

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2023

**KAREL
TREU**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Integrovaná bezpečnost staveb



134 DPM – Diplomová práce

**OVĚŘOVÁNÍ PŘÍČIN POŽÁRU CHRÁMU SV. MICHAELA
V KINSKÉHO ZAHRADĚ**

FIRE CAUSES VERIFICATION OF CHRAM SV. MICHAELA AT KINSKEHO
ZAHRADA

Bc. Karel Treu

vedoucí práce: prof. Ing. František Wald, CSc.

2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Treu Jméno: Karel Osobní číslo: 476918

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Integrální bezpečnost staveb

Studijní obor: Integrální bezpečnost staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Ověřování příčin požáru Chrámu sv. Michaela v Kinského zahradě

Název diplomové práce anglicky: Fire causes verification of Chram sv. Michaela at Kinskeho zahrada

Pokyny pro vypracování:

Shrnutí problematiky

Příprava k zónovému modelu

Provedení skriptu a zónového modelu

Vyhodnocení skriptu a zónového modelu

Závěr

Doporučení pro další uplatnění

Seznam doporučené literatury:

PEKAR, Vasil Silvestr. Zjišťování příčin požárů v rámci státního požárního dozoru. V Ostra-vě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2011. ISBN 978-80-7385-107-1.

ZAVILA, Ondrej, Petr KUCERA a Pavel ŠENOVSKÝ. Matematické modelování v prostředí bezpečnostního inženýrství. 2015. ISBN 978-80-7385-165-1.

TÁBORSKÁ, Michaela. Materiály na bázi dřeva k požární ochraně ocelových konstrukcí. Praha, 2021. diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební.

Jméno vedoucího diplomové práce: prof. Ing. František Wald, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 19.9.2022

Termín odevzdání DP v IS KOS: 9.1.2023

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“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Karel Treu

Název diplomové práce: Ověřování příčin požáru Chrámu sv. Michaela v Kinského zahradě

Základní část: podíl: %

Formulace úkolů:

Podpis vedoucího DP: Datum:

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:

Podpis konzultanta: Datum:

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pod odborným vedením prof. Ing. Františka Walda, CSc. Všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Souhlasím s použitím tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/200 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Praha 5. 1. 2023

Karel Treu

Na prvním místě bych chtěl poděkovat svojí rodině za nepomíjivou podporu v časech úspěchů i problémů. Dále pak svým přátelům, se kterými usilovně studuji Fakultu stavební na Českém vysokém učení technickém v Praze. Bez těchto spolužáků a jejich morální podpory bych nedokázal vystudovat a zvládnout náročné měsíce semestrů a zkouškových období. Zároveň bych chtěl poděkovat i prof. Ing. Františkovi Waldovi, CSc. nejen za vedení mé diplomové práce, ale také za ochotný a nápomocný přístup během celého mého studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá možností využívání matematického modelování, respektive využívání zónového modelu, při ověřování příčin vzniku požáru. Shrnutí problematiky se věnuje oboru zjišťování příčin vzniku požáru, požárům masivních dřevostaveb a numerickému modelování s důrazem na zónové modely požárů v budovách. Je vytvořen souhrn informací o geometrii, historii, popisu a postupu požáru chrámu sv. Michaela v Kinského zahradě. Dále je vytvořen skript pro odhořívání povrchů v programu C-FAST. Skript vytváří submodel pro pozorování rozšiřování požáru po povrchu. Skript je verifikován a validován. Skript je užít pro modelaci požáru chrámu sv. Michaela v Kinského zahradě. Je vytvořeno několik možných iniciačních zdrojů o různých velikostech. Simulace potvrzují kriminalistické ohnisko.

Klíčová slova

zónový model; CFAST; hoření povrchů; příčiny požáru; numerický model; kriminalistické ohnisko; skript

Abstract

This thesis deals with the possibility of using mathematical modelling, or rather the use of a zone model, in verifying the causes of fire. A summary of the issues is given on the field of fire cause detection, timber structure fires and numerical modelling with emphasis on zonal models of fires in buildings. A summary of information on the geometry, history, description and progression of the fire at Chram sv. Michaela at Kinskeho zahrada is developed. In addition, a script is created for the C-FAST program for surface burning. The script creates a submodel to observe the spread of the fire across the surface. The script is verified and validated. The script is used to model the spread of fire at Chram sv. Michaela at Kinskeho zahrada. Several possible initiation sources with different sizes are created. The simulations confirm the criminal fire outbreak.

Keywords

zone model; CFAST; surface burning; causes of fire; numerical model; criminal fire outbreak; script

Obsah

Seznam použitých zkratk	2
1 Úvod	3
2 Současný stav poznání	4
2.1 Zjišťování příčin požáru	4
2.1.1 Právní předpisy.....	4
2.1.2 Předpisy HZS ČR.....	5
2.1.3 Nejčastější příčiny požáru.....	6
2.1.4 Metody vyšetřování	8
2.2 Požáry masivních dřevostaveb.....	13
2.2.1 Historie	13
2.2.2 Legislativa	13
2.2.3 Požárně technické charakteristiky a vlastnosti dřeva.....	14
2.2.4 Hoření rostlého dřeva.....	15
2.3 Numerické modely požáru	16
2.3.1 Principy numerických modelů požáru	16
2.3.2 Základní parametry zónových modelů.....	18
2.3.3 Nejrozšířenější zónové modely.....	18
3 Chrám svatého Archanděla Michaela	20
4 Cíle práce	23
5 Modelování odhořívání povrchů v zónových modelech	24
6 Ověření příčiny vzniku požáru Chrámů sv. Michaela	29
6.1 Geometrie.....	29
6.2 Vstupy.....	30
6.3 Výstupy	32
6.4 Vyhodnocení	38
7 Závěr	39
8 Další práce v problematice	41
Příloha 1 – Zadávací arch skriptu	41
Příloha 2 – Geometrie chrámu původní a zjednodušená	41
Příloha 3 – Fotodokumentace chrámu	41
Příloha 4 – Odborná zpráva po požáru chrámu	41
Příloha 5 – Skript pro odhořívání povrchů v programu CFAST	41
Literatura	42

Seznam použitých zkratk

CFD	Computational fluid dynamics – výpočetní dynamika tekutin
CHL	Chemická laboratoř
CLT	Cross laminated timber – křížem lepené dřevo
HRR	Heat release rate – rychlost uvolňování tepla
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
NP	Nadzemní podlaží
PO	Požární ochrana
PTCH	Požárně technické charakteristiky
SIAŘ	Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky
SSU	Statistické sledování události
TÚPO	Technický ústav požární ochrany
UCEEB	Univerzitní centrum energetické efektivity budov
ZOKT	Zařízení pro odvod kouře a tepla
ZPP	Zjišťování příčin vzniku požáru

1 Úvod

Zónové modely jsou v praxi podhodnocované a málo využívané, jelikož převládá názor, že přes-příliš zjednodušují problematiku a nelze je využít ve složitějších situacích. Často se uživatelé přichylují ke komplikovanějším, náročnějším a dražším CFD modelům, které jsou ovšem náročné nejenom finančně, ale také časově a informačně. Zónové modely nabízejí řešení v reálném čase a vytváří tak dokonalé podmínky pro praktické užití při časově omezeném správním řízení ZPP. I když dřevostavby nejsou pravděpodobnější na vznik požáru oproti ostatním nehořlavým konstrukčním systémům, tak dynamika daného požáru se výrazně odlišuje a vytváří tak specifické podmínky pro modelování a ZPP.

Numerické modely nejsou přednostně určeny pro ověřování příčin vzniku požáru, ale jejich principy a variabilita je víceoborová a může být využita. Omezením využívání pokročilých modelovacích metod je jejich časová a informační náročnost. Běžné ZPP musí být uzavřeno do 30 dnů od zahájení řízení, respektive do 60 dnů od zahájení řízení v komplikovaných případech. [1, 2] Využívání CFD modelů je proto neobratné a v praxi nereálné. Tato práce si proto stanovuje za cíl zjistit, zda lze využít časově efektivnější zónové modely při ZPP i při komplikovaném zadání pro modelaci dřevostaveb.

Cílem práce je vytvořit skript, který umožní modelování odhořívání povrchů. Skript je nutné verifikovat a validovat. Vytvořený skript se užije na případovou studii požáru dřevěného Chrámu sv. Michaela v Kinského zahradě srubového typu. Součástí této studie se ověří kriminalistické ohnisko a výsledky požáru se porovnají s dalšími možnými ohnisky. Práce porovná několik možných intenzit iniciačního zdroje.

2 Současný stav poznání

Požární inženýrství je progresivní obor, který prokazuje a popisuje jevy, které probíhají při nekontrolovaném hoření – požáru. Jedná se o základní i pokročilé jevy, při kterých se problematika vždy zobecňuje, jelikož každý požár má jiný rozsah, podmínky a palivo. V rámci skutečných požárů HZS ČR zjišťuje za pomoci vyšetřovatelů příčiny vzniku požárů. Disciplína vyšetřování příčin vzniku požáru je komplikovaná a vyžaduje znalosti z nejednoho vědeckého oboru. V rámci vývoje výpočetní techniky je nasnadě využívat pro danou problematiku i ověřovacích numerických výpočetních modelů. Pro užití modelů je zásadní znalostní porozumění jednotlivých neznámých ve výpočtu, tj. o dřevostavbách a palivu samotném.

2.1 Zjišťování příčin požáru

ZPP je v systému profesionálních hasičů zakotven od roku 1960. Soustřeďuje se na stanovení konkrétní příčiny požáru. Ta je důležitá pro orgány činné v trestním řízení, pro pojišťovny a pro prevenci. Skládá se z několika úkolů, tj.:

- a) Jaký byl důvod požáru?
- b) Kde se nacházelo kriminalistické ohnisko požáru?
- c) Kdy vznikl požár?
- d) Jaká byla dynamika požáru a jaké byly cesty jeho rozšiřování? [3]

Je to velmi složitá pracovní disciplína, kde práce s časem a inženýrským odhadem, intuicí a kalkulačí hraje klíčovou roli.

2.1.1 Právní předpisy

Zákon č. 133/85 Sb., o požární ochraně ve znění pozdějších předpisů ukládá v rámci výkonu státního požárního dozoru zjišťovat příčiny vzniku požáru, které dle stejného předpisu vykonává HZS ČR kraje. Dále pak ukládá i povinnost fyzickým osobám součinnost při provedení potřebných úkonů při ZPP i v souladu se zákonem č. 238/2000 Sb. o HZS ČR a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů [4, 5].

V návaznosti na danou legislativu pak vyhláška č. 246/2001 Sb., o požární prevenci ve znění pozdějších předpisů zpřesňuje podmínky ZPP. Definuje objem zjišťovaných dat na:

- a) místo a dobu vzniku požáru,
- b) osobu, u které požár vznikl,
- c) příčinu vzniku požáru včetně možných verzí,
- d) okolnosti mající vliv na šíření požáru včetně dodržení podmínek požární bezpečnosti stavby, vyplývajících z ověřené projektové dokumentace,
- e) následky požáru jako jsou předběžná způsobená škoda, zraněné a usmrčené osoby,
- f) výši uchráněných hodnot při hasebním zásahu,
- g) porušení předpisů o požární ochraně a
- h) jiné okolnosti nezbytné pro zjištění příčiny vzniku požáru.

Vyhláška dále uvádí, že výsledky a závěry ZPP se uvádí ve formě odborných vyjádření či znaleckých posudků. Z výsledných posudků dovoluje vyhláška zpracovávat rozbory požárů a technických zásahů, které obsahují:

- a) počet požárů ve sledovaném období,

- b) výši přímých a následných škod způsobených požáry,
- c) výši uchráněných hodnot při hasebních zásazích,
- d) příčiny vzniku požárů a zdroje zapálení,
- e) charakteristiky prostorů, kde k požárům došlo,
- f) způsob záchrany a evakuace osob nebo zvířat, anebo druh a způsob evakuace majetku, počet zachráněných a evakuovaných osob,
- g) počet zraněných a usmrcených, důvody zranění nebo usmrcení,
- h) zhodnocení porušení předpisů o požární ochraně v souvislosti se vznikem a šířením požárů,
- i) činnost jednotek požární ochrany při hašení požárů a technických zásazích a
- j) další údaje nezbytné pro zpracování rozborů požárů a technických zásahů. [6]

2.1.2 Předpisy HZS ČR

Základním interním předpisem je tak zvaný SIAŘ. Tyto pokyny rozšiřují právní předpisy a vytváří metodiku pro jednotlivé složky HZS ČR. Pro ZPP je aktuálně platný SIAŘ 46/2013 se změnou SIAŘ 49/2014. Tyto dokumenty dopodrobna upravují postupy při výkonu státního požárního dozoru ZPP.

Vyšetřovatelé

SIAŘ 46/2013 [7] určuje tři typy příslušníků HZS ČR kraje s odbornou způsobilostí, kteří jsou plnomocněni pro ZPP, a to:

- a) základního vyšetřovatele požáru, jakožto příslušníka HZS ČR, který má vyšetřování jako hlavní nebo převažující náplň činnosti,
- b) ostatního vyšetřovatele požáru, jakožto příslušníka HZS ČR, který nemá vyšetřování požárů jako hlavní nebo převažující náplň činnosti a
- c) určeného vyšetřovatele požáru, jakožto příslušníka HZS ČR, který je uveden pod písmenem a) nebo b) a je určený rozpisem služeb k plnění úkonů při vyšetřování požárů.

Toto rozdělení do tří sekcí se pak využívá především mimo největší města České republiky. Základní vyšetřovatel požáru pracuje v základní pracovní době a vede spisy o požáru, ale jelikož musí být neustálá pohotovost k výjezdu, tak je časový harmonogram doplněn o ostatní vyšetřovatele požáru ve službě, případně pak o vyšetřovatele v pohotovosti. Vyšetřovatel aktivně vyjíždějící k požáru se jmenuje určený vyšetřovatel požáru bez ohledu na jeho hlavní náplň činnosti. [8]

Vyšetřovatelé jsou vybaveni vyšetřovacím automobilem, ochranným a zásahovým oděvem, dýchacím přístrojem a dalšími pomůckami, včetně rozsáhlého povinného vybavení automobilu od ruční svítilny, přes injekční stříkačky až po šroubováky. [7]

Činnosti vyšetřovatelů

V souladu se SIAŘ [7] po vzniku požáru a zkontaktování územně příslušného střediska informuje tento orgán bezodkladně nejen hasičské záchranné jednotky, ale i určeného vyšetřovatele požáru. V případě vážného požáru informuje i základního vyšetřovatele požáru a na základně žádosti vysílá i expertní skupinu či chemickou laboratoř HZS ČR na místo požáru. Dotčení příslušníci pak recipročně bezodkladně sdělují středisku, zda na místo požáru vyjíždí. Při jízdě na místo požáru či jiné mimořádné události je vyšetřovatel požárů a řidič expertizní skupiny oprávněn použít zvláštní výstražná zařízení.

Určený vyšetřovatel je povinen bezodkladně vyjet na místo požáru. Výjimku tvoří požáry komunálního odpadu v nádobách a požáry se základní evidencí, lze-li na základě informací doplněných z místa požáru velitelem zásahu dospět k zjištění příčiny požáru.

Při provádění vyšetřování je oprávněn vyšetřovatel vyžadovat síly a prostředky, které na místě požáru potřebuje k řádnému provedení příslušných úkonů a je oprávněn také požádat o součinnost PČR pro ochranu bezpečnosti osob nebo i jiné odborná pracoviště HZS ČR například v oblastech požární prevence či kontrolní činnosti.

Na místě požáru se zpravidla provádí:

- a) prvotní ohledání místa požáru se souhlasem velitele zásahu,
- b) vyhrazení místa požáru po ukončení zásahu jednotek PO ve spolupráci s PČR,
- c) zajištění vzájemné součinnosti a koordinace činnosti s územně příslušnou složkou PČR,
- d) úkony ke zjištění potřebných údajů (vizte kap. 2.1.1),
- e) zjišťování poškozených osob a dalších osob, které mohou disponovat potřebnými informacemi ke zjištění příčiny vzniku požáru a jeho šíření,
- f) průběžné dokumentování (foto, video, případně snímkování pomocí termokamery) místa požáru,
- g) vyhodnocení zjištění a stop z místa požáru a rozhodnutí o dalších úkonech a
- h) případné přizvání expertizní skupiny nebo chemické laboratoře k provedení expertizní činnosti.

Dokumentace o požáru

V souladu se SIAŘ [7] se dokumentace o požáru skládá ze záznamového listu, spisu o požáru, údajích zadávaných do SSU, zprávě o zásahu a dalších podkladech jako jsou protokoly o ohledání místa činu a jiné. Dokumentace se zpracovává v celé své šířce s výjimkami, jako jsou požáry dopravních prostředků či požárů se základní evidencí.

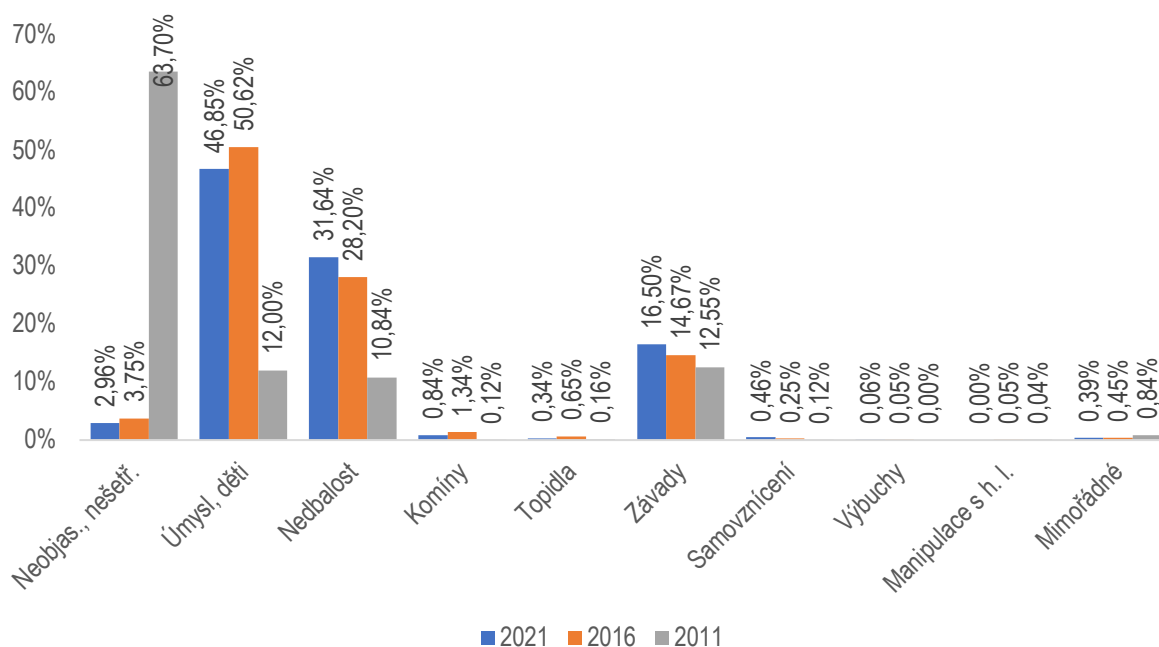
Spis o požáru se skládá zejména z odborného vyjádření, foto-, či video-dokumentace a náčrtu situace. Odborné vyjádření se skládá z položek dle kap. 2.1.1 a náplň jednotlivých bodů je podrobně zpracována v daném manuálu.

2.1.3 Nejčastější příčiny požáru

Dle SSU [9] se rozdělují požáry podle příčiny a činnosti při vzniku požáru na:

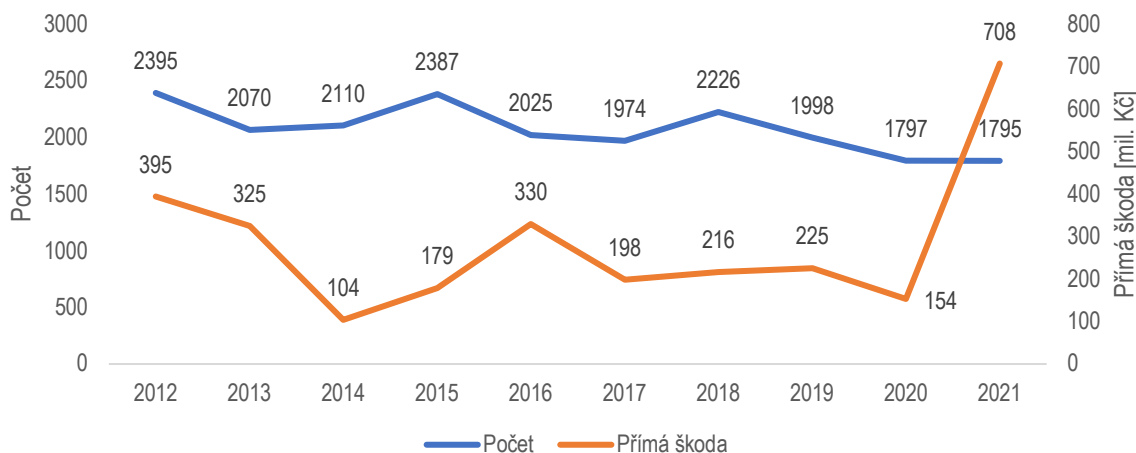
- a) neobjasněné, nešetřené, – Zahrnují požáry, které byly při tvorbě statistiky stále v šetření, s neobjasněnou příčinou a s nedošetřenou příčinou.
- b) úmysl, děti, – Zahrnují požáry s úmyslným zapálením, sebevražděným či slabomyslným úmyslem a se začínáním osob pod 15 let.
- c) nedbalost, – Zahrnují požáry, které vznikly při kouření, zakládání požárů v přírodě, nesprávné obsluze topidla, sušení hořlavých materiálů, nesprávném používání hořlavin, užití otevřeného ohně, manipulaci s žhavým popelem, sváření či rozmrazování, zanedbání bezpečnostních předpisů a další nespecifikované nedbalosti.
- d) komíny, – Zahrnují požáry, které vznikly z důvodu nevhodné konstrukce komínu či odvětrání, zadržování trámů, spár v komíně a jisker a zažehnutí komína.
- e) topidla, – Zahrnují požáry, které vznikly při technické závadě topidla, špatného stavu topidla či kouřovodu, nesprávném umístění topidla a jiných závadách topidel.

- f) závady, – Zahrnují požáry, které vznikly při technické závadě jako je vada materiálu, nesprávné instalaci, nesprávné údržbě, použití žhavých materiálů, zapadnutí cizích předmětů do stroje, výboji statické elektřiny, úletu jisker, tření a přehřátí a ostatních nepředpokládaných změnách provozních parametrů.
- g) samovznícení, – Zahrnují požáry zemědělských plodin, uhlí, olejů a tuků, chemických látek, chemických výrobků a dalších produktů.
- h) výbuchy, – Zahrnují požáry plynů, par horkých kapalin, prachů, výbušnin a tlakových nádob a kotlů.
- i) manipulace s hořlavou látkou a – Zahrnují požáry, které vznikly při špatné manipulaci se stříkacím zařízením, čerpacím a plnicím zařízením, namáčecím zařízením, dálkovým potrubím, hořlavými a výbušnými látkami. Dále pak při lepení podlahových krytin, výrobě hořlavých a výbušných látek, technologii skladování a ochrany a dalšími chybnými manipulacemi.
- j) mimořádné. – Zahrnují požáry, které vznikly při uderu bleskem, další živelné pohromně, dopravní nehodě, vojenském cvičení a ohňostroji a dalšími mimořádnými situacemi.



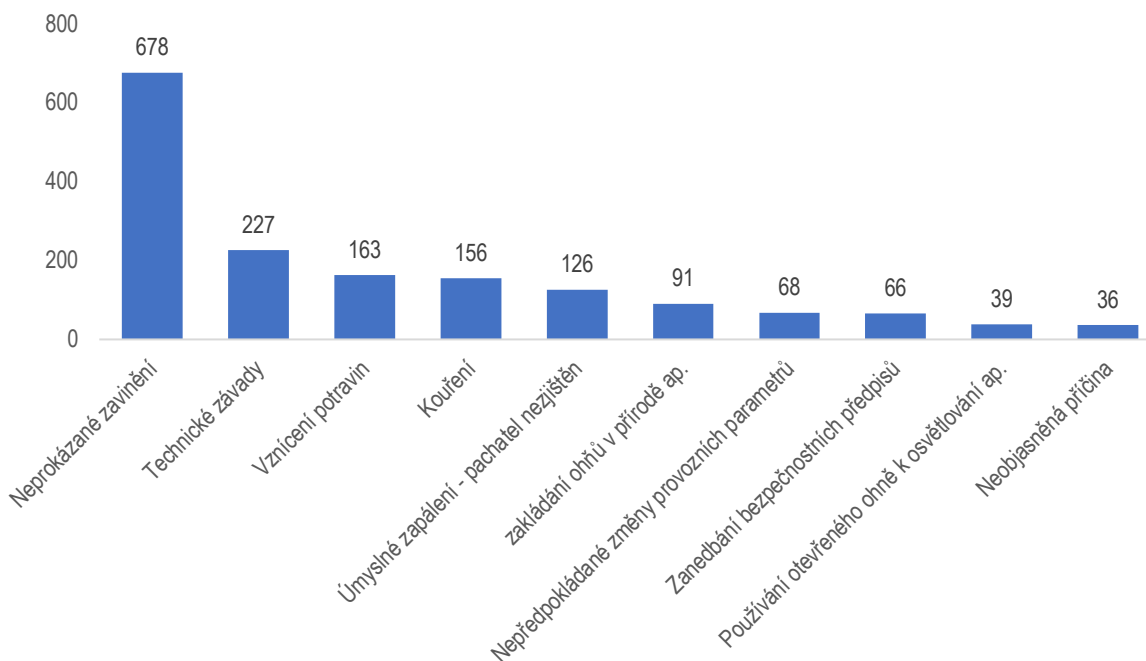
Graf 2-1 Požáry dle příčiny a činnosti při vzniku v Praze

Percentuálně hodnoty jsou doplněny i o graf celkového počtu a přímých škod za posledních deset let v Praze. Dle Graf 2-2 tak můžeme sledovat mírný úbytek požárů na území hlavního města Prahy za posledních 10 let.



Graf 2-2 Celkový počet požárů a přímé škody za posledních deset let v Praze ¹

Za rok 2021 se za nejčastějších deset způsobů vzniku požáru a činností při vzniku v Praze považují následující zavinění dle Graf 2-3.



Graf 2-3 Deset nejčastějších příčin požáru a činností při vzniku v roce 2021 v Praze

2.1.4 Metody vyšetřování

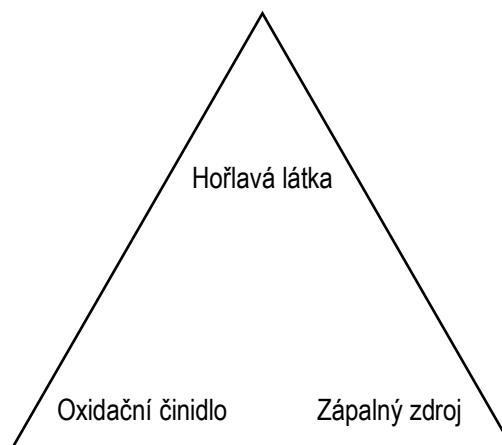
Vyšetřovatelé mají především zjistit příčinu požáru, avšak druhotně dále zjišťují, za jakých okolností požár vznikl, jakým způsobem se požár rozšířil a zda došlo k porušení předpisů o požární ochraně. Pro objasnění příčiny vzniku požáru je rozhodující především:

- a) zjistit situaci a okolnosti v místě před vznikem požáru,
- b) určit místo a čas vzniku požáru a
- c) stanovit verze vzniku požáru a následně je prověřit. [10]

¹ Hodnoty přímých škod jsou v absolutních číslech a nezohledňují vliv inflace.

Posouzení možnosti vzniku požáru

Předpokladem pro hoření je vzájemné působení tří komponentů, tak zvaný trojúhelník hoření. Bez přítomnosti jednoho z vrcholů trojúhelníku by nedošlo ke vznícení, a proto se i posuzování možnosti vzniku požáru zabývá posouzením hořlavých látek, oxidačních prostředků a zápalných zdrojů.



Obr. 2-1 Trojúhelník hoření

Kniha ZPP [10] uvádí celou řadu možných zdrojů zapálení. Uvádí, že ZPP je multidisciplinárního charakteru a specialista ve vyšetřování se neobejde bez znalostí fyziku, základů termodynamiky a sdílení tepla, chemie hoření a hašení, znalosti PTCH látek a materiálů, stejně tak jako základů elektrotechniky, požární bezpečnosti staveb a strojů, dynamiky požáru a samozřejmě obecné kriminalistiky a práva.

Oxidačním činidlem je ve valné většině případů vzdušný kyslík. Hořlavou látkou je pak látka v pevném, tekutém či plynném stavu dle jednotlivých případů požáru. Proto je nasnadě, aby vyšetřovatelé měli dostatečné znalosti o dané hořlavé látce.

Kniha [10] uvádí, že zápalný zdroj nelze identifikovat bez znalostí materiálů. Základní energii pokládá za tepelnou, jelikož všechny ostatní druhy energie jako je chemická, elektrická, mechanická či jaderná mohou působit výhradně jen po proměnu energie v tepelnou. Ke komplexnímu posouzení zápalných zdrojů je třeba ale i zjistit, zda je možné okamžité zapálení hořlavého souboru, zapálení po krátkém působení (řád hodin) či až zapálení po dlouhodobém působení (řádově dny).

Posouzení šíření požáru

S ohledem na daný případ se může požár projevovat následujícími formami:

- a) požár se šíří uvnitř posuzovaného objektu,
- b) požár se šíří ze zkoumaného objektu do okolí, anebo
- c) požár z okolí objektu ohrožuje posuzovaný objekt. [10]

K rozšíření požáru pak může dojít všemi způsoby přenosu tepla, tj. prouděním, vedením či sáláním. Je nutné tedy vždy vědět, kdy se které možnosti přenosu tepla dají opomenout a kdy mohou mít výrazné účinky. Například při velkých požárech může být proudění tak výrazné, že vzniknou tzv. požární bouře².

² Požární bouře je jev, kdy dochází k intenzivní výměně plynů na požářišti dosahující rychlostí proudění vzdušných vrstev při skutečných atmosférických podmínkách až 40 m/s. [10]

Dále je nutné znát časové období od vzniku požáru do doby začátku hasebních prací. Tento úsek se rozděluje na 4 fáze. Každou z fází je důležité rozebrat a zhodnotit přítomnost osob, hodnotu, identifikaci a funkčnost přítomných zařízení či součinnost osob a zařízení.

1. fáze je od vzniku do zjištění,
2. fáze od zjištění do ohlášení,
3. fáze od ohlášení do vyhlášení požárního poplachu a
4. fáze od vyhlášení poplach do počátku hašení.

Dle zkušeností vyšetřovatelů je nasnadě i odhadnou očekávané zvláštnosti vývoje požáru a různé události, které mohou změnit trajektorii a dynamiku požáru po iniciaci jako je porušení nádrží, potrubí, uzávěrů či konstrukcí. Všechny tyto události mají nepřímý účinek a ztěžují nebo ovlivňují výsledek ZPP. [10]

V neposlední řadě je sto zaobírat se meteorologickými podmínkami při nebo před daným požárem. Tyto bezprostřední faktory mohou ovlivnit rozšiřování požáru. Aspekty jako vítr, vlhkost konstrukcí či jiná přítomnost či absence vody v konstrukcích či prostředí nebo teplota mohou radikálně ovlivňovat dynamiku požáru. [10]

Běžné metody vyšetřování

Nejčastěji využívané metody pro potřebu vyšetřovací praxe jsou metody

- a) materiální – pozorování, měření, popis, porovnávání, experiment,
- b) formálního logického myšlení – analýza, syntéza, hypotéza, analogie, modelování, zevšeobecnění,
- c) matematické – matematicko-statistické, analytické,
- d) sociologické – anketa, výslech,
- e) fyzikální a chemické – mikroskopie, luminiscenční analýza, běžné fotografické metody, emisní a absorpční analýza, rentgenová strukturální analýza, polarografická analýza, chromatografie, neutronová aktivační analýza a jiné,
- f) antropologické a antropometrické – identifikace mrtvol, nálezy koster, identifikace osob,
- g) kriminalisticko-technické – fotografování, trasologie, soudně balistické zákonitosti, pís-moznalectví a
- h) organizačně-kriminalistické – plánování vyšetřování, taktika výslechu, ohledání, vyšetřovací experiment. [10]

Dále je nutné dodržovat 4 základní zásady při vyšetřování a to aktivnost, rychlost, objektivnost a úplnost. Vybrané metody vyšetřování nejsou žádným právním předpisem ukotveny a vychází ze zkušeností vyšetřovatele a výběr metod se liší u každého požáru podle jeho specifik. [10]

Ohniska a určování času vzniku požáru

Ohniska požáru se rozdělují na ohniska

- a) svědecké, tj. místo, kde byl požár zpozorován svědky,
- b) požární, tj. místo nejintenzivnějšího hoření a
- c) kriminalistické, tj. místo, kde skutečně vznikl požár.

Často se některá ohniska shodují, ale jindy může každé z ohnisek být na jiném místě dle daného případu. Výjimečně lze indikovat absenci jednoho z ohnisek. Například při dostatečném přístupu vzduchu může docházet k dokonalému spalování a nemusí být dostatečná indikace k požárnímu

ohnisku. Dále v případě výbuchu se nemusí požární ohnisko vyskytovat nikde. V jiném případě může být absence svědků, a tak se svědeckým ohniskem nelze počítat. K tomuto případu dochází v odlehlých oblastech, například v chalupových oblastech, kde celé dny nemusí být vznik požáru ohlášen, jelikož v oblasti nebyl nikdo, kdo by mohl požár zaregistrovat.

Mezi běžné kriminalistické ohniskové příznaky patří vyšší stupeň deformace a zuhelnatění konstrukcí, změna barev, stupeň a charakter zakouření a množství sazí, zpuchýřování nátěrových hmot či výskyt prasklin.

Mezi příznaky vývoje směru hoření patří především postupně slábnoucí destrukce konstrukcí po požáru, avšak také periodicky opakující se destrukce a hluk při požáru.

Určení času, kdy požár vznikl může vycházet z informativních systémů jako je EPS a jiné detekční zařízení v objektu, informacemi z výsledků, výpočty či experimenty, ale především ze zkušenosti a inženýrského informovaného znaleckého odhadu.

Expertízy a odběry vzorků

V situacích, kdy vyšetřovatel nemá dostatečné schopnosti či k objasnění jsou potřebné specifické znalosti, má v kompetenci provést důkaz za pomoci znalce. Proces tvoření znaleckého důkazu se pak nazývá expertiza. Mezi nejčastější expertízy patří expertízy kriminalistické jako je expertiza daktyloskopická, mechanoskopická, balistická či písmoznalecká. [10]

Mezi expertizní pracoviště Policie ČR se řadí Kriminalistický ústav Praha a Odbory kriminalistických a technických expertiz, které se zaměřují na identifikaci trestné činnosti. HZS disponuje CHL a TÚPO, které jsou orientovány na šetření příčin vzniku požáru a požárně technické expertízy. [3]

Při prvotním ohledání požářiště nejsou vždy přítomni tito experti, a proto lze odebrat vzorky z požářiště sloužící jako podklad pro vznik expertíz. Velikost vzorků se pohybuje okolo 0,2-0,5 m² a váží okolo 0,1-1,0 kg. Při extrakci daných ohořelých materiálů je sto mít na paměti odebrat i nezuhelnatělou část prvku pro srovnání. Při odebírání vzorků je nutné se soustředit na odebrání reprezentativního vzorku. [10] K řádnému odebírání vzorků patří i jeho zdokumentování včetně fotodokumentace, ochranného obalu a protokolu. [3]

Ohledání požářiště

Prvním krokem je včasný příjezd k místě požáru, který zaručuje, že na místě se stále zdržují svědci. Dalším faktorem je samotná likvidace požáru příslušníky HZS ČR, kteří svou činností odstraňují hořlavý materiál a rozebírají stavební konstrukce a následná možnost komunikace s prvními zasahujícími osobami. Při příjezdu je velmi důležité efektivně využít prvotní čas. Jelikož je každý případ požáru odlišný, stejně tak se odlišují i kroky vyšetřovatelů. Je tedy na zvážení, zda prvotně vyšetřit informace od svědků, anebo zmapovat situaci na požářišti ještě před znehodnocením důležitých stop v důsledku likvidace požáru. [3]

Po příjezdu na místo požáru zahajuje vyšetřovatel neodkladné úkony a opatření ve spolupráci s HZS ČR, které jsou součástí zásahu. Tato práce obsahuje pátrání po čerstvé stopě, poskytnutí první pomoci, zajištění vyproštění zraněných, zabránění dalšímu šíření požáru, dále pak uzavření místa události před vstupem nepovolaných osob a podobně. Následně pak dochází k vlastnímu ohledání místa činu, příprava podkladů k tvorbě výsledné dokumentace dle kap. 2.1.2. Tato činnost může být provedena zprostředkovaně skrze jinou důvěryhodnou osobu či dokumentaci nebo bezprostředně vyšetřovatelem. Ohledání lze rozdělit na tři etapy. [10]

V první etapě dojde k prvotnímu ohledání místa události. Zjišťuje se rozsah události, dojde k vytvoření prvních fotografií, prověří se svědecká ohniska a případně se povolají další experti. V této fázi se s ničím nemanipuluje ani se neodebírají vzorky. Tato fáze slouží ke statickému pozorování

a vytvoření celkového názoru na věc a vytyčení domněnky o příčině a vytvoření plánu na další postup. [10]

Vyšetřovatelé se často uchylují k metodě přístupu a následného odstupu. Tato metoda spočívá v postupném přistupování k objektu tím, že si vyšetřovatelé prvně zmapují okolí objektu, následně objekt samotný a až poté umístění ohniska vzniku požáru. Je totiž zásadní pochopit vazby jednotlivých prvků a neuchylovat se k druhé etapě příliš brzo, jelikož by to mohlo vyústit k zbrklému rozhodnutí a opomíjení ostatních aspektů při vyšetřování. Proto druhým krokem je odstoupení od zmatku při požárním zásahu a navození nového pohledu na věc a kritické ověření prvotního úsudku. [3]

Smyslem druhé etapy je:

- a) nalezení kriminalistického ohniska,
- b) upřesnění a prozkoumání stop šíření požáru,
- c) zpracování a studium svědeckých výpovědí, jejich vzájemné porovnání a
- d) pořízení další dokumentace jako jsou fotografie či náčrt prostoru. [10]

V této fázi začíná vyšetřovatel realizovat to, co si ujasnil ve fázi statického ohledání a dynamicky pracuje s konstrukcemi. Příčiny požáru se obvykle stanovují vylučovací metodou. Vyšetřování spočívá v postupné analýze každé verze, počínaje nejméně pravděpodobnou. Vždy je nutné uvést příznaky, podle kterých bude varianta pravdivá či vyloučena. [10]

Ve třetí etapě je nutno se soustředit na zhodnocení a vyhodnocení všech poznatků, provést dohledací úkony a sepsat výslednou dokumentaci. [10]

Stanovení a prověření verzí

Stanovování a prověření verzí je dynamickou složkou při vyšetřování. První verze vznikají již při cestě vyšetřovatelů k požárům a mohou končit i po dlouhých časových intervalech v řádu týdnů po požáru. Většina verzí by měla být vyloučena před vstupem do druhé etapy vyšetřování, jelikož se začnou dynamicky rozebírat konstrukce a znehodnocovat jejich vypovídající schopnost. Je nutné tedy shromáždit dostatek faktů a stop dle předchozích kapitol od projektové dokumentace, přes výpovědi svědků až po laboratorní expertízy. Cílem je nashromáždit dostatek důkazního materiálu k vyloučení všech nepravdivých verzí vzniku požáru. Dedukčním systémem je následně stanovena příčina vzniku požáru, sepsána výsledná dokumentace dle kap. 2.1.2. a vyplněno SSU.

Pokročilé metody vyšetřování

V posledních letech dochází k implementaci nových metod při ZPP. Začalo se využívat nástrojů již během první etapy vyšetřování jako jsou termokamery snímající teplotní pole, stejně tak jako pro ověřování při experimentech. Dále se využívá systém Spheron, který vytváří kompletní dokumentaci místa činu v elektronické podobě za pomoci sférické kamery, videozáznamů, topografické dokumentaci, fotografické dokumentace a písemných záznamů. V některých případech se použili i metody jako jsou plynová chromatografie, FTIR a Ramanova spektroskopie či rentgenová fluorescence. [3]

Mezi rozšířené metody ohledání požářiště patří detekční přístroje jako explozimetrie, fotoionizační detektory či plamenoionizační detektory. Dále pak analyzátory jako přenosné plynové chromatografy, infračervené plynové analyzátory a mobilní plynové chromatografy s hmotnostním detektorem. V neposlední řadě lze využít požární psy k vyhledání případných akceleračních hoření. [11]

V neposlední řadě jsou při vážnějších požárech využívány i metody fyzikálního a matematického modelování. Experimenty jsou finančně a časově náročné a je problém s jejich opakovatelností.

Naopak matematické modelování umožňuje tvorbu řady scénářů a souvislosti požáru popsat a odpovědět na základní otázky při vyšetřování požáru. Na základě publikace ZPP v rámci státního požárního dozoru byly k roku 2011 již využity komerční programy Fluent, SmartFire, FDS a FLACS. [3]

Omezením pro využívání těchto pokročilých metod je jejich časová a informační náročnost. Běžné vyšetřování příčiny požáru musí být uzavřeno do 30 dnů od zahájení řízení, respektive do 60 dnů od zahájení řízení v komplikovaných případech. [1, 2] A tedy se z pravidla k takovýmto metodám v praxi vyšetřovatelé často neuchylují.

2.2 Požáry masivních dřevostaveb

V letech 2007 až 2016 dle časopisu 112 [12] hasiči zaznamenali 46 požárů klasických dřevostaveb a 4 546 požárů staveb s hořlavou konstrukcí, jako jsou například chaty, kůlny, dřevníky, marintoky, zahradnické domky a jiné stavby. A proto se jedná o neopomenutelnou sekci staveb s velmi specifickým způsobem hoření a dynamikou požáru.

2.2.1 Historie

Dřevo jakožto jeden ze základních konstrukčních materiálů doprovází člověka ve výstavbě od dob, kdy začal budovat svá obydlí. Množství požárů dřevostaveb se odvíjí od množství dřevostaveb na daném území v průběhu dějin času. Zpravidla k nejvíce požárům docházelo při tažení cizích vojsk Českou zemí od Švédů, přes Prusy až k Sasům. Neméně ničivě působily i síly vnitřní jako Husové či místní šarvátky, ale řada požárů vznikla i omylem a lidskou chybou. I Pražská Malá strana lehla popelem roku 1541, když se požár rozšířil z domu Ludvíka z Gutštejna na okolní tehdy dřevěnou zástavbu. [13]

Po průmyslové revoluci přichází nové stavební materiály jako je litina, ocel, beton, železobeton a dochází k odklonu masivní výstavby dřevostaveb. Tak jak se snížila výstavba, snížil se i postupně i počet požárů dřevostaveb. Je však nasnadě zmínit, že požáry dřevostaveb nejsou častější než požáry nehořlavých konstrukčních systémů, jelikož z pravidla požár vzniká na vybavení domu. Rozdíl je pouze v dynamice a následcích požáru.

V novodobé historii se proto požáry omezují především na požáry historických objektů a ve výjimečných případech na novodobé objekty obytné zástavby srubového typu menšího významu. Několik nejvýznamnějších požárů po roce 2000 je k nalezení v Tab. 2-1.

Tab. 2-1 Nejvýznamnější požáry dřevostaveb od roku 2000

Budova	Datace	Příčina	Škoda [mil. Kč]
Kostel sv. Kateřiny v Ostravě - Hrabová	2002	technická závada	20
Divadlo Globe Praha	2005	neobjasněno	10
Zvonice u kostela sv. Jakuba Většího v Železném brodě	2007	úmysl/nedbalost	3
Petrova bouda v Krkonoších	2011	úmysl/nedbalost	1,5
Rozhledna Hýlačka	2012	neobjasněno	2
Chata Libušín	2014	technická závada	80
Dřevěný kostel v Gutech	2017	úmysl	50
Kostel sv. Michala v Kinského zahradě	2020	nedbalost	25

2.2.2 Legislativa

Jedním z hlavních omezujících podmínek pro realizaci dřevostaveb je požární kodex, který tento druh staveb zásadně restriktuje za pomoci závazných norem. Závaznost norem vychází z vyhlášky

č. 23/2008 [14]. Jedná se především o technické normy požární bezpečnosti označené ČSN 73 08XX vydávané agenturou ČAS.

Normy ČSN 73 0802 a ČSN 73 0810 [15, 16] zařídí masivní dřevostavby jako stavbu s nosnými konstrukcemi druhu konstrukčních částí DP3. Daná konstrukce v požadované době požární odolnosti zvyšuje intenzitu požáru a nesplňuje kritéria pro konstrukce druhu DP1 a DP2. Dřevo samotné má třídu reakci na oheň D, tj. výrobky přispívající k flashover efektu. Masivní dřevostavbu pak normy posuzují jako hořlavý konstrukční systém.

Hořlavý konstrukční systém má omezenou požární výšku budovy na max. 12 m včetně. Požární výška je vzdálenost čisté úrovně podlahy 1. NP a posledního užitného nadzemního podlaží s výjimkami. De fakto jsou tímto masivní dřevostavby omezeny na max. 5 NP. Do roku 2009 ale byly budovy s hořlavým konstrukčním systémem omezeny na max. 9 m včetně, odpovídajícím max. 4 NP. [17]

Obvodové stěny masivních dřevostaveb srubového typu se navíc zařídí jako požárně otevřené plochy a určuje se od nich odstupová vzdálenost, v daném případě často poměrně razantní v řádu několika metrů. Je tím zamezena realizace dřevostaveb v husté zástavbě či v blízkosti jiných objektů. Ze střech je dále nutné zhodnotit odpadávání konstrukcí druhu DP3.

2.2.3 Požárně technické charakteristiky a vlastnosti dřeva

Dřevo je organický, nehomogenní, anizotropní a hydroskopický materiál. Skládá se ze tří základních stavebních jednotek – celulóza, hemicelulóza a lignin v různých poměrech dle typu dřeva. Dalšími složkami dřeva jsou cukry a extraktivní látky. Skládá se z 50 % z uhlíku, 43 % z kyslíku, 6 % z vodíku, 0,3 % z dusíku a dalších minerálních látek jako je draslík, sodík, vápník. [18]

Všechny vlastnosti a charakteristika rostlého dřeva jsou závislé na druhu a také na okrajových podmínkách jako je vlhkost dřeva, kvalita či orientace daného vzorku dřeva. Mezi základní požárně technické charakteristiky a další vlastnosti patří tyto parametry.

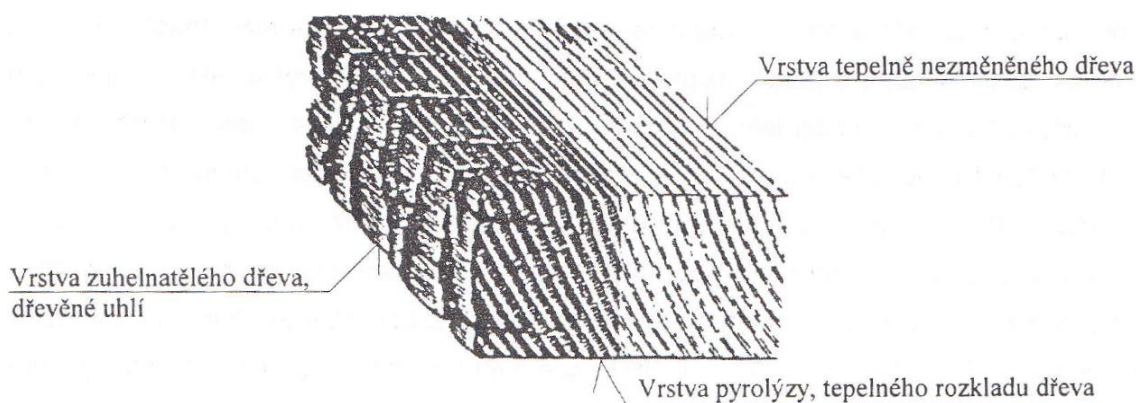
- a) Vlhkost dřeva, tj. obsah kapalin ve dřevě, která je vyjádřena hmotností vody k hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu. Udává se v procentech.
- b) Hustota dřeva, tj. podíl hmotnosti na jednotkový objem látky, je také výrazně ovlivněna vlhkostí. Při vlhkosti 12 % lze uvažovat rostlé dřevo rozdělit na tři sekce na dřevo s nízkou hustotou do 540 kg/m³, se střední hustotou od 540 do 750 kg/m³ a s vysokou hustotou nad 750 kg/m³. [19]
- c) Tepelná vodivost, tj. schopnost vést teplo, představuje rychlost přesunu energie z teplejší do chladnější sekce látky. Hodnoty jsou ovlivněny vlhkostí dřeva a orientací vláken. Dřevo při vlhkosti 12 % a měření kolmo na vlákno má tepelnou vodivost 0,12-0,18 W/(mK). Při měření rovnoběžně na vlákno pak 0,25 – 0,45 W/(mK). [19]
- d) Měrná tepelná kapacita, tj. množství tepla potřebného k ohřátí 1 kilogramu látky o 1 teplotní stupeň, roste s teplotou, obsahem vlhkosti a hustotou. Hodnoty se pohybují okolo 1,4 kJ/(kgK) při 0 % vlhkosti až po 2,8 kJ/(kgK) při 100 % vlhkosti. [19]
- e) Teplota vzplanutí, tj. nejnižší teplota, při které se za přesně definovaných podmínek vytvoří nad povrchem takové množství hořlavých par, že jejich směs se vzduchem přiblížením plamene vzplane a ihned uhasne, se pohybuje okolo 180-275 °C. [20]
- f) Bod hoření, tj. nejnižší teplota, při které za definovaných podmínek vnější zápalný zdroj vyvolá hoření par nad povrchem po dobu nejméně 5 s bez přerušení, se udává v rozmezí 260-290 °C. [20]

- g) Teplota vznícení, tj. nejnižší teplota, při které se směs par na povrchu se vzduchem za předepsaných podmínek vznítí s objevením otevřeného plamene bez přítomnosti přímého iniciačního zdroje, se pohybuje okolo 330-370 °C. [20]
- h) Spalné teplo, tj. množství tepla, které se uvolní při izobarickém spálení 1 molu sloučeniny v plynném kyslíku na konečné oxidační produkty s maximálním dosažitelným oxidačním číslem. Předpokládá se, že voda, uvolněná spalováním, zkondenzuje a energii chemické reakce není třeba redukovat o její skupenské teplo. Jde o hodnotu laboratorně naměřenou, takzvané dokonalé spalování, zahrnující oproti výhřevnosti i zkondenzování vody. Hodnoty jsou razantně ovlivněny jednotlivými měřeními a pohybují se v řádu 10-30 MJ/kg [21, 22].
- i) Výhřevnost, tj. teplo uvolněné spálením 1 kg hořlavé látky za předpokladu, že voda v ní obsažená i voda vzniklá spálením látky zůstane ve spalínách ve formě páry. Hodnota výhřevnosti se pro listnaté dřevo dle normy ČSN 73 0824 uvažuje 20 MJ/kg. [23]
- j) Efektivní výhřevnost, tj. teplo reálně uvolněné při požáru při tak zvaném nedokonalém spalování. Tato hodnota je velmi proměnlivá a jen stěží popsitelná, jelikož je závislá na vlastnostech a charakteristice vzorku. Je nižší než výhřevnost, jelikož oproti výhřevnosti nezapočítává nespalitelné produkty při běžném hoření jako jsou saze a další uhlíkaté zbytky.
- k) HRR, tj. rychlost vyvíjení tepelné energie způsobené hořením v průběhu času. Je charakterizována grafem závislosti uvolněné energie v W/m² na čase. Maxima rostlého dřeva dosahují hodnot okolo 200 kW/m². [24, 25]

2.2.4 Hoření rostlého dřeva

Při hoření dřeva povrch degraduje a odhořívá. Hmotu při hoření lze rozdělit na tři základní sekce v posloupnosti od vnějšího povrchu, a to

- vrstvu zuhelnatělého dřeva, tzv. dřevěné uhlí,
- vrstvu pyrolýzy, kde dochází k tepelnému rozkladu dřeva a
- vrstvu tepelně nezměněného dřeva, graficky znázorněnému na Obr. 2-2.



Obr. 2-2 Vrstvy dřeva během požáru [26]

Při přesnějším dělení vrstev lze charakterizovat vrstvy na sekci plamenného hoření, dále na iniciační povrch dřeva, zuhelnatělou vrstvu dřeva, která je již převážně inertní a funguje jako krycí ochranná vrstva. Dále pak vrstvu pyrolýzy, kde dochází k uvolňování hořlavých par, vrstvu

vysušeného nedegradovaného dřeva, vrstvu dřeva, kde dochází k vypařování vlhkosti a zbývajících vnitřního průřezu vlhkého dřeva. [27]

Vrstva pyrolýzy má 5-7 mm a nastává převážně při teplotách 200-500 °C. [28]

2.3 Numerické modely požáru

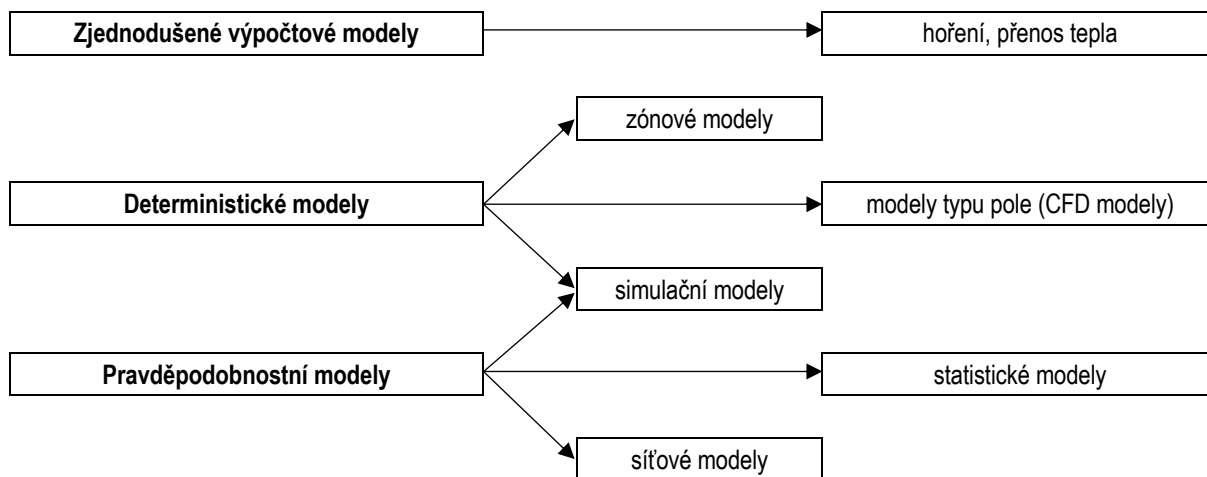
Požární modely popisují dynamiku požáru především v uzavřených prostorech a rozdělují se na:

- zjednodušené výpočetní, které jsou založené na empirických vzorcích, experimentech a odhadu. Tyto metody jsou rychlé, na straně bezpečnosti a jsou často používané v normových postupech.
- Experimentální neboli fyzikální metody jsou časově i finančně náročné a vhodné pro specifické problémy a ověření problematiky.
- Matematické neboli numerické metody využívají přednosti výpočetní techniky a jsou verifikovány a validovány na experimentech. Pro různé problematiky existují i různé modely a od nich odvíjející se časová, finanční a informační náročnost.

2.3.1 Principy numerických modelů požáru

Dle Kučery [29] lze matematické modely rozdělit na:

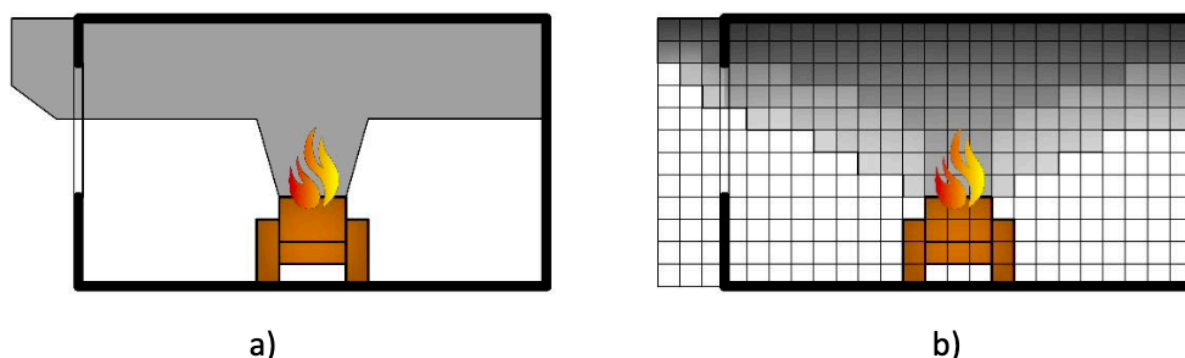
- zjednodušené výpočetní,
- pravděpodobnostní a
- deterministické modely a jejich přehled lze vidět na Obr. 2-3.



Obr. 2-3 Přehled matematických modelů požáru v uzavřeném prostoru [30]

Zjednodušené výpočetní metody slouží především k analytickému vyjádření některých procesů požáru a využívají tabulkové procesory nebo základní programy. Pravděpodobnostní modely vychází z teorie pravděpodobnosti. Jádrem je náhodný pokus, který umožňuje obdržet výsledek bez dostatečných počátečních či okrajových podmínek. Při jednotlivých opakování výpočtu nedochází ke stejným výsledkům, a proto se v oblasti modelování požáru příliš nevyužívají. Deterministické metody zjišťují průběh požáru skrze fyzikální a chemické děje. Fyzikální vstupy zahrnují požární zatížení, výměnu plynů s okolím a popis prostoru. Rozsah deterministických modelů je široký stejně tak jako množství a požadovaná přesnost vstupních údajů jednotlivých modelů. [29]

Deterministické modely lze rozdělit na zónové modely, CFD modely (dříve známé jako modely typu pole) a simulační modely, které kombinují deterministický a pravděpodobnostní přístup k modelování požáru. Základní rozdíl mezi zónovým a CFD modelem je patrný na Obr. 2-4. [31]



Obr. 2-4 Schématické znázornění rozdílu rozvoje požáru pro a) zónový model a b) CFD model

Zónové modely

Zónové modely vyjadřují ideální průběh požáru v uzavřeném prostoru. Tento postup je již tradičním metodickým postupem pro stanovení zjednodušeného šíření zplodin požáru. Vždy obsahují dva základní submodely, a to jedno a dvouzónový model, případně pak i další submodely jako je lokální model požáru, či hoření modelovaných stavebních konstrukcí. Užití jednotlivých submodelů vychází z fyzikálních jevů pozorovaných při skutečných požárech.

Zónové modely pracují zejména s parciálními diferenciálními rovnicemi pro zachování hmoty a energie mezi jednotlivými vrstvami. Velmi často však zjišťují dění na hranici vrstev a uvažují konstantní hodnoty v dané vrstvě. Pracují s rovnováhou hmoty plynů vrstev a rovnicemi zachování energie, ale rovnice zachování hybnosti zcela opomíjejí. Předností zónových modelů je proto jednoduchost jejich řešení. Častým nedostatek je výrazné zjednodušení problematiky či nemožnost užívání modelů pro atypické prostory jako jsou šachty či tunely, kdy je dynamika vývoje požáru často odlišná od dynamiky v běžné místnosti. Zónové modely dále často neumí správně pracovat se vzestupným sloupcem hoření (fireplum), a proto se jejich přesnost limitně snižuje i u prostorů s nízkým stropem při vysokých výkonech požáru, nebo pokud se fireplum vyskytuje v blízkosti okenních otvorů, jelikož nezohledňuje odklon slupce vlivem vzduchu vstupujícího či vystupujícího do a z místnosti. [32]

CFD modely

CFD modely neboli modely typu pole jsou sofistikované programy postavené na výpočetní technologii CFD. Technologie CFD simuluje především proudění tekutin, přenos tepla a hmoty. Uplatnění CFD modelů je široké od leteckého průmyslu, modelace kardiovaskulárních nemocí až po modely požáru. Pracují s rovnováhou hmoty plynů vrstev, rovnicemi zachování energie i s rovnicemi zachování hybnosti.

Podle Kučery a Pezdové [32] jsou CFD modely výrazně komplikovanější než modely zónové a pokrývají celou řadu problémů, které nejsou zónové modely sto pojmout. Například mohou zahrnovat vliv teplotního gradientu v prostoru stejně jako vliv venkovního tlaku vzduchu. V jádru se nenachází zóny, ale jednotlivé kvádry daných rozměrů (velikost dle citlivostní analýzy), které přesněji simulují daný prostor. Nevýhodou CFD modelů je komplikovanost zadávání vstupních dat a vysoké požadavky na hardware a modelační a výpočtový čas.

2.3.2 Základní parametry zónových modelů

Kučera a Pezdová [32] rozdělují vstupní parametry na tyto minimální vstupní data.

- a) Všeobecné nastavení simulace – Zahrnují parametry délky trvání simulace či četnost generování výstupních parametrů a mezikroků.
- b) Okolní podmínky prostředí modelu – Zahrnují vnitřní a vnější teploty a počáteční tlakové podmínky. Dále pak mohou zahrnovat i působení rychlosti a směry větru.
- c) Geometrie prostoru – Zahrnuje tvorbu místností především pravoúhlých tvarů (krychle či kvádr) a otvorů v nich (okna, dveře, případně světlíky).
- d) Tepelně-fyzikální vlastnosti použitých konstrukcí – Zahrnují tepelně-fyzikální vlastnosti ohraničujících konstrukcí, zejména hustotu, měrné teplo, tepelnou vodivost a součinitel přestupu tepla.
- e) Hořlavé předměty – Při simulaci je vybavení prostoru nahrazeno hořáky, které mají vlastnosti daných předmětů jako například rychlost úbytku hmotnosti, rychlost uvolňování tepla, výška paliva či plocha paliva.
- f) Definice požáru – Pro simulaci je zvolen jeden nebo více hořlavých předmětů, které jsou považovány za zdroj vzniku požáru.

Jednotlivé modely dovolují vložit i další parametry jako jsou teplotní či kouřové hlásiče požáru, ZOKT, nucené větrání a další prvky požární ochrany.

Výstupní data jsou ve formě textových souborů či tabulkových procesorů. Některé zónové modely dovolují grafickou vizualizaci vypočtených výstupních dat. Základními výstupními daty obvykle je:

- a) rozdělení prostoru na kouřové vrstvy,
- b) průměrné teploty jednotlivých kouřových vrstev,
- c) hmotnostní a tepelný tok v otvorech,
- d) průměrná hustota kouře, viditelnost a koncentrace kyslíku a případně i
- e) toxicita produktů hoření. [32]

2.3.3 Nejrozšířenější zónové modely

Na trhu je řada programů různých kvalit. Mezi nejpřesnější a nejvíce užívané programy patří CFAST, B-RISK, ARGOS a pro specifické případy také OZone. Všechny vyjmenované modely uvažují model vrstvy plynů dle McCaffreyho a vychází z matematických vztahů daných Quintierem [33]. Mají tedy mimo jiné schopnost přechodu dvouzónového modelu v jednozónový při nastolení daných podmínek. [34]

CFAST

Program CFAST, pocházející z USA, je jedním z nejrozšířenějších a nejpoužívanějších zónových modelů požáru na světě. Je považován za zlatý standard oboru. Slouží k modelování požáru a pohybu zplodin hoření v uzavřeném prostoru. Počátky programu sahají do roku 1990 a jedná se o živý a stále vyvíjený program. Model zahrnuje submodely požáru šachet a chodeb. Program umožňuje podmíněné otevření a zavření vertikálních i horizontálních otvorů. Dovoluje vkládání termočlánků. Vizualizace je možná v programu Smokeview. [34, 35]

B-RISK

B-RISK je konkurenční program z Nového Zélandu, který má matematický základ převzatý od programu CFAST. Model pracuje s pravděpodobností typu Monte Carlo pro odhad průběhu požáru v uzavřeném prostoru. Vstupní hodnoty mohou tedy být zadány pomocí statistické distribuce a opakovaným výpočtem lze sledovat citlivost na dané hodnoty. Vizualizace je možná v programu Smokeview. [34, 36]

ARGOS

Dánský program vyvíjený od roku 1990, který je komerčním konkurentem programu CFAST. Je omezen na maximálně 10 místností. Mimo běžné veličiny dovoluje i odhad přímých finančních ztrát v důsledku požáru. [34, 37]

OZone

Belgický zónový model OZone slouží k výpočtu teplot v jedné místnosti, přestupu tepla do nechráněného či chráněného ocelového prvku v dané místnosti a k posouzení požární odolnosti daného prvku. Program umožňuje modelaci nepravidelného prostoru či zkoseného stropu. Výpočet průběhu požáru pro lokální požár nebo plně rozvinutý požár je v českém prostředí v souladu s ČSN EN 1992-1-2. [34, 38]

3 Chrám svatého Archanděla Michaela

Roubený objekt situovaný v Kinského zahradě v Praze na Smíchově patří mezi šest kostelů východního obřadu přenesených v 20. a 30. letech 20. století z Podkarpatské Rusi na území Čech a Moravy. Další kostely byly přeneseny do Blanska (kostel sv. Paraskevvy z roku 1601), Dobříkova (kostel Všech Svatých z roku 1669), Hradce Králové (kostel sv. Mikuláše z počátku 16. století), Kunčice pod Odřejníkem (kostel sv. archanděla Michaela z přelomu 17. a 18. století) a Nové Paky (kostel Zesnutí Přesvaté Bohorodice z 18. století). [39]



Obr. 3-1 Chrám sv. Michaela na původním místě v Medvědocích, nedatováno [40]

Kostel vyobrazený na Obr. 3-1 představuje autentickou památku lidového stavitelství s vysokou uměleckou a kulturně-historickou hodnotou. Vykazuje prvky tradičního řemeslného provedení a je výsledkem prolínání západních a východních vlivů na Zakarpatském území. Historie památky je úzce spjata s dějinami střední Evropy a ukazuje na proměny společnosti v průběhu času. [41]

Popis kostela

Kostel stojí na jižním svahu Petřina bez přístupové cesty. Celkové rozměry objektu jsou 8 x 12 m. Přední věž sahá do výšky 14,6 m. Konstrukce objektu je provedena z ručně přetesaného dubového dříví. Stavba je kombinací trojvěžového typu bojkovského typický pro střední část Podkarpatské Rusi a západoevropského baroka. Budova je půdorysně rozdělena do tří přibližně čtvercových místností, nad kterými se zdvihají vížky s několika stupňovitými pyramidálními stříškami. Sjednocujícím bodem budovy je pak spodní část střechy, která se obepíná kolem celé budovy částečně podpírána sloupky. Tím je vytvořen prostor pro ohoz okolo lodě kostela. Barokní vliv se projevuje zejména na vrcholcích věží, které jsou osazeny báními a u tvaru přední věže zdánlivě připomínající zvonici. [39]

Dispozičně se objekt dělí na dva sruby. Větší srub se dělí na vstupní předsíň a chrámovou loď. Menší srub představuje kněžiště. Každá z částí je vyjádřena věží. Okolo předsíně a lodi obíhá po vnější straně arkádový ohoz. Sruby z dubových trámů nepravidelných rozměrů a obdélného

průřezu dosedají na základy z lomového kamene. Do objektu je jeden vstup. V obvodových stěnách objektu se nachází drobná okna jednovrstvě zasklená a zamřížovaná. Podlaha ochozu je kamenná, v interiéru novodobá z dřevěných fošen. Stěna mezi předsíní a lodí je otevřená širokým segmentovým obloukem. Konstrukce věží jsou tvořené svislými sloupky, mezi nimiž je provedeno zavětrování. Podstřeší je odděleno dřevěným podhledem vytvářející falešné klenby v lodi a kněžišti. Střechy jsou stanové, nad lodí a kněžištěm třikrát odstupňované. Střechu a stěny nejvyšší věže kryje šindel. Horní část věže tvoří falešný ochoz s okénky a všechny věže jsou zakončeny dvojitými barokizujícími cibulovými báními. [41]

Historie kostela

Původ řeckokatolického církevního objektu se datuje do 2. poloviny 17. století do vsi Veliké Loučky v Zakarpatské oblasti. Roku 1793 byl přestěhován do nedalekých Medvedovců. Dle odhadů proběhl první přesun v zimě za svépomoci místních především na saních. Objekt vyobrazen na Obr. 3-1. Roku 1924 se začalo jednat o převozu dřevěného objektu do Prahy do Kinského zahrady v rámci návrhů na založení muzea lidové architektury v přírodě při Národopisném oddělení Národního muzea. V červnu 1929 byl kostelík rozebrán, poškozené díly znovu vyrobeny z místních zdrojů a náklad byl ve čtyřech vagónech vypraven Československou státní dráhou z Mukačeva do Prahy. Z Pražského smíchovského nádraží byl náklad přesunut 36 povozy do Kinského zahrady. V červenci a srpnu byl objekt znovu sestaven. V září 1929 došlo k předání veřejnosti. Celkem stavba stála 130 000 Kč. [39, 40]

Objekt se začal využívat jako muzejní exponát. Po celou dobu své existence v Praze byl ohrožován vloupáním i nevhodným chováním návštěvníků chrámu. Z důvodu podfinancování nejsou známy zásadní rekonstrukce na objektu. Několikrát byla obnovena šindelová krytina a byly provedeny další drobné opravy. Od roku 1948 byl veřejnosti nepřístupný, v 70. letech přešel do majetku hlavního Města Prahy. Vybavení interiéru bylo odstraněno a uloženo v Národním Muzeu. Ke znovuvysvěcení došlo roku 2008, kdy se zde začaly vykonávat bohoslužby pravoslavné církve. V letech 2008-2010 došlo k rekonstrukci vnějšího ochozu, doplnění dlažby a prkenné podlahy a dalším rekonstrukčním a restaurátorským pracím. [39, 41]

Průběh požáru a jeho vyšetřování

Dne 28. 10. 2020 vznikl požár, který měl za důsledek hmotnou škodu v řádu desítek milionů korun na stavební části objektu. Všechny konstrukce chrámu byly požárem zasaženy. Nenosné obvodové konstrukce byly výrazně narušeny. Nosné konstrukce projevily známky výrazné tepelné degradace. Prostřední věž se zřítily, přední věž byla výrazně poškozena. Srubová konstrukce projevila známky svrchní tepelné degradace. Pro fotodokumentaci před a po požáru vizte Příloha 3 – Fotodokumentace chrámu. Pro odbornou zprávu po požáru vizte Příloha 4 – Odborná zpráva po požáru chrámu.

Poslední užívání kostela proběhlo 27. 10. 2020 od 8:00 do 10:00. Dle odborné zprávy vznikl požár v čase 14:40 (± 5 minut). Zpozorován byl v čase 14:52. Hašení objektu započalo v 15:07. Požár byl zlikvidován v 18:54. Svědecké ohnisko bylo určeno na požár chrámu v plném rozsahu. Požární ohnisko zahrnuje celou půdorysnou plochu chrámu. Kriminalistické ohnisko bylo označeno do prostoru 2x1 m vně objektu na severovýchodním zákoutí mezi chrámovou lodí a kněžištěm. Požár se rozšířil na celý objekt. Rozšíření požáru bylo podporováno větrem. Nedošlo k úmrtí ani zranění osob. Vyšetřování bylo uzavřeno 13. 11. 2020. [42]

Přípustná ohniska uvnitř kostela byla vyloučena. Prověřovaná ohniska uvnitř kostela byla – nedbalost při používání otevřeného ohně (svíček), použití plynových kamen a použití autonomního zdroje elektrické energie elektrocentrály na benzinový pohon. Odbornou zprávou byly vytyčeny tři možné verze příčiny vzniku požáru – nedbalost při kouření, blíže nespecifikovaná nedbalost a

úmyslné zapálení. Všechny varianty jsou spjaty s dočasným příbytkem vyskytujícím se v oblasti kriminalistického ohniska obývaným osobami bez trvalého bydlení. Zpráva nespecifikuje iniciační zdroj požáru. Pravděpodobně nebylo využito akcelerantů hoření. [42]

Nejvíce zasaženou oblastí budovy byla strana severní. Nejméně zasaženou částí objektu byla strana jižní, kde byly dochovány stavební prvky téměř nezasažené požárem. Na straně západní a východní lze pozorovat směrové tendence postupného šíření požáru. Severní strana podloubí se degradací zřítla a většina stavebních prvků zcela zdegradovala, naopak jižní strana podloubí byla ochráněna včasným zásahem IZS. Obě místnosti interiéru byly zasaženy požárem, je ale patrné, že degradace je výrazně menší než z vnější strany objektu. Přední věž byla zasažena požárem a nenosné konstrukce věže zcela zdegradovaly a nosná konstrukce jevila známky extrémní tepelné degradace. Prostřední věž se zřítla do interiéru. Zadní věž jeví známky postupné degradace, některé nenosné prvky byly zachovány. Jakmile byla zasažena věž požárem, rychle se požár rozšířil po celém objemu věže.

4 Cíle práce

Hlavním cílem práce je poznání problematiky a uplatnění zónových modelů na poli ověřování příčin požáru u dřevostaveb. K tomu je zapotřebí následujících dílčích cílů práce.

- Shrnout problematiku ZPP, hoření dřevostaveb, numerických modelů z literatury.
- Jednotlivé numerické modely zhodnotit a zvolit nejvhodnější pro danou problematiku.
- Vytvořit skript, který bude znázorňovat odhořívání dřevěných povrchů.
- Skript validovat a použít ho pro skutečnou simulaci zónovým modelem.

Práce ověření využití zónových modelů pro zjišťování příčin požáru.

- V první části práce shrne poznatky o zjišťování příčin požáru (ZPP), požárech masivních dřevostaveb, požárně technických charakteristikách, vlastnostech dřeva, druhy numerických modelů požáru a datech o požáru Chrámu sv. Michaela v Kinského zahradě.
- Vlastní řešení se zaměří na modelování hoření povrchů konstrukcí za pomoci vytvoření skriptu na tvorbu požárních scénářů pro vyšetřování požárů.
- Verifikace skriptu bude připravena pomocí programu C-FAST, který již verifikovaný je.
- Bude připravena validace zónového modelu na požární zkoušce v rohu místnosti.
- Navržený skript bude využit pro podporu vyšetřování požáru objektu srubového typu Chrámu sv. Michaela v Kinského zahradě. Ověří se kriminalistické ohnisko a výsledky požáru se porovnají s dalšími možnými ohnisky. Práce se zaměří na studii intenzity iniciačního zdroje.
- Závěr práce shrne získané poznatky o využití zónového modelu požáru pro zjišťování příčin požáru a vytkne další možnosti řešení problematiky.

5 Modelování odhořívání povrchů v zónových modelech

Z modelů zmíněných v kap. 2.3.3 využívá submodel pro odhořívání povrchů pouze program B-RISK. Obsahuje submodel růstu požáru po povrchových materiálech, což zahrnuje i hoření dřevěných stavebních konstrukcí. [36] Tento submodel je ověřen pouze pro CLT panely a pro ostatní možné hořící povrchy nebyl verifikován a validován a v některých případech uvádí zavádějící výsledky. [43–45] Diplomová práce zabývající se modelováním dřevěné požární ochrany ocelové nosné konstrukce v programu B-RISK tento submodel také nevyužila a nárůst teplot od pyrolýzy bylo v práci dopočítáno ručně. [46]

Program C-FAST ve verzi 7.7.2. byl vybrán za nejvhodnější program pro řešení dané problematiky a byl vytvořen skript doplňující program C-FAST o odhořívání povrchů. Software CFAST je vyvíjen již tři dekády a je aktivně verifikován a validován. [35, 47] Jeho uživatelské a validační příručky nezakazují postupy užití ve vytvořeném skriptu.

Skript

Skript pro odhořívání povrchů v programu C-FAST byl vytvořen v programu excel a je součástí Přílohy 5. Pro odhořívání povrchů využívá osazování jednotkových požárů (Fires a Targets) do blízkosti stěn dle zadaných parametrů. Jednotkové požáry zastupují dynamicky se rozvíjející plochu požáru.

Příklad zadávacího formuláře je v Příloze 1. Po vložení zadání skript vytvoří kód, který symbolizuje jednotkové požáry a měřící terče se zadanými vlastnostmi. Výsledný zdrojový kód se manuálně vloží do zdrojového kódu simulace C-FAST s koncovkou souboru *.in* a následně se soubor *.in* manuálně spustí v programu C-FAST, kde lze provést výpočet simulace. Skript nahrazuje zdlouhavé manuální dosazování jednotlivých požárů, měřících terčů a přiřazování vlastností.

Na základě zadání rozdělí skript požadované plochy na zadaný počet obdélníků. Do geometrického středu obdélníku osadí měřící terč a jednotkový požár. Každému jednotkovému požáru přiřadí vlastnosti i HRR dle plochy obdélníku. Obdélníky ve svislých plochách v sudých řadách jsou posunuty o jednu polovinu délky hrany ve směru hodinových ručiček z důvodu validnějších výsledků simulací. Jakmile jednotkový požár dosáhne zlomové teploty, spustí se požár dle upraveného HRR dle plochy obdélníku.

Skript osazuje požáry do vybrané místnosti na vybrané povrchy. Dle zadání skript neosazuje požáry do vybraných ploch simulující okna a další prostupy. Množství oken je skriptem omezeno. Skript neupravuje velikosti obdélníků okolo prostupů, pouze neosadí jednotkové požáry a měřící terče, které se nachází uvnitř prostupů. Vytváří tak nepřesnosti a nekoreluje přesné množství povrchu.

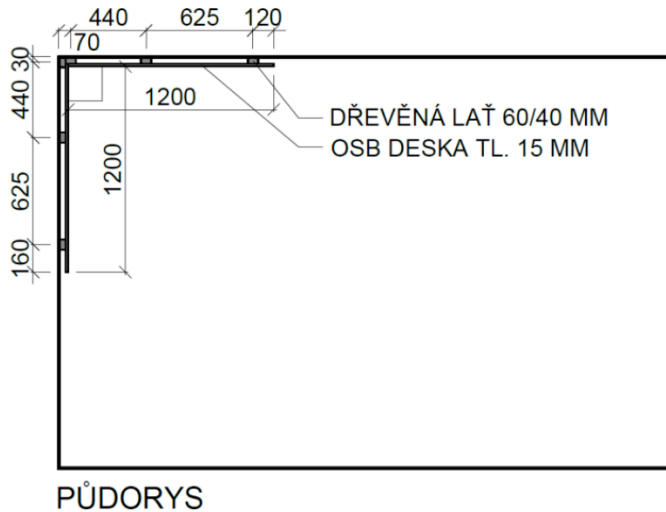
Verifikace skriptu

Skript byl při tvorbě verifikován a jeho kontrolu provádí program C-FAST, který by na neverifikované řádky kódu upozornil hláškou (Error). Program C-FAST již verifikován je. Skript dokáže vytvořit velké množství kódu, které může ovlivnit schopnosti programu C-FAST. Ve výjimečných situacích program upozorní hláškou, která se neobjevuje systematicky. Neukazuje tak na chybnou verifikaci skriptu, jako spíše na chybu v programu samotném.

Validace skriptu

Pro validaci skriptu byla simulována velkorozměrová zkouška Room Corner Test, která byla provedena 21. 6. 2018 v Požární laboratoři UCEEB [48]. Zkouška byla provedena dle normy ISO 9705 [49], respektive ČSN EN 14390 [50]. Pro validaci byla poskytnuta naměřená data.

Zkušební prostor o světlé výšce 2 400 mm, šířce 2 400 mm a délce 3 600 mm byl částečně obložen OSB deskami tl. 15 mm na dřevěném roštu 60/40 mm. Dutina mezi latěmi byla vyplněna měkkou izolací z minerálních vláken tl. 40 mm v souladu s Obr. 5-1 Rozmístění obkladů. Hořák byl instalován do rohu s OSB deskami. Spalovacím plynem byl propan. V čase $t = 0$ s byl zapálen hořák s výkonem 100 kW. V čase $t = 600$ s byl výkon hořáku navýšen na 300 kW. V čase $t = 730$ s je hořák vypnut a zkouška byla ukončena z důvodu překročení teploty 500 °C stanovené pro vznik flashover efektu.



a) nákres

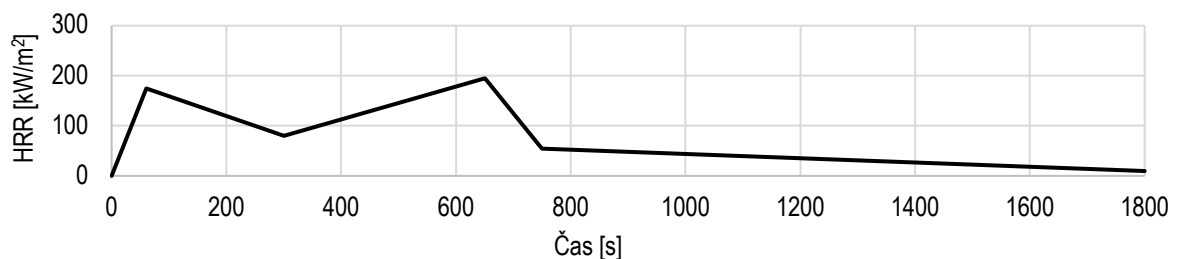
b) realizace

Obr. 5-1 Rozmístění obkladů [48]

V simulaci byla vymodelována stejná geometrie prostoru i specifické chování hořáku. Do skriptu byly vloženy charakteristiky OSB desky dle Tab. 5-1 a Graf 5-1 [51]. Chemické složení OSB desky bylo uvažováno: C 39,3; H 4,7; O 34,1; N 0,4; Cl 0. Přítomnost latí a izolace byla zanedbána. Ostatní povrchy prostoru byly považovány za inertní. Počáteční teplota byla 19 °C v interiéru i exteriéru při tlaku 101 325 Pa, relativní vlhkost 30 %. Výpočet probíhal 1 800 s.

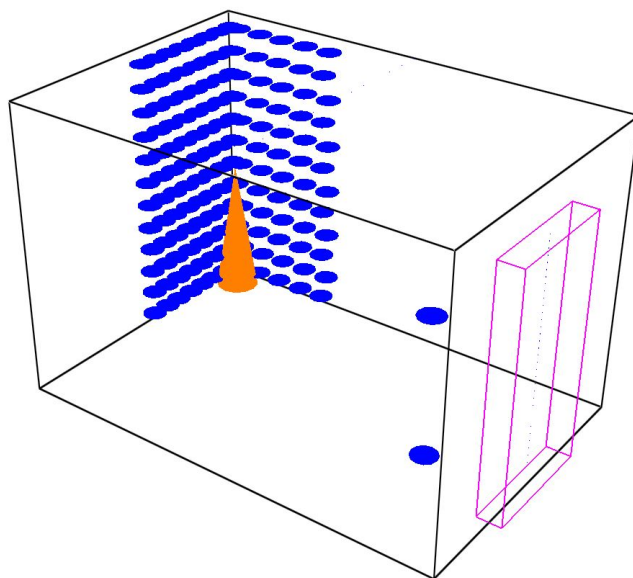
Tab. 5-1 Vlastnosti OSB desky

Vlastnost	Symbol	Hodnota	Jednotka
Hustota	ρ	600	kg/m ³
Tepelná vodivost	λ	0,12	kW/m/K
Emisivita	ϵ	0,9	-
Měrná tepelná kapacita	c	1,55	kJ/kg/K
Spalné teplo	H	17,0	kJ/kg
Tloušťka materiálu	d	15	mm

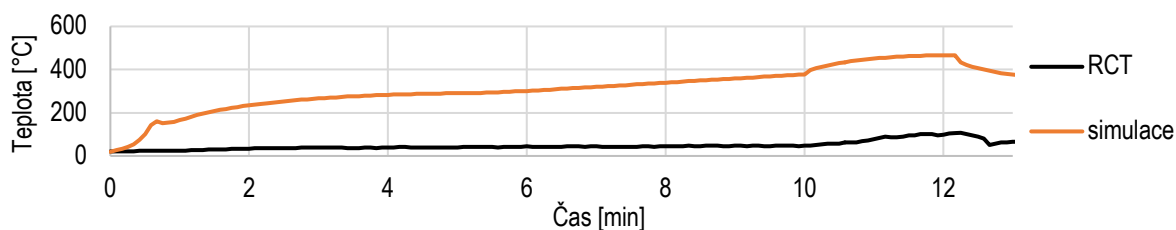


Graf 5-1 HRR OSB deska

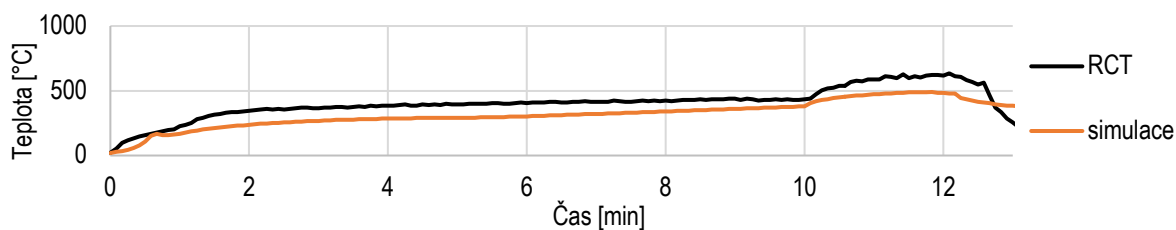
Výsledky validace a analýz byly porovnávány ve třech vybraných bodech dle měřících bodů zkoušky. Bod T_{sa} se nachází v protilehlém rohu od požáru ve výšce 0,67 m. Bod T_{sg} se nachází v protilehlém rohu od požáru ve výšce 1,72 m. Bod T_{26} se nachází u stropu nad hořákem. T_{prum} je teplota průměrná z hodnot T_{sa} , T_{sg} a T_{26} lépe vypovídající o tendenci modelu než jednotlivé měřící body. Na základě citlivostní analýzy byl za nejvalidnější simulaci vybrán požár o celkovém množství 156 jednotkových požárů a o hraniční teplotě 50 °C. Na Obr. 5-2 lze pozorovat geometrii simulace, osazené měřící terče a iniciační zdroj.



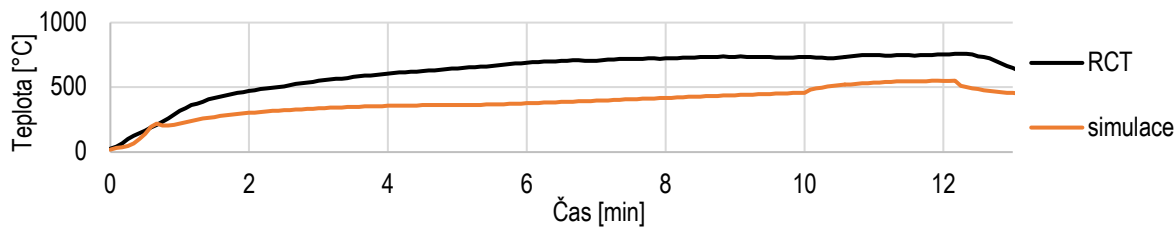
Obr. 5-2 Geometrie, iniciační požár a měřící terče



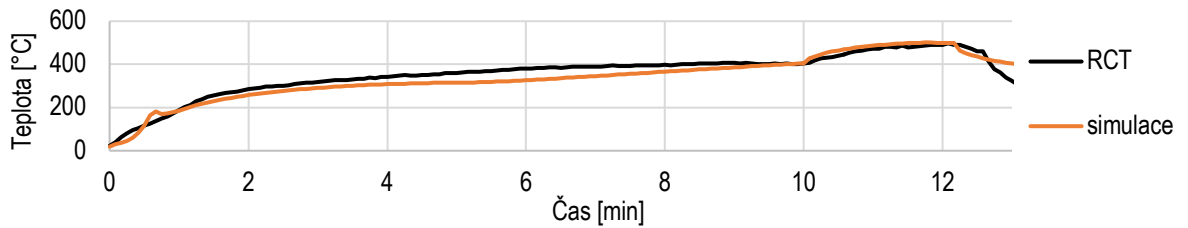
Graf 5-2 T_{sa}



Graf 5-3 T_{sg}



Graf 5-4 T_{26}

Graf 5-5 T_{prum}

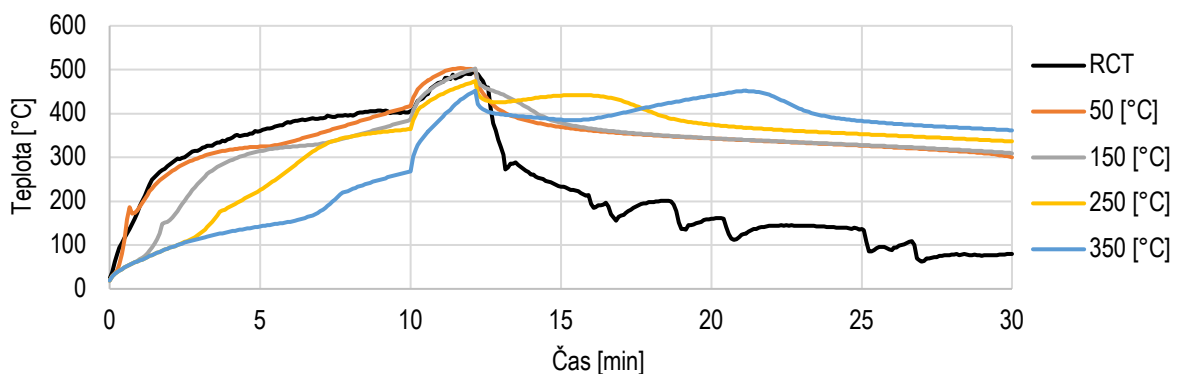
Na grafech Graf 5-2 až Graf 5-4 lze pozorovat, že simulace má správné tendence požáru, ale jednotlivé hodnoty se výrazně liší od experimentu. Na Graf 5-5 lze pozorovat, že pokud se hodnoty zprůměrují, tak ukazují velmi přesně tendence vývoje požáru dle experimentu.

Při grafické evaluaci nejsou nižší zlomové teploty vhodné pro pozorování postupného rozhořívání a šíření požáru. Při simulaci validace došlo ke vzplanutí všech jednotkových požárů okolo dvacáté sekundy a sledování postupného rozhořívání povrchu bylo omezeno.

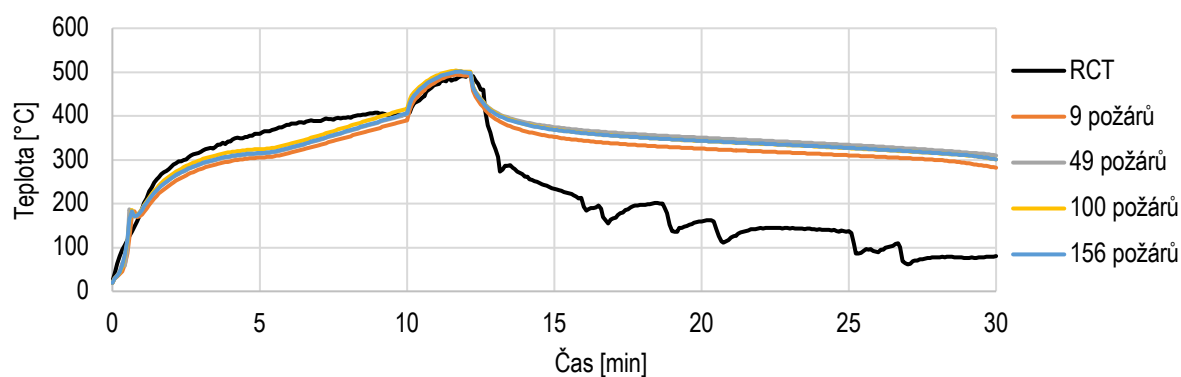
Citlivostní analýzy

Řada proměnných programu je nedefinovatelná materiálem samotným a musí být provedeny kalibrace. Natočení měřících terčů bylo uvažováno vždy se senzitivní stranou otočenou směrem k podlaze. Orientace měřícího terče vyplývá ze zkušenosti a vytváří nejvhodnější podmínky pro postupné šíření požáru po povrchu. Půdorysná velikost požáru není citlivý údaj a výsledky se neliší při odlišných hodnotách proměnné. Ve všech případech byl uvažován údaj 0,1 m². Hloubka měření v měřícím terči byla uvažovaná nulová, tedy měření probíhalo na povrchu terče a vlastnosti terče nebyly zohledněny. Tato hodnota není citlivá a pro různé hodnoty jsou identické výsledky.

Byly provedeny dvě kalibrace zpřesňující výsledky skriptu pro verifikaci. První analýza se orientovala na hodnotu proměnné – hraniční teplotu požáru. Hraniční teplota požáru symbolizuje teplotu, kdy měřená hodnota v terči přesáhne zvolenou teplotu a jednotkový požár začne hořet dle HRR. Druhá citlivostní analýza se orientovala na množství jednotkových požárů a jejich dělení po povrchu. Při první citlivostní analýze bylo kalkulováno se 100 jednotkovými požáry rozdělenými do daných ploch. Při druhé analýze byla uvažována hraniční teplota 50 °C.

Graf 5-6 T_{prum} při různých zlomových teplotách

Na Graf 5-6 lze pozorovat, že nižší hraniční teploty udávají validnější výsledky. Hraniční teplota se neshoduje se zápalnou teplotou a nelze ji považovat za charakteristickou veličinu materiálu. Pro OSB desku se udává zápalná teplota 350 °C dle Materiálové databáze [52]. Klesající větve experimentu je zatížena chybou. Chyba vychází z funkce chladnutí konstrukce, kdy byl experiment již ukončen. V následujících simulacích hrálo chladnutí konstrukce marginální roli a chybu simulace lze zanedbat.

Graf 5-7 T_{prum} při různém množství jednotkových požárů

Na Graf 5-7 lze pozorovat, že množství jednotkových požárů není citlivou hodnotou, a i při menším počtu osazených požárů lze pozorovat nárůst teplot dle experimentu. Větší množství osazených požárů dává lepší grafické znázornění zasažených ploch. Menší množství požárů razantně urychluje výpočetní čas programu.

6 Ověření příčiny vzniku požáru Chrámu sv. Michaela

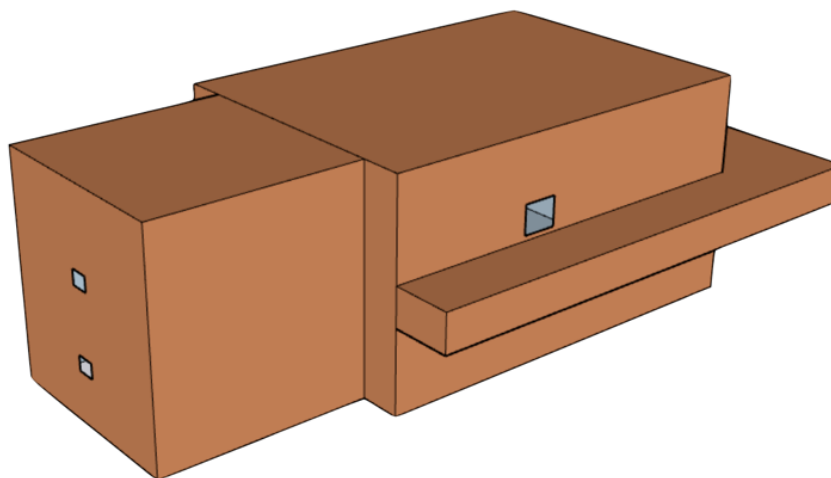
Vytvořený skript pro odhořívání povrchů byl využit na případové studii požáru Chrámu svatého Archanděla Michaela v Kinského zahradě v Praze. Všechny vstupy do programu jsou zjednodušeny, ale uvažovány dle skutečných materiálů a hodnot dle objektu samotného.

6.1 Geometrie

Geometrie byla převzata dle výkresu z roku 1929 [40] a zjednodušena pro užití v programu CFAST, vizte Příloha 2 – a Obr. 6-1. V programu CFAST nelze modelovat šikmé plochy, proto byly plochy střech zjednodušeny. V podloubí chybí v simulaci vnější sloupky a zábradlí, jelikož není technicky možné daný problém v zónovém modelu vymodelovat. Geometrie věží byla opomenuta. Z výsledků požáru je čitelné, že když byla věž požárem zasažena, tak se rychle rozšířil po celém objemu věže. Není tedy pro sledování šíření požáru směrodatné, v jakém okamžiku dojde k zahoření věží a za jakého směru, jelikož se požár rychle rozšíří po objemu věže.

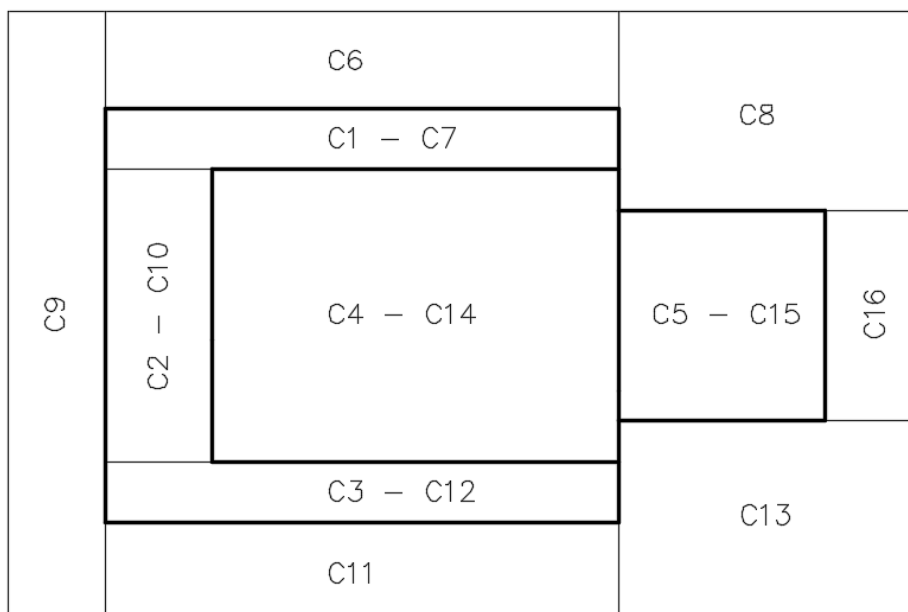
Zasklení oken bylo dle pramenů ve špatném stavu, a proto se uvažují okna ve všech instancích plně otevřených po celou dobu simulace. Vstupní dveře byly z masivního dřeva a otevřeny byly až po příjezdu IZS. Z tohoto důvodu se dveře po celou dobu simulace považují za plně zavřené.

Objekt svou konstrukcí vykazoval mnoho netěsností a nepřesností. Předpokládá se, že tyto netěsnosti hrály ve vývoji požáru jen minoritní roli a v simulaci byly opomenuty.



Obr. 6-1 Vizualizace geometrie simulace

Program CFAST slouží k simulaci požáru ve vnitřních prostorech. Při dané případové studii je nutné vymodelovat i prostory vnější pro osazení jednotkových požárů po vnější straně povrchů objektu. Po všech stranách geometrie simulace byly vymodelovány další místnosti o šířce minimálně dva metry od povrchu kostela. Vnější místnosti byly propojeny mezi sebou a s vnějším prostorem pomocí oken o rozměrech místností. Strop vnějších místností byl ponechán z inertního materiálu a je v dostatečné výšce, aby téměř neovlivňoval výsledky simulace. Pro náčrt rozložení místností vnitřních i vnějších vizte Obr. 6-2.



Obr. 6-2 Náčrt rozložení místností v programu CFAST

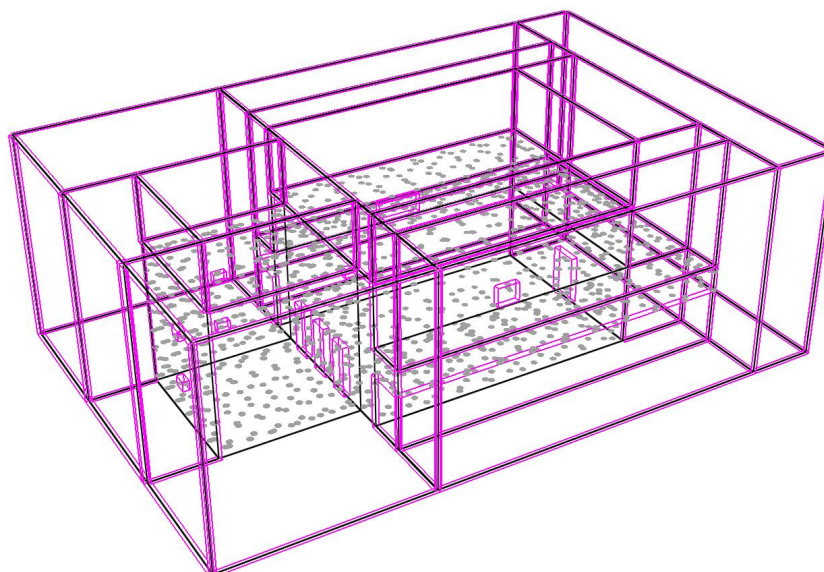
6.2 Vstupy

Počáteční teplota v interiéru i exteriéru byla uvažována 9 °C, relativní vlhkost 72 % a denní tlak přepočtený na hladinu moře 102,297 kPa dle statistických dat Českého hydrometeorologického ústavu. Od iniciace požáru do počátku hašení objektu uplynulo 27 minut. Požár byl zpozorován již po 12 minutách od iniciace. Výpočet probíhal 1620 s.

Jednotkové požáry byly osazeny na všechny vnitřní i vnější povrchy geometrie objektu dle Tab. 6-1. Vzdálenost jednotkových požárů od stěn byla 0,05 m, od stropu 0,1 m a od podlahy 0,05 m. Měřící terče měřily v nulové hloubce. Celkem bylo osazeno 1 332 jednotkových požárů a měřících terčů. Pro výslednou geometrii a osazené jednotkové požáry a měřící terče vizte Obr. 6-3. Tato geometrie je drátový model z vizualizace v programu SmokeView. Jelikož jsou 2D obrázky ze simulace nepřehledné, jejich 2D použitelnost je omezena.

Tab. 6-1 Rozdělení jednotkových požárů

Sledovaná hodnota	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Počet osazených požárů	100	70	102	340	216	30	70	58
Počet vrstev požárů dle os (x-y-z)	3-10-5	7-3-5	3-10-5	8-10-5	6-6-6	1-10-8	3-10-5	7-7-7
Sledovaná hodnota	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
Počet osazených požárů	26	60	30	72	58	48	16	36
Vrstev požárů (osy x-y-z)	10-1-8	10-3-3	1-10-8	3-10-5	7-7-7	6-8-1	4-4-1	6-1-6

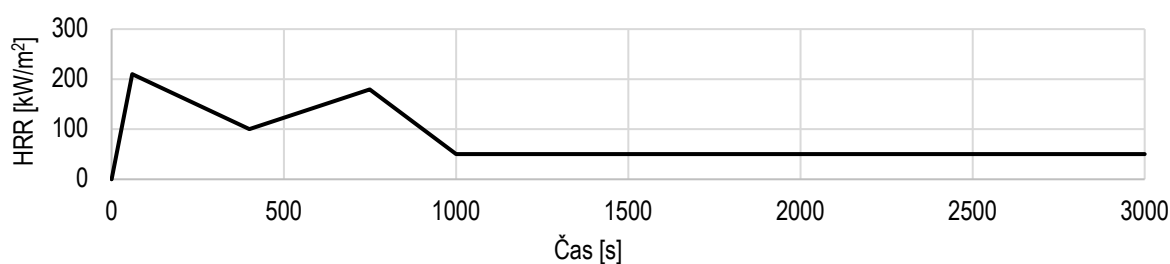


Obr. 6-3 Geometrie simulace s osazenými jednotkovými požáry a měřícími terči

Vlastnosti všech dřevěných povrchů a měřících terčů jsou vyobrazeny v Tab. 6-2 [53]. V Graf 6-1 [54] je vyobrazena HRR křivka odpovídající dubovému masivnímu dřevu užitá pro jednotkové požáry. Palivo jednotkových požárů bylo uvažováno dubové v chemickém složení: C 39,3; H 4,7; O 34,1; N 0,4; Cl 0.

Tab. 6-2 Vlastnosti dubové stavební masivní kulatiny

Vlastnost	Symbol	Hodnota	Jednotka
Hustota	ρ	650	kg/m ³
Tepelná vodivost	λ	0,243	kW/m/K
Emisivita	ϵ	0,885	-
Měrná tepelná kapacita	c	2,386	kJ/kg/K
Spalné teplo	H	14 277	kJ/kg
Bod zápalnosti	θ	300	°C
Tloušťka materiálu	d	0,2	m



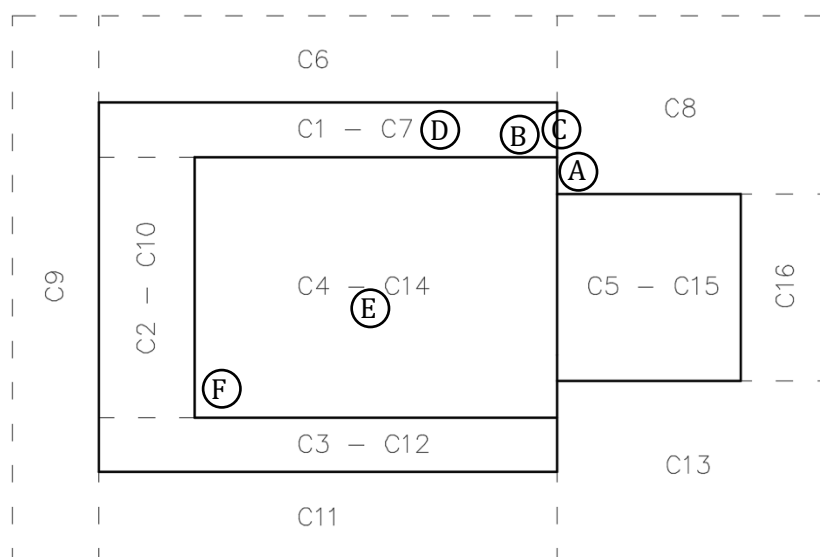
Graf 6-1 HRR dub

Počátek hoření jednotkového požáru byl podmíněn dosažením 200 °C na měřícím terči. V souladu s informacemi v kap. 5 byla zvolena vyšší zlomová teplota než u validace z důvodů hlavních cílů dané simulace, kterým je grafické znázornění zasažených povrchů požárem.

Iničiační zdroj požáru byl umístěn 0,1 m nad povrchem a vždy 0,1 m od souvisejících povrchů. Byl uvažován s konstantní rychlostí uvolňování tepla o velikosti 60 kW po celou dobu výpočtu, pokud není řečeno jinak. Palivo pro iničiační zdroj bylo vybráno stejné jako pro požáry stěn. Palivo pro iničiační zdroj není sensitivní proměnná pro danou simulaci.

6.3 Výstupy

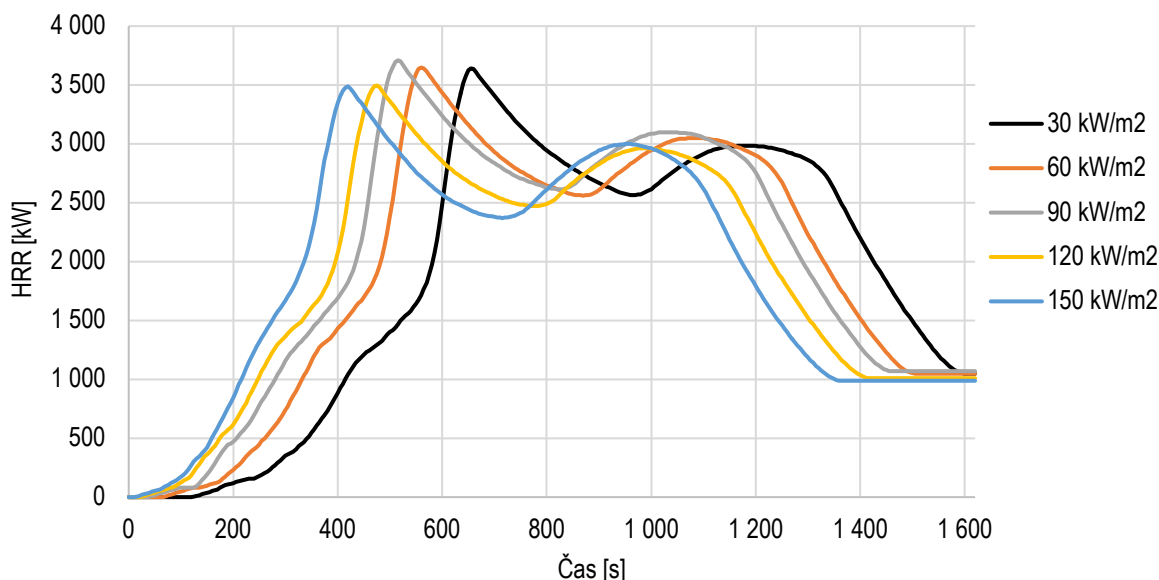
Bylo provedeno pět simulací s různou polohou iniciačního zdroje. Pro orientační polohu iniciačních zdrojů pro jednotlivé simulace vizte Obr. 6-4.



Obr. 6-4 Umístění iniciačních zdrojů

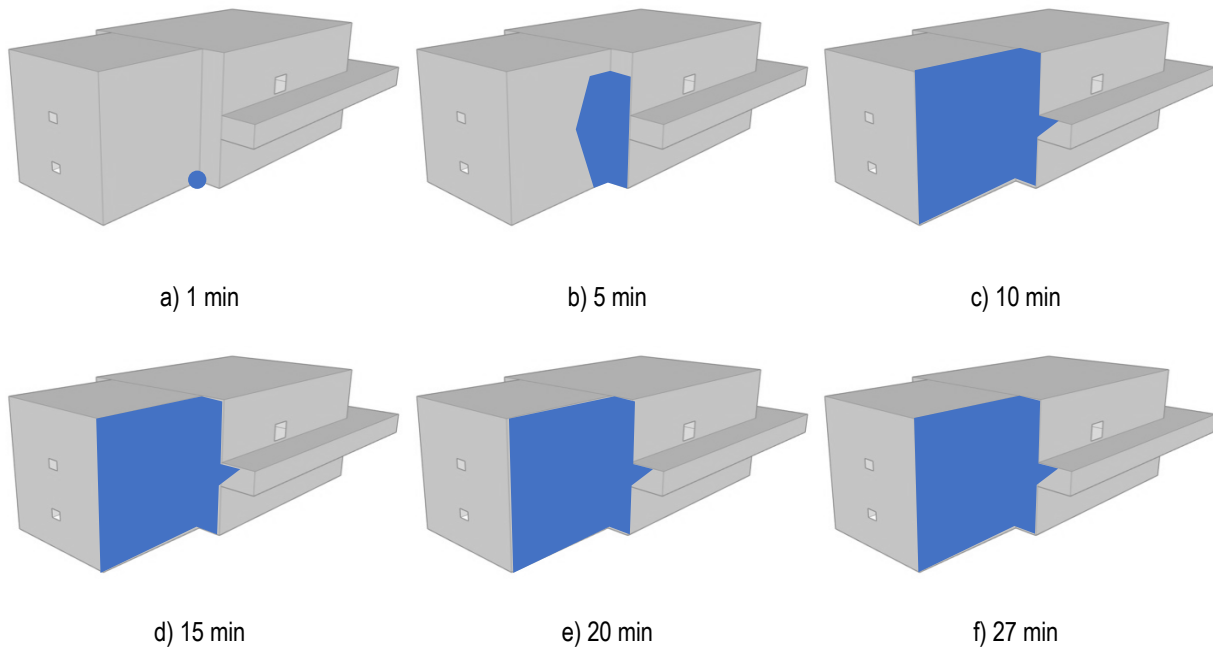
Citlivostní analýza iniciačního zdroje při umístění A

Dle kap. 3 nebyl ověřen iniciační zdroj. Lze předpokládat, že iniciační zdroj byl intenzitou několika v řádech jednotek watt (nedopalek cigarety) až po desítky kilowatt (drobný táborák). Pro ověření předpokladu velikosti iniciačního zdroje 60 kW byla provedena citlivostní analýza při umístění iniciačního zdroje v exteriéru v rohu mezi lodí a kněžištěm.



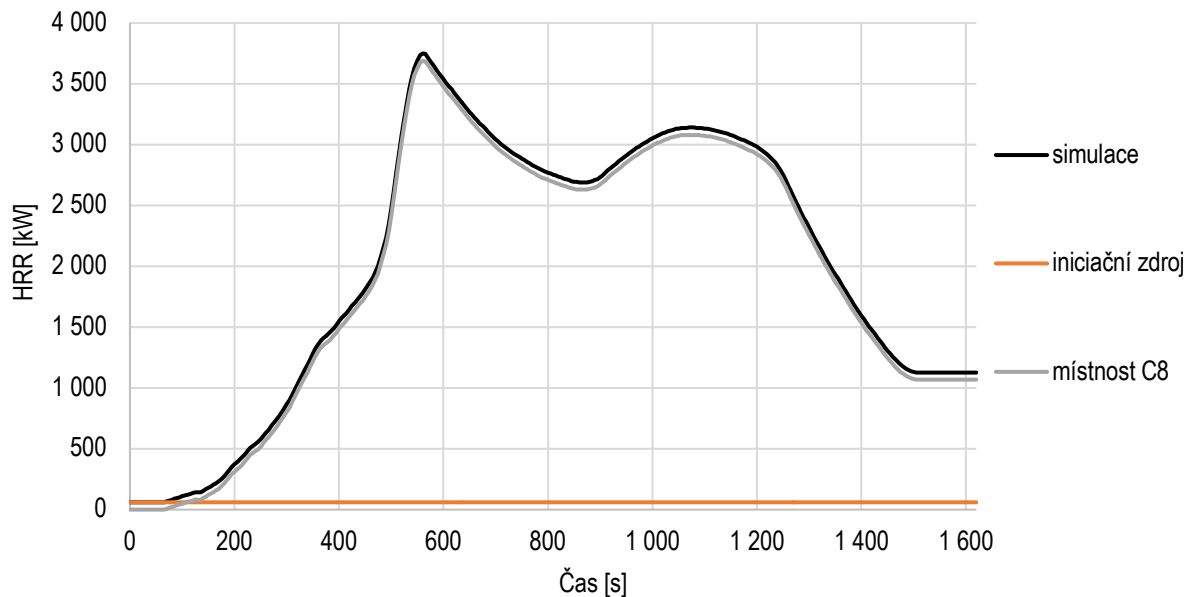
Graf 6-2 Vývoj celkového skutečného HRR při různých velikostech iniciačního zdroje

Na Graf 6-2 lze pozorovat, že velikost iniciačního zdroje neovlivňuje velikost zasažené plochy požárem. Při všech simulacích citlivostní analýzy byla vždy zasažena celá plocha stěny kněžiště a část stěny podloubí v simulované místnosti C8. Požár se v žádné ze simulací nerozšířil do dalších simulovaných místností. Velikost iniciačního zdroje ovlivňuje pouze rychlost šíření plochy zasažené požárem.

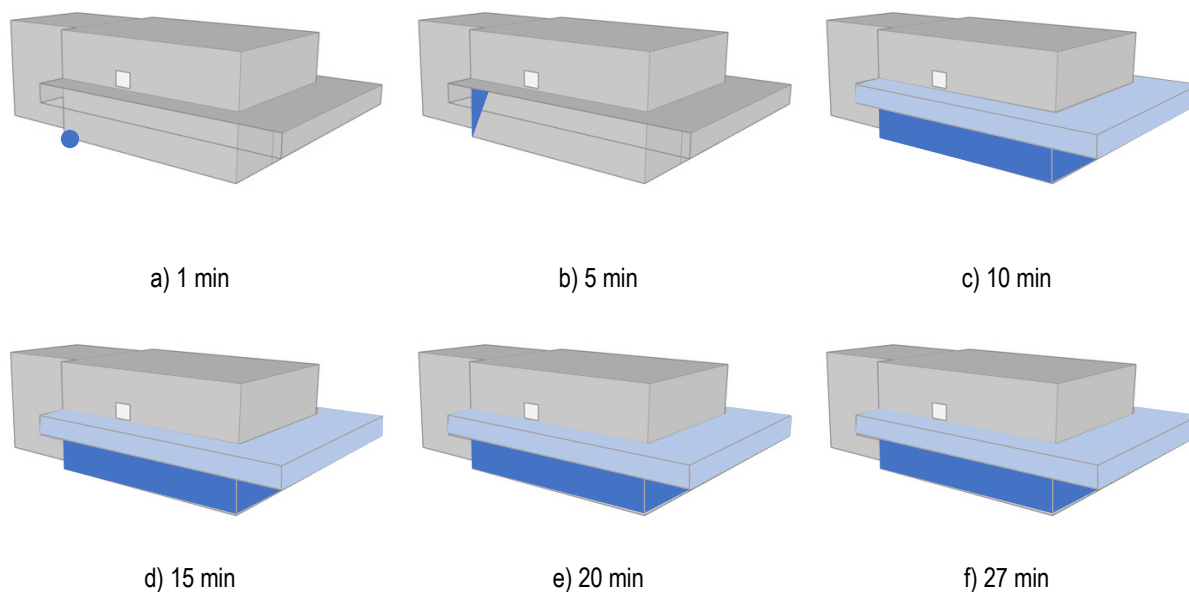
Simulace A – iniciační zdroj umístěn v exteriéru v rohu mezi lodí a kněžištěm

Obr. 6-5 Zasažené plochy požárem při simulaci A

Iniciační zdroj byl umístěn do exteriéru (místnost C8) do rohu mezi lodí a kněžištěm. Toto umístění je v souladu s kap. 3 a kriminalistickým ohniskem dle odborného vyjádření po požáru. Na Obr. 6-5 lze pozorovat postupné šíření zasažené plochy požárem po plochách simulované místnosti C8. Požár dosáhl dle Graf 6-3 svého maxima v 9. minutě simulace a dále se nerozšířil do dalších simulovaných místností. Požár zasáhl celou plochu stěny ke kněžišti a k lodi a část stěny k podloubí.

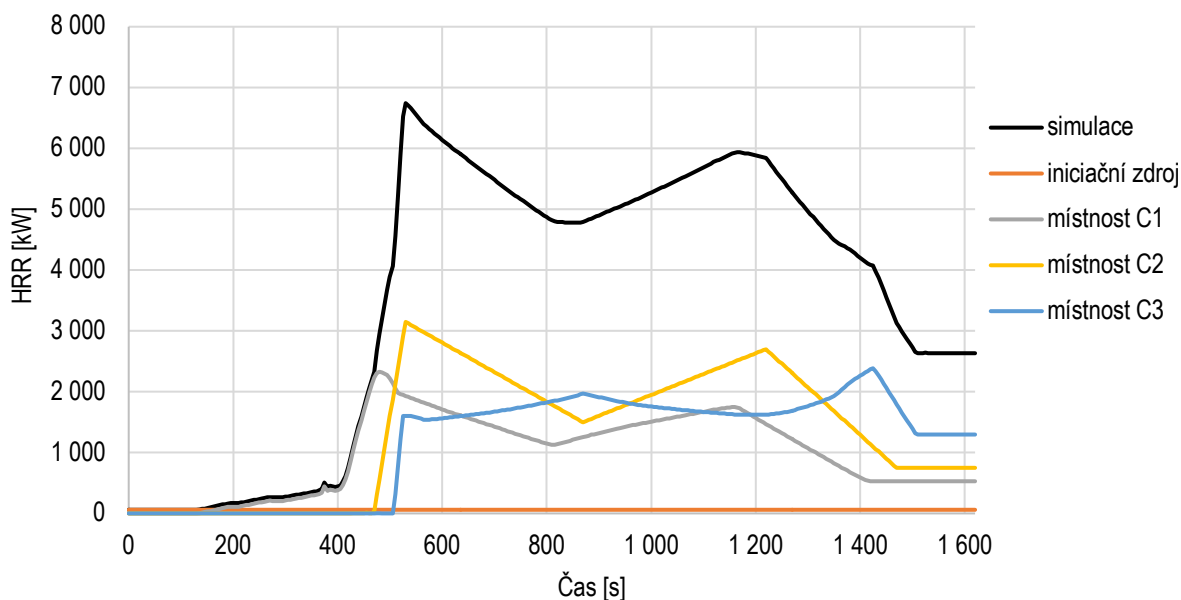


Graf 6-3 Vývoj skutečného HRR při simulaci A

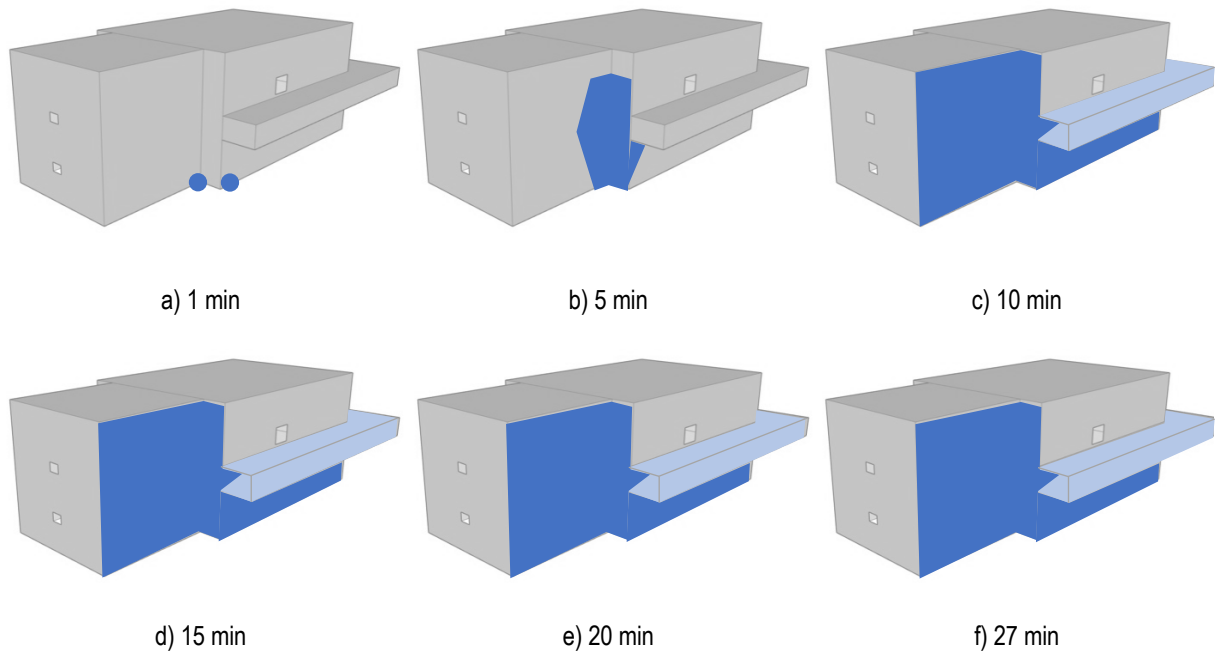
Simulace B – iniciační zdroj umístěn v podloubí

Obr. 6-6 Zasažené plochy požárem při simulaci B

Iniciační zdroj byl umístěn do podloubí (místnost C1) do oblasti v souladu s kap. 3 a kriminalistickým ohniskem dle odborného vyjádření po požáru. Na Obr. 6-6 lze pozorovat postupné šíření zasažené plochy požárem po plochách simulované místnosti C1 až C3. Požár dosáhl dle Graf 6-4 svého maxima v 9. minutě simulace a dále se nerozšířil do dalších simulovaných místností. Požár zasáhl celé podloubí ze všech stran. Lze pozorovat nižší intenzitu a pomalejší nárůst HRR v nejbližší části podloubí (místnost C3).

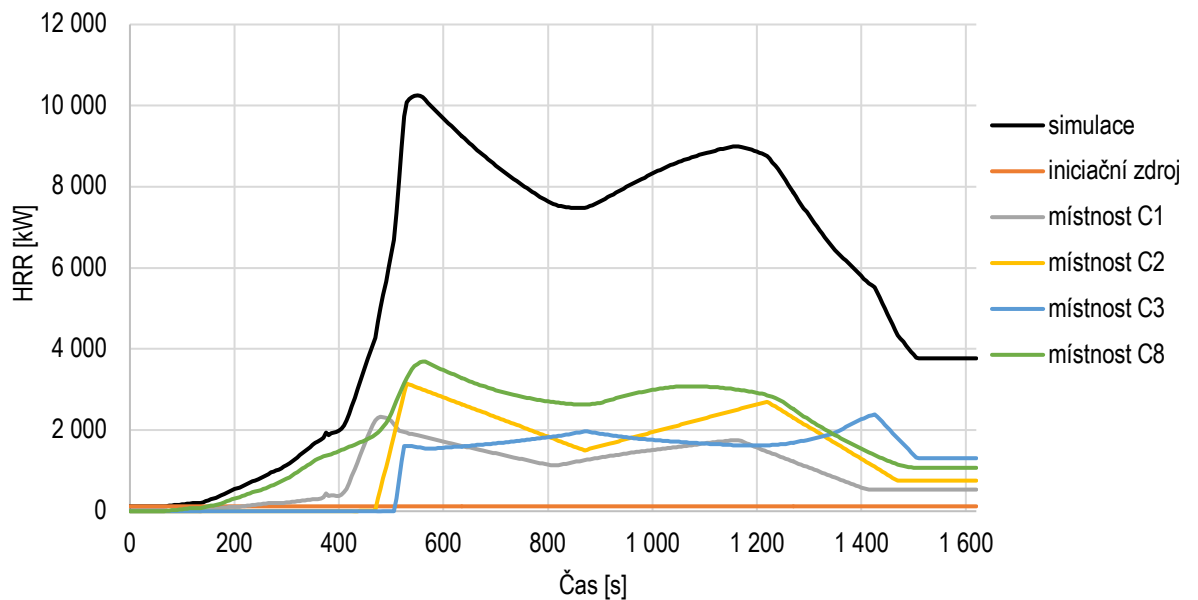


Graf 6-4 Vývoj skutečného HRR při simulaci B

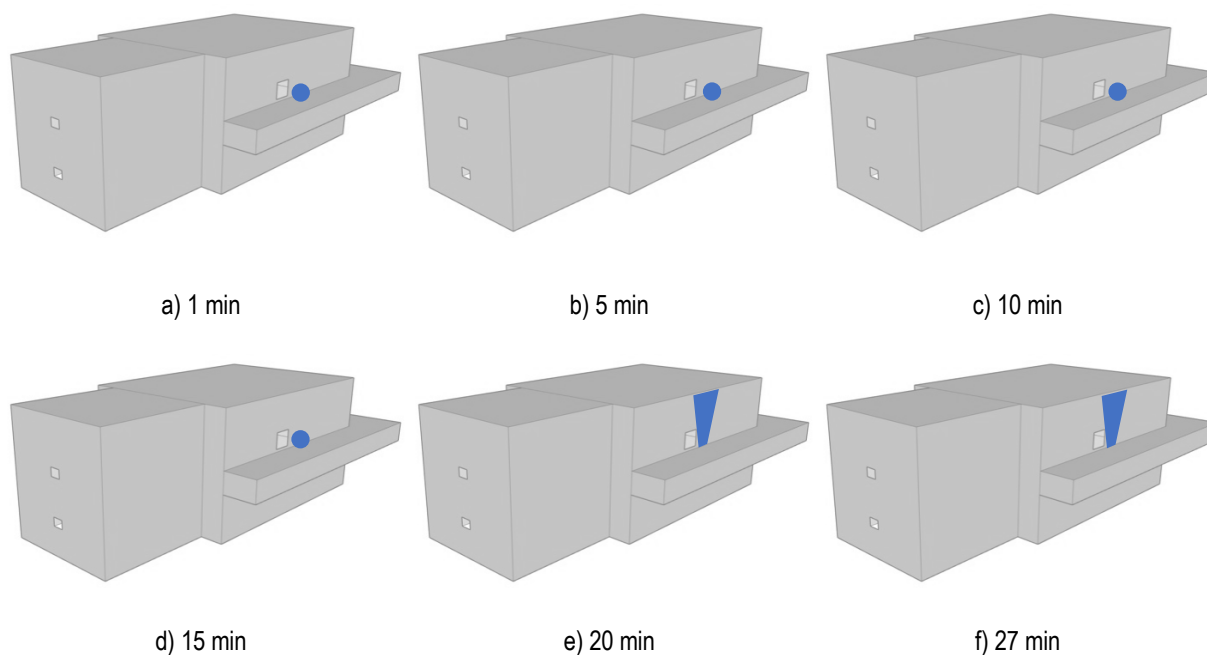
Simulace C - korelace polohy iniciačního zdroje simulací A a B

Obr. 6-7 Zasažené plochy požárem při simulaci C

Simulace A a B jsou limitovány šířením požáru mezi místnostmi. C-Fast je modelem zónovým, jehož matematika má své limity co do přestupu tepla mezi místnostmi. Pro přesnější výsledky proto simulace C spojuje výsledky simulací A a B. V této simulaci je celková velikost iniciačního zdroje 120 kW a je rozdělen do dvou místností (60 a 60 kW) dle simulací A a B. Na Graf 6-5 a Obr. 6-7 lze pozorovat rozšíření požáru po plochách místností C1, C2, C3 a C8.

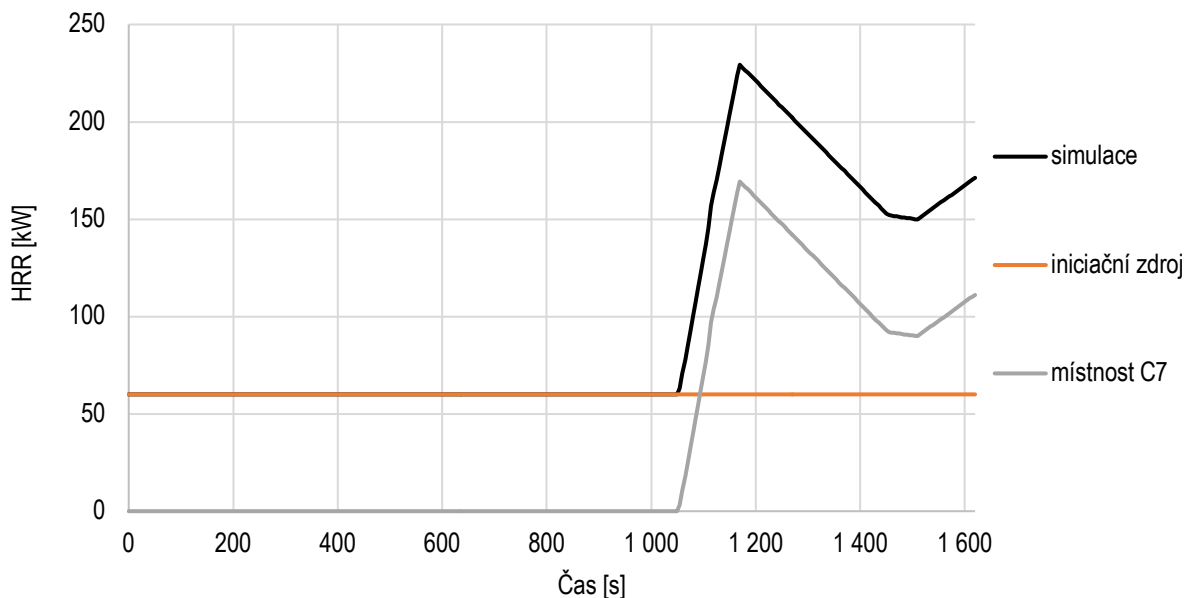


Graf 6-5 Vývoj skutečného HRR při simulaci C

Simulace D – iniciační zdroj umístěn na střeše podloubí

Obr. 6-8 Zasažené plochy požárem při simulaci D

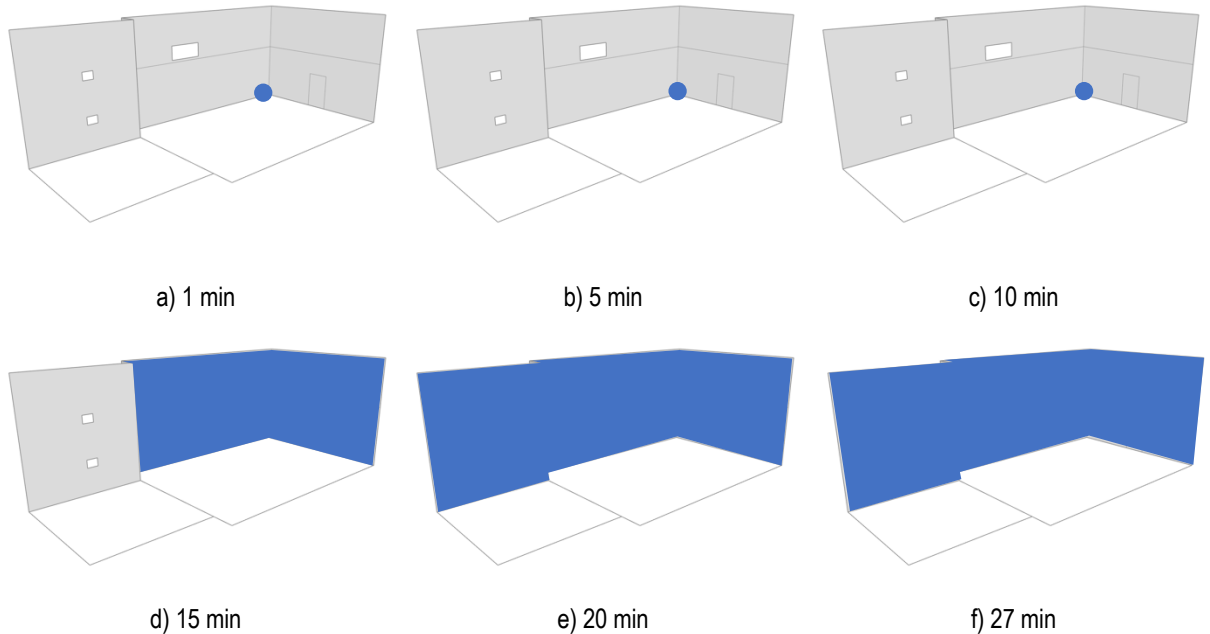
Iniciační zdroj byl umístěn do exteriéru na střechu podloubí (místnost C7) do středu délky srubu lodi. Na Obr. 6-8 lze pozorovat postupné šíření zasažené plochy požárem po plochách simulované místnosti C7. Požár dosáhl dle Graf 6-6 svého maxima v 19. minutě simulace. Zasažena byla plocha umístěná nad iniciačním zdrojem v souladu s fyzikální složkou šíření požáru (fire-plum). Během simulace nedošlo k rozšíření požáru do dalších částí simulovaných místností.



Graf 6-6 Vývoj skutečného HRR při simulaci D

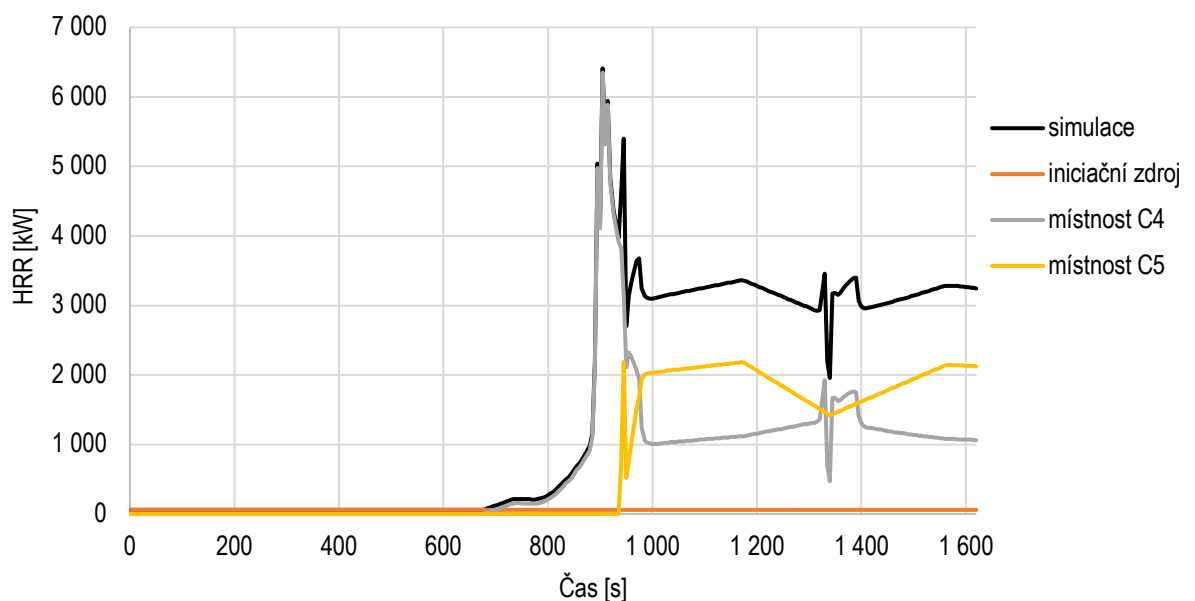
Simulace E – iniciační zdroj umístěn ve středu chrámové lodě

Při umístění iniciačního zdroje do středu chrámové lodě nedošlo k rozvinutí požáru a iniciaci jednotkových požárů.

Simulace F – iniciační zdroj umístěn v jihozápadním rohu chrámové lodě

Obr. 6-9 Zasažené plochy požárem při simulaci F

Iniciační zdroj byl umístěn do interiéru do oblasti vstupní předsíni, kde se nacházela plynová lokální kamna (místnost C4). Na Obr. 6-9 lze pozorovat postupné šíření zasažené plochy požárem po plochách simulované místnosti C4 a rozšíření požáru do místnosti C5. Požár dosáhl dle Graf 6-7 svého maxima v 15. minutě simulace, kdy došlo k vznícení iniciačních požárů i v místnosti C5 a požár přešel do režimu požáru řízeným kyslíkem. Požár zasáhl všechny vnitřní povrchy místností C4 a C5. Požár se nerozšířil do dalších simulovaných místností.



Graf 6-7 Vývoj skutečného HRR při simulaci F

6.4 Vyhodnocení

Dle citlivostní analýzy iniciačního zdroje bylo zjištěno, že velikost iniciačního zdroje je úzce spjata s rychlostí rozšíření požáru po povrchu v simulaci. Lze uvažovat, že při nižších velikostech iniciačního zdroje dojde k rozšíření požáru později a vice versa.

Protože byly zanedbány šikmé plochy, netěsnosti a další prostupy mezi jednotlivými simulovanými místnostmi, tak zasažené plochy naznačují prostory s největší intenzitou hoření povrchů. Ukazují plochy, které by byly nejvíce zasaženy požárem. Ostatní plochy mohou být také požárem zasaženy, ale intenzita degradace bude nižší.

Simulace potvrzují nejpravděpodobnější polohu kriminalistického ohniska v souladu s Příloha 4 – Odborná zpráva po požáru chrámu. Jelikož simulace razantně zjednodušuje komplikovanost objemu a členění budovy, musí být výsledky vyhodnocovány s odstupem a měly by reflektovat výrazné zjednodušení. Nejpřesnější výsledky, které odpovídají šíření požáru a kriminalistickému ohnisku dle kap. 3, vykazuje simulace C. Během této simulace lze pozorovat výrazné rozšíření požáru po severní straně chrámu a nejmenší zasažení požárem projevují plochy na jihovýchodní oblasti chrámu.

Simulace vyvracejí další možné ohniska požáru – na střeše podloubí a v interiéru. Při těchto simulacích nelze pozorovat podobné plochy s největší degradací ve srovnání s fotodokumentací.

Povrchy, které jsou taktéž zasaženy požárem a nebyly požárem zasaženy v simulaci, ukazují na fakt, že došlo k prohoření materiálu a vytvoření nových prostupů a netěsností v objektu. Tento fakt nelze v programu C-FAST zdárně modelovat.

Lze pozorovat, že šíření požáru v simulacích A-C bylo rychlejší než při skutečném požáru. Tento fakt je způsoben zjednodušením problematiky, efektu větru, fyzikálních vlastností dřeva a tepelného přestupu mezi jednotkovými požáry. Přesto lze, především ve fázi iniciaci požáru, sledovat postupné směry šíření požáru po povrchu.

7 Závěr

- První část diplomové práce popsala problematiku zjišťování příčin požáru (ZPP), požáry masivních dřevostaveb a numerické modelování s důrazem na zónové modely požárů v budovách.

ZPP je multidisciplinární obor zahrnující znalosti chemických odborníků, požárních preventistů a kriminalistů. Je důležité pro orgány činné v trestním řízení, pro pojišťovny a pro požární prevenci.

Požáry masivních dřevostaveb jsou nedílnou částí podílového portfolia požárů na území České republiky, i když v dnešní době se lze setkat s požáry dřevěných památkově chráněných a dalších historických staveb. Nově se jedná o drobnou občanskou výstavbu, která je velikostně omezována velmi konzervativními požárními předpisy z minulého století.

Numerické modelování lze rozdělit na dva nejužívanější směry, a to na CFD modely a zónové modely. CFD modely jsou náročnější na výpočetní techniku, informační i časovou rovinu. Modely zónové často zjednodušují problematiku a mají omezující podmínky, avšak neustálý vývoj na poli dvouzónových modelů napomáhá k praktičtějšímu využívání daných modelů. Jelikož ZPP se považuje za správní řízení, musí být uzavřeno do 30 dnů od vyhlášení řízení, případně do 60 dnů v komplikovaných případech, a tedy časově náročné CFD modely nejsou pro praxi v tomto oboru aplikovatelné. Vývoj na poli zónových modelů vytváří perspektivní postupy umožňující využívat i pokročilé možnosti a submodely popisující i komplikovanější dynamiku požáru.

- Další část diplomové práce shrnula historii a popsala chrám sv. Michaela v Kinského zahradě. Objekt pochází z 2. poloviny 17. století z oblasti Zakarpatské Rusi a ve 20. letech 20. století byl přesunut do Prahy. Jedná se o drobný svatostánek o půdorysných rozměrech 8x12 m srubového typu se složitou vertikální geometrií stavby. Chrám v roce 2020 vyhořel a kriminalistické ohnisko bylo doloženo v exteriéru v rohu mezi chrámovou lodí a kněžištěm.
- Byl připraven skript rozšiřující program o doplněk pro odhořívání povrchů. Skript lze aplikovat na jakékoliv povrchy při různých vlastnostech i přesnosti dělení na jednotkové požáry. Jednotkové požáry zastupují plochu hořlavého povrchu a mají vlastnosti dle zadávacích specifikací.

Skript byl validován na experimentu při požáru v rohu místnosti. Skript byl verifikován za pomoci programu C-FAST. Lze jej použít na obecné povrchy s různými požárními vlastnostmi povrchových materiálů. Bylo studováno dělení na jednotkové lokální požáry. Jednotkové požáry zastupují plochu hořlavého povrchu a mají vlastnosti dle materiálových specifikací.

Citlivostní analýza potvrdila, že hraniční teplota jednotkových požárů se liší od teploty zápalné dle materiálových charakteristik. Ukázala, že jemnější dělení na lokální požáry nevykazuje výrazně přesnější výsledky.

Připravený skript umožní využití umělé inteligence při vyšetřování požárů. V řádu jednotek hodin modelování lze objekt vymodelovat a upravit velikost a polohu iniciačního zdroje a následně porovnávat výsledky výpočtů s foto a video dokumentací případného skutečného požáru. Pomocí strojového učení a genetických algoritmů bude možno identifikovat možné zdroje podle vstupních dat. Podporuje rychlost tvorby modelu a maximalizuje úsporu času vyšetřovatele.

- Poslední část diplomové práce se věnovala simulaci příčiny požáru Chrámu sv. Michaela v Kinského zahradě. Byl vytvořen zjednodušený model v programu C-FAST. Byl využit navržený skript rozšiřující program o odhořívání části povrchů.

Pro iniciační zdroj při požáru kostela byla provedena citlivostní analýza, která ověřuje, že velikost zdroje ovlivňuje rychlost šíření plochy zasažené požárem a nemění celkovou plochu, která je během simulace zasažena. Bylo provedeno šest simulací polohy iniciačního zdroje v modelu kostela. Výsledná simulace potvrdila ohnisko požáru určené kriminalisty a rozvoj požáru dokumentovaný vyšetřovateli Hasičského záchranného sboru.

8 Další práce v problematice

Zónové modely mohou výrazně podpořit vyšetřování vzniku požáru. Připravený skript umožní pro zvolený program využití umělé inteligence při vyšetřování požárů.

- Pomocí strojového učení a genetických algoritmů pro optimalizaci řešení lze podle vstupních dat identifikovat možné zdroje a plně automatizovat skript.
- Modely lze validovat na experimentech v rohu místnosti a vyšetřených požárech při známých charakteristikách.
- Podle popisu požárně technických charakteristik materiálů je možno prohloubit a ověřit simulaci iniciačních zdrojů.
- V řádu jednotek hodin modelování bude možno objekt popsat a vyšetřit velikost a polohu iniciačního zdroje. Výsledky se validují na foto a video dokumentaci. Modely ověří předpoklady vyšetřování, které jsou dosud založené na intuici a zkušenosti vyšetřovatelů.

Příloha 1 – Zadávací arch skriptu

Příloha 2 – Geometrie chrámu původní a zjednodušená

Příloha 3 – Fotodokumentace chrámu

Příloha 4 – Odborná zpráva po požáru chrámu

Příloha 5 – Skript pro odhořívání povrchů v programu CFAST

Literatura

- [1] MELKOVÁ, Leona. *Správní delikty na úseku požární ochrany*. Brno, 2006. Rigorózní práce. Právnická fakulta Masarykovy univerzity.
- [2] ZÁKON Č. 500/2004 SB. *Správní řád*. 2004
- [3] PEKAR, Vasil Silvestr. *Zjišťování příčin požárů v rámci státního požárního dozoru*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2011. ISBN 978-80-7385-107-1.
- [4] ZÁKON Č. 133/1985 SB. *Zákon o požární ochraně*. 1985
- [5] ZÁKON Č. 320/2015 SB. *Zákon o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů*. 2015
- [6] VYHLÁŠKA Č. 246/2001 SB. *Vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)*. 2001
- [7] SIAŘ 46/2013. *Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky 46/2013*. 2013
- [8] KAVKA, Martin. *Zvláštnosti šetření příčiny vzniku velkých požárů a havárií* [online]. Brno, 2009. VUT. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/12257>
- [9] HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR, hlavního města Prahy. *Statistická ročenka*. B.m.: HZS ČR. 2021 2010
- [10] BANASINSKÝ, Vladislav a Petr ŠEVEČEK. *Zjišťování příčin požáru*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, 1995. ISBN 978-80-7078-270-5.
- [11] PŘICHYSTAL, Lukáš. *Nové metody používané při zjišťování příčin vzniku požáru*. Brno, 2011. VUT.
- [12] HARTMANN, David. Požární bezpečnost staveb 2017? Jak krotit oheň v 21. století. *Časopis 112*. 2017, XVI(11/2017).
- [13] NITRA, Josef. *Požáry: Soupis největších požárů v českých zemích do roku 1918*. Praha: Stanislav Juhaňák - Triton, 2021. ISBN 978-80-7553-892-5.
- [14] VYHLÁŠKA Č. 23/2008 SB. *Vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb*. říjen 2008
- [15] ČSN 73 0802. *Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty*. Praha: ČAS, nedatováno.
- [16] ČSN 73 0810. *Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení*. Praha: ČAS, nedatováno.
- [17] POKORNÝ, Marek. Hlediska požární bezpečnosti dřevostaveb v České republice, 1. díl. *tzbinfo* [online]. 2013. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/10599-hlediska-pozarni-bezpecnosti-drevostaveb-v-ceske-republice-1-dil>
- [18] KUKLÍK, Petr a ČESKÁ KOMORA AUTORIZOVANÝCH INŽENÝRŮ A TECHNIKŮ ČINNÝCH VE VÝSTAVBĚ. *Dřevěné konstrukce*. Praha: informační centrum ČKAIT, 2005. ISBN 978-80-86769-72-1.
- [19] HORÁČEK, Petr, MENDELOVA ZEMĚDĚLSKÁ A LESNICKÁ UNIVERZITA, a LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-169-2.
- [20] KUPILÍK, Václav. *Stavební konstrukce z požárního hlediska*. Praha: Grada, 2006. ISBN 978-80-247-1329-8.
- [21] HAZULA, Jan. *Vliv změny paliva na účinnost kotle*. Brno, 2017. bakalářská práce. VUT v

Brně.

- [22] HORÁK, Jiří, Kamil KRPEC, Lubomír MARTINÍK, Lenka MICHNOVÁ, František HOPAN a Petr KUBESA. Jak si doma stanovit vlhkost a výhřevnost dřeva? *tzb-info* [online]. 2012. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/9300-jak-si-doma-stanovit-vlhkost-a-vyhrevnost-dreva>
- [23] ČSN 73 0824. *Požární bezpečnost staveb – Výhřevnost hořlavých látek*. Praha: ČAS, nedatováno.
- [24] ČSN EN ISO 13943. *Požární bezpečnost – Slovník*. Praha: ČAS, nedatováno.
- [25] FABIÁN, Michal. *Samovznícení dřevěných konstrukcí ve vztahu k požární bezpečnosti komínů*. Praha, 2020. ČVUT v Praze, Fakulta stavební.
- [26] KUKLÍK, Petr, ČVUT V PRAZE, a STAVEBNÍ FAKULTA. *Dřevěné konstrukce*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 978-80-01-03310-4.
- [27] BUCHANAN, Andrew Hamilton a Anthony ABU. *Structural design for fire safety*. Second edition. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Inc, 2017. ISBN 978-0-470-97289-2.
- [28] SINHA, S., A. JHALANI, M. R. RAVI a A. RAY. *Modelling of Pyrolysis in Wood: A Review*. B.m.: Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology. 2004
- [29] KUČERA, Petr. *Aplikace inženýrských metod v požární ochraně*. 2020. ISBN 978-80-7385-246-7.
- [30] ZAVILA, Ondrej, Petr KUCERA a Pavel ŠENOVSKÝ. *Matematické modelování v prostředí bezpečnostního inženýrství*. 2015. ISBN 978-80-7385-165-1.
- [31] WALD, František, Marek POKORNÝ, Kamila HOROVÁ, Petr HEJTMÁNEK, Hana NAJMANOVÁ, Martin BENÝŠEK, Marta KUREJKOVÁ, Ivo SCHWARZ, ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, a STAVEBNÍ FAKULTA. *Modelování dynamiky požáru v budovách*. 2017. ISBN 978-80-01-05633-2.
- [32] KUČERA, Petr a Zdenka PEZDOVÁ. *Základy matematického modelování požáru*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. ISBN 978-80-7385-095-1.
- [33] KARLSSON, Björn a James G. QUINTIERE. *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. Environmental and energy engineering series. ISBN 978-0-8493-1300-4.
- [34] SVOBODOVÁ, Nicole. *Analýza zónových modelů požáru a jejich aplikace při posuzování požární odolnosti konstrukcí*. Praha, 2021. diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební.
- [35] PEACOCK, Richard D., Paul A. RENEKE a Glenn P. FORNEY. *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 7) Volume 2: User's Guide* [online]. NIST TN 1889v2. B.m.: National Institute of Standards and Technology. 2021 [vid. 2022-05-29]. Dostupné z: doi:10.6028/NIST.TN.1889v2
- [36] WADE, Colleen, Greg BAKER, Kevin FRANK, Roger HARRISON a Michael SPEARPOINT. *B-RISK user guide and technical manual*. New Zealand: BRANZ. 2016.
- [37] DEIBJERG, Thomas, Bjarne Paulsen HUSTED, Henrik BYGBJERG a David WESTERMAN. *Argos User's Guide*. Copenhagen: Danish Institute of Fire and Security Technology. 2003.
- [38] LIŠKOVÁ, N., Kamila CÁBOVÁ a František WALD. *OZone V3 - Uživatelský manuál*. (přel.). Praha: Fakulta stavební ČVUT, 2018.
- [39] MEVALDOVÁ, Helena a Monika TAUBEROVÁ. *Drahomíra Stránská: Osobnost evropské etnografie*. Praha: Národní muzeum, 2011. ISBN 978-80-7036-326-3.

- [40] *Chrám sv. Archanděla Michaela v Kinského zahradě*. B.m.: Archiv Národního muzea, Registr Národního muzea, karton 107, VII Národopis
- [41] DVOŘÁKOVÁ, Dita a Michal HEJZLAR. *Stavebně historický průzkum - Kostel Svatého Archanděla Michaela - Kinského zahada Praha 5 SMíchov*. B.m.: Murus – monumenta renovamus. 2014
- [42] KAVKA, Martin. *Odborné vyjádření k požáru ev. č. 1120011235*. B.m.: Hasičský záchranný sbor Hlavního města Prahy. 13. listopad 2020
- [43] WADE, C.A. *B-RISK 2013 Software Benchmarking Examples*. Judgeford, New Zealand: BRANZ Ltd, 2013.
- [44] PEEL, H., M. SPEARPOINT a C. WADE. Comparison of partially lined timber room experiments with the modified B- RISK flame spread capability. In: *14th International Conference and Exhibition on Fire Science and Engineering - Interflam*. Windsor, UK: Royal Holloway College, 2016.
- [45] WADE, Colleen, Danny HOPKIN, Michael SPEARPOINT a Charles FLEISCHAMNN. Calibration of a coupled post-flashover fire and pyrolysis model for determining char depth in mass timber enclosures. In: *SiF 2020– The 11th International Conference on Structures in Fire*. 2020.
- [46] TÁBORSKÁ, Michaela. *Materiály na bázi dřeva k požární ochraně ocelových konstrukcí*. Praha, 2021. diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební.
- [47] PEACOCK, Richard D., Paul A. RENEKE a Glenn P. FORNEY. *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 7) Volume 3: Software Development and Model Evaluation Guide* [online]. NIST TN 1889v3. B.m.: National Institute of Standards and Technology. 2021 [vid. 2022-05-30]. Dostupné z: doi:10.6028/NIST.TN.1889v3
- [48] HEJTMÁNEK, Petr a Marek POKORNÝ. *Protokol Č. N2/2018 Velkorozměrová požární zkouška Room Corner Test*. B.m.: ČVUT v Praze. 6 2018
- [49] ISO 9705. *Fire tests – Full scale room test for surface products*. Geneva: International Organization for Standardization, 1993.
- [50] ČSN EN 14390. *Požární zkouška – Velkorozměrová požární zkouška výrobků pro povrchové úpravy*. Praha: ČNI, 2007.
- [51] JIŘÍČEK, Zdeněk. *Analýza odstupových vzdáleností od pergol a přístřešků*. Praha, 2018. diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební.
- [52] TÚPO, VŠB, ČVUT, VUT a MVČR. *Materiálová databáze* [online]. 2019 2017. Dostupné z: <https://ptch.fce.vutbr.cz/>
- [53] GRODA, Bořivoj. *TERMOMECHANIKA A HYDROMECHANIKA termodynamické tabulky*. B.m.: Vysoká škola zemědělská v Brně. 1991
- [54] INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF SPRUCE AND OAK WOOD HEAT TREATMENT UPON HEAT RELEASE RATE AND PROPENSITY FOR FIRE PROPAGATION IN THE FLASHOVER PHASE. *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen* [online]. 2016, (58(1)) [vid. 2022-05-22]. ISSN 1336-3824. Dostupné z: doi:10.17423/afx.2016.58.1.01

Skript pro odhořívání povrchů v programu CFAST

CFAST Tabs: Compartments

Základní informace					
označení místnosti				C1	
šířka místnost (x)				1,25	m
délka místnosti (y)				10,55	m
výška místnosti (z)				2,5	m
			x =	0	m
osazovat požáry od vzdálenosti			y =	0	m
			z =	0	m
vzdálenost jednotkového požáru od stěn				0,05	m
vzdálenost jednotkového požáru od stropu				0,1	m
vzdálenost jednotkového požáru od podlahy				0,01	m
počet vrstev jednotkových požárů v délce místnost (x)				3	
počet vrstev jednotkových požárů v šířce místnost (y)				10	
počet vrstev jednotkových požárů ve výšce místnost (z)				5	
osazení požárů na stěny	A	ano	D	ano	
	B	ano	E	ne	
	C	ano	F	ne	

Kontrola	
Přesahuje dělení na jednotkové požáry schopnosti skriptu?	ok
Jaký je celkový počet osazených jednotkových požárů?	70

CFAST Tabs: Fires, Targets

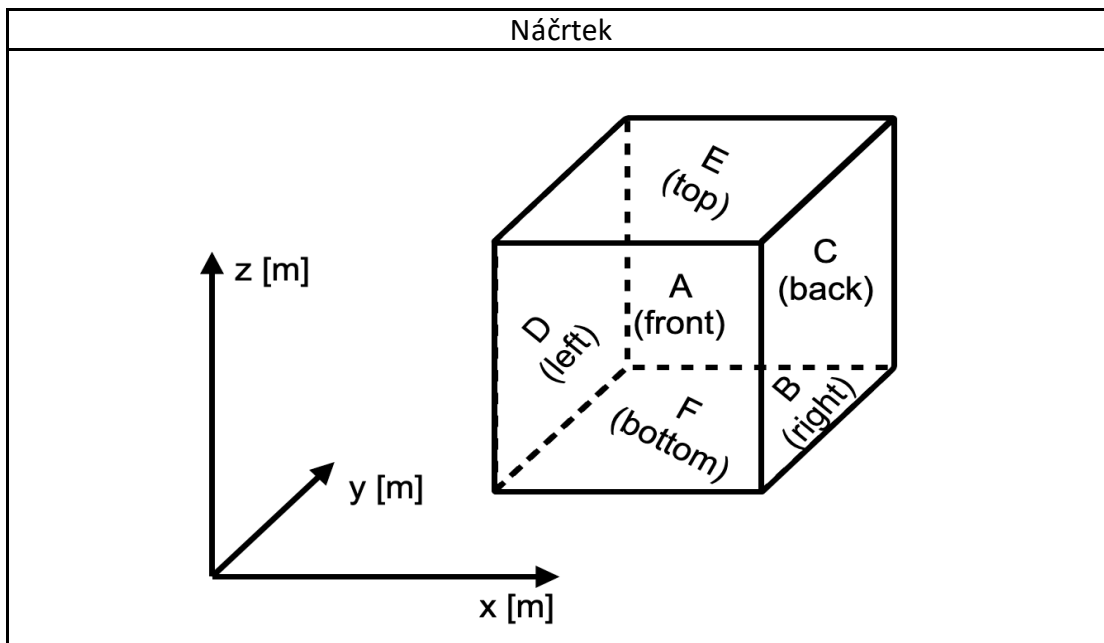
Vlastnosti hoření		
uhlík	39,3	
chlór	0	
vodík	4,7	
dusík	0,4	
kyslík	34,1	
spalné teplo	14277	kJ/kg
radiační frakce	0,35	
půdorysná plocha	0,1	m ²
vypouštění CO	0	
vypouštění sazí	0	
vypouštění HCN	0	
vypouštění HCL	0	
vypouštění stopy	0	
zlomová teplota	250	°C

HRR křivka	
čas [s]	HRR [kW/m ²]
0	0
60	210
400	100
750	180
1000	50
1010	50

Vlastnosti Měřících terčů		
ID materiálu	M1	
typ	PLATE	
orientace	FLOOR	
tloušťka	0,015	m
hloubka měření	0	m

CFAST Tabs: Wall Vents, Ceiling/Floor Vents

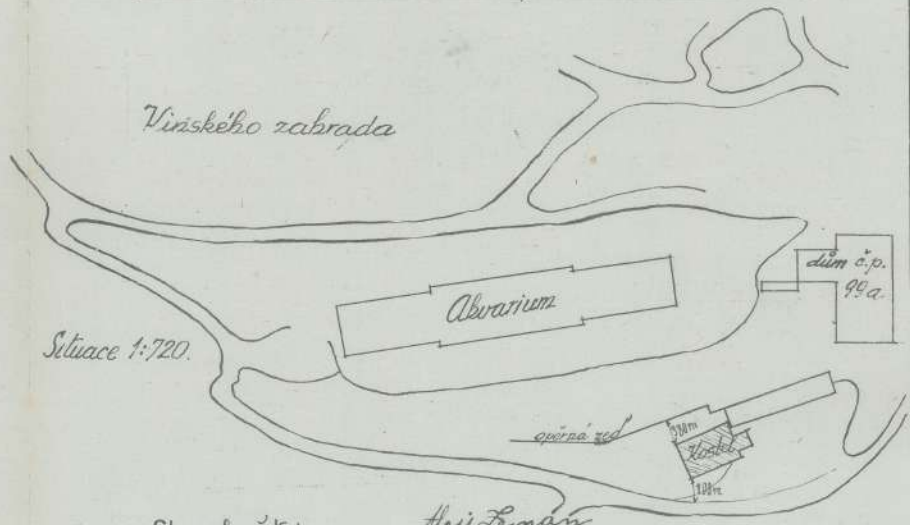
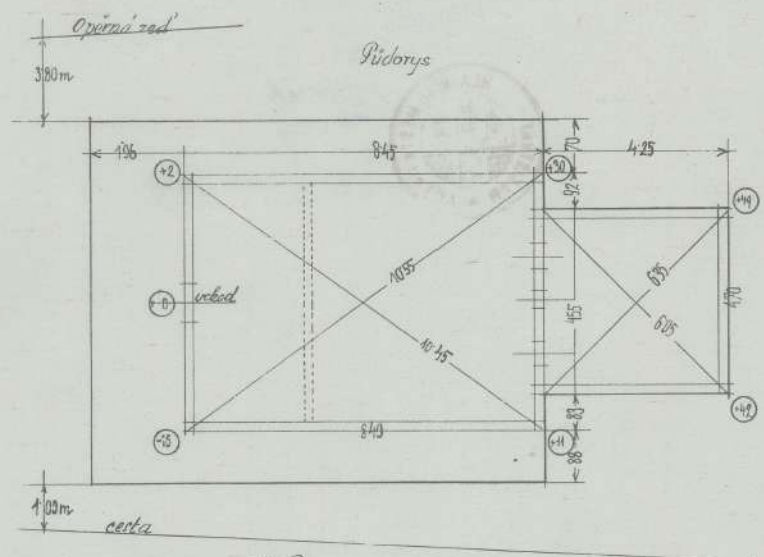
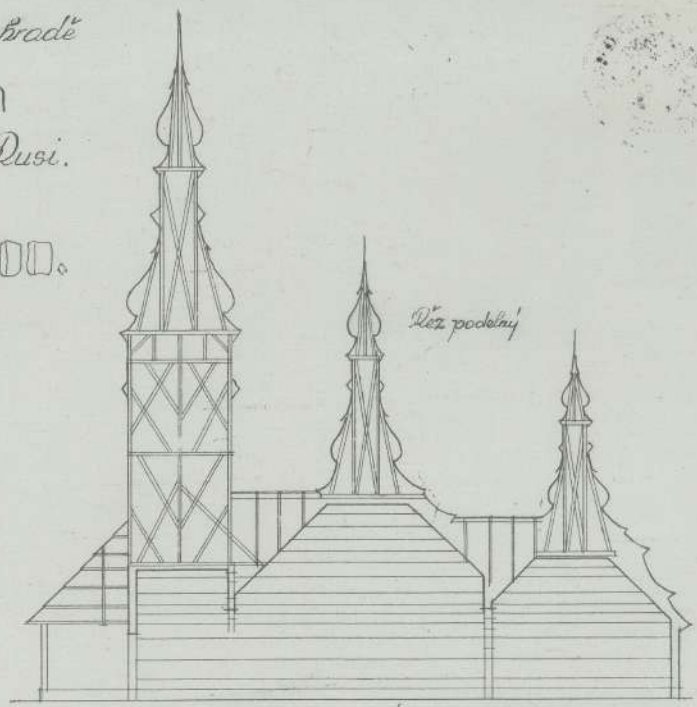
Otvory v konstrukcích							
stěna	otvor	x [m]		y [m]		z [m]	
		od	do	od	do	od	do
A (front)	ano	0	1,25	-	-	0	1,71
	ne	0	0	-	-	0	0
B (right)	ano	-	-	0	2,2	0	2,5
	ne	-	-	0	0	0	0
C (back)	ano	0	1,25	-	-	0	1,71
	ne	0	0	-	-	0	0
D (left)	ano	-	-	0	10,55	0	1,71
	ne	-	-	0	0	0	0
E (top)	ne	0	0	0	0	-	-
	ne	0	0	0	0	-	-
F (bottom)	ne	0	0	0	0	-	-
	ne	0	0	0	0	-	-





Plán řecko-katolického kostelíka v kinského zabradě
pro Národní museum
převézený z Medvedovci v Podkarpatské Dusi.

Měř 1:100.



Techn. správa
Národního musea
Ing. Ant. Morávek

V Praze v červenci 1929.

Stavebník:
Za správní výbor Národního musea:



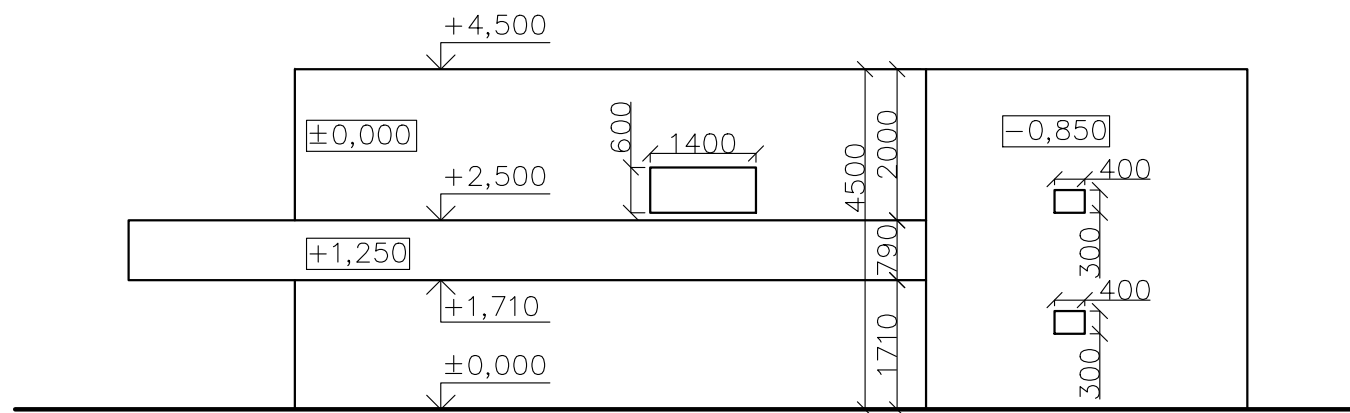
Karel Domin

Alois Zeman

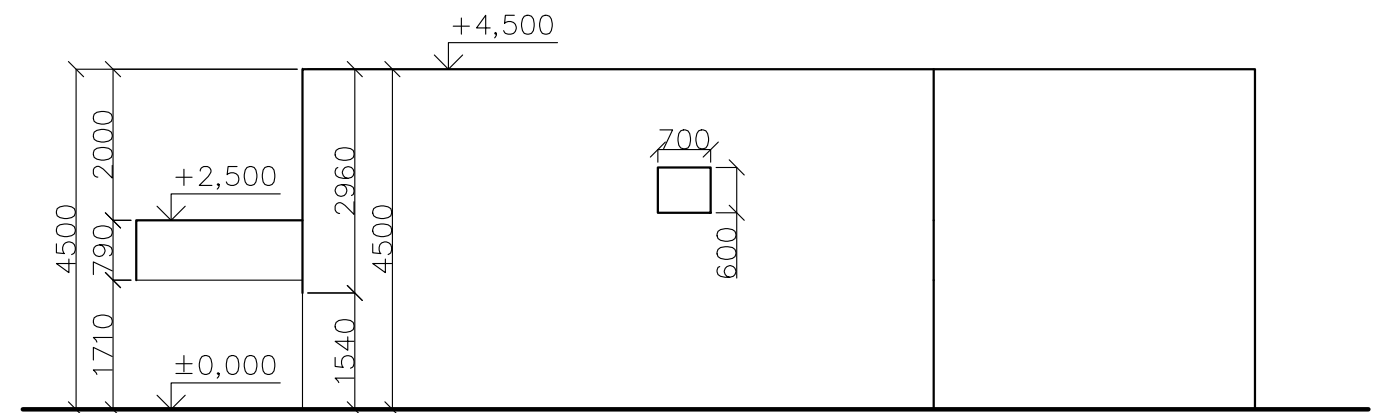
ALOIS ZEMAN,
strojář závod tesařský
Praha-Spořilov.

F.

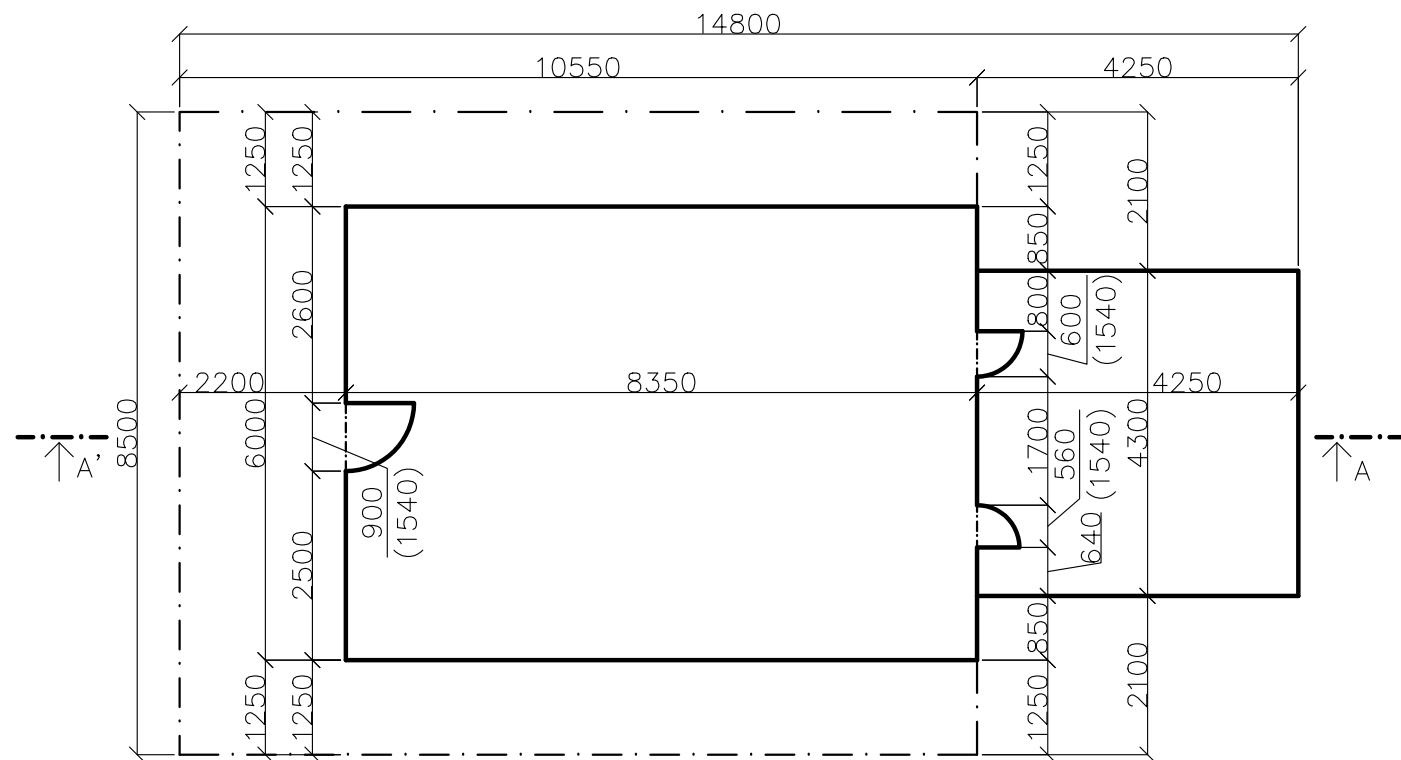
POHLED JIŽNÍ



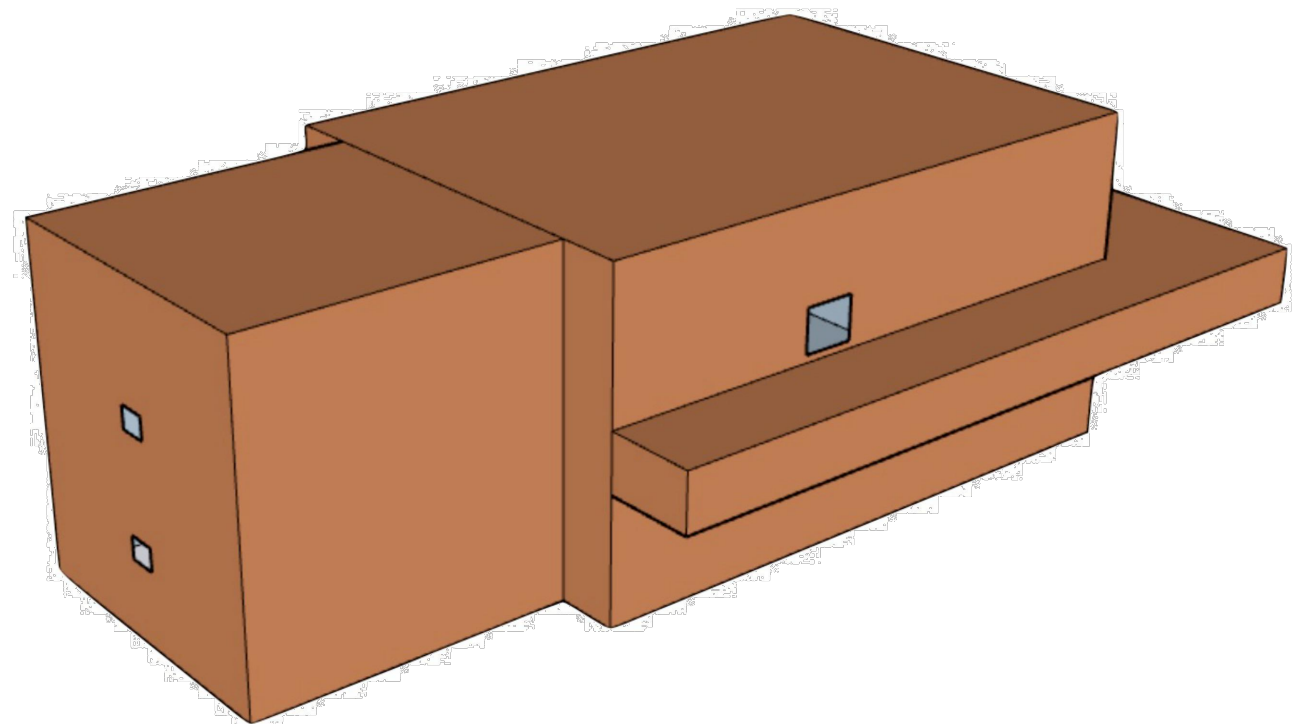
ŘEZ A-A'



PŮDORYS



3D VIZUALIZACE



FAKULTA	Stavební	VYPRACOVAL	Bc. Karel Treu				
STUDIJNÍ PROGRAM	Integrální bezpečnost staveb	VEDOUČÍ	Prof. F. Wald Csc.				
PŘEDMĚT	134DIP – Diplomová práce						
ČÍSLO PŘÍLOHY	1						
OBSAH	Náčrt Chrámu sv. Michaela						
FORMÁT	A3	MĚŘÍTKO	1:100	VYPRACOVÁNO	12/2022	POŘADOVÉ ČÍSLO	01

Příloha 3 – Fotodokumentace chrámu



Chrám před požárem, 2015

Autor: Jerzy Strzelecki – Vlastní dílo, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=69243283>

Chrám před požárem

Zdroj: Prague City Tourism – Vlastní dílo, https://cdn-vsh.prague.eu/object/1718/jpgtif-dsc0074-m.jpg?_ga=2.255514447.651790360.1670586999-1555089445.1670586999



Chrám po požáru, 2021

Zdroj: SUDOP



Chrám po požáru, 2021

Zdroj: SUDOP



Chrám po požáru, 2021

Zdroj: SUDOP



Chrám po požáru, 2021

Zdroj: SUDOP



Chrám po požáru, 2021

Zdroj: SUDOP



Interiér předsíně a chrámové lodi po požáru, 2021

Zdroj: SUDOP



Oblast kriminalistického ohniska, 2020

Zdroj: HZS ČR



Oblast kriminalistického ohniska, 2020

Zdroj: HZS ČR



HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY

Sokolská 62, 121 24 Praha 2



V Praze dne 13.11.2020
Počet listů: 8
Přílohy: 0

ODBORNÉ VYJÁDŘENÍ k požáru ev. číslo 1120011235

1. Místo a čas vzniku požáru

Adresa události: Hlavní město Praha, Praha 5, Zahrada Kinských, ul. Kinského zahrady bez č.
Místní část: Smíchov
Majitel: [REDACTED]
Uživatel: [REDACTED]

Orgán ODZP HZS hl. m. Prahy: [REDACTED] na místě dne 28.10.2020 v 15:19 hodin

Ohlášeno operačnímu středisku HZS hl. m. Prahy: dne 28.10.2020 v 14:52 hodin

Ohlásil: [REDACTED]

Datумы a časy :

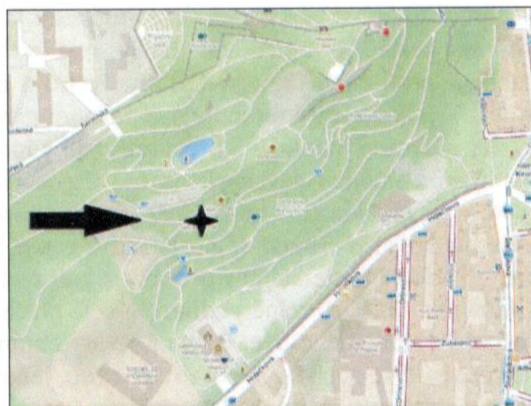
Vzniku: (±5min)	28.10.2020	14:40	Datum a čas poč. hašení:	28.10.2020	15:07
Zpozorování:	28.10.2020	14:52	Datum a čas lokalizace:	28.10.2020	15:44
Ohl.pož.jednotce:	28.10.2020	14:52	Datum a čas likvidace:	28.10.2020	18:54

Čas vzniku požáru udává teoretickou dobu iniciace požáru, tzn. bod na reálné časové ose, při kterém se hořlavá látka prostřednictvím iniciátoru (tepelného zdroje) zahřála na svou teplotu vznícení a došlo tím k iniciaci hoření této látky. Je zřejmé, že dosažení tohoto stavu podmiňuje řada stavů a okolních podmínek, které nelze vždy jednoznačně určit. Z toho důvodu je ve většině případů čas vzniku udáván jako časový interval. V tomto případě odpovídá údaj, teoreticky stanovený zpracovatelem, reálné době propagace požáru, při zohlednění množství a druhu hořlavých látek a jejich stavu po likvidaci požáru (stupni degradace), v závislosti na odhadu podmínek pro iniciaci požáru. Doba vzniku požáru a tolerance byla stanovena s ohledem na informace a videozáznamy získané od oznamovatelů požáru.

2. Popis objektu a příčina vzniku požáru

a) Popis objektu

Jednalo se o požár celodřevěného řeckokatolického kostelíka sv. Michaela Archanděla v Kinského zahradě na Smíchově, který pocházel z území Podkarpatské Rusi a byl vystavěn



pravděpodobně na přelomu 17. a 18. století, o přesném datu jeho vzniku chybí doklady a údaje v pramenech i literatuře se rozcházejí – vročení kolísá v rozmezí druhé poloviny 17. až druhé poloviny 18. století. Stavebně přísluší k tzv. bojkovskému typu, pro který jsou typické členění na tři základní srubové součásti a odstupňovaná střecha zakončená věžičkami s báními. Do České republiky byl přivezen v roce 1929. Umístěn je v Kinského zahradě na parcele č. 3132 (popisné číslo není přiděleno). Orientovaný kostel stojí na jižním svahu Petřína, na ploché zatravněné terase v horní části Kinského zahrady. Terasu na severní straně uzavírá kamenná opěrná zeď. Přístupová cesta končí před západním vstupem. Evidenční číslo památky je 40347/1–1389 (součást areálu Letohrádek Kinských), souřadnice GPS dle mapy.cz 50.0784508N, 14.3984081E.

Počátkem roku 2008 získala kostelík do užívání Pravoslavná církev v českých zemích a na Slovensku, slavnostní znovuvysvěcení chrámu se konalo 18. října v témže roce. V letech 2008–2010 se kostel opravoval podle restaurátorského záměru akademické malířky Vaicy Hejdové. Práce, zadané Magistrátem hlavního města Prahy, zahrnovaly rozsáhlou opravu vnějšího ochozu, včetně výměny základového trámce, doplnění dlažby v ochozu, pokládku prkenných podlah v interiéru, ošetření (výměnu) kovových prvků a sanaci střešní krytiny. Nové doplňky byly barevně sjednoceny s okolím, na věžích a u hlavního vstupu obnovena polychromie, kříže na vrcholku věží nově vyzlacený. Okolo stavby vznikla ochranná vodovzdorná vana, naplněná stabilizační hmotou.

Dispozice: přízemní stavba má dřevěnou roubenou konstrukci, skládá se ze dvou obdélných částí, řazených od západu k východu. Větší srub se dělí na malou vstupní předsíň (prítvor) a na chrámovou loď (nava). Na východě dispozici ukončuje menší obdélné kněžiště, které bylo původně odděleno ikonostasem. Každá ze tří částí je navenek vyjádřena věží. Okolo předsíně a lodi obíhá po vnější straně arkádový ochoz, podloubí, čili ganok, jehož úkolem bylo chránit věřící, čekající před kostelem, před nepřízní počasí. Celkové rozměry kostela: délka 14,5 metru, šířka 7,8 metru.

Srubová konstrukce: sruby z dubových trámů obdélného průřezu a nepravidelných rozměrů dosedají na základy z lomového kamene, které se pod východní stranou kněžiště objevují nad terénem. Věvec dvou mohutných spodních trámů (podvalin) přesahuje přes líc horní části srubů, nárožní spojení trámů je řešeno jednoduchým rovným přeplátováním, u spodních rámu se zhlavím cca 10 centimetrů. V místech přechodu předsíně v loď, respektive lodi v presbytář, vystupují na vnější straně srubu krakorcovitě vyložená zhlaví trámů. Mezi předsíní a lodí jsou nad i pod krakorcí patrná zakončení nosných průvlaků. Střední a východní srub pod střechou zakončuje odstupňovaná, pyramidálně se zužující konstrukce.

Průčelí: v úrovni přízemí i podstřeší jsou ve srubech vyříznuta malá, zevnitř zasklená okna, zevně opatřená novodobými kovanými mřížemi. Na jižním průčelí jsou okénka v přízemí i v podstřeší lodi a presbytáře (v podstřeší lodi dvě sdružená, zakončená segmentovým záklenkem), z východu okna v obou úrovních (horní obdélné, spodní se segmentovým zakončením), na severním průčelí je pouze jedno okno se záklenkem ve střeše lodi. V nově upraveném ochozu s dřevěným základovým prahem je položena dlažba z nepravidelných kamenných desek kladených do betonu. Střechu podloubí podpírá arkáda, tvořená svislými sloupky, do nichž jsou začepovány vodorovné trámce a horní diagonální vzpěry. Západní vstup je tvořen dvěma svislými sloupky, zárubněmi, do nichž je vloženo nadpraží. Spodní hranu nadpraží tvoří segmentový oblouk. Ve vstupu je osazena replika původních dveří, jejichž táfování se skládá do tvaru kosočtverce a je pobito železnými hřeby s masivními kulatými hlavicemi. Dva horní trámy západního průčelí spojuje dvojice železných kleštín, z horního rámu vystupují záhlaví trámů v patě věže. Podstřeší je zabezpečeno proti vniknutí dožilým drátěným pletivem.

Střecha: kostel kryjí stanové střechy, nad lodí a kněžištěm třikrát odstupňované. Pod okapy (přesahy střechy) probíhají profilované římsy. Celou střechu a stěny nejvyšší věže kryje jednoduše kladený, novodobý řezaný šindel. V čele stavby vystupuje nad západní předsíň nejvyšší hranolová věž. Její horní část tvoří falešný ochoz s okénky a dvojí barokizující cibulová bání s lucernou. Na špici věže je osazen bohatě zdobený trojramenný kříž. Východním směrem navazují v ose dvě postupně se snižující vížky nad lodí a nad kněžištěm. Věže mají opět čtvercovou základnu a v horní části cibulové bání s lucernami, zakončené kovaným křížem.

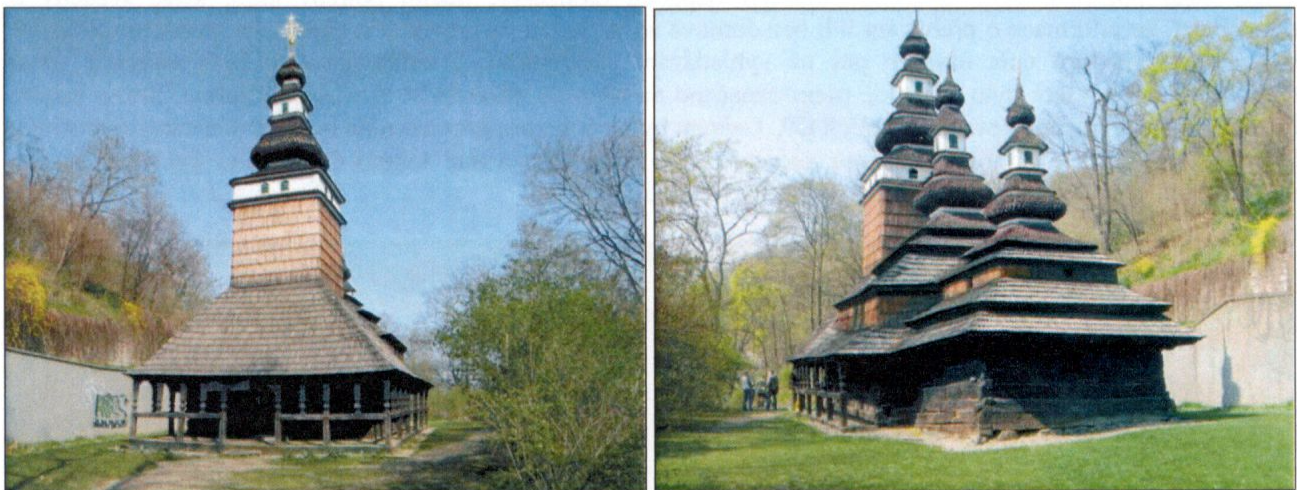
Přízemí: loď a presbytář se nacházejí v cca o 5 centimetrů vyšší úrovni než předsíň, prostory oddělují dřevěné prahy. Podlaha kostelíka je v předsíni a lodi tvořena podlahou z fošen. V předsíni nalevo od hlavního vstupu bylo instalováno nízké dřevěné podium, v celé ploše kostela byl položen nový koberec. Stěny srubů jsou opracovány hladce, do jednotného líce. Okenní otvory chrání okenní křídla, jejichž rámy jsou připevněny na srubovou stěnu. Nad předsíní se nachází nízký rovný strop, jehož prkna, jednoduše přiražená k sobě, nesou příčné průvlaky. Nad hlavním vstupem je od stropu zavěšena nová konstrukce s posuvným závěsem. Stěna mezi předsíní a lodí se

otvírá širokým segmentovým obloukem se stupňovitými náběhy, střed oblouku zdobí profilovaný prvek, navozující dojem hlavního klenáku. Pod obloukem odděluje předsín od lodi nízké dřevěné zábradlí, jehož bednění je po stranách středního průchodu vsazeno do sloupků čtvercového průřezu a s dekorativními hlavicemi. Průchod se uzavíral dvířky. Stupňovitá, zužující se konstrukce středního a východního srubu je zevnitř ošalována a svým tvarem připomíná vysokou neckovou klenbu.

Podstřeší: podstřeší kostela je nepřístupné. Půdní prostor nad předsíní má dřevěnou prkennou podlahu. Kostru západní věže tvoří svislé sloupy, do nichž jsou začepovány vodorovné trámy. Zavětrování je provedeno šikmými vzpěrami kladenými do tvaru ondřejských křížů. Konstrukce menších věží, nasazená na zúžený vrchol srubů, je tvořena obdobně jako vrchol západní věže svislými sloupky, diagonálními vzpěrami, horizontálními rámy a zavětrováním ve formě křížů.

Protipožární vybavení objektu zde bylo řešeno pouze prostřednictvím PHP umístěných ve vnitřním prostoru kostela. Žádné jiné vybavení detekující požár nebo zabraňující šíření požáru zde nebylo instalováno, a to zejména z důvodu absence elektrického proudu, a vodovodu v objektu. Povrchová úprava dřevěné konstrukce protipožárním nátěrem nebyla zjištěna, ani nebyly předloženy žádné dokumenty o jeho instalaci.

Popis objektu je čerpán ze stavebně historického průzkumu (2014), poskytnutém pro potřeby vyšetřování HZS Praha Národním muzeem.



Obr. 1 a 2 – pohledy na kostel z přední a zadní strany před požárem (zdroj NM)

b) Ohledání místa požáru

Ohledání místa požáru provedl příslušník ODZP HZS Praha [redacted] za denního světla s pomocí ruční svítilny. Fotodokumentaci příslušník ODZP HZS Praha [redacted]. Ohledání bylo započato v 15:19 hodin a ukončeno 16:51 hodin.

Jednotky HZS Praha stanice 1, 2, 3, 7, jednotka chemické služby a jednotky SDH Řepy a Zbraslav byly povolány k požáru celodřevěného kostela v plném rozsahu. Požár byl likvidován pomocí celkem 3 vodních C-proudů. Automobily HZS Praha byly vzhledem ke špatné průjezdnosti areálu zaparkovány u „Lachtaního jezírka“ a voda na požářiště byla dodávána pomocí dopravního vedení hadicemi B. Objekt byl požárem zcela zničen. Při hasebním zásahu byl proveden násilný vstup příslušníky HZS Praha do objektu přes vstupní dveře. Dveře byly zamknuty visacím zámekem, který byl násilně otevřen. Šíření požáru hrozilo pouze na okolní porost. Z objektu byly vyneseny 4 tlakové láhve na PB o objemu 10 L, které sloužily k lokálnímu vytápění objektu prostřednictvím plynových kamen „Pohoda“. Kamna byla umístěna v rozích střední části, tak aby pokryla plochu kostela. Kostel je zcela bez přívodu jakýchkoliv produktovodů (el. energie, voda, plyn). Jako zdroj elektrické energie zde sloužila mobilní elektrocentrála (nezjištěného typu) na benzinový pohon. Torzo centrály bylo nalezeno v požářišti v levé střední části kostela. Na místě události byl přítomen správce kostela, který je zároveň farářem zpravujícím tuto farnost pan [redacted], který uvedl, že poslední pohyb osob v kostele byl při mši dne 27.10. 2020 od 8:00 do

10:00 hodin. Následně kostel zamkl na visací zámek a odešel. Při této mši nebyly v provozu elektrocentrála ani plynová kamna pohoda. Dále uvedl, že z venkovní strany v levém podloubí občas přespávají osoby bez stálého bydlení. Tyto osoby se pokoušel několikrát odsunout jinam, ale vždy se po čase vrátili zpět.

Vzhledem k probíhajícímu hasebnímu zásahu, nebylo možné řádně ohledat vnitřní prostory kostela, ani nasadit psa na vyhledávání stop akceleraantů hoření, z tohoto důvodu bylo šetření přerušeno a pokračování bylo stanoveno na 29.10.2020 v 9:00 za účasti Policie ČR a psa na vyhledávání přítomnosti stop akceleraantů hoření. Rovněž bylo k ohledání přizváno i expertní pracoviště GŘ HZS ČR - Technický ústav požární ochrany (dále jen TÚPO).

Došetření požáru dne 29.10.2020 se za ODZP HZS Praha zúčastnili příslušníci [REDAKCE]

[REDAKCE]. Za TÚPO příslušníci [REDAKCE]. A příslušníci Policie ČR Obvodní ředitelství policie Praha II, Služba kriminální policie a vyšetřování, Odbor obecné kriminality – 2. oddělení, MO Policie Smíchov a psovod se psem na vyhledávání přítomnosti stop akceleraantů hoření. Nejdříve bylo provedeno statické ohledání požářiště a provedena fotodokumentace. Následně byl na venkovní ploše požářiště nasazen pes na vyhledávání stop akceleraantů hoření. Prvotní ohledání bylo negativní a pes neoznačil žádné místo. V následující fázi byl ohledán vnitřní prostor kostela, na jehož základě bylo jednoznačně stanoveno, že požár nebyl iniciován ve vnitřním prostoru. Ohledání se tedy přesunulo mimo prostor kostela, a to z jeho levé strany (u opěrné zdi) při pohledu z venku na vchod. V tomto prostoru se dle svědků i správce kostela, často pohybovaly osoby bez domova a v této části podloubí měly udělaný provizorní přístřešek. V této části požářiště bylo nalezeno množství odpadků (konzervy, jídelní potřeby atd.), které svědčily o skutečnosti, že informace o přebývání lidí bez domova se zakládají na pravdě. Po částečném vyčištění požářiště byl v tomto prostoru opět nasazen pes na vyhledávání akceleraantů. V tomto prostoru bylo nalezeno torzo textilního batohu, které bylo následně psem označeno na možnou přítomnost akceleraantů hoření. Torzo batohu bylo odebráno k dalším expertízám Policií ČR. Celkem bylo z prostoru provizorního bydlení odebráno příslušníky Policie ČR celkem 6 vzorků k dalšímu zkoumání. Do doby zpracování tohoto Odborného vyjádření nejsou výsledky odborných expertíz vyšetřovateli HZS Praha známy.



Obr. 3 - Celkový pohled na požářiště a jeho orientace v terénu

3. Příčina vzniku požáru

a) určení ohnisek

Svěddecké ohnisko – bylo určeno oznamovateli požáru jako požár dřevěného kostela v plném rozsahu.

Požární ohnisko – zahrnuje celou půdorysnou plochu celodřevěného kostela sv. Michaela.

Kriminalistické ohnisko – bylo v tomto případě určeno pouze jako zóna o velikosti cca 2 x 1 metr na půdorysné ploše provizorního příbytku bezdomovců na vnější levé straně kostela (u opěrné zdi) na rozhraní druhé a třetí části, zde je patrné největší odhoření konstrukce kostela, kdy v těchto místech jsou zcela odhořelé nosné trámy střešní konstrukce a rovněž nejvíce poškozené masivní trámy roubené konstrukce obvodových stěn, tomuto stanovení místa vzniku požáru odpovídá i fotodokumentace získaná následným šetřením od náhodných svědků události, kdy je požár zachycen v úvodní fázi a je jasně patrné že se šířil právě z tohoto místa.



Obr. 4 – bíle vyšrafovaná zóna kriminalistického ohniska na ploše cca 2 x 1 metr z vnější severní strany kostela

b) vytyčení verzí příčiny vzniku požáru

Na základě ohledání místa požáru, informací získaných od správce kostela a následně od svědků události, a to včetně fotodokumentace, byly stanoveny tyto **tři možné příčiny** vzniku požáru:

- 1) nedbalost při kouření
- 2) blíže nespecifikovaná nedbalost
- 3) úmyslné zapálení

Vzhledem k nalezenému kriminalistickému ohnisku **vně kostela**, byly veškeré možné iniciátory vzniku požáru nalezené uvnitř kostela **na místě jednoznačně vyloučeny**. Jednalo se o případnou nedbalost při používání otevřeného ohně (svíček), dále používání plynových kamen Pohoda na PB i autonomního zdroje elektrické energie elektrocentrály na benzinový pohon.

c) zjištění příčiny vzniku požáru

ad 1) Vzhledem ke skutečnosti, že příbytek byl volně přístupný a obýván osobami bez trvalého bydlení, je možné, že neznámá osoba (nebo uživatel) odhodila nedopalek v prostoru obytné části, ve kterém byl hořlavý materiál (odpad). Následkem toho mohlo dojít ke vznícení např. papírového odpadu teplotou cigaretového nedopalku a následnému nežádoucímu hoření odpadního materiálu od kterého se požár rozšířil na přilehlý kostel. Teplota vznícení papíru se pohybuje v rozmezí 185 - 360 °C. Teplota hořícího nedopalku se pohybuje v rozmezí 220 - 235 °C. Z toho vyplývá, že teplota hořícího cigaretového nedopalku je dostatečná k zapálení některých druhů papíru, zejména papíru novinového - teplota vznícení 185 °C. Doba rozvoje takto iniciovaného požáru je 15 minut až 3 hodiny s ohledem na druh materiálu, který začal hořet. Vzhledem k charakteru místa vzniku a požárně technickým charakteristikám nejčastěji se vyskytujících látek v komunálním odpadu (papír, plast) lze dobu inicializace uvažovat u dolní hranice.

Verzi nelze vyloučit

ad 2) Vzhledem ke skutečnosti, že příbytek byl volně přístupný a obýván osobami bez trvalého bydlení, je možné, že došlo k zapálení např. svíčky (kterou zde mohla osoba používat např. jako zdroj světla), nebo zapálení ohně k přípravě pokrmu či přípravě OPL a následně se blíže nespecifikovanou nedbalostí požár rozšířil na celý prostor příbytku a následně na přilehlý kostel. Teplota vznícení papíru se pohybuje v rozmezí 185 - 360 °C. Teplota hořící zápalky a zapalovače (běžně používaných zapalovadel) se pohybuje v rozmezí 540 - 728 °C. Teplota vznícení běžných plastů se pohybuje v rozmezí 440 – 580 °C. Z toho vyplývá, že teplota otevřeného ohně je dostatečná k zapálení uvedených hořlavých materiálů.

Verzi nelze vyloučit

ad 3) Vzhledem ke skutečnosti, že příbytek byl volně přístupný a obýván osobami bez trvalého bydlení, je možné, že došlo k úmyslnému zapálení např. papíru otevřeným ohněm, od kterého se následně rozšířil požár na celý provizorní příbytek. Teplota vznícení papíru se pohybuje v rozmezí 185 - 360 °C. Teplota hořící zápalky a zapalovače (běžně používaných zapalovadel) se pohybuje v rozmezí 540 - 728 °C. Teplota vznícení běžných plastů se pohybuje v rozmezí 440 – 580 °C. Z toho vyplývá, že teplota otevřeného ohně je dostatečná k zapálení uvedených hořlavých materiálů.

Verzi nelze vyloučit

**Příčinou vzniku požáru bylo neprokázané zavinění neznámé osoby (nedbalost, úmysl)
a má přímou souvislost s pohybem osob bez stálého bydlení.**

Vznik požáru byl dle vyšetřovatele HZS Praha jednoznačně způsoben zaviněním neznámé osoby, ale nepodařilo se přesně zjistit, zda vlivem jednání úmyslného či nedbalostního.

4. Rozšíření požáru

a) možnosti šíření

Za šíření požáru se považuje zvětšování plochy plamenného hoření spalných materiálů a zvětšování objemu vzniklých zplodin hoření. Za zplodiny hoření se při požáru považuje kouř obsahující plynné látky, páru a pevné částice (saze apod.). Plynné zplodiny jsou v závislosti na druhu spalované látky a podmínkách spalování zpravidla jedovaté nebo nedýchatelné. Požár se se rozšířil na celou půdorysnou plochu kostela. Vzhledem k místu, kde je kostel postaven, šíření požáru hrozilo pouze na okolní porost.



Obr. 5 a 6 – detail poškození podstrešního trámu v zóně kriminalistického ohniska a detail odhoření trámu ve srubové konstrukci

b) skutečné rozšíření a jeho důvody

Požár se rozšířil na celý objekt dřevěného kostela. Rychlý rozvoj požáru byl zapříčiněn zejména celodřevěnou konstrukcí, a to včetně střešní krytiny, dále pak umístěním objektu ve svahu, díky čemuž byl požár značně podporován větrem. Kostel je umístěn uvnitř areálu Kinského zahrady, ve kterém jsou pouze úzké komunikační cesty, které znemožňují příjezd požární techniky až k objektu. Tato skutečnost značně ztížila vedení hasebnímu zásahu a hasivo na požářiště muselo být dopravováno dopravním vedením. Technika HZS byla ustavena u Lachtaného jezírka.

5. Následky požáru

Dle vyjádření Ministerstva kultury byla kulturně-historická hodnota kostela značná a penězi obtížně vyčíslitelná.

Hmotná škoda vzniklá požárem **na stavební části** objektu kostela sv. Michaela nebyla do doby zpracování OV vyčíslena. Bude průběžně vyčíslována odbornými expertízami a do spisu o požáru se bude doplňovat formou příloh. Předpoklad doby vyčíslení škod se pohybuje v řádech měsíců. Výše škody se předpokládá v řádech **desítek milionů** korun.

Hmotná škoda vzniklá požárem **na vnitřním vybavení**, které bylo ve vlastnictví Pravoslavné církve v českých zemích a na Slovensku, bylo vyčísleno správcem kostela na 500 000,- korun českých. Požárem došlo také k poškození osvětlovacího sloupu u pravé strany kostela sloužícího k nasvětlení památky v noci, škoda na osvětlovacím tělese byla předběžně vyčíslena na 10 000,-.

Uchráněné hodnoty hasebním zásahem nebyly do současné doby stanoveny. Budou se průběžně vyčíslovat odbornými expertízami a do spisu o požáru se budou doplňovat formou příloh. Předpoklad doby vyčíslení

uchráněných hodnot se pohybuje v řádech měsíců. Výše uchráněných hodnot se předpokládá v řádech **jednotek milionů** korun. Dle Ministerstva kultury bude možné zcela nezničené části kostela použít na jeho opravu, jak velká část se bude moci použít, bude předmětem dalšího zkoumání.

6. Usmrceno, zraněno:

K úmrtí ani zranění při požáru nedošlo. V době likvidace požáru jednotkami HZS Praha se v kostele ani jeho blízkosti nikdo nepohyboval.

7. Porušení předpisů o PO

Vzhledem k tomu, že požár vznikl v důsledku zavinění osoby, tedy způsobem popsáním v bodě 3 c) tohoto Odborného vyjádření a ohrozil majetek, byl porušen Zákon ČNR č. 133/85 Sb., o požární ochraně ve znění pozdějších předpisů a to ustanovení § 17, odst. 1), písm. a) citovaného zákona: „Fyzická osoba je povinna počínat si tak, aby nedocházelo ke vzniku požáru, zejména při používání tepelných, elektrických, plynových a jiných spotřebičů a komínů, při skladování a používání hořlavých nebo požárně nebezpečných látek, manipulaci s nimi nebo s otevřeným ohněm či jiným zdrojem zapálení“.

Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy vykonává v souladu s ustanovením § 26 odst. 2 písm. b) a § 31 odst. 1 písm. f) zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů státní požární dozor zjišťování příčiny vzniku požárů u požárů. Z výsledků provedeného šetření, uvedených v námi zpracovaném odborném vyjádření, vyplývá, že stanovenou příčinou (stanovenými příčinami) vzniku požáru nelze vyloučit úmyslné jednání osoby (osob). Dle ustanovení § 44 odst. 1 písm. a) a odst. 3 zákona č. 320/2015 Sb., o Hasičském záchranném sboru, ve znění pozdějších předpisů, na základě výše uvedeného žádáme o poskytnutí pravomocného rozhodnutí, nezbytného k uplatnění práva na náhradu nákladů, pokud jeho poskytnutí neohrozí účel trestního řízení.

8. Další poznatky a opatření:

a) Policie ČR – na místě MO Smíchov a SKPV - 2 odd., KRPA-279103/TČ-2020-001272

b) Použitá literatura:

Zákon 133/1985 Sb. České národní rady ze dne 17. prosince 1985 o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů, Sběrka zákonů Československé socialistické republiky. 1985, částka 34.

Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR, ze dne 7. října 2013, kterým se stanoví postup Hasičského záchranného sboru ČR při zjišťování příčin vzniku požárů. SIAŘ GR HZS ČR, Částka 46, Ročník 2013, ve znění pozdějších předpisů Částka 49, Ročník 2014.

KISLINGER, R., *Požárně technické charakteristiky a technické informace pro potřeby ZPP*, vyd. 1, Praha: Ministerstvo vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2015, 194 s., ISBN 978-80-86466-72-9.

MURUS– monumenta renovamus, *Stavebně historický průzkum Kostel Svatého Archanděla Michaela Kinského zahrada, Praha 5 – Smíchov*, květen 2014

Zpracovatel: [REDACTED]

[REDACTED]
vedoucí oddělení zjišťování příčin vzniku požárů
HZS hl. m. Prahy
vrchní komisař
[REDACTED]