stejnosměrného proudu nebo omezení citlivosti detektoru. Je zde kladeno velké úsilí o dosažení optimálního výkonu. Jsou založeny na jiném přístupu, který je postaven na výhodách moderní digitální technologie. Detekce požáru je založena na čase závislosti signálů, které zpracovávají algoritmy. V některých návrzích je úkol rozhodování přenesen na jednotku, zatímco detektory s jejich výstupními analogově-digitální A/D převodníky fungují jako lineární měřiče.

U "inteligentních" požárních detektorů, které monitorují několik požárních parametrů, musí být tato vlastnost použita pro zpracování filtru výstupu kouřového čidla. Také může být použita v detektoru kouře realizace jednoho z filtrů extrahujících specifické vlastnosti ze vstupního signálu. V nízkonákladovém analogovém detektoru kouře jsou optimální charakteristiky jediným řešením pro minimální pravděpodobnost falešného poplachu [15].

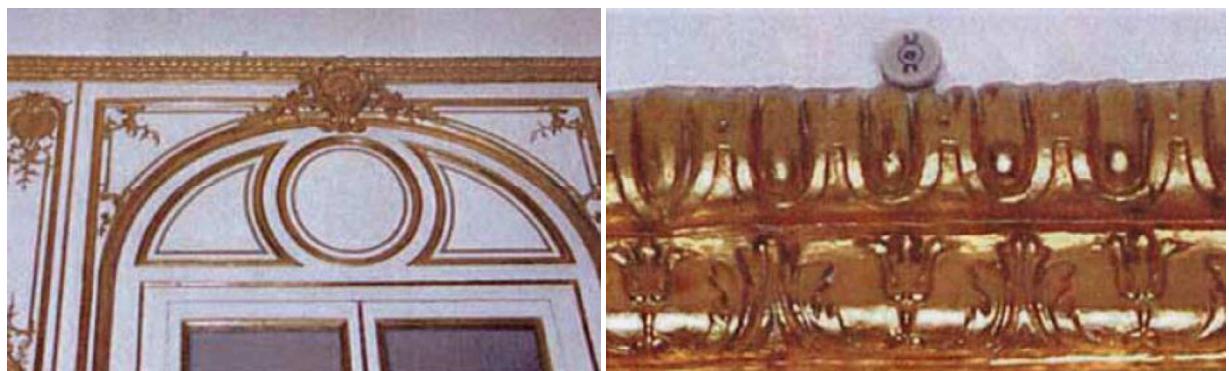
Kouřové hlásiče nasávací

Detektory nasávají trubkami okolní vzduch a zkoumají přítomnost částic kouře. Jsou dvě varianty využití. Bodový konvenční způsob detekce kouře, který je jednodušší, a jako zdroj světla se používá infračervená dioda. Obdobně fungují bodové hlásiče kouře. Druhý typ pracuje pomocí laserového detektoru umístěného v detekční komoře, rozpoznává zeslabení světla kouřem a je vhodný pro rozsáhlější prostory. Je přesnější a oproti použití infračervené diody, dražší. Pomocí

ventilátoru je do trubek nasáván vzorek vzduchu v dané části a je přiveden k laserovému detektoru. Potrubí se skládá z maximálně 4 trubek, které mohou mít několik nasávacích otvorů.

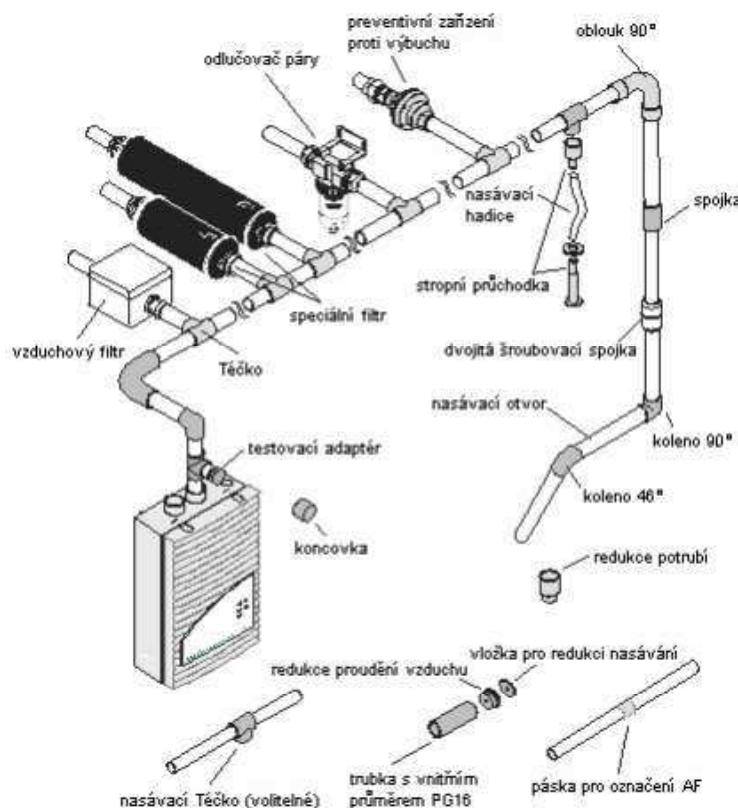
Hlásič pracuje na principu rozptylu světelného paprsku. I při nízké koncentraci kouře je fotosenzory detekován požár. Pomocí vestavěného filtru, který odděluje prachové částice a propouští pouze aerosolové částice kouře, je zamezeno vzniku falešných poplachů. Střežená plocha může být maximálně 2000 m^2 , přičemž celková délka trubek může být 200 m (2 a 4 trubky) a délka jedné trubky je maximálně 100 m. Průměr trubky vnější/vnitřní bývá 25/19 mm [8]. V systému ústředny lze nastavit detektor, jeho citlivost a reakci na intenzitu signálu.

Hlásiče mohou být napájeny z ústředny EPS nebo ze samostatného zdroje. Jsou používány zřídka, nicméně v instalaci tohoto systému je velký potenciál. Mohou se použít ve zdobných reprezentačních prostorách obr. 9 a v nejvyšším podlaží objektu. Pro instalaci jsou důležité okolní klimatické podmínky, v místech vysokého rozdílu teplot mezi vedením potrubí a střeženým prostorem, hrozí kondenzace vodních par v potrubí, a to následně vede ke kapání vody v místě vyústění trubice. Hrozí poškození okolní části okolo vyústky.



obr. 9 Koncovka jednotky nasávací detekce kouře (a) umístěná nad zlacenou římsou (b) detail koncovky Chateau de Versailles [16]

Prvky nasávacího systému jsou zobrazeny na obr. 10.



obr. 10 Prvky nasávacího systému¹

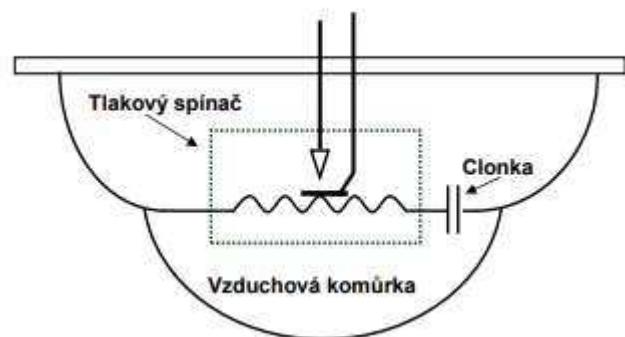
Tyto hlásiče musí být schváleny podle ČSN 54-20 [17], kde se klasifikují podle citlivosti na jednotlivé třídy [7]:

- třída A – vysoce citlivé systémy
 - o instalují se v hodnotných objektech, nebo tam, kde jsou použity speciální výrobní provozy
 - o tam, kde se předpokládá vysoké zředění kouře
- třída B – systémy se zvýšenou citlivostí
 - o instalují se v místech, kde je potřeba zvýšenou citlivostí překonat vlivy zředění kouře (např. výška stropu, proudění vzduchu atd.)
- třída C – systémy s normální citlivostí
 - o jednotlivý vzorkovací otvor umístěný na trubce je schopný detektovat požár bodově

¹ Technický list Siemens Titanus ProSens, Titanus TopSens

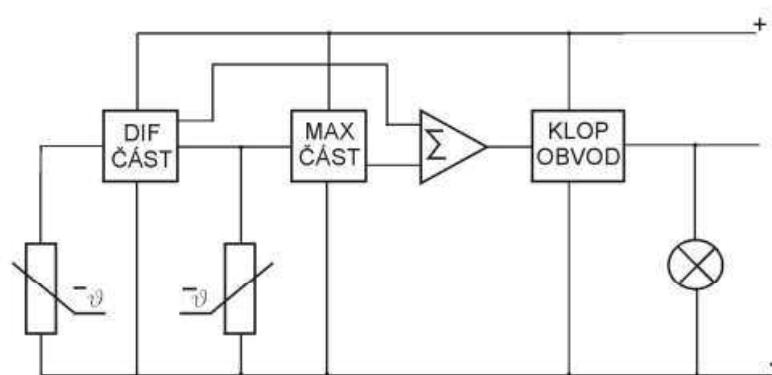
5.3.3 Teplotní hlásiče

Teplotní požární hlásič vyhodnocuje vznik požáru nárůstem teploty v prostoru nebo rychlosti změny teploty, popřípadě kombinací obou jevů. Při překročení nastaveného parametru je vyhlášen poplach. Teplotní hlásič se umísťuje do provozu s prašným prostředím, kde vznikají páry a kouř (místnost s krbem, sauny, kuchyně, kotelny). Tedy tam, kam se nehodí kouřový hlásič. Nevýhodou teplotního hlásiče je delší reakční doba požáru, zejména pokud se jedná o doutnající požár. Teplotní hlásiče se dělí na bodové (mechanický a elektronický princip) obr. 11 a liniové [18].



obr. 11 Bodový hlásič teplot fungující na mechanickém principu [11]

Bodové teplotní hlásiče se používají nejčastěji jako kombinované obr. 12, tj. sdružující systém maximální i diferenciální. Jsou založeny na principu měření teplot dvěma termistory. Jeden termistor je volně přístupný pro okolní vzduch a druhý je uzavřen do izolačního materiálu pro zvýšení jeho tepelné setrvačnosti. Měření okolní teploty zajišťuje volně dostupný termistor – systém maximální. Diferenciální systém zajišťuje měření teplotní diference mezi termistory.



obr. 12 Blokové schéma kombinovaného teplotního hlásiče [19]

Hlásiče jsou rozdeleny podle ČSN EN 54-5 [20] do teplotní klasifikace tab.4, dělí se podle třídy hlásiče, teploty použití a teploty statické reakce.

tab. 4 Klasifikace teplotní třídy hlásičů [20]

Třída hlásiče	Obvyklá teplota použití °C	Maximální teplota použití °C	Minimální teplota statické reakce °C	Maximální teplota statické reakce °C
A1	25	50	54	65
A2	25	50	54	70
B	40	65	69	85
C	55	80	84	100
D	70	95	99	115
E	85	110	114	130
F	100	125	129	145
G	115	140	144	160

Hlásič může být i doplnkově označen:

- S – statický hlásič teplot, který při náhlém nárůstu teploty nereaguje pod minimální teplotou statické odezvy, se používá tam, kde se očekává pomalý nárůst teploty (kotelny, kuchyně)
- R – diferenciální hlásič teplot, který dosahuje požadavků na svou třídu odezvy pro vysoký nárůst teploty z počátečních teplot pod běžnou teplotu použití se používá zejména pro nevytápěné budovy, kde se okolní teplota mění a nárůst teploty se očekává krátkodobý

Teplotní hlásič jako bodový detektor, který obsahuje poplachové pouzdro s poplašným krytem, bezdotykový senzor tepelného záření, který je citlivý na tepelné záření v infračerveném rozsahu a zpracovatelskou jednotku. Emise hodnot teploty jsou odvozené od detekovaného tepelného záření pro okolní teplotu v okolí detektora, nebezpečí anebo poplachu v případě, že právě zjištěná hodnota teploty překročí předem stanovenou hodnotu porovnání teploty. Snímač tepelného záření je uspořádán v krytu alarmu a je konfigurován tak, aby opticky detekoval teplotu okolí na vnitřní straně krytu alarmu [21].

Detektor teploty obsahuje kalibrační obvody snímačů teploty a regulační obvody výkonu. Obvod pro snímání teploty má výstup, který se mění v závislosti na teplotě. Kalibrační obvody jsou spojeny tak, aby přijímaly výstup, který se mění s teplotou [22].

Snímač teploty poskytuje spolehlivější odpovědi, ale s delší dobou odezvy. Citlivost kouřového čidla také závisí na teplotě okolí v důsledku teplotní závislosti světelné diody (LED) a fotodiody (PD). Žádný senzor kouře však nebere závislost citlivosti na okolní teplotě [23].

Proto detektor požáru, který používá snímače teploty je inteligentnějším systémem požární signalizace. Absolutní přesnost teplotního čidla není rozhodující, protože může být detekován požár rychlou změnou teploty, spíše než absolutní teplotou sám. Výstup analogově-digitální (A / D) konverze snímače je nezbytný prvek pro implementaci inteligentního algoritmu v digitální oblasti. Obecně jsou hlásiče teploty odolnější k nepříznivým podmínkám okolního prostředí.

5.3.4 Hlásiče vyzařování plamene

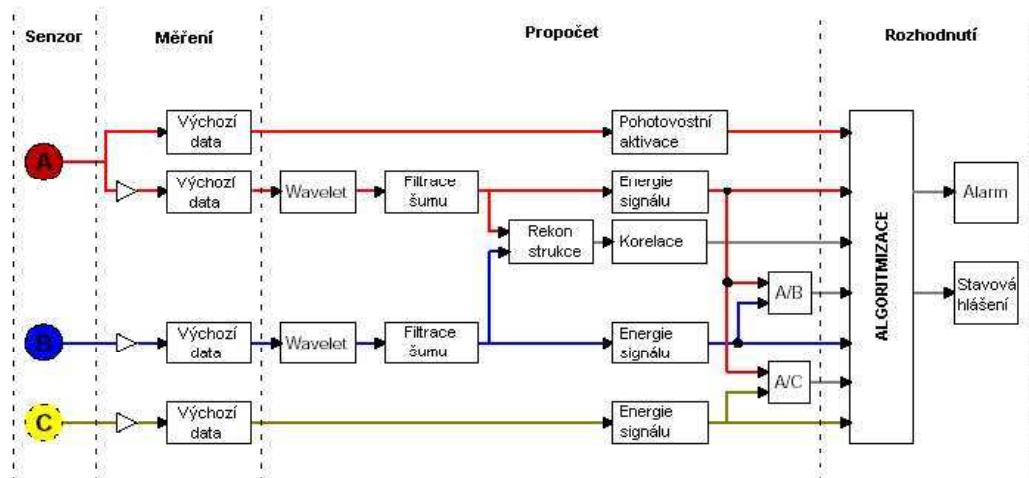
Hlásiče vyzařování plamene obr. 13, detekují požár na základě vyhodnocování specifických vlastností radiace plamene při požáru. Sledují infračervené (IR), ultrafialové (UV) záření, nebo kombinaci obou záření. Hlásiče vyzařování plamene sledující UV záření a jsou vhodné především do prostor, kde se očekává rychlý výskyt plamenného hoření a rychlé šíření požáru – např. požár hořlavé kapaliny. Tyto hlásiče nejsou schopny detektovat doutnající požár. Hlásiče detekující IR záření reagují na plameny od hořících plynů. V památkových objektech se většinou tyto látky nevyskytují, proto použití detektorů plamenů je výjimečné. Tyto hlásiče musí být schváleny podle ČSN 54-10 [24], kde se klasifikují podle citlivosti na jednotlivé třídy:

- třída 1 – všechny vzorky reagují do 30 s na typ požáru do vzdálenosti 25 m včetně
- třída 2 – všechny vzorky reagují do 30 s na typ požáru do vzdálenosti 17 m včetně
- třída 3 – všechny vzorky reagují do 30 s na typ požáru ve vzdálenosti 12 m

Pokud zkoušený hlásič nereaguje do 30 s na typ požáru do vzdálenosti 12 m, musí být vyřazen. Na obr. 14 je zobrazeno, na jakém principu funguje hlásič plamene.



obr. 13 Hlásič plamene UniVario ²



obr. 14 Zpracování dat ³

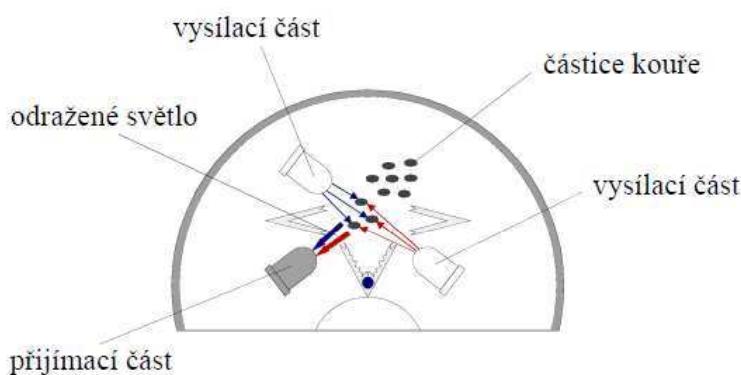
² Technický list Honeywell UniVario

³ Technický list Siemens WaveRex DF1192 infračervený hlásič plamene s trojitým senzorem

5.3.5 Multisenzorové hlásiče

Principem multisenzorových hlásičů je, že dokáží nezávisle na sobě detekovat více veličin požáru. Nejčastější kombinací je senzor kouře a teploty obr. 15. K zabránění vzniku planého poplachu slouží detekce jedné i druhé veličiny. V místech, kde vzniká větší množství kouře, ale není zaznamenán výrazný nárůst teploty (např. kuchyně), by detektor kouře signalizoval poplach, vyhodnocující jednotka teplotního senzoru však situaci nevyhodnotí jako požár a tím je zamezeno vyhlášení falešných poplachů.

V současné době se objevují také multisenzorové detektory, které ve stejnou chvíli mohou detekovat částice kouře, rostoucí teplotu a oxid uhelnatý (CO). Pokud při porovnání všech tří údajů je zaznamenána výraznější koncentrace více častic je patrné, že se jedná o skutečný požár, a ne o planý poplach.



obr. 15 Multisenzorový hlásič plamene⁴

5.3.6 Bezdrátové hlásiče

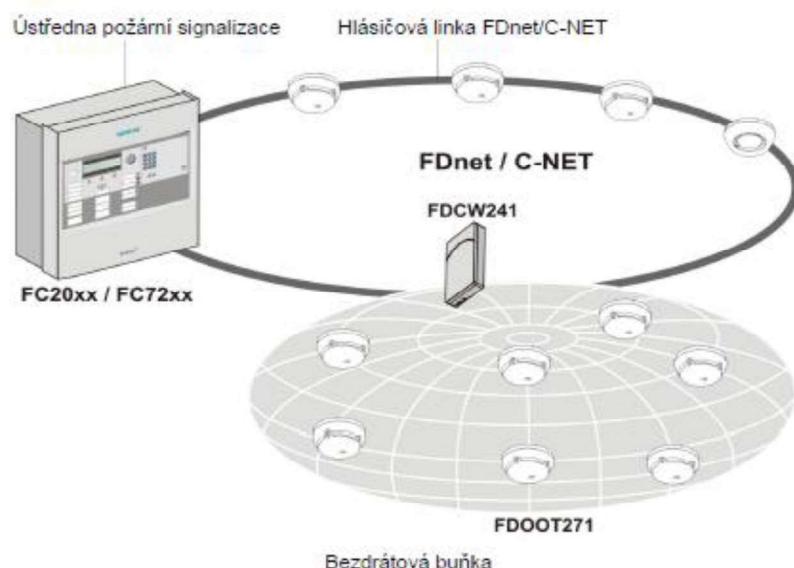
Bezdrátové komponenty se řadí mezi hlásiče pro speciální použití. Odkazují se na normu ČSN EN 54-25 [25]. Výhodou těchto hlásičů je, že např. od optických detektorů kouře nenarušují přívodními kably interiér objektu. Proto se instalují do prostor s vysokou historickou hodnotou (chrámy, kostely, zámky, muzea, knihovny, paláce atd.). Při volbě hlásiče je důležitá jeho kompatibilita se zabezpečovacím systémem. Jedná se zpravidla o komunikační formát mezi jednotkami a komunikační frekvencí. Bezdrátové hlásiče kouře bývají z důvodu větší spolehlivosti doplněny o termistory pro detekci teploty.

Nevýhodou bezdrátových hlásičů je jejich pořizovací cena, nicméně instalace tohoto systému není tolik finančně náročná. Důležitý faktorem při výběru tohoto systému je ten, že nijak nenarušuje vzhled, ani nepoškodí konstrukčně vysekáváním drážek a otvorů pro kabeláž, interiéry historických budov a památkově chráněných objektů. Klasický systém EPS lze také doplnit o bezdrátové hlásiče obr. 16, a to např. v nejcitlivějších místech, nebo tam, kde není instalován

⁴ Technický list Honeywell O²T multisenzorový hlásič IQ8Quad

systém EPS a je potřeba ho rozšířit do místností (nové sbírky, rozšíření prohlídkového okruhu atd.).

Další nevýhodou hlásičů je nutnost sledovat stav akumulátorů a jejich každoroční výměna. Pokud napětí v baterii klesne pod standartní hodnotu, na příslušném místě se rozsvítí daná LED dioda a ta může hlásit také případnou poruchu hlásiče. Výhodou je možnost instalace bez přerušení provozu.



obr. 16 Kombinace bezdrátového systému a klasického adresného systému⁵

Každý hlásič má svou adresu, která určuje v ústředně EPS jeho umístění. Pomocí bezdrátového přenosového rozhraní jsou informace předávány od bezdrátových hlásičů prostřednictvím detektorů do ústředny EPS. Je možné také instalovat zesilovací prvky pro příjem signálu.

Bezdrátové hlásiče jsou větší, než klasické (kouřový, teplotní), pokud se ale barva sjednotí s podkladem, je hlásič v interiéru skoro nezpozorovatelný. To platí u většiny hlásičů.

⁵ Technický list Siemens FDOOT271, FDCW241 – SWING Kombinovaný bezdrátový hlásič požáru

5.3.7 Hlásiče využívající videodetekci

Požární videodetekce je poměrně nový způsob ochrany před požárem. Na trhu je kolem deseti let. Principem je televizní uzavřený okruh (CCTV), obraz z analogové nebo digitální kamery je zpracován speciálním softwarem obr.17, který rozpozná charakteristické znaky kouře, či plamene v počátcích vznikajícího požáru.



obr. 17 Schéma systému videodetekce⁶

Detekční algoritmy se zaměřují na identifikaci, která zahrnuje odhad změny jasu, pohybu, optické hustoty, tvaru, barvy atd. Systémy za pomocí detekčního algoritmu porovnávají svou databázi různých typů požárů s detekovaným požárem. Jsou schopné sledovat kouř, plameny, nebo oba prvky současně.

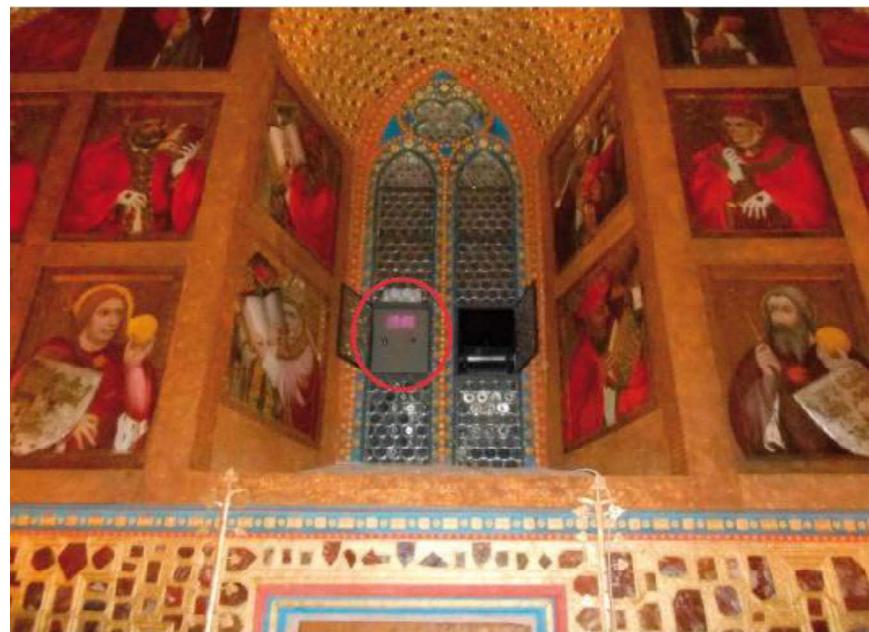
Kamera stále zachovává svojí primární funkci – monitoruje situaci ve střeženém prostoru. Pokud je kamerový systém v dostatečné obrazové kvalitě, lze software detekce k tomuto systému připojit [8]. Na jednu vyhodnocovací jednotku lze připojit maximálně 4 kamery. Videodetekce je vhodná do malých i velkých prostor. Také ji lze použít do venkovních prostor obr. 18.



obr. 18 Videodetekce požáru ve venkovním prostředí [26]

⁶ Technický list Honeywell WINMAGLite

Systém videodetekce má stále častější uplatnění v oblastech velkých zařízení (elektrárny, tunely, sklady). Další z možností uplatnění je v historických budovách a památkově chráněných objektech. Jedním z příkladů, kde bylo toto zařízení využito je Kaple sv. Kříže na Karlštejně obr. 19, ve snaze zachovat a nijak nepoškodit interiér kaple. Je pravděpodobné, že se bude i nadále využívat tento systém požární ochrany v historicky cenných objektech, nicméně nejspíš nebude tak rozšířen, jako běžné hlásiče požáru vzhledem k velké finanční náročnosti.



obr. 19 Umístění videodetektoru v kapli sv. Kříže [16]

Videodetekční požární systém obsahuje více dílčích komponent, které slouží k detekci kouře i plamene. Určí jej na základě analýzy podle videosignálu, a to v reálném čase. Součástí systému jsou videokamery (videodetektor), vyhodnocující jednotka a zálohovací napájecí zdroj. Analýzu videosignálu zpracovává vyhodnocující jednotka, a to i v případě, když není umístěna ve střeženém prostoru. Může se tedy nacházet i mimo střežený prostor. V něm se však musí nacházet videokamera, která vysílá signál do vyhodnocující jednotky. Ta je k systému EPS připojena díky vstupně-výstupnímu zařízení.

6 Základy modelování

Matematické modelování dynamiky požáru je v dnešní době velké téma. Využitím softwarů založených na principu dynamického proudění tekutin tzv. CFD (Computational Fluid Dynamics), lze efektivněji dostát požárního návrhu.

Zabývá se:

- prouděním tekutin
- přenosem tepla a hmoty
- průběhem chemických reakcí
- souvisejícími jevy v definovaném prostředí

Pro použití je nutné vytvořit model zkoumaného systému, na který jsou aplikovány matematické postupy, včetně počátečních a okrajových podmínek. Následně jsou spočteny hodnoty sledovaných veličin probíhající v celé zkoumané oblasti při dodržení fyzikálních zákonů.

V současnosti jsou návrhy a realizace staveb náročnější na nové technologie, konstrukční řešení, či provozní řešení. Normové postupy se mohou stát neefektivní, finančně náročné, někdy i neproveditelné. CFD řeší Navier-Stokesovy rovnice pro výpočet zachování hybnosti, energie a hmoty řešeného modelu.

Výpočtová oblast je v případě řešení třídimenzionálního problému rozdělena do trojrozměrných buněk (kontrolních objemů), které vytváří prostorovou síť. V daných buňkách se jednotlivě řeší zadané rovnice. Řešený systém může být jedno až třídimenzionální. Čím méně dimenzí (úsečka, rovina), tím je výpočet snadnější a rychlejší. Metody CFD neřeší pouze požární problematiku, ale v této části se mohou detailněji zabývat pyrolýzou, hořením, radiací, např. v podobě submodelů atd.

Modely jsou vhodné pro simulaci pohybu kouře a plamene, požární odvětrání a skrápěcí systémy. V této práci však bude model zaměřený na rychlosť a detekci kouře, vzhledem k umístění požárních čidel. Pro toto modelování jsem využila software Fire Dynamics Simulator (FDS), který je z řady CFD programů. V současné době je k dispozici verze FDS 6.7.0. První verze byla uvedena na trh v roce 2000 americkou organizací NIST (National Institute of Standards and Technology). FDS řeší numericky Navier-Stokesovy rovnice vhodné pro tepelné proudění s malou rychlosťí.

FDS je využíván pro modelování:

- přestupu tepla a kouře prouděním a sáláním
- přestup tepla mezi vzduchem a pevnými povrchy (konvekcí a radiací)
- pyrolyzy
- šíření plamene a rozvoj požáru
- aktivace sprinklerových hlavic (skrápění a hašení vodou, popř. vodní mlhou)
- aktivace tepelných a kouřových detektorů

6.1 Vstupní údaje

Základním souborem je textový list ve formátu XYZ.fds. Soubor obsahuje pojmenování, data o síti (nebo několika sítích), prostředí, geometrii objektu, materiálové vlastnosti, zdroj hoření a další nadstavby. Tělesa v modelovém prostoru se musí přizpůsobit pravoúhlé síti a jejich buňkám. Pokud je prvek menší než naefinovaná buňka sítě, je vyřazen ze simulace, nebo je jeho velikost přizpůsobena velikosti buňky. Každému prvku (zdi, stropu, schodišti, sloupu, nábytku) musí být přiřazeny parametry (tloušťka, barva) a materiálové vlastnosti povrchu (objemová hmotnost, měrná tepelná kapacita, tepelná vodivost, emisivita).

6.2 Výstupní údaje

FDS počítá každou buňku v každém časovém dílku samostatně. Počítá její teplotu, tlak, hustotu atd. U pevného tělesa počítá teplotu na povrchu, tepelný tok, úbytek hmotnosti a jiné. Výstupní soubory mohou být rozsáhlé a je jen na uživateli, jakou danou hodnotu sleduje. Nejčastěji se zjišťují hodnoty jako teploty, hustoty plynů, hustoty kouře, rychlosti proudění, koncentrace zplodin, viditelnost, tepelný tok, rychlosť hoření a rychlosť uvolňování tepla. Vypočtená data jsou uložena ve formátu XYZ.csv, která se nejčastěji v Excelu, pomocí úprav převedou do formátu používaného v České republice. Pohyb částic kouře a plamene lze sledovat v post-procesorovém softwaru Smokeview (SMV), který je součástí instalace FDS.

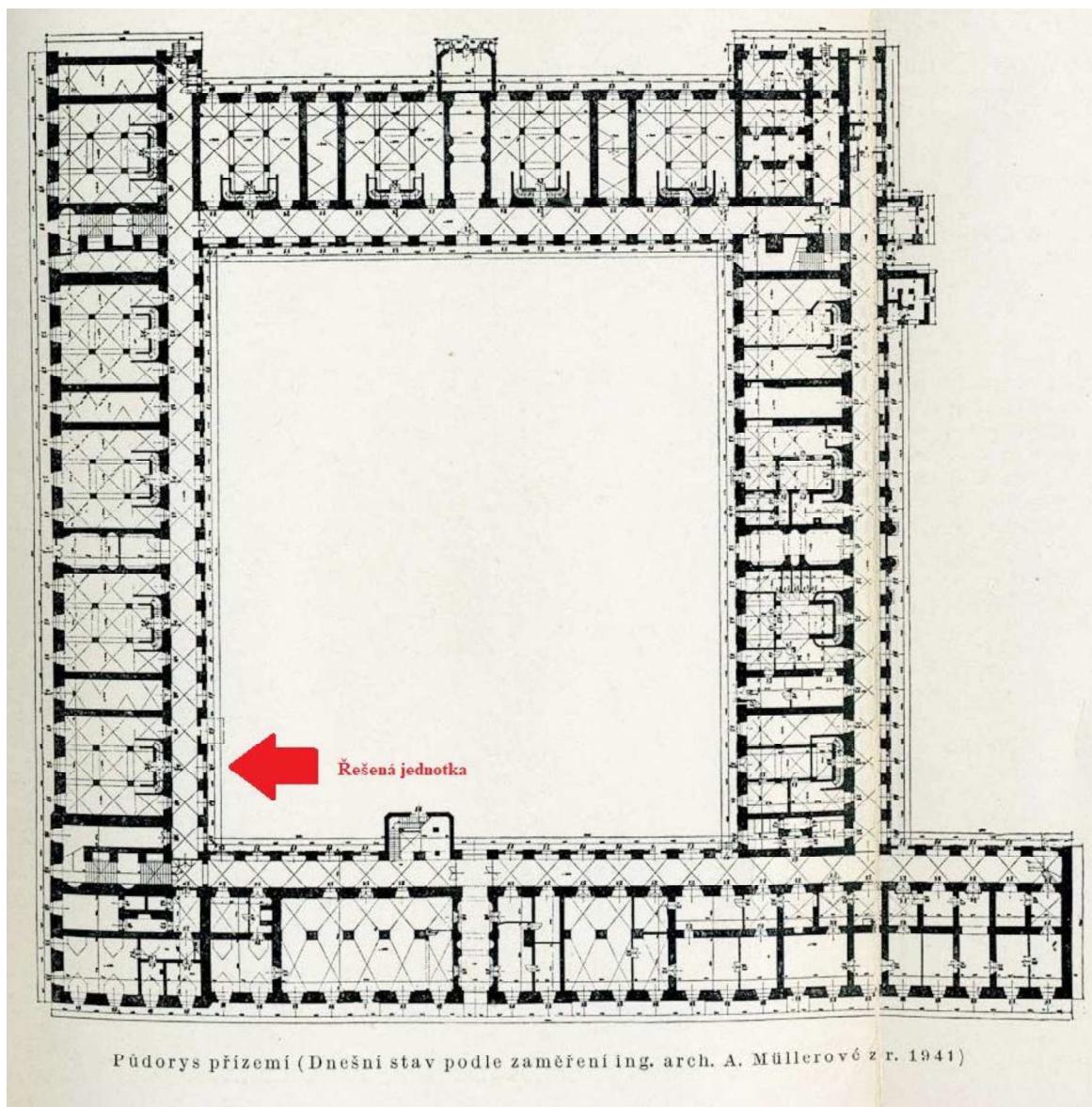
7 Modelový příklad

Pro modelový příklad byla zvolena jednotka pražské Invalidovny obr. 20. Po vzoru francouzského Hotel des Invalides, nechal Karel VI. postavit Invalidovnu v Karlíně. Architektonický projekt vytvořil stavitel Kilián Ignác Dientzenhofer. Půdorysné dispozice vytvořil architekt Josef Emanuel Fischer z Erlachu. Základní kámen byl položen za účasti císaře Karla VI. 15. srpna 1732, nicméně už v té době probíhaly stavební práce. Původní projekt byl navrhnut pro cca 4000 invalidů s rodinami. Při nedostatku financí byla však realizována pouze 1/9 celého objektu, jak jej známe v dnešní podobě. Důležitou postavou pro budovu Invalidovny byl hrabě Petr Strozzi, kdy jeho nadace financovala provoz, dispoziční a terénní úpravy a např. sochařskou výzdobu.

Historie Invalidovny je dlouhá. Svůj účel plnila až do roku 1935, kdy budovu opustili poslední invalidé. Od roku 1919 byly do budovy přestěhovány sbírky Vojenského muzea, a od té doby sloužila převážně Invalidovna pro vojenské účely. V roce 2014 budovu opustil vojenský historický a ústřední archiv. V roce 2017 byla Invalidovna zařazena do seznamu národních kulturních památek.

V současné době nově budovu převzal Národní památkový ústav a objekt čeká velká rekonstrukce, kde je předpokládaným záměrem vybudování vzdělávacího a edukačního centra, zpřístupnění objektu veřejnosti, prezentace sbírek a v neposlední řadě sídlo Pražského filharmonického sboru a sídlo územní památkové správy.

Prvním bodem pro vytvoření modelu byla osobní prohlídka objektu a následné zaměření stávajícího stavu jedné ubytovací jednotky, půdorys 1.NP je uveden v příloze č. 3 a 2.NP je uveden v příloze č. 4.



obr. 20 Půdorys přízemí Invalidovny⁷

7.1 Popis ubytovací jednotky

Ubytovací jednotka je cca čtvercového půdorysu o stranách 12,5 x 12,0 m. Je pomyslně rozdělena na 3 trakty, kde prostřední je na výšku dvou podlaží. Dva krajní trakty jsou dvoupodlažní se světlou výškou 3,0 m. V prostředním traktu je světlá výška 6,4 m.

Trakty jsou od sebe oddeleny sloupy, v modelu označen jako S1 0,7 x 0,6 m umístěnými v třetinové ose půdorysu. Vnitřní nosné zdi tloušťky 0,3 m podporující točité veknuté schodiště s 19 stupni. Dělící příčky ve druhém podlaží mají také tloušťku 0,3 m. V prvním traktu však dosahuje tato zeď výšky pouze 0,9 m. Ve třetím traktu je zeď až do výšky stropu.

⁷ Dostupné z <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/fotogalerie-obrazem-o-prazske-invalidovne/>

Zastropení celého objektu je pomocí klášterní klenby obr. 21. V ubytovacích jednotkách vede vždy mezi sloupem a zdí v krajních traktech, ve středním traktu pak mezi sloupy.

Podlaha je v 1.NP, tak i ve 2.NP dřevěná, prkenná. Celková tloušťka je odhadována na 0,1 m. Výplně otvorů jsou původní, dřevěné dveře jsou dvoukřídlé – v modelu označen jako D01, celkové šířky 1,4 m, jednotlivé křídlo je šířky 0,7 m. Okna jsou jednoduchá, v 1. NP v modelu označena jako W01 – šířky 1,5 m a výšky 2,1 m, a ve 2.NP jsou W03 stejné šířky, nicméně výška okna je 1,2 m. V prostředním traktu je členěné okno W02 přes obě podlaží šířky 1,5 m a výšky 3,4 m. V celé jednotce nejsou osazeny parapety. Umístění oken je ve výšce 0,9 m (W01, W03), a ve výšce 1,8 m (W02).

Základním materiélem pro výstavbu byla opuka. Obvodové zdivo je tloušťky 1,4 m. Povrch zdiva je omítnutý s výmalbou.



obr. 21 Jednotka Invalidovny [Ing. Pavla Pechová, Ph.D.]

Návrh systému EPS byl vytvořen v 1999 kvůli umístění již zmíněného vojenského archivu, zabezpečení objektu a včasné detekce požáru. Celý objekt je vybaven EPS i EZS systémy.

Současně rozmístění optických hlásičů v krajních traktech je vždy po 2 hlásičích po stranách vrcholu křížové klenby. Podle původního projektu je projekt rozšířen o jeden hlásič ve středním traktu. V celém objektu jsou použity optické hlásiče. Pouze v místě bývalé kotelny jsou použity teplotní hlásiče.

7.2 Vstupní parametry pro modelaci jednotky

Geometrie prostoru je relativně shodná s naměřenými hodnotami. Pro zjednodušení výpočtu a sjednocení výpočetní sítě jsem upravila tloušťku vnitřních zdí. Z vretenového zakřiveného schodiště je dvouramenné schodiště.

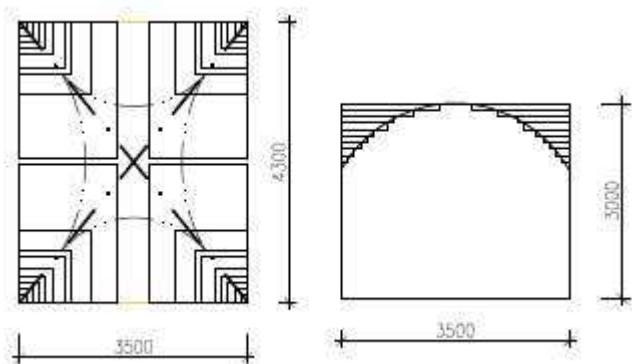
- hlavní rozměry $12,0 \times 12,5$ m
- konstrukční výška KV = 6,8 m
- světlá výška po vrchol křížové klenby h = 3,0 m
- tloušťka stropní konstrukce včetně podlahy d = 0,4 m
- sloupy 0,7 x 0,6 m
- schodiště s 18 stupni, šířky $b_1 = 0,25$ m, výšky $h_1 = 0,19$ m

Výpočetní čas pro jednotlivé simulace je nastaven na 80 vteřin, příkazem &TIME T_END. Výpočetní oblast je tvořena výpočetní sítí, kontrolní buňka tvaru ideální krychle o rozměru 0,1 m x 0,1 m x 0,1 m. Síť je tak zvolena pro přesnější průběh simulace a nejmenší společný rozměr většiny prvků modelu. Výpočetní síť se zadává pomocí příkazu &MESH ID='Mesh01'.

Jednotlivé materiály jsou zadávány pomocí příkazu &MATL ID. Pod tímto příkazem jsou zapsány parametry daného materiálu (objemová hmotnost, měrná tepelná kapacita a tepelná vodivost). Obvodové a vnitřní zdi jsou definovány jako &MATL ID='OPUKA'. Stropní konstrukce včetně dřevěné podlahy &MATL ID='DREVO'. Kovový regál &MATL ID='STEEL' a stohy papíru jsou definovány jako &MATL ID='PAPER'. Pomocí příkazu &SURF ID je k danému povrchu (stěna, sloup, strop, klenba) přiřazen materiál, barva, a další okrajové podmínky. Hořícímu materiálu je dále příkazem &SURF ID='PAPER_F' definováno množství uvolněného tepla vztaženého na plochu, odhořívání, zápalná teplota atd. Dále je definována těleso hořáku, jeho plocha a reaktant.

Geometrie modelového příkladu je definována jako &OBST. Příkladem je parametrizace 1.sloupu &OBST XB=3.5,4.2,3.7,4.3,0.0,6.4, SURF_ID='STENA', COLOR='SIENNA'/ sloup 1, kde jsou zadány jeho souřadnice (X1, X1, Y1, Y2, Z1, Z2), je mu přiřazen povrch a barva. Obdobně jsou zadány zbylé části geometrie. V geometrii nejsou definovány průvlaky.

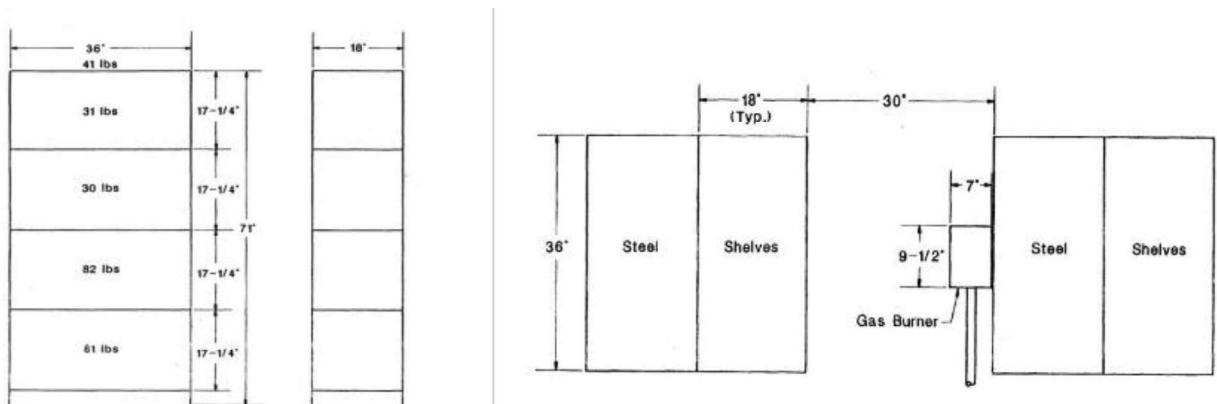
Protože výpočetní síť je pravoúhlá, nelze klenby vymodelovat pomocí oblouku, ale jsou vytvořeny pomocí obdélníků, kopírující její křivku obr. 22.



obr. 22 Půdorys a řez klenby

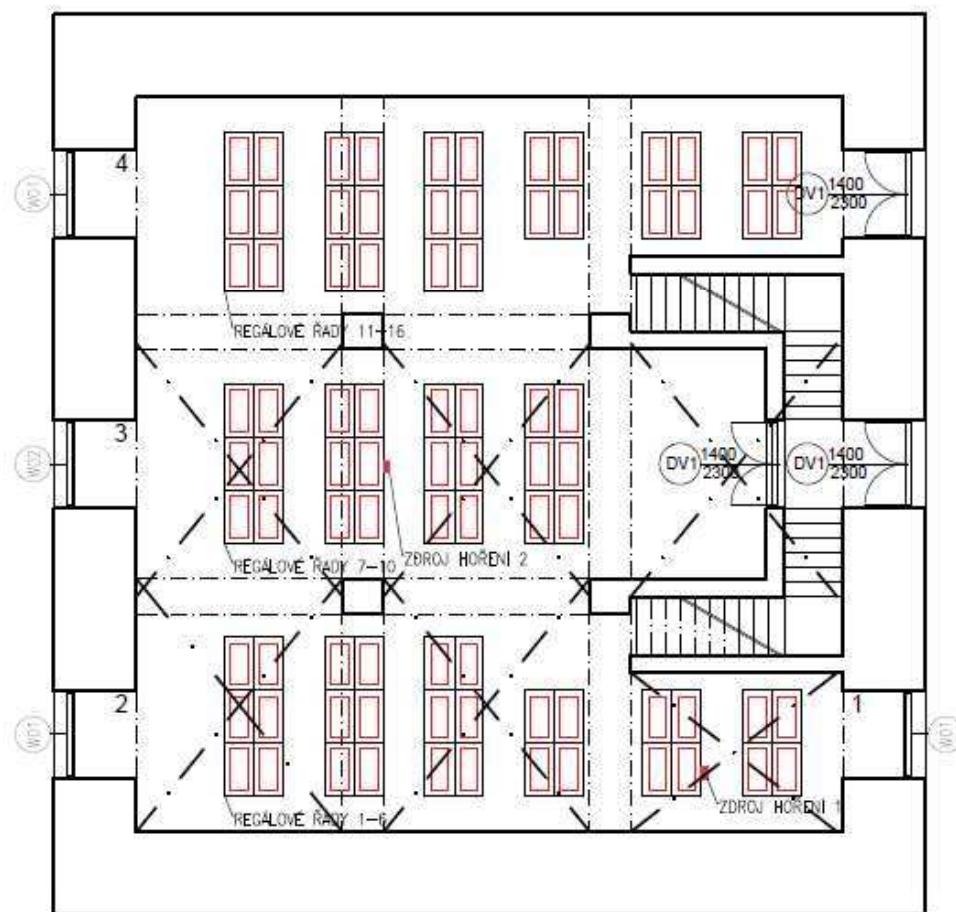
Pomocí příkazu &HOLE jsou definovány dveře uprostřed modelového prostoru. Otvory, které jsou na hranici výpočetní oblasti jsou zadány příkazem &VENT SURF_ID='OPEN'. Vnitřní i vnější otvory jsou umístěny dle zaměření, pouze ostění je oproti skutečnosti zarovnané.

V prostoru jsou rozmístěny kovové regály obr. 23, na kterých jsou umístěny stohy papíru. Tyto regály byly použity proto, že máme k dispozici průběh HRR, získaný z reálné zkoušky. Data jsou v příloze 3.2.2.1 publikace Modelování dynamiky požáru v budovách [27]. Výška regálu je 1,8 m, šířka 0,9 m a hloubka 0,5 m a celková váha je cca 10 kg.



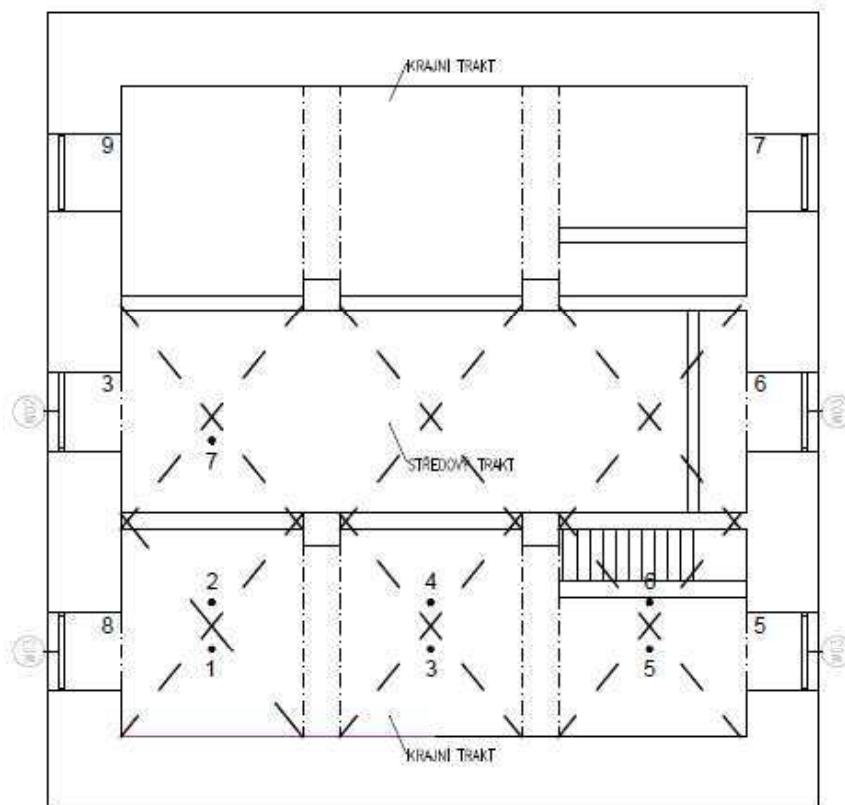
obr. 23 Pohledy a půdorys použitého kovového regálu [27]

Rozmístění jednotlivých regálu je uvedeno na obr. 24. Příkazem pro násobné vytvoření regálu je &OBST XB=1.6,1.9,5.0,5.7,0.2,0.5, SURF_IDS='PAPER_BLOCK','PAPER_BLOCK','STEEL', COLOR='FLESH', MULT_ID='m7', ve kterém se definuje násobek jednoho bloku do směru osy x, y, z. Spodní hraně bloku je definován kovový povrch regálu. Zbylé strany bloku jsou definovány jako papír. V případě hořícího bloku je odkaz v povrchu na SURF_IDS='PAPER_F'.



obr. 24 Rozmístění regálů

Hlásiče požáru jsou umístěny dle projektové dokumentace, tedy v blízkosti vrcholů kleneb ve 2.NP. V modelu jsou použity dva typy hlásičů a to opticko-kouřový &DEVC ID='SD01' a teplotní hlásič &DEVC ID='HD_01'. V modelovém příkladu jsou hlásiče umístěny pouze ve středovém a jednom krajním traktu dle obr. 25.



- označení umístění hlásiče

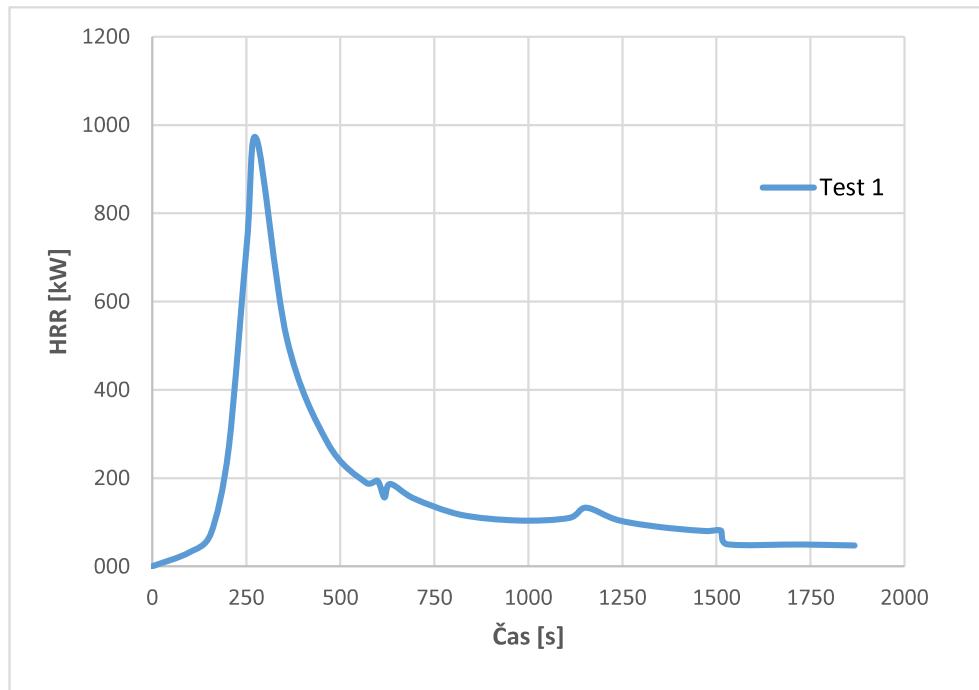
obr. 25 Rozmístění hlásičů požáru ve 2.NP

Zadefinované materiály souhlasí se skutečností, jejich hodnoty jsou:

- opuka
 - měrná tepelná kapacita (specific heat) $c = 0,69 \text{ kJ/kgK}$
 - součinitel tepelné vodivosti (conductivity) $\lambda = 1,14 \text{ W/mK}$
 - objemová hmotnost (density) $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$
- dřevo
 - měrná tepelná kapacita (specific heat) $c = 1,3 \text{ kJ/kgK}$
 - součinitel tepelné vodivosti (conductivity) $\lambda = 0,2 \text{ W/mK}$
 - objemová hmotnost (density) $\rho = 400 \text{ kg/m}^3$

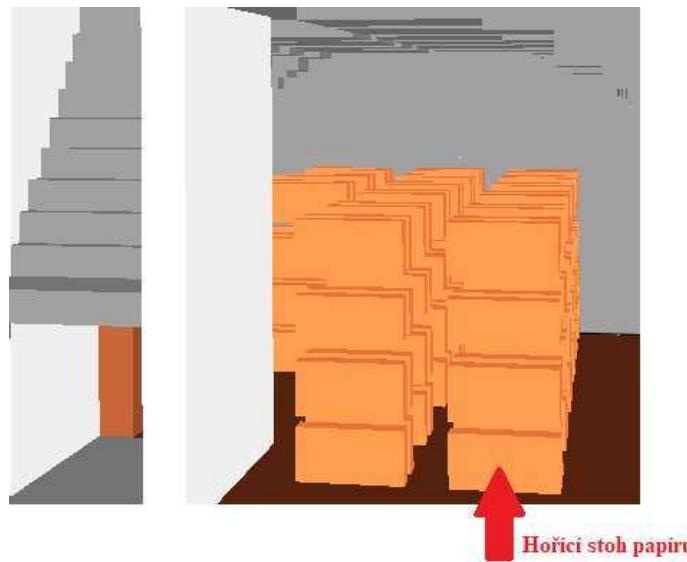
- ocel – kovové regály
 - o měrná tepelná kapacita (specific heat) $c = 0,46 \text{ kJ/kgK}$
 - o součinitel tepelné vodivosti (conductivity) $\lambda = 45,8 \text{ W/mK}$
 - o objemová hmotnost (density) $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
- papír
 - o měrná tepelná kapacita (specific heat) $c = 1,34 \text{ kJ/kgK}$
 - o součinitel tepelné vodivosti (conductivity) $\lambda = 0,05 \text{ W/mK}$
 - o objemová hmotnost (density) $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$

Hodnoty jsou uvedeny i ve zdrojovém kódu, který je v příloze č. 5. Stohy papíru šířky 0,7 m, výšky 0,3 m a hloubky 0,3 m. Celková váha papíru je cca 120 kg. Jsou umístěny na jednotlivé police regálu a průběh hoření jednoho stohu papíru je patrný z grafu na obr. 26. Maximální hodnota rychlosti uvolněného tepla je 980 kW.



obr. 26 Rychlosť uvoľneného tepla pro regál se stohy papíru [27]

Vzhledem k zjišťovaným hodnotám jsem neuvažovala o postupném zahořívání ostatních stohů papíru na regálech. V daných simulacích tedy zahoří pouze spodní stoh papíru uloženého na kovové polici obr. 27.



obr. 27 Hořící stoh papíru

7.3 Validace modelu

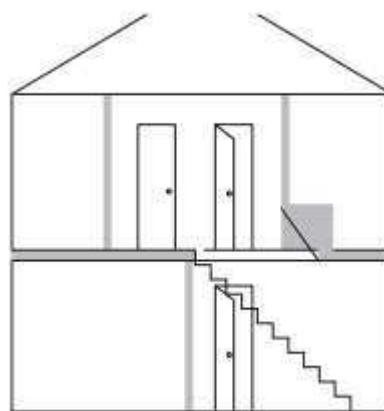
Obecně je validace důležitou součástí všech modelací. Jedná se o ověření zahrnující porovnání získaných výsledků z experimentálního měření s výsledky z matematických modelů. Hledanou hodnotou je, v jakém čase se požární hlásič aktivuje.

Hodnoty použitých hlásičů v modelu dle tab. 5 jsou převzaty z FDS User Guide [28], které se odkazují na literaturu [29], ve které jsou dané hodnoty hlásičů validovány s požární zkouškou. Jedná se převážně o zkoušku dvoupodlažního domu obr. 28, kde v 1. NP v obývacím pokoji je umístěn zdroj hoření – čalouněné kreslo s modifikovanou pěnou, na kterém byly zapáleny noviny. Byl zajištěn dostatečný přívod vzduchu otevřenými dveřmi do chodby a ve 2.NP byly otevřeny dveře do ložnice.

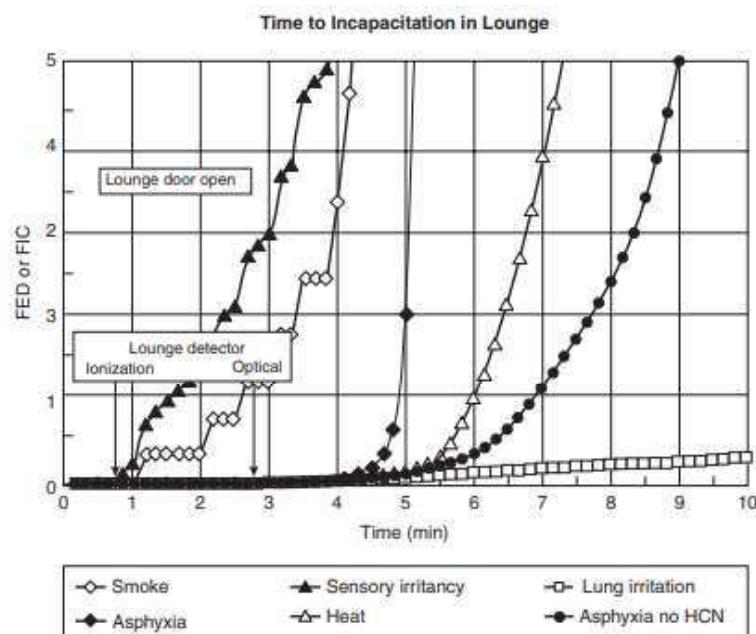
Z experimentální zkoušky vyplývá, že optický detektor umístěný ve druhém podlaží byl aktivován po 40 s.

tab. 5 Hodnoty kouřového hlásiče použité v simulaci [28]

Detector	α_e	β_e	α_c, L	β_c
Cleary Ionization I1	2.5	-0.7	0.8	-0.9
Cleary Ionization I2	1.8	-1.1	1.0	-0.8
Cleary Photoelectric P1	1.8	-1.0	1.0	-0.8
Cleary Photoelectric P2	1.8	-0.8	0.8	-0.8
Heskstad Ionization	—	—	1.8	—



obr. 28 Experimentální zkouška [29]



obr. 29 Výsledky aktivace požárních hlásičů [29]

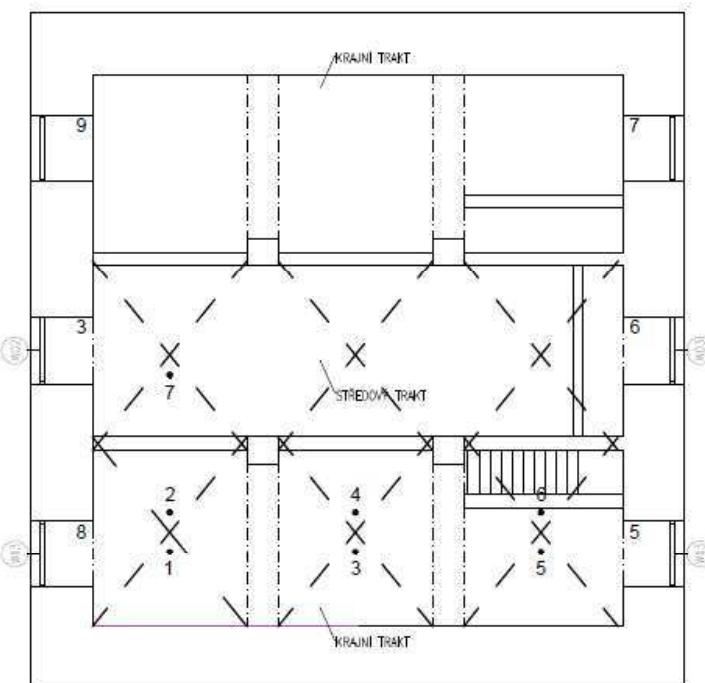
Jak je patrné z obr. 29 při experimentální zkoušce byla zjištěna reakce detektoru kouře, tak i teplotního detektoru. Parametry zkoušky, dvoupodlažní objekt se světlou výškou cca 6,0 m, umístění hlásičů ve 2.NP a zdroj hoření v 1.NP jsou obdobné jako při řešené simulaci v této diplomové práci.

7.4 Citlivostní analýza

Citlivostní analýza je provedena za účelem určení vhodné velikosti výpočetní sítě, a tím také zajištění přesnosti výsledků.

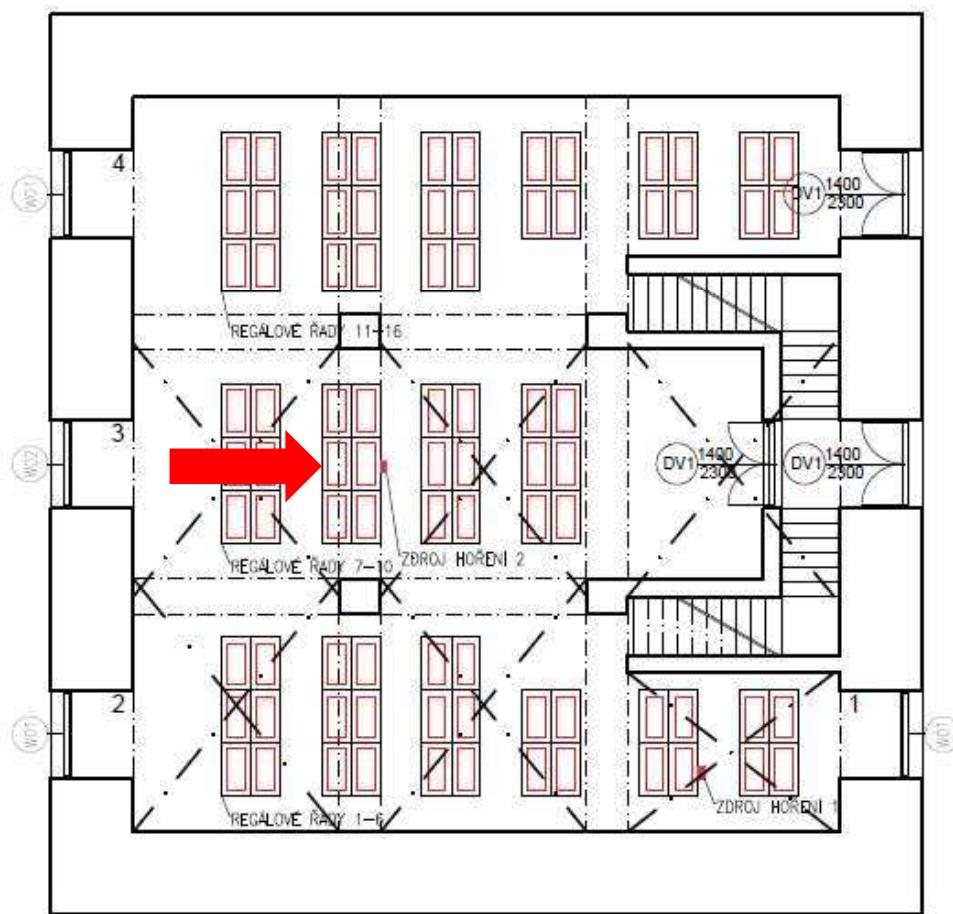
Vnitřní rozměry jednotky jsou $12,0 \times 12,5$ m, sloupy jsou rozměru $0,7 \times 0,6$ m, vnitřní zed' je tloušťky 0,3 m. Světlá výška je ve středovém traktu 6,4 m. V krajních traktech je světlá výška 3,0 m. Kovový regál je o šířce 0,9 m, hloubce 0,5 m a výšce 1,8 m. Na kovové polici je umístěn stoh papíru o šířce 0,7 m, hloubce 0,3 m a výšce 0,3 m. Z těchto rozměrů se jeví jako vhodná varianta síť o velikosti $0,1 \times 0,1 \times 0,1$ m.

Geometrie objektu bude pro všechny simulace zachována, tak jako materiál konstrukcí a parametry hoření. Nastavený čas pro citlivostní analýzu je 30 vteřin. Umístění detektorů je vždy u stropní konstrukce ve 2.NP dle obr. 25. Pro citlivostní analýzu bylo vybráno umístění zdroje hoření dle obr. 30.



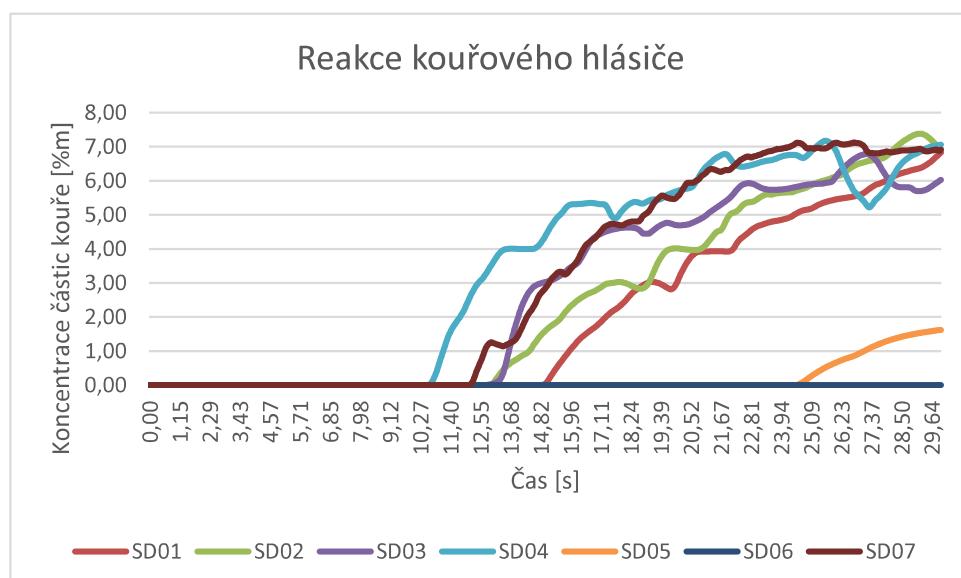
- označení umístění hlásiče

obr. 25 Rozmístění hlásičů požáru ve 2.NP



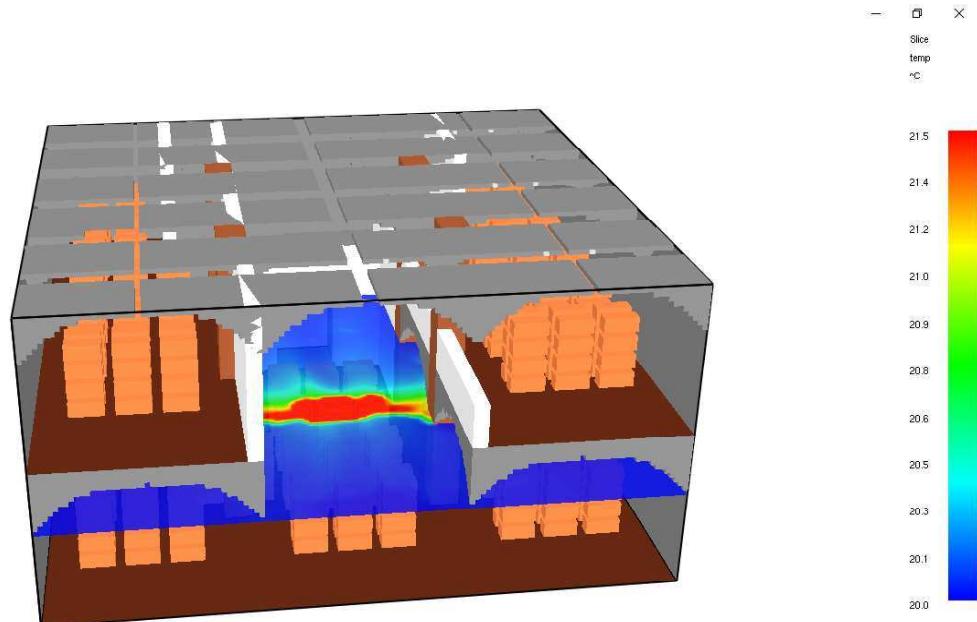
obr. 30 Umístění zdroje hoření v 1.NP

Z výsledků jsou patrné hodnoty reakce kouřového hlásiče dle obr. 31. Jako první se aktivuje hlásič č. 4 (SD04) po překročení koncentrace pevných částic $3,24 \text{ \%}/\text{m}$ v čase 13 vteřin.



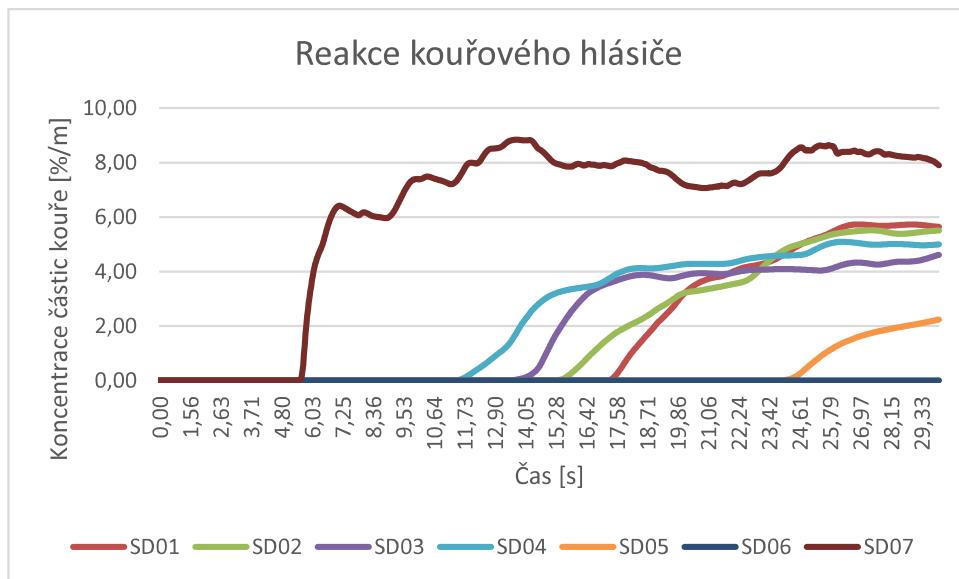
obr. 31 Reakce kouřového hlásiče při citlivostní analýze I

Maximální teplota, která je dosažena nad zdrojem hoření ve výšce 2,0 m je 21 °C.

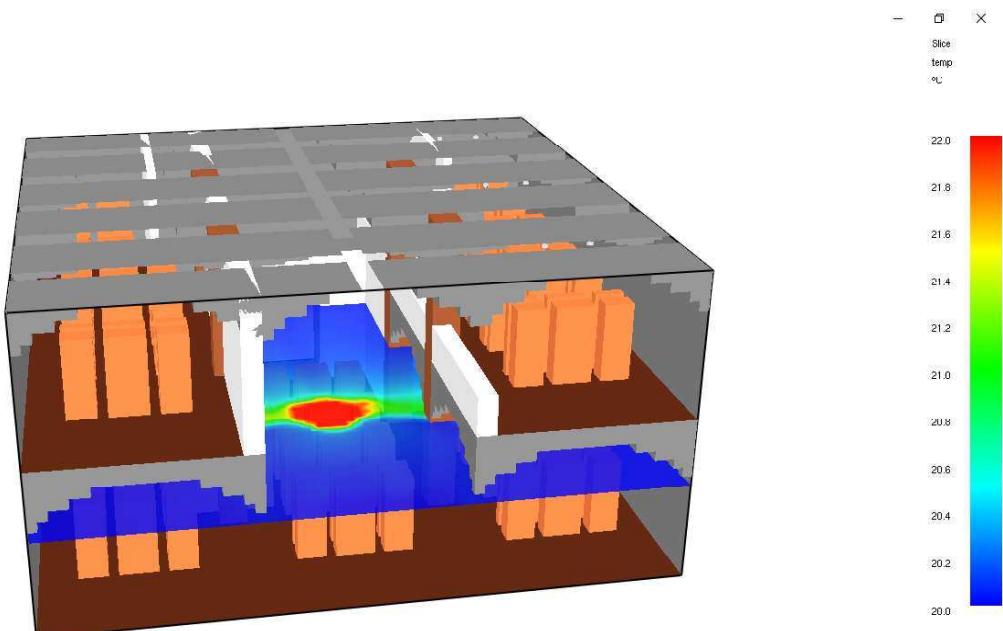


obr. 32 Teplota ve výšce 2,0 m, citlivostní analýza I

Druhá varianta je zvolení hrubší sítě o velikosti buňky 0,2 x 0,2 x 0,2 m se stejnou geometrií, výpočetním časem, stejnými hlásiči atd. Výsledky jsou patrné z obr. 33. Jako první se aktivuje hlásič č. 7 (SD07), po překročení pevných částic kouře 3,24 %/m, a to v čase 5,96 vteřin. Maximální teplota, která je dosažena nad zdrojem hoření ve výšce 2,0 m je 22 °C.



obr. 33 Reakce kouřového hlásiče při citlivostní analýze II



obr. 34 Teplota ve výšce 2,0 m, citlivostní analýza II

Bude-li zvolena jemnější síť o velikosti buňky $0,05 \times 0,05 \times 0,05$ m, výpočetní čas se tímto neúměrně navýší.

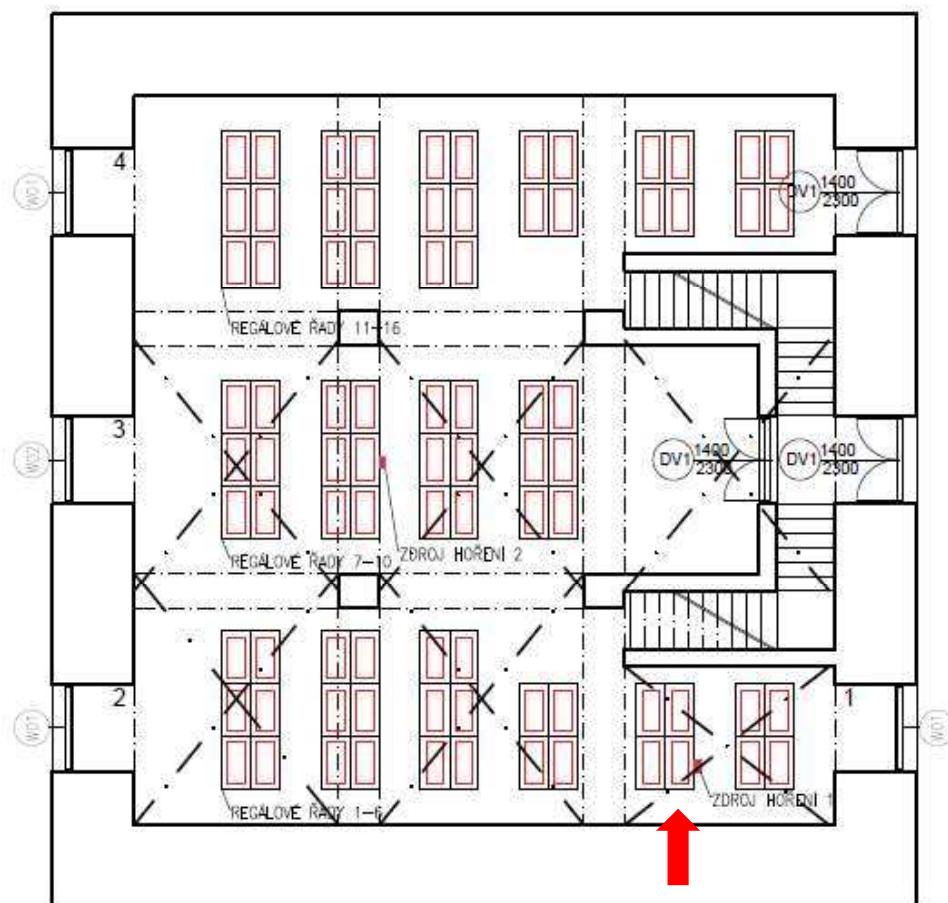
Ačkoli při velikosti buňky $0,2 \times 0,2 \times 0,2$ m, hlásič dříve reagoval na částice kouře, rozptyl reakce hlásičů je větší než při použití sítě o velikosti buňky $0,1 \times 0,1 \times 0,1$ m.

Proto byla vybrána výpočetní síť o velikosti $0,1 \times 0,1 \times 0,1$ m jako přesnější pro následující simulace.

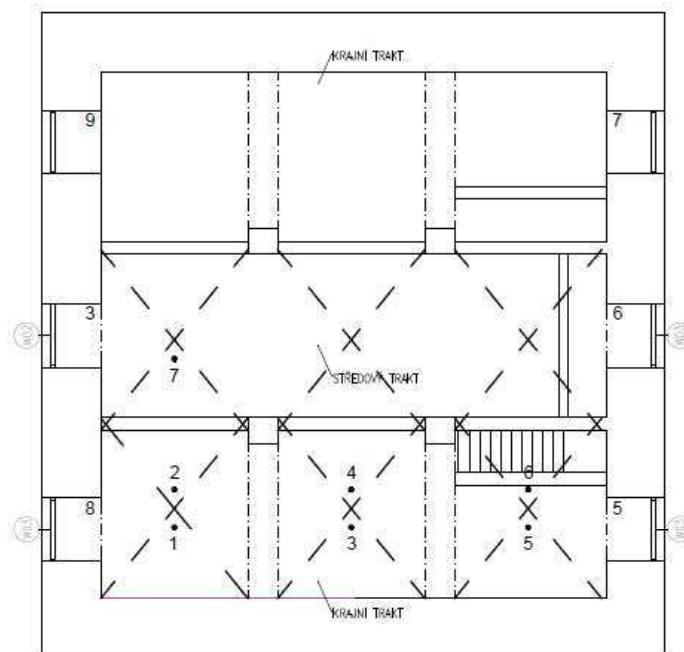
7.5 Výstupní parametry

7.5.1 První simulace

Prvním modelovým příkladem bylo umístění zdroje hoření vedle 5. regálu obr. 35. V tomto případě jsou v modelu umístěny pouze kouřové hlásiče, a to dle původní projektové dokumentace, tedy hlásiče 1-7 dle obr. 25. Hlásiči 1 odpovídá v simulaci hlásič SD01, hlásiči 2 odpovídá hlásič SD02 atd.



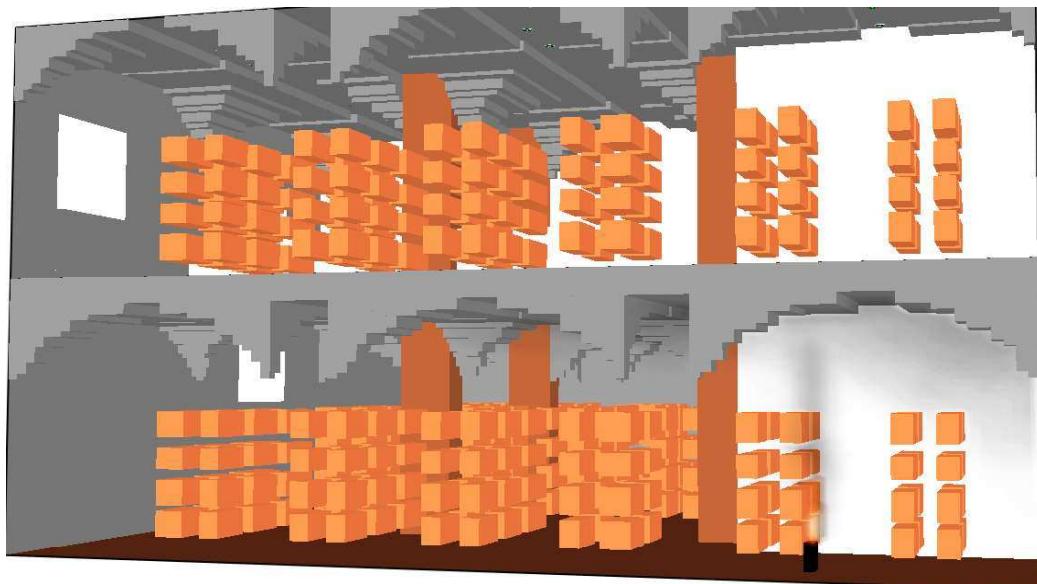
obr. 35 Umístění zdroje hoření v 1.NP



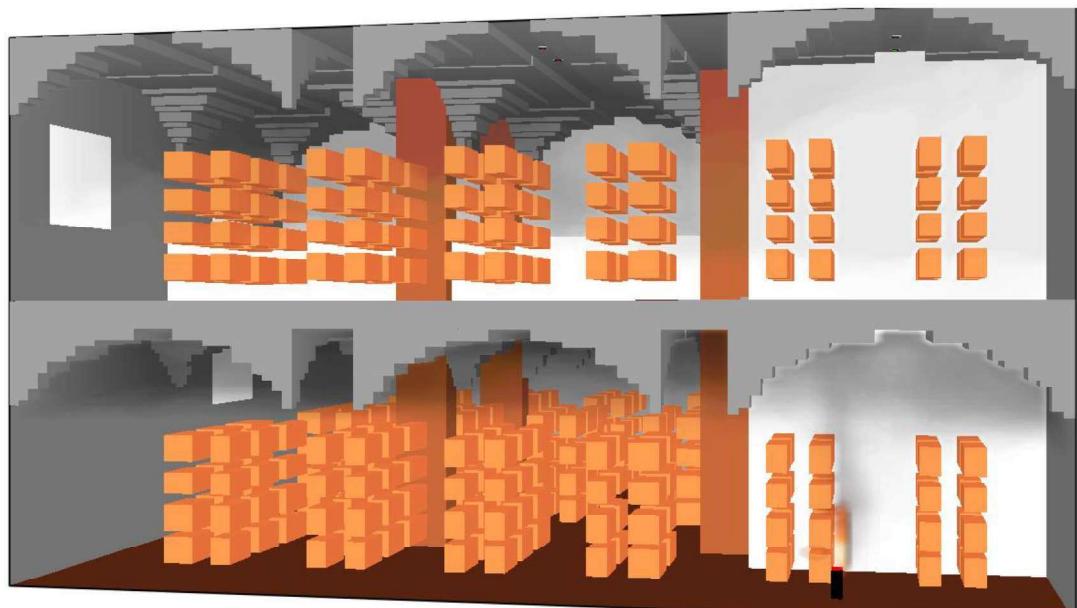
- označení umístění hlásiče

obr. 25 Rozmístění hlásičů požáru

Kouř se nejprve kumuluje v místě vzniku požáru obr. 36. Regály tvoří určité překážky a brání rychlejšímu šíření kouře do další části prostoru. Další překážkou, o kterou se šíření kouře zpomaluje jsou klenby. Po překonání těchto překážek se kouř dále šíří do prostoru druhé klenby, následně do středového traktu, kde jsou umístěny regály, ale tato část už je dvoupodlažní, tudíž se kouř bez omezení šíří vzhůru ke stropní konstrukci obr. 37. Současně se kouř šíří i do prostoru další klenby, kde okno dodává čerstvý vzduch a tím je koncentrace kouře snížena.



obr. 36 Počátek první simulace

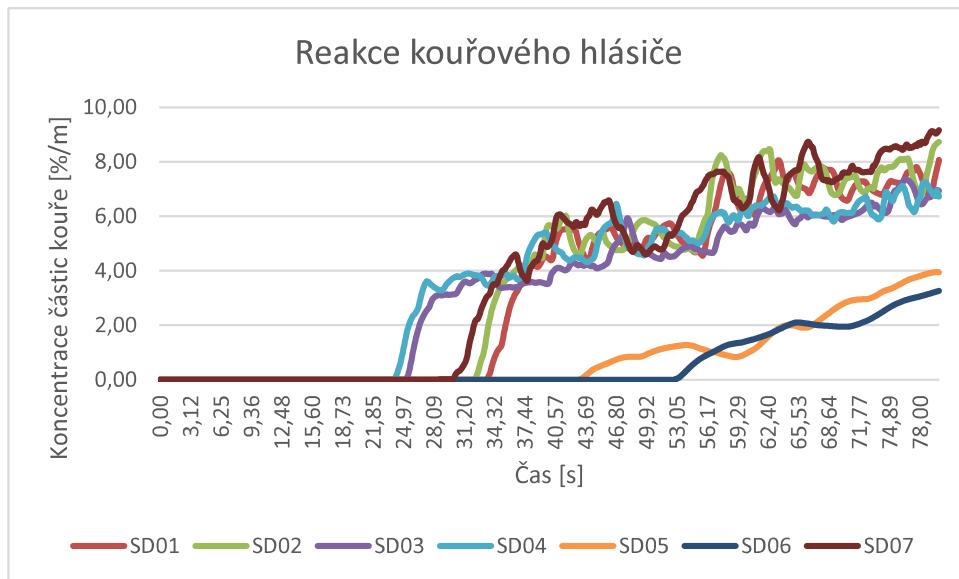


obr. 37 Konec první simulace

Hledaným parametrem je časová reakce opticko-kouřového čidla, které jako první detektuje vzniklý požár překročením limitní hodnoty $3,24 \text{ \%}/\text{m}$ pevných částic kouře. Hodnotí se i další

časové reakce a porovnání v rámci ostatních detektorů. Dalším parametrem je sledování množství uvolněného tepla.

Označení čidel odpovídá umístění hlásičů dle obr. 25. Vzhledem k poloze vzniklého požáru bylo pravděpodobné, že se první aktivuje hlásič č. 4. Z grafu na obr. 38 je tento předpoklad potvrzen. Je patrné, v jakém čase se pevné částice kouře dostaly k danému hlásiči. Kouřový hlásič je však aktivován po překročení mezní hodnoty koncentrace pevných částic kouře 3,24 %/m. Postupně se aktivují umístěná čidla dle tab. 6.

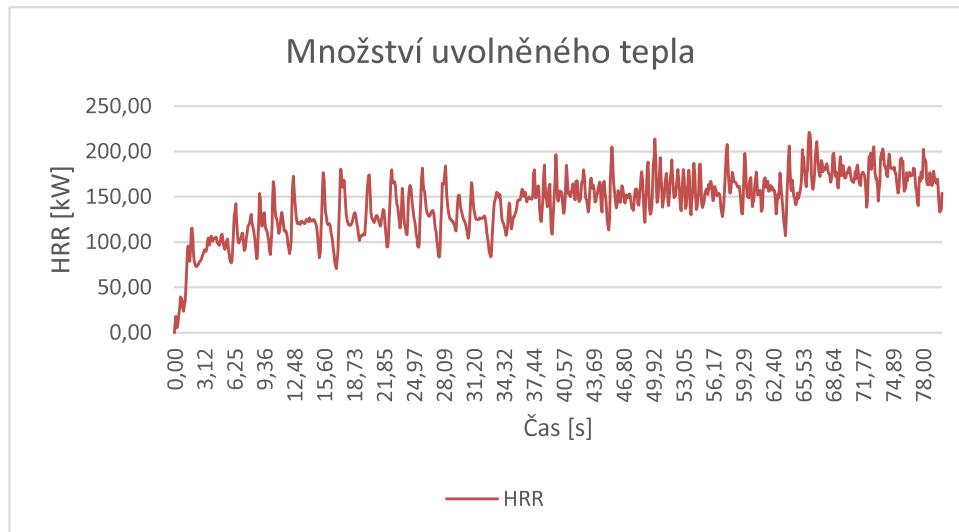


obr. 38 Reakce kouřového hlásiče při první simulaci

tab. 6 Výsledné časové hodnoty kouřového hlásiče při první simulaci

Označení požárního hlásiče	Čas aktivace požárního hlásiče [s]
SD04	27,05
SD03	30,64
SD07	34,01
SD02	34,80
SD01	36,72
SD05	74,32
SD06	79,93

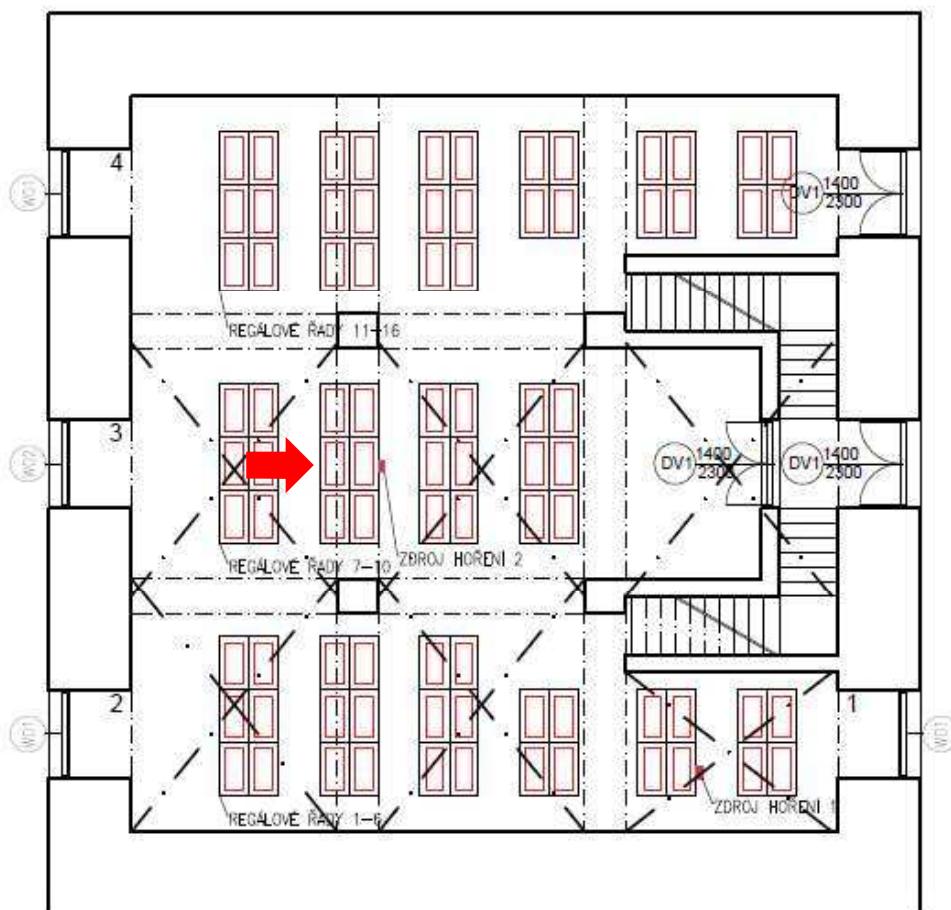
Další sledovanou veličinou bylo množství uvolněného tepla, to narůstá v čase obr. 39. V čase aktivace prvního hlásiče je hodnota množství uvolněného tepla 130,12 kW. Největší hodnota HRR je 221,04 kW a je dosažena v čase 66,16 vteřin z celkového času simulace 80 vteřin.



obr. 39 Množství uvolněného tepla při první simulaci

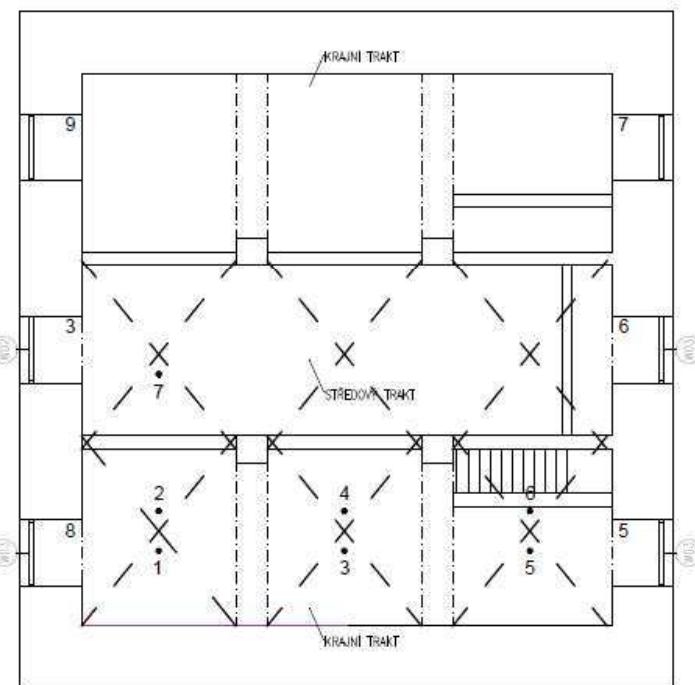
7.5.2 Druhá simulace

Druhá simulace probíhala se zdrojem hoření ve středním traktu, vedle 8 regálu dle obr. 40.



obr. 40 Umístění zdroje hoření v 1.NP

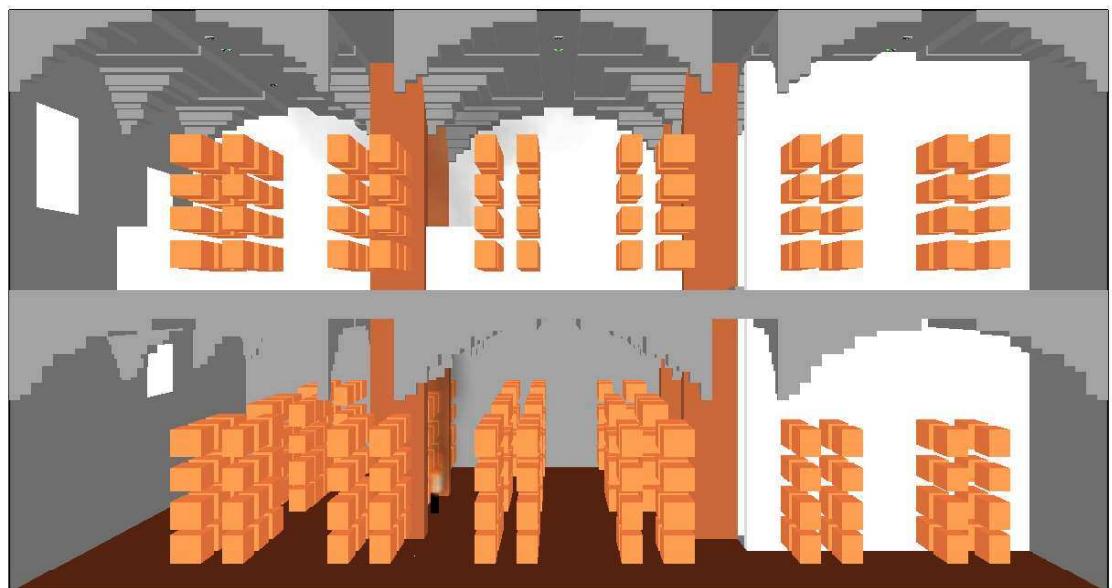
Tak jako při první simulaci byly použity pouze kouřové hlásiče požáru a jejich rozmístění je podle původní projektové dokumentace, tedy hlásiče 1-7 obr. 25. Hlásiči 1 odpovídá v simulaci hlásič SD01, hlásiči 2 odpovídá hlásič SD02 atd.



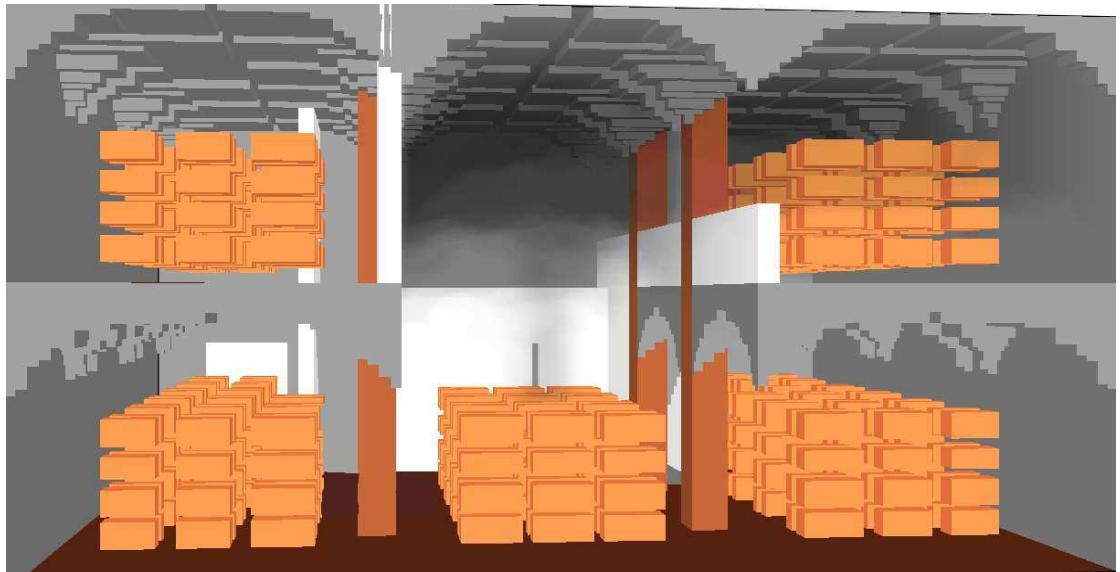
- označení umístění hlásiče

obr. 25 Rozmístění hlásičů požáru

Vzhledem k umístění zdroje hoření stoupá kouř vzhůru a nebrání mu žádné překážky obr. 41. Postupně se zplodiny hromadí v horní části a postupuje do krajního otevřeného traktu obr. 42.

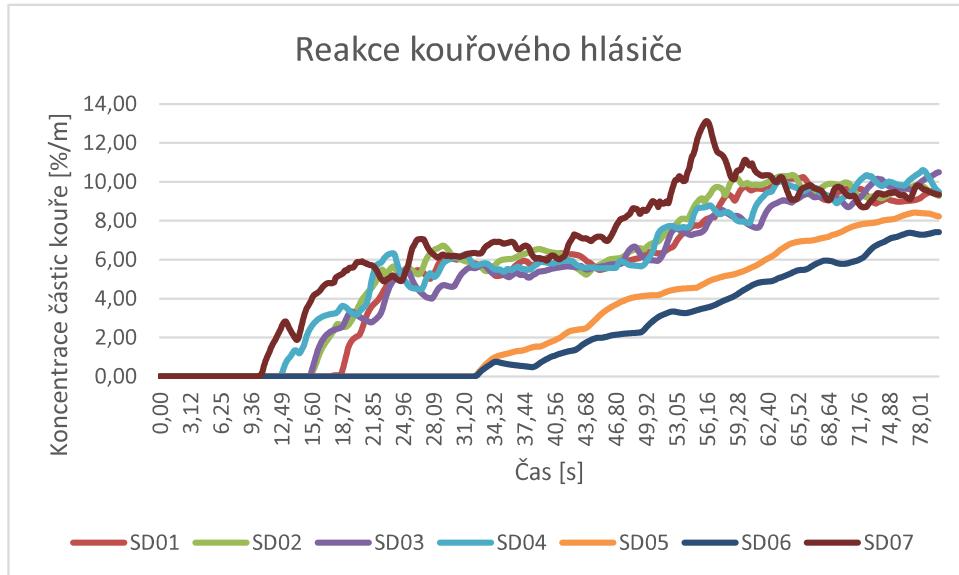


obr. 41 Počátek druhé simulace



obr. 42 Konec druhé simulace

Hlášič č. 7, který jako první detekuje požár je umístěný ve středním traktu, proto bylo pravděpodobné, že se aktivuje jako první, vzhledem k poloze zdroje hoření. Poté následují krajní hlášče. Z grafu na obr. 43 je patrné, v jakém čase se pevné částice kouře dostaly k danému hlášci. Kouřový hlášič je však aktivován po překročení mezní hodnoty koncentrace pevných částic kouře 3,24 %/m. Postupně se aktivují umístěná čidla dle tab. 7.

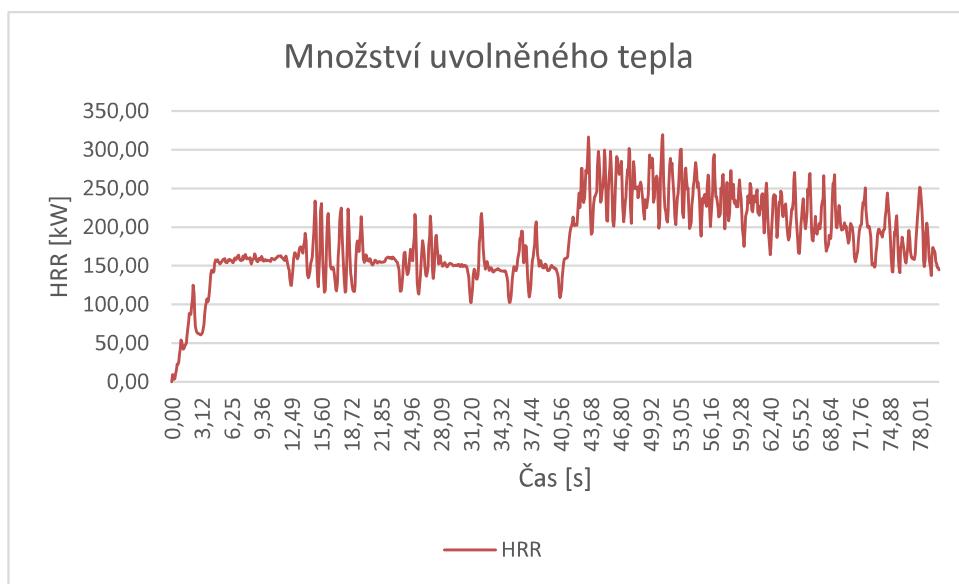


obr. 43 Reakce kouřového hlášiče při druhé simulaci

tab. 7 Výsledné časové hodnoty kouřového hlásiče při druhé simulaci

Označení požárního hlásiče	Čas aktivace požárního hlásiče [s]
SD07	14,97
SD04	18,16
SD03	19,52
SD02	20,17
SD01	21,44
SD05	45,52
SD06	52,09

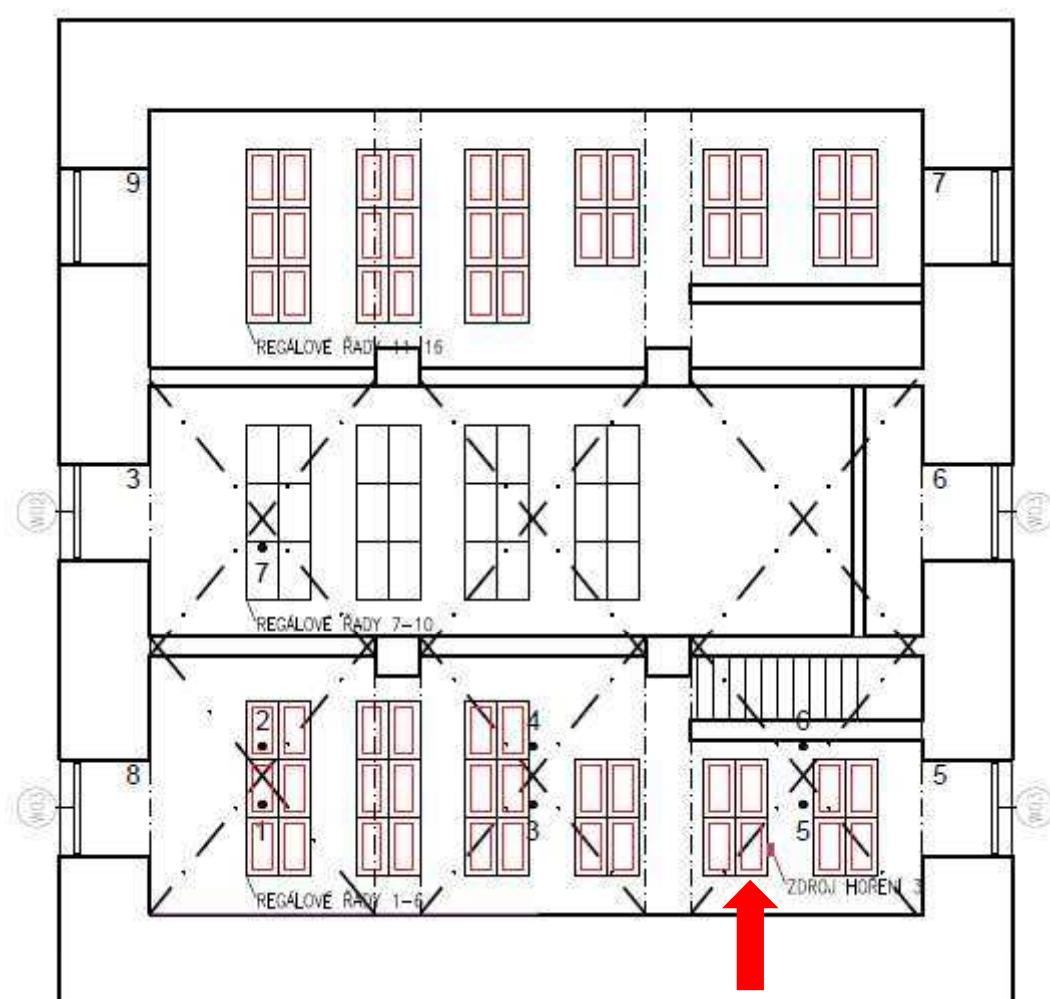
V čase aktivace prvního hlásiče je hodnota množství uvolněného tepla 233,60 kW. Největší hodnota množství uvolněného tepla 319,45 kW je dosažena v čase 51,21 vteřin obr. 44 z celkového času simulace 80 vteřin.



obr. 44 Množství uvolněného tepla při druhé simulaci

7.5.3 Třetí simulace

Třetí simulace je zaměřena na umístění zdroje hoření ve druhém podlaží. Jeho pozice je však shodná s první simulací, tedy vedle pátého regálu obr. 45. V tomto případě jsou použity teplotní hlásiče, které se aktivují, jakmile je v jejich blízkosti překročena minimální aktivační teplota 54°C , hlásiče patří do třídy A1/A2. Jejich rozmístění je stejné jako v předchozích simulacích. Hlásiči 1 odpovídá při simulaci hlásič HD_01, hlásiči 2 odpovídá hlásič HD_02 atd.



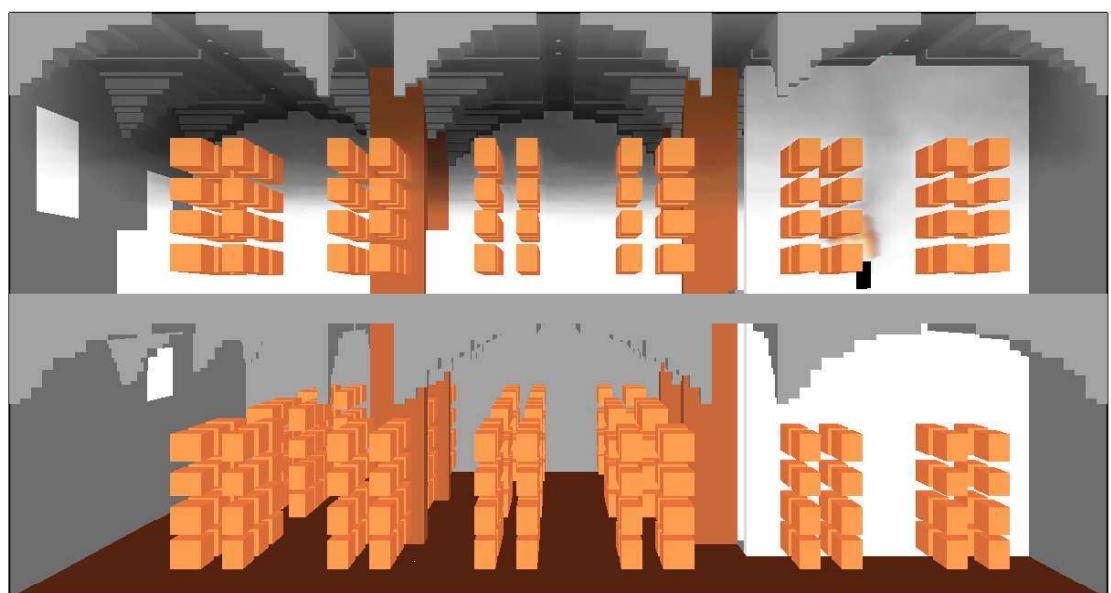
- označení umístění hlásiče

obr. 45 Umístění zdroje hoření ve 2.NP

Kouř se nejprve hromadí v části vzniklého požáru obr. 46. Poté se šíří dále v horním podlaží až do středového traktu obr. 47.

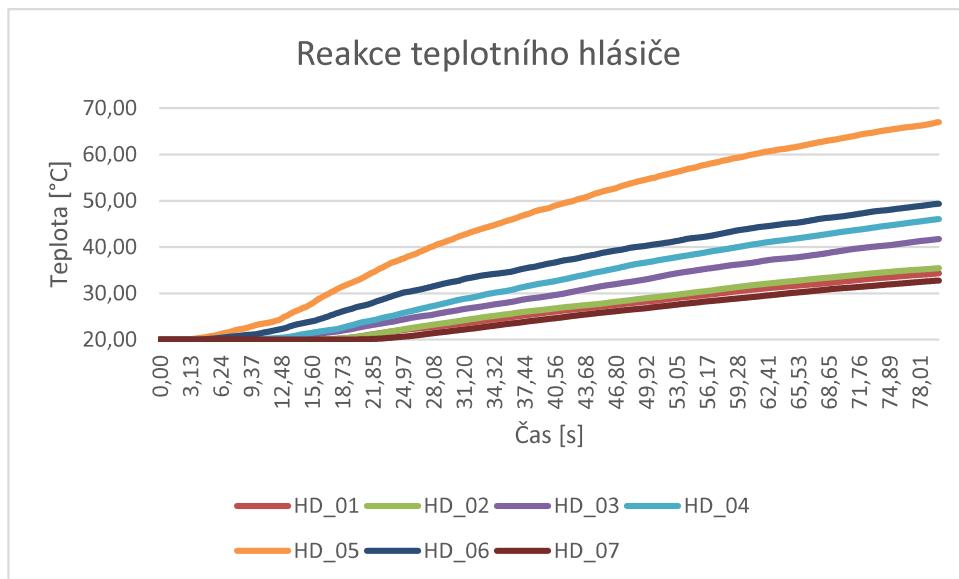


obr. 46 Počátek třetí simulace



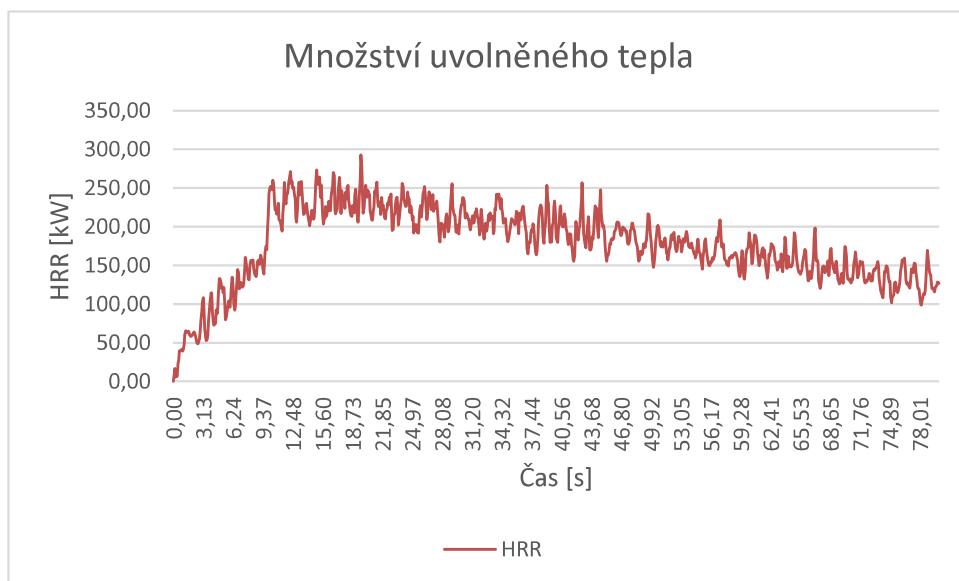
obr. 47 Konec třetí simulace

Předpokladem je aktivace teplotního hlásiče č. 5 umístěného nad ohniskem požáru. Výsledky simulace tento logický odhad potvrzují. Předem zvolený výpočetní čas 80 vteřin, však nestačí pro aktivaci ostatních teplotních hlásičů. Počáteční teplota 20 °C je udávána jako pokojová teplota. Software nerozlišuje běžnou teplotu dle provozu.



obr. 48 Reakce teplotního hlásiče při třetí simulaci

Překročení minimální teploty 54 °C, nastává v čase 48,81 vteřin obr. 48. V tento čas je hodnota množství uvolněného tepla 168,27 kW obr. 44. Maximální hodnota uvolněného tepla je 292,80 kW dosažená v čase 19,61 vteřin obr 49.



obr. 49 Množství uvolněného tepla při třetí simulaci

7.5.4 Čtvrtá simulace

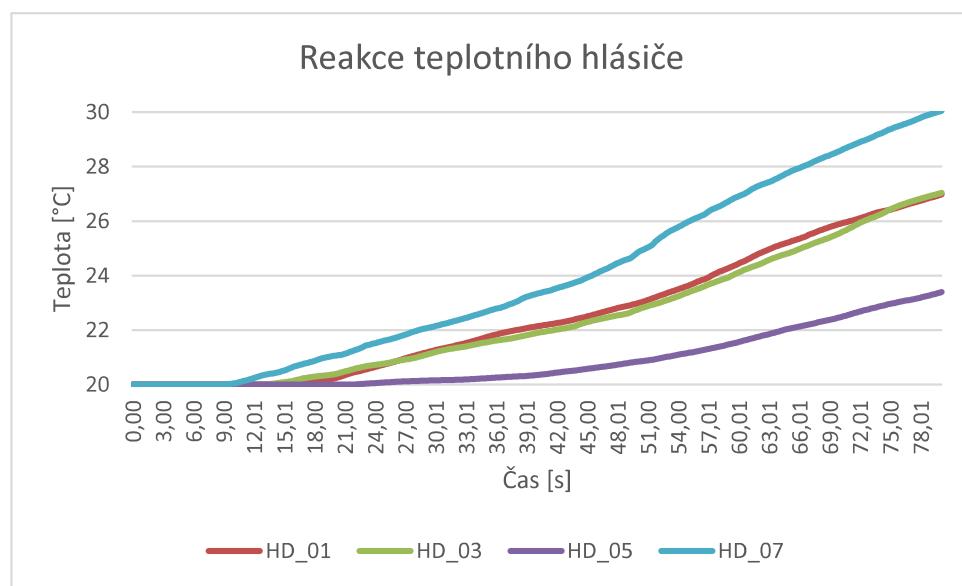
Umístění zdroje hoření ve čtvrté simulaci probíhá shodně s druhou simulací, pouze se změnil typ požárních hlásičů. Je použita kombinace obou typů hlásičů, což se v praxi nepoužívá. Vhodnější způsob je použití multisenzorových hlásičů. V případě FDS nelze použít těchto hlásičů, proto je zvolen takový postup pomocí jejich kombinace. Číselné označení hlásičů je dle tab. 8.

tab. 8 Označení hlásičů ve čtvrté simulaci

Označení požárního hlásiče dle půdorysu	Označení požárního hlásiče dle simulace
1	HD_01
2	SD02
3	HD_03
4	SD04
5	HD_05
6	SD06
7	HD_07

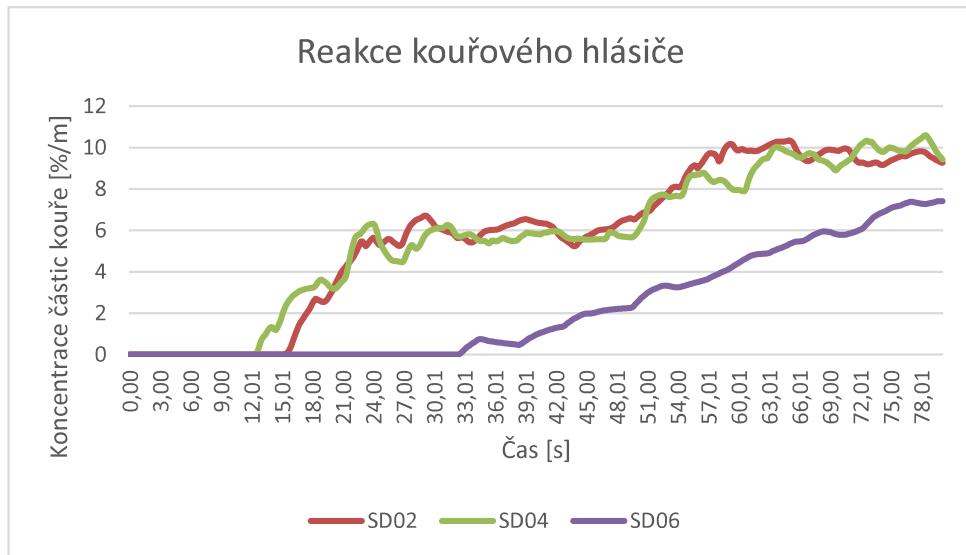
Získané výsledky jsou obdobné jako ve druhé simulaci. V nastaveném výpočetním čase 80 vteřin nedosáhne ani jeden teplotní hlásič aktivace při minimální aktivační teplotě 54 °C obr. 50.

Při další simulaci se stejnou geometrii a okrajovými podmínkami pouze s rozšířeným výpočetním časem na 150 vteřin dosáhne maximální teplota v okolí hlásiče 33,5 °C v blízkosti teplotního hlásiče č. 7 (HD_07) a to v čase 149,3 vteřin.



obr. 50 Reakce teplotního hlásiče při čtvrté simulaci

Reakce kouřových hlásičů je obdobná jako při druhé simulaci obr. 51. Hlášič č. 4, tedy SD04, který jako první detekuje požár je umístěný v krajním traktu. Poté následuje aktivace okolních kouřových hlásičů. Z grafu je patrné, v jakém čase se pevné částice kouře dostaly k danému hlášiči.



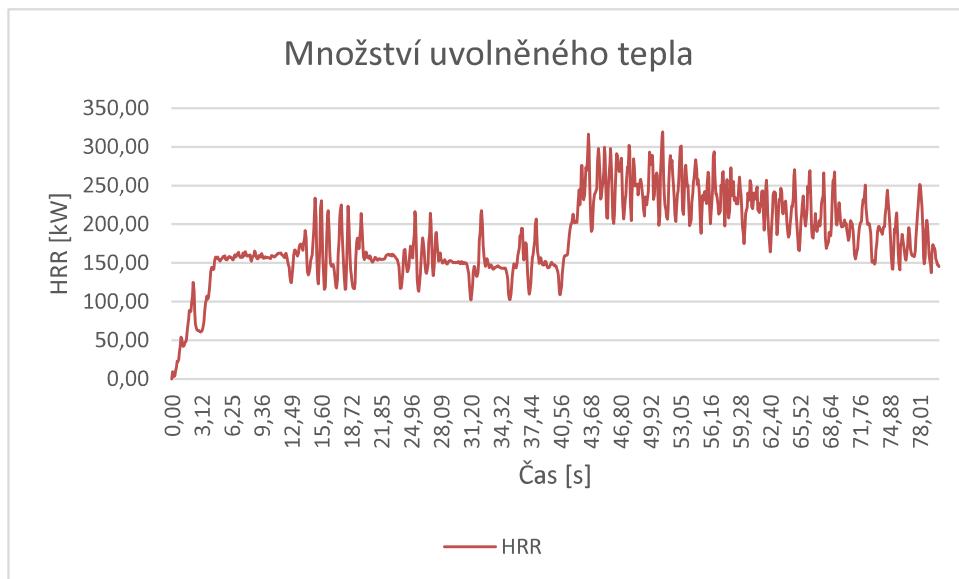
obr. 51 Reakce kouřového hlášiče při čtvrté simulaci

I zde platí, že kouřový hlášič je aktivován po překročení mezní hodnoty koncentrace pevných částic kouře 3,24 %/m. Přehled postupné aktivace hlásičů uvádí tab. 9.

tab. 9 Výsledné časové hodnoty kouřového hlášiče při čtvrté simulaci

Označení pozárního hlášiče	Čas aktivace pozárního hlášiče [s]
SD04	18,16
SD02	20,26
SD06	52,06

Vzhledem k charakteru hoření je množství uvolněného tepla stejné jako při druhé simulaci obr. 44.



obr. 44 Množství uvolněného tepla při druhé simulaci

Kouř stoupá vzhůru, hromadí se u stropní konstrukce a šíří se dál do krajního otevřeného traktu. V daném výpočetním čase 80 vteřin, nevznikne takové množství kouře, které by zapříčinilo tak značné hromadění kouře, že by se začal kumulovat u stropní části 1.NP v krajních traktech.

7.5.5 Zhodnocení simulací

Hledaným parametrem pro všechny simulace byla rychlosť detekce jednotlivých hlásičů požáru. Pokud zahoření v 1. NP, je pravděpodobné, že jako první se aktivují hlásiče instalované nad středním traktem, nebo hlásiče umístěné blíže ke střednímu traktu. Ze simulací je patné, že se první částice kouře dostanou k detektoru kolem 20 vteřin.

8 Závěr

Cílem diplomové práce byl úvod do problematiky požární ochrany památkově chráněných objektů. Pro oba tyto celky platí zákon č. 133/1985 Sb. o požární ochraně, zákon č. 20/1987 Sb. o státní památkové péči, vyhláška č. 246/2001 Sb. o stanovení podmínek požární bezpečnosti a jsou nedílnou součástí ochrany osob, zvířat a majetku.

Před zahájením jakéhokoli návrhu bezpečnostního zařízení je dobrým vodítkem strategie požární ochrany, která vychází z vypracované analýzy rizik. Na základě analýzy rizik by měla být realizována opatření pro snížení rizika vzniku požáru, včasné detekci požáru a případně jeho uhašení. Důležitým opatřením je také seznámení všech zaměstnanců se strategií. Nejen v mimořádných situacích, kdy dojde k požáru, ale i předcházení vzniku požáru, např. domluvou nevhodně se chovajícímu návštěvníkovi. Analýza rizik se zabývá mírou rizika požáru a k jeho určení slouží jednoduchý dotazník.

Pokud si investor přeje, nebo pokud jsou vyžadovány stavební úpravy a je nutný dle PBŘ návrh elektrické požární signalizace je nutné navrhnout takový systém, který bude účinný, ale zároveň nebude narušovat interiér, popř. exteriér památkově chráněného objektu. Takto nelehký úkol musí řešit projektant s příslušným památkovým úřadem a HZS už v rané fázi projektování, aby se vyhnuli případným neshodám.

K systémům s klasickými hlásiči, at' už kouřovými či teplotními, přibylo také několik velmi potenciálních systémů detekce požáru, jako nasávací hlásiče kouře, kde se zařízení vyhodnocující vznik požáru umístí v nejvyšším podlaží střeženého prostoru, což obvykle bývají půdní prostory a nasávací vyústka se dá nenápadně zakomponovat v interiéru.

Dalším neméně schopným zařízením je bezdrátový systém, kde jeho hlavní výhodou je nenarušení vzhledu interiéru zasekanou kabeláží do omítek. Nevýhodou těchto hlásičů je jejich poměrně robustnější velikost oproti např. bodovým kouřovým hlásičům. Nicméně použitím stejné barvy jako je podklad, či zapuštěná montáž se z bezdrátových hlásičů stávají nenápadné detektory.

Osobně největší potenciál vidím v použití systému videodetekce, kdy se skloubí bezpečnostní složka s požární. Pokud je monitorovací bezpečnostní systém v dostatečné kvalitě, lze k němu software detekce požáru připojit. Výhodou je také, že jej lze použít do velkých i malých prostor, do interiéru i exteriéru. Bohužel je tento systém finančně náročný a ne každý památkově chráněný objekt si jej může opatřit.

V praktické části jsem vytvořila počítačový model v programu Fire Dynamics Simulator (FDS), národní kulturní památky pražské Invalidovny, která byla původně svým účelem využívána jako ubytovací objekt pro invalidy. Později byly tyto prostory využívány jako vojenský archiv, který sloužil jako podklad pro simulace. Při těchto simulacích jsem uvažovala s různými místy ohniska požáru.

Rychlosť detekcie požáru jistě závisí na geometrii prostoru, tzn. čím je složitější, tím později se pevné částice kouře, teplo, či plamen dostávají k detektorům. Vzhledem k původnímu návrhu projektové dokumentace EPS, jako výhodu vidím umístění dvou hlásičů ve vrcholu klenby v krajních traktech. Nicméně k členění objektu by bylo vhodnější umístit i tyto hlásiče do středového traktu, kde je instalovaný pouze jeden hlásič. To v případě archivu, který zde sídlil považuji za podhodnocené.

Výsledky simulací se při použití kouřového hlásiče značně neliší, rozdíl mezi umístěním zdroje hoření při první simulaci (27 s) a zdrojem hoření při druhé (15 s), resp. čtvrté simulaci (18 s) není výrazný. Jako pozitivum při výpočtech druhé a čtvrté simulace beru rozdílný výsledek detekční doby. Znamená to, že výsledek není náhodný, ale přibližný, což značí jistou pravděpodobnost správnosti.

Objekt Invalidovny je národní kulturní památkou, a tak jako u všech ostatních kulturních památek a památkově chráněných objektů nelze zde provést reálnou požární zkoušku. Nicméně představené simulace jsou zdrojem cenných informací. Jednou z nich je např. jak je efektivní instalace elektrické požární signalizace, v případě různých požárních scénářů.

Příloha 1 – dotazník pro odhad rizika

Druh události	pravděpo- dobnost rizika	závažnost rizika	pořadí dle priorit k řešení
živelné pohromy			
záplavy			
vichřice a bouře			
rozsáhlé požáry			
zemětřesení			
atmosférické přepětí			
nezákonné akty			
krádež			
vloupání			
vandalismus			
žhářství			
okradení návštěvníků			
fyzické násilí			
nehody nebo selhání			
zranění zaměstnanců nebo návštěvníků			
výpadek dodávky energií			
výpadek zabezpečovacích technologií			
výpadek v práci personálu			
jiné mimořádné události			
požár			
zatopení z vodovodního řadu			
zatopení vodou z topných těles			
překročení mezních hodnot mikroklimatu			

Příloha 2 – Fotografie ubytovací jednotky Invalidovny



Pohled ze vstupních dveří schodišťové chodby, a na středový a krajní trakt.



Pohled na galerii nad 1.NP a podhled na 1.NP krajního traktu

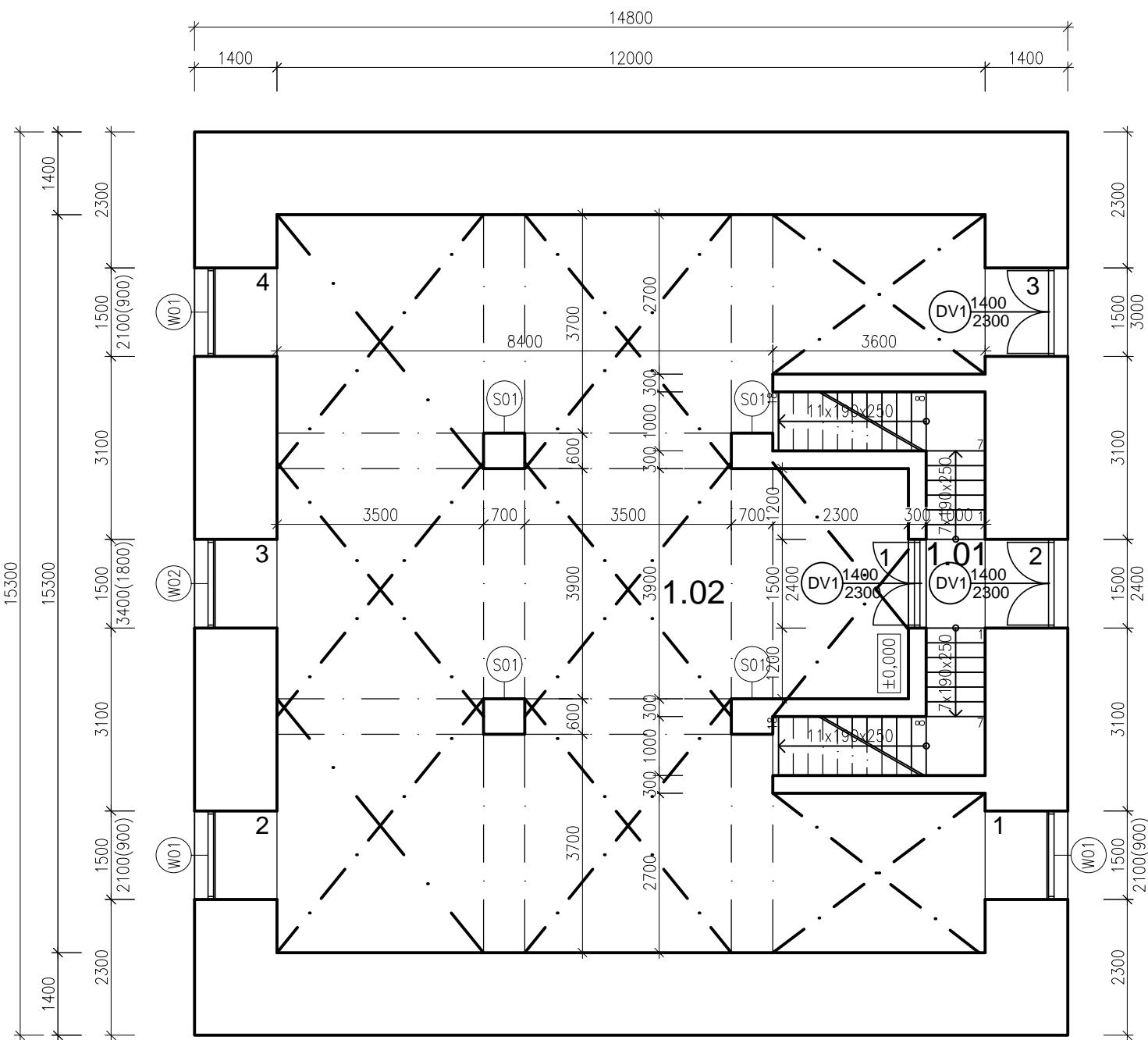


Pohled na vstupní dveře do jednotky a okno u schodišťové zdi ve 2.NP



Severní pohled na vstupní část Invalidovny

Příloha 3 - Půdorys 1.NP



LEGENDA MÍSTNOSTÍ

Č.M	POPIS MÍSTNOSTI	PLOCHA [m ²]	PODLAHA	POVRCH STĚN
1.01	SCHODIŠTĚ	13,80		MALBA
1.02	ARCHIV	131,87	DŘEV. PRKNA	MALBA
2.03	ARCHIV	45,95	DŘEV. PRKNA	MALBA
2.04	ARCHIV	45,95	DŘEV. PRKNA	MALBA



Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE Vedoucí diplomové práce: ING. PECHOVÁ, Ph.D.

Zpracoval: Bc. ZÁMORAVCOVÁ IVETA

Název výkresu: PŮDORYS 1.NP

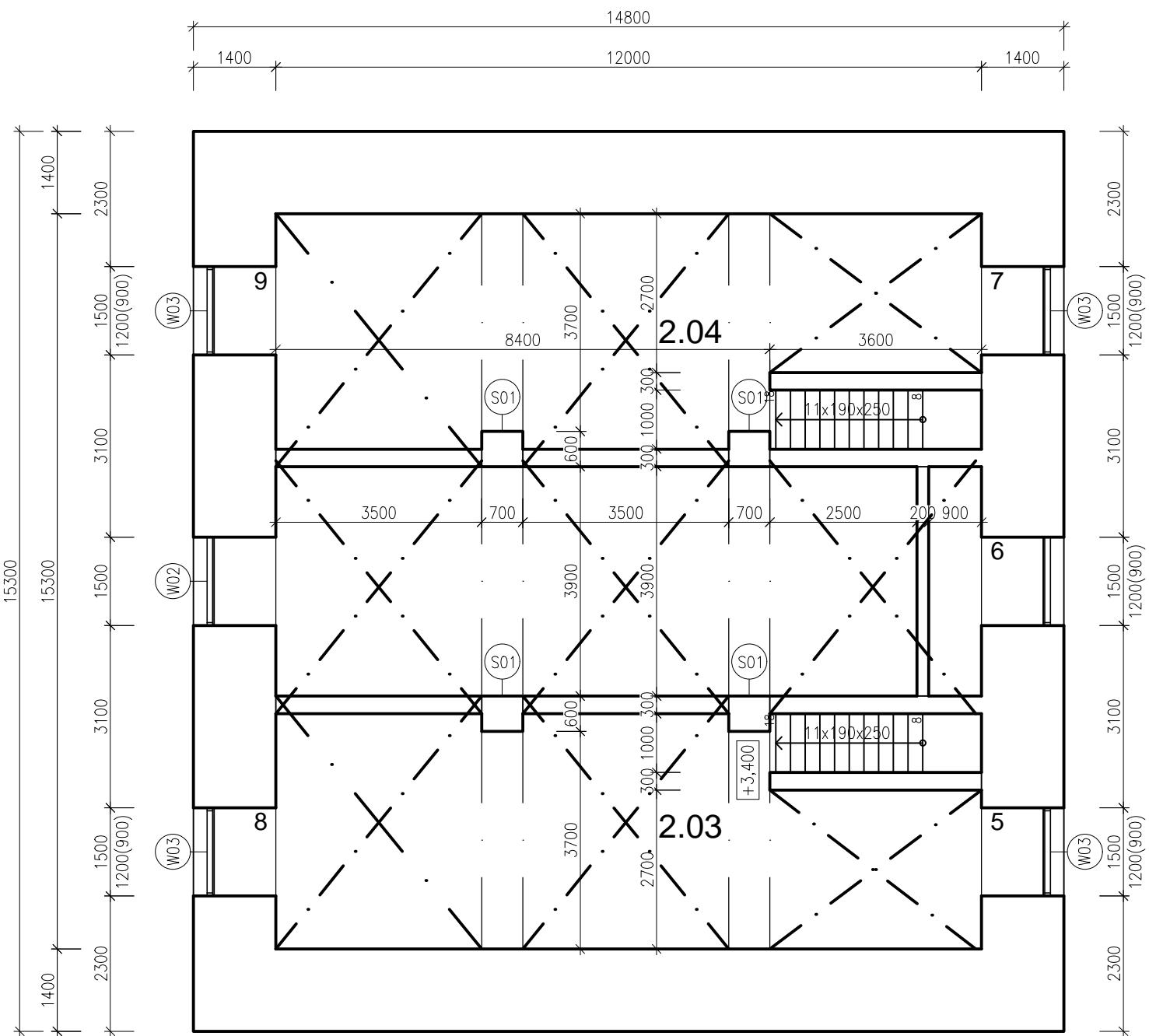
Fakulta stavební
ČVUT



Meřítko: 1:100

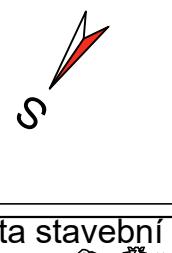
Číslo výkresu: 1

Příloha 4 - Půdorys 2.NP



LEGENDA MÍSTNOSTÍ

Č.M	POPIS MÍSTNOSTI	PLOCHA [m ²]	PODLAHA	POVRCH STĚN
1.01	SCHODIŠTĚ	13,80		MALBA
1.02	ARCHIV	131,87	DŘEV. PRKNA	MALBA
2.03	ARCHIV	45,95	DŘEV. PRKNA	MALBA
2.04	ARCHIV	45,95	DŘEV. PRKNA	MALBA



Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE	Vedoucí diplomové práce: ING. PECHOVÁ, Ph.D.	Školní rok: 2018/2019	
Zpracoval: Bc. ZÁMORAVCOVÁ IVETA			
Název výkresu: PŮDORYS 2.NP		Meřítko: 1:100	Číslo výkresu: 2

Příloha 5 – Zdrojový kód: První simulace

~~~~~ ÚVOD ~~~~~

```
&HEAD CHID='roh', TITLE='Diplomova_prace'/  
&TIME T_END=80.0/  
&DUMP DT_RESTART=10.0/
```

~~~~~ DEFINICE VÝPOČETNÍ SÍTĚ ~~~~~

```
&MESH ID='Mesh01', FYI='ROOM', IJK=120,125,64, XB=0.0,12.0,0.0,12.5,0.0,6.4/ vnitřní rozměr
```

~~~~~ DEFINICE MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ A POVRCHŮ ~~~~~

```
&MATL ID='OPUKA',  
    SPECIFIC_HEAT=0.69,  
    CONDUCTIVITY=1.14,  
    DENSITY=2400.0/  
&MATL ID='DREVO',  
    SPECIFIC_HEAT=1.3,  
    CONDUCTIVITY=0.2,  
    DENSITY=400.0,  
    HEAT_OF_COMBUSTION=12000.0/  
&MATL ID='STEEL',  
    SPECIFIC_HEAT=0.46,  
    CONDUCTIVITY=45.8,  
    DENSITY=7850.0,  
    EMISSIVITY=1.0/  
&MATL ID='PAPER',  
    SPECIFIC_HEAT=1.34,  
    CONDUCTIVITY=0.05,  
    DENSITY=800.0/  
&SURF ID='STENA',  
    COLOR='OLIVE',  
    DEFAULT=.TRUE.,  
    MATL_ID='OPUKA',  
    THICKNESS=1.4/
```

```
&SURF ID='STROP',
COLOR='GRAY',
DEFAULT=.TRUE.,
MATL_ID='DREVO',
THICKNESS=0.3/

&SURF ID='PODLAHA_DREVO',
COLOR='GRAY',
DEFAULT=.TRUE.,
MATL_ID='DREVO',
THICKNESS=0.1/

&SURF ID='PAPER BLOCK',
COLOR='FLESH',
MATL_ID='PAPER',
THICKNESS=0.3/

&SURF ID='PAPER_F',
HRRPUA=793.8
RAMP_Q='PAPER_F_RAMP_Q',
IGNITION_TEMPERATURE=185.0,
BURN_AWAY=.TRUE.,
MATL_ID='PAPER',
THICKNESS=0.3/

&RAMP ID='PAPER_F_RAMP_Q', T=0.0, F=1.0/ uvedena pouze 1. hodnota

&SURF ID='STEEL',
COLOR='GRAY',
DEFAULT=.TRUE.,
MATL_ID='STEEL',
THICKNESS=0.05
HRRPUA=544.4/

&SURF ID='HORAK',
COLOR='RED',
HRRPUA=2500,
RAMP_Q='HORAK_RAMP_Q',
PART_ID='SMOKE'/
```

&RAMP ID='HORAK\_RAMP\_Q', T=0.0, F=1.0/ Uvedena pouze 1. hodnota

~~~~~ DEFINICE ZDROJE HOŘENÍ ~~~~~

&REAC FUEL='PROPANE'

SOOT_YIELD = 0.01 / propan jako reaktant

&OBST XB=9.5,9.6,0.9,1.1,0.0,0.3, SURF_ID='INERT', COLOR='BLACK' / těleso hořáku (odpadkový koš)

&VENT XB=9.5,9.6,0.9,1.1,0.3,0.3, SURF_ID='HORAK', COLOR='RED' / horní hořící plocha

~~~~~ DEFINICE KOVOVÝCH REGÁLŮ S PAPÍROVÝMI STOHY ~~~~~

&OBST XB=1.6,1.9,0.7,1.4,0.2,0.5, SURF\_IDS='PAPER\_BLOCK','PAPER\_BLOCK','STEEL', COLOR='FLESH', MULT\_ID='m1' / REGAL1

&MULT ID='m1',

DX=0.5, I\_LOWER=0, I\_UPPER=1

DY=0.9, J\_LOWER=0, J\_UPPER=2

DZ=0.4, K\_LOWER=0, K\_UPPER=3 / Uveden zápis 1. regálu, zbylé regály jsou v násobcích do směru os X, Y

&OBST XB=9.2,9.5,0.7,1.4,0.2,0.5, SURF\_IDS='PAPER\_F','PAPER\_F','STEEL', COLOR='FLESH' / hořící 5.regál

~~~~~ DEFINICE GEOMERIE ~~~~~

&OBST XB=3.5,4.2,3.7,4.3,0.0,6.4, SURF_ID='STENA', COLOR='SIENNA' / sloup 1

&OBST XB=0.0,3.5,0.0,4.3,3.0,3.3, &SURF_ID='STROP', COLOR='GRAY' / strop 1

&OBST XB=0.0,0.1,0.0,0.1,2.1,2.2, &SURF_ID='STENA', COLOR='GRAY' / 1KLENBA 1a

&OBST XB=8.4,12.0,2.7,3.0,0.0,3.3, SURF_ID='STENA', COLOR='WHITE' / stěna 1

&OBST XB=11.0,12.0,5.25,5.5,0.0,0.19, SURF_ID='STENA', COLOR='GRAY' / 1schod

&VENT SURF_ID='PODLAHA_DREVO', XB=0.0,3.5,0.0,12.5,0.0,0.0, COLOR='SEPIA' / podlaha 1

~~~~~ DEFINICE OTVORŮ ~~~~~

&HOLE XB=10.7,11.0,5.5,7.0,-0.01,2.3 / dveře 1

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=12.0,12.0,5.5,7.0,-0.01,2.3 / dveře 2

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,5.5,7.0,1.8,5.2 / okno 3

---

~~~~~ DEFINICE TEPLITORY ~~~~~

```
&DEVC ID='LAYER_01_HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=6.5,6.5,6.3,6.3,0.0,2.5/ poloha kouřové
vrstvy uprostřed jednotky

&DEVC ID='LAYER_01_LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=6.5,6.5,6.3,6.3,0.0,2.5/
&DEVC ID='LAYER_01_UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=6.5,6.5,6.3,6.3,0.0,2.5/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.0/
```

~~~~~ DEFINICE HLÁSIČŮ POŽÁRU ~~~~~

```
&DEVC ID='SD01', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=1.8,1.7,6.4/
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', ALPHA_E=1.8, BETA_E=-1.0,
ALPHA_C=1.0, BETA_C=-0.8 /

&DEVC ID='SD02', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=1.8,2.6,6.4/
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', ALPHA_E=1.8, BETA_E=-1.0,
ALPHA_C=1.0, BETA_C=-0.8 /

&DEVC ID='SD03', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=6.0,1.7,6.4/
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', ALPHA_E=1.8, BETA_E=-1.0,
ALPHA_C=1.0, BETA_C=-0.8 /

&DEVC ID='SD04', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=6.0,2.6,6.4/
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', ALPHA_E=1.8, BETA_E=-1.0,
ALPHA_C=1.0, BETA_C=-0.8 /

&DEVC ID='SD05', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=10.2,1.7,6.4/
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', ALPHA_E=1.8, BETA_E=-1.0,
ALPHA_C=1.0, BETA_C=-0.8 /

&DEVC ID='SD06', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=10.2,2.6,6.4/
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', ALPHA_E=1.8, BETA_E=-1.0,
ALPHA_C=1.0, BETA_C=-0.8 /

&DEVC ID='SD07', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=1.8,5.7,6.4/
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', ALPHA_E=1.8, BETA_E=-1.0,
ALPHA_C=1.0, BETA_C=-0.8 /
```

&END /

Zdrojové kódy jsou stejné pro všechny simulace, liší se pouze umístění zdroje hoření a tím i povrch hořícího materiálu. Pro značnou obsáhlost je zde uveden pouze základní výčet geometrie, zejména výpis geometrie kleneb je značně obsáhlý. V jakékoli simulaci je potřeba znalostí a orientace v prostoru.

Protože hlavním kritériem je reakce hlásičů na počáteční prvky požáru je jejich umístění vypsáno podrobně.

V případě třetí a čtvrté simulace jsou použity teplotní hlásiče:

```
~~~~~ DEFINICE HLÁSIČŮ POŽÁRU ~~~~~
&DEVC ID='HD_01', PROP_ID='Acme Heat', XYZ=1.8,1.7,6.4 /1
&PROP ID='Acme Heat', QUANTITY='LINK TEMPERATURE', RTI=132.,
ACTIVATION_TEMPERATURE=54. /
&DEVC ID='HD_02', PROP_ID='Acme Heat', XYZ=1.8,2.6,6.4 /2
&PROP ID='Acme Heat', QUANTITY='LINK TEMPERATURE', RTI=132.,
ACTIVATION_TEMPERATURE=54. /
&DEVC ID='HD_03', PROP_ID='Acme Heat', XYZ=6.0,1.7,6.4 /3
&PROP ID='Acme Heat', QUANTITY='LINK TEMPERATURE', RTI=132.,
ACTIVATION_TEMPERATURE=54. /
&DEVC ID='HD_04', PROP_ID='Acme Heat', XYZ=6.0,2.6,6.4 /4
&PROP ID='Acme Heat', QUANTITY='LINK TEMPERATURE', RTI=132.,
ACTIVATION_TEMPERATURE=54. /
&DEVC ID='HD_05', PROP_ID='Acme Heat', XYZ=10.2,1.7,6.4 /5
&PROP ID='Acme Heat', QUANTITY='LINK TEMPERATURE', RTI=132.,
ACTIVATION_TEMPERATURE=54. /
&DEVC ID='HD_04', PROP_ID='Acme Heat', XYZ=10.2,2.6,6.4 /6
&PROP ID='Acme Heat', QUANTITY='LINK TEMPERATURE', RTI=132.,
ACTIVATION_TEMPERATURE=54. /
&DEVC ID='HD_04', PROP_ID='Acme Heat', XYZ=1.8,5.7,6.4 /7
&PROP ID='Acme Heat', QUANTITY='LINK TEMPERATURE', RTI=132.,
ACTIVATION_TEMPERATURE=54. /

&END /
```

## Seznam obrázků

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| obr. 1 Schéma analýzy rizika [8].....                                                                                                       | 13 |
| obr. 2 Funkce a komponenty zařízení a systému EPS [12].....                                                                                 | 17 |
| obr. 3 Základní schéma systému EPS [11] .....                                                                                               | 18 |
| obr. 4 Blokové schéma reakce na poplachový stav [7].....                                                                                    | 21 |
| obr. 5 Vliv nosníku a umístění hlásičů: (a) vliv nosníků na umístění hlásičů pod stropy; (b) umístění hlásičů pod stropy s nosníky [7]..... | 24 |
| obr. 6 Umístění hlásičů v blízkosti skladovaného zboží [7] .....                                                                            | 25 |
| obr. 7 Bodový opticko-kouřový hlásič [13] .....                                                                                             | 26 |
| obr. 8 Nenápadné umístění hlásiče ve štukovém stropě [8].....                                                                               | 27 |
| obr. 9 Koncovka jednotky nasávací detekce kouře (a) umístěná nad zlacenou římsou (b) detail koncovky Chateau de Versailles [16] .....       | 29 |
| obr. 10 Prvky nasávacího systému .....                                                                                                      | 30 |
| obr. 11 Bodový hlásič teplot fungující na mechanickém principu [11].....                                                                    | 31 |
| obr. 12 Blokové schéma kombinovaného teplotního hlásiče [19] .....                                                                          | 31 |
| obr. 13 Hlásič plamene UniVario .....                                                                                                       | 33 |
| obr. 14 Zpracování dat .....                                                                                                                | 33 |
| obr. 15 Multisenzorový hlásič plamene .....                                                                                                 | 34 |
| obr. 16 Kombinace bezdrátového systému a klasického adresného systému .....                                                                 | 35 |
| obr. 17 Schéma systému videodetekce .....                                                                                                   | 36 |
| obr. 18 Videodetekce požáru ve venkovním prostředí [26].....                                                                                | 36 |
| obr. 19 Umístění videodetektoru v kapli sv. Kříže [16].....                                                                                 | 37 |
| obr. 20 Půdorys přízemí Invalidovny .....                                                                                                   | 41 |
| obr. 21 Jednotka Invalidovny [Ing. Pavla Pechová, Ph.D.] .....                                                                              | 42 |
| obr. 22 Půdorys a řez klenby .....                                                                                                          | 44 |
| obr. 23 Pohledy a půdorys použitého kovového regálu [27] .....                                                                              | 44 |
| obr. 24 Rozmístění regálů .....                                                                                                             | 45 |
| obr. 25 Rozmístění hlásičů požáru ve 2.NP .....                                                                                             | 46 |
| obr. 26 Rychlosť uvolneného tepla pro regál se stohy papíru [27].....                                                                       | 47 |
| obr. 27 Hořící stoh papíru .....                                                                                                            | 48 |
| obr. 28 Experimentální zkouška [29].....                                                                                                    | 49 |

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| obr. 29 Výsledky aktivace požárních hlásičů [29] .....            | 49 |
| obr. 30 Umístění zdroje hoření v 1.NP .....                       | 51 |
| obr. 31 Reakce kouřového hlásiče při citlivostní analýze I .....  | 51 |
| obr. 32 Teplota ve výšce 2,0 m, citlivostní analýza I.....        | 52 |
| obr. 33 Reakce kouřového hlásiče při citlivostní analýze II ..... | 52 |
| obr. 34 Teplota ve výšce 2,0 m, citlivostní analýza II .....      | 53 |
| obr. 35 Umístění zdroje hoření v 1.NP .....                       | 54 |
| obr. 36 Počátek první simulace .....                              | 55 |
| obr. 37 Konec první simulace .....                                | 55 |
| obr. 38 Reakce kouřového hlásiče při první simulaci .....         | 56 |
| obr. 39 Množství uvolněného tepla při první simulaci .....        | 57 |
| obr. 40 Umístění zdroje hoření v 1.NP .....                       | 58 |
| obr. 41 Počátek druhé simulace .....                              | 59 |
| obr. 42 Konec druhé simulace.....                                 | 60 |
| obr. 43 Reakce kouřového hlásiče při druhé simulaci .....         | 60 |
| obr. 44 Množství uvolněného tepla při druhé simulaci.....         | 61 |
| obr. 45 Umístění zdroje hoření ve 2.NP.....                       | 62 |
| obr. 46 Počátek třetí simulace .....                              | 63 |
| obr. 47 Konec třetí simulace .....                                | 63 |
| obr. 48 Reakce teplotního hlásiče při třetí simulaci.....         | 64 |
| obr. 49 Množství uvolněného tepla při třetí simulaci .....        | 64 |
| obr. 50 Reakce teplotního hlásiče při čtvrté simulaci .....       | 65 |
| obr. 51 Reakce kouřového hlásiče při čtvrté simulaci .....        | 66 |

## Seznam tabulek

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| tab. 1 Požáry památek [3].....                                                   | 10 |
| tab. 2 Umístění a volba hlásičů požáru pod plochými stropy a střechami [7] ..... | 23 |
| tab. 3 Umístění hlásičů podle plochy stropního pole [7] .....                    | 24 |
| tab. 4 Klasifikace teplotní třídy hlásičů [20].....                              | 32 |
| tab. 5 Hodnoty kouřového hlásiče použité v simulaci [28].....                    | 48 |
| tab. 6 Výsledné časové hodnoty kouřového hlásiče při první simulaci .....        | 56 |
| tab. 7 Výsledné časové hodnoty kouřového hlásiče při druhé simulaci .....        | 61 |
| tab. 8 Označení hlásičů ve čtvrté simulaci .....                                 | 65 |
| tab. 9 Výsledné časové hodnoty kouřového hlásiče při čtvrté simulaci .....       | 66 |

# Literatura

- [1] IVANOV, Miroslav. *Požár Národního divadla aneb Příliš mnoho náhod.* B.m.: Vyd. 2. Praha: Academia, 2000. ISBN 80-200-0786-5.
- [2] Časopis 112. Hasičský záchranný sbor ČR, VIII (1/2009).
- [3] *Statistika Hasičského záchranného sboru ČR (2009-2016)*
- [4] *Zákon č. 133/1985 Sb. o požární ochraně*
- [5] *Zákon č. 20/1987 Sb. - Zákon České národní rady o státní památkové péči*
- [6] *Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*
- [7] ČSN 34 2710 – *Elektrická požární signalizace – Projektování, montáž, užívání, provoz, kontrola, servis a údržba (2011), Z1 (2013).* B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
- [8] ZELINGER, Ing Jiří. *TECHNOLOGIE OCHRANY KULTURNÍHO DĚDICTVÍ PŘED POŽÁRY. METODIKA VYTVOŘENÁ V RÁMCI PROJEKTU MINISTERSTVA KULTURY ČESKÉ REPUBLIKY,* leden 2010
- [9] JIRÁSEK, Pavel, Martin MRÁZEK, Eva POLATOVÁ a Petr SVOBODA. *Požární ochrana památkových objektů.* Praha: Národní památkový ústav, 2015. Odborné a metodické publikace. ISBN 978-80-7480-021-4.
- [10] *Vyhláška č. 246/2001 Sb. - Vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci).*
- [11] DUDÁČEK, Aleš. *Požárně bezpečnostní zařízení (EPS).* 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1996. ISBN 978-80-7078-312-2.
- [12] ČSN 73 0875 – *Požární bezpečnost staveb – Stanovení podmínek pro navrhování elektrické požární signalizace v rámci požárně bezpečnostního řešení (2011).* B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
- [13] *EPS – rozdelení hlásiců požáru, popis ústředny EPS | www.hasici-vzdelavani.cz [online].* [vid. 2018-11-16]. Dostupné z: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/content/eps-rozdeleni-hlasicu-pozaru-popis-ustredny-eps>
- [14] XUE-MING, Shu, Fang JUN, Shao QUAN, Yuan HONG-YONG a Fan WEI-CHENG. Fire Smoke Particle Size Measurement Based on the Multiwavelength and Multiangle Light Scattering Method. *Chinese Physics Letters* [online]. 2006, 23(2), 385–387. ISSN 0256 - 307X, 1741-3540. Dostupné z: doi:10.1088/0256-307X/23/2/030
- [15] ALEKSIC, Z. J. Minimization of the optical smoke detector false alarm probability by optimizing its frequency characteristic. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* [online]. 2000, 49(1), 37–42. ISSN 0018-9456. Dostupné z: doi:10.1109/19.836306
- [16] MICHAŁ DZIUBA A KOL. *Mosty k požární ochraně kulturních památek.* 1.vydání. B.m.: Národní památkový ústav, nedatováno. ISBN ISBN 978-80-7480-042-9.

- [17] ČSN EN 54-20 *Elektrická požární signalizace – Část 20: Nasávací hlásiče*, O1(2009). B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 1. leden 2007
- [18] OCHRANA, Požární. Aktivní Detekce požáru Uhašení požáru. nedatováno, 174.
- [19] HALOZKA, Kamil. Fyzická bezpečnost. In: *Elektrická požární signalizace*. Univerzita obrany, Brno.
- [20] ČSN EN 54-5 ed. 2 – *Elektrická požární signalizace - Část 5: Hlásiče teplot - Bodové hlásiče teplot* (2017). B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
- [21] Danger detector with a non-contact heat radiation sensor for establishing an ambient temperature [online]. 10. únor 2014. [vid. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US9858786B2/en>
- [22] Temperature detector systems and methods [online]. 7. červen 1994. [vid. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US5638418A/en>
- [23] *A Single-Chip CMOS Smoke and Temperature Sensor for a Fire Detector – IEEE Journals & Magazine* [online]. [vid. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5153565/>
- [24] ČSN EN 54-10 *Elektrická požární signalizace – Část 10: Hlásiče plamene – Bodové hlásiče*, Z1(2006). B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. prosinec 2002
- [25] ČSN EN 54-25 (342710) *Elektrická požární signalizace – Část 25: Komponenty využívající radiové spoje*, O1(2010), O2(2012). B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. leden 2009
- [26] *Guide for Practitioners. Fire Safety Management in Traditional Buildings. Part 2 Technical Applications and Management Solutions*. B.m.: Edinburgh: Historic Scotland 2010., 2010. ISBN ISBN 978-1-84917-035-2.
- [27] WALD, F. a kol. *Modelování dynamiky požáru při návrhu konstrukcí – Příručka k programu FDS*. Praha: ČVUT v Praze – Fakulta stavební, 2015. ISBN 978-80-01-05633-2.
- [28] KEVIN MCGRATTAN, SIMO HOSTIKKA, RANDALL McDERMOTT, JASON FLOYD, CRAIG WEINSCHENK a KRISTOPHER OVERHOLT. *Fire Dynamics Simulator User's Guide*. Sixth Edition. B.m.: NIST Special Publication 1019, nedatováno.
- [29] P. J. DINENNO ET AL. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. B.m.: Quincy, Massachusetts: e National Fire Protection Association. roč. III.