

---

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov



Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Integrovaná bezpečnost staveb

**Diplomová práce**

**POSOUZENÍ ŠÍŘENÍ ÚČINKŮ POŽÁRU  
VĚTRACÍM POTRUBÍM KUCHYNĚ**

EVALUATION OF FIRE AND SMOKE TRANSFER THROUGH  
VENTILATION DUCT FROM A KITCHEN

Bc. Barbora Hlaváčková

Vedoucí práce: Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.

2019

---



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hlaváčková Jméno: Barbora Osobní číslo: 424331  
Zadávající katedra: katedra technických zařízení budov  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Integrální bezpečnost staveb

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Posouzení šíření účinků požáru větracím potrubím kuchyně

Název diplomové práce anglicky: Evaluation of fire and smoke transfer through ventilation duct from a kitchen

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte rešerši současného stavu problematiky. Vytvořte počítačový model scénáře požáru na varné ploše v kuchyni s návazností na přenos kouře a tepla do odvodního potrubí. Posuďte rozvoj požáru a riziko jeho šíření prostřednictvím potrubí. Na základě zjištění z výsledků počítačového modelu formulujte obecné závěry pro požární bezpečnost.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 0872: 1996 Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením, Český normalizační institut, 1995


Węgrzyński, W. Transient characteristic of the flow of heat and mass in a fire as the basis for optimized solution for smoke exhaust, International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 114, 2017, p. 483-500, ISSN 0017-9310.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 9.10.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2019  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

  
Podpis vedoucího práce

  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

9.10.2018

Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)

---

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem na této diplomové práci pracovala samostatně pod odborným vedením Ing. Daniela Adamovského, Ph.D. a informace jsem čerpala z uvedené literatury.

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

V Praze dne 3.1.2019

Bc. Barbora Hlaváčková

---

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Danielovi Adamovskému, Ph.D. za odborné vedení a čas věnovaný konzultacím. Děkuji také Ing. arch. Petrovi Hejtmánkovi, Ph.D. za cenné rady při konzultování modelu v softwaru FDS. Největší poděkování patří mé rodině a mému příteli za trpělivost a obrovskou podporu.

---

# Obsah

<b>Abstrakt</b> .....	<b>V</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>V</b>
<b>Seznam použitých symbolů a zkratk</b> .....	<b>VI</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivace.....	1
1.2 Cíle .....	1
1.3 Struktura.....	2
<b>2 Současný stav poznání</b> .....	<b>3</b>
2.1 Základní typy větrání .....	3
2.1.1 Přirozené větrání .....	4
2.1.2 Nucené větrání .....	5
2.1.3 Hybridní větrání .....	6
2.2 Rozdělení látek podle hořlavosti a jejich požárně technické charakteristiky .....	6
2.2.1 Třída reakce výrobků na oheň.....	6
2.2.2 Požární odolnost.....	7
2.2.3 Teplota vzplanutí.....	9
2.2.4 Teplota hoření .....	10
2.2.5 Teplota vznícení .....	10
2.3 Vzduchotechnické potrubí .....	10
2.3.1 Materiál .....	10
2.3.2 Chráněné potrubí.....	11
2.3.3 Nechráněné potrubí .....	11
2.3.4 Vyústění .....	11
2.3.5 Digestoře pro centrální systémy.....	12
2.3.6 Šachty, průduchy.....	12
2.4 Prostupy vzduchotechnického potrubí požárně dělicími konstrukcemi .....	13
2.4.1 Požární klapky.....	15
2.4.2 Stěnové požární uzávěry .....	16
2.4.3 Těsnění prostupů potrubí .....	16
2.5 Rizika vzniku a šíření požáru v kuchyni .....	17
2.5.1 Statistiky.....	17
2.5.2 Požáry, které vznikly v kuchyni.....	20
2.5.3 Usazeniny .....	22
2.5.4 Čištění vzduchotechnických potrubí .....	23
2.6 Experiment: Zdroje požáru v kuchyni .....	23
<b>3 Matematický model</b> .....	<b>26</b>
3.1 Zvolená metoda.....	26
3.1.1 CFD model (Computational Fluid Dynamics).....	26
3.1.2 Program Fire Dynamics Simulator (FDS) a Smokeview (SMV) .....	26
3.1.3 Verifikace a validace.....	27
3.2 Vstupní data .....	27

---

3.2.1	Výpočetní čas a oblast.....	28
3.2.2	Okrajové podmínky a pevná tělesa .....	28
3.2.3	Materiálové charakteristiky.....	30
3.2.4	Zdroje požáru a jejich požárně technické charakteristiky.....	30
3.2.5	Reakce hoření.....	32
3.2.6	Měřicí zařízení .....	33
3.3	Výsledky .....	34
3.3.1	Model 1 .....	34
3.3.2	Model 2 .....	38
3.3.3	Model 3 .....	42
<b>4</b>	<b>Diskuze získaných výsledků .....</b>	<b>49</b>
4.1	Model 1 .....	49
4.2	Model 2 .....	49
4.3	Model 3 .....	50
4.4	Model 4 .....	52
4.5	Instalační šachta v jednotlivých modelech.....	52
4.6	Požární klapka i u malých průřezů VZT potrubí?.....	54
<b>5</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>55</b>
	<b>Příloha – Zdrojový kód FDS.....</b>	<b>56</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>56</b>
	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>58</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>59</b>

---

## Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá riziky šíření účinků požáru větracím potrubím kuchyně. Poukazuje na problematiku usazenin v potrubí a také na výjimku v normě, kdy se při prostupu požárně dělicí konstrukcí u malých průřezů vzduchotechnického potrubí nemusí použít požární klapky. Práce se nejprve zabývá současným stavem poznání této problematiky. Hlavním cílem je pak vytvoření CFD modelu v softwaru FDS a dokázání, jak mohou být tyto dva parametry nebezpečné. Jako požární scénář je uvažován požár bavlněné utěrky a také požár oleje v pánvi na kuchyňské varné desce. Nad ní je umístěna digestoř napojená na společné odvodní potrubí bytového domu.

### Klíčová slova

Vzduchotechnika; větrání; potrubí; požár; kouř; požární klapka; šíření kouře; požárně dělicí konstrukce; požární riziko; usazeniny; CFD (Computational Fluid Dynamics); FDS (Fire Dynamics Simulator); HRR (Heat Release Rate)

## Abstract

Diploma thesis deals with risks of fire and smoke transfer through ventilation duct from a kitchen. It points to the problem of sedimentations in an air duct and also to the unfortunate exception in the standard when the fire damper does not have to be used when passing the small cross section air duct through a fire-rated wall. At first, the thesis deals with the current state of knowledge of this problem. The main goal is to create a CFD model in the FDS software and demonstrate how these two parameters can be dangerous. As a fire scenario, a fire of cotton wipes and fire of oil in the pan on the kitchen cooker is considered. Above it there is a hood connected to the central ventilation of a residential building.

### Keywords

Air-conditioning; ventilation; duct; fire; smoke; fire damper; smoke spreading; fire-rated wall; fire risk; sediments; Computational Fluid Dynamics (CFD); Fire Dynamics Simulator (FDS), Heat Release Rate (HRR)

---

## Seznam použitých symbolů a zkratek

### Latinské symboly

V	Objem	m <sup>3</sup> , l, ml
T	Teplota	°C
L	Délka	m, cm, mm
i	Index šíření plamene po povrchu	mm/min
A	Plocha	m <sup>2</sup>
$\Delta H_c$	Spalné teplo	kJ/kg
$\lambda$	Součinitel tepelné vodivosti	W/m/K
c	Měrná tepelná kapacita	kJ/kg/K
$\rho$	Objemová hmotnost	kg/m <sup>3</sup>
t	Čas	s, min
P	Výkon	kW, MW

### Zkratky

VZT	Vzduchotechnika
ČSN	Česká technická norma
NFPA	National Fire Protection Association
FDS	Fire Dynamics Simulator (software)
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
PBS	Požární bezpečnost staveb
CHÚC	Chráněná úniková cesta
A1/A2	Třída reakce výrobku na oheň
PÚ	Požární úsek
ČSN EN	Harmonizovaná Evropská norma
LZ	Lůžkové zdravotnické zařízení
SP	Shromažďovací prostor
VP	Výšková poloha
SHZ	Stabilní sprinklerové hasicí zařízení



---

DHZ	Doplňkové sprinklerové hasicí zařízení
EPS	Elektrická požární signalizace
NP	Nadzemní podlaží
CFD	Computational Fluid Dynamics
SMV	Smokeview
HRR	Heat Release Rate (Rychlost uvolňovaného tepla)
PE	Polyetylen
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
ZPP	Zjišťování příčin požárů
OH skupina	Hydroxylová skupina, vázaná v organických sloučeninách
Obr.	obrázek
Tab.	Tabulka
Ex.	Experiment
HVAC	z angl. Heating, Ventilation and Air Conditioning

---

# 1 Úvod

## 1.1 Motivace

V poslední době se klade důraz na úsporu energie použitím stavebních konstrukcí s lepšími tepelně–technickými vlastnostmi. Při rekonstrukcích dochází k zateplování fasád a instalaci nových těsných oken. Dříve bylo umožněno přirozené větrání okenními spárami, ale s novými a rekonstruovanými okny je tento systém větrání prakticky nefunkční. Nedostatečné větrání negativně ovlivňuje kvalitu vnitřního prostředí, kde se zvyšuje koncentrace škodlivin a vlhkosti, což je nebezpečné z hlediska tvorby plísní, kondenzace vodní páry, nebo například vlhnutí konstrukcí, a to vše má dopady na lidské zdraví. Větrací systémy se proto v dnešních dobách zateplených a utěsněných domech stávají téměř nepostradatelné, ve větší míře dochází k jejich zřizování a modernizování pro zajištění příjemného a zdravého vnitřního prostředí.

Vzduchotechnické systémy jsou mimo jiné nutné řešit z hlediska požární bezpečnosti. Vzduchotechnické potrubí se může i díky jeho průtočné látce - vzduchu, stát nebezpečnou cestou pro šíření požáru. Nejkritičtějším místem jsou prostupy požárně dělícími konstrukcemi, kde je třeba různými systémovými prvky zajistit, aby se požár nedostal do vedlejšího požárního úseku.

Proto existuje norma [1] ČSN 73 0872 Požární bezpečnost staveb - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením. Bohužel je tato norma již 22 let stará, obsahuje spoustu nejednoznačných požadavků a nekoresponduje s některými novějšími normami požární bezpečnosti staveb. Jedním z problémů je úleva od zajištění prostupu požárně dělící konstrukci požární klapkou u malých průřezů vzduchotechniky, přesto že i tímto průřezem se může šířit požár nebo zplodiny hoření a ohrozit tak osoby, zvířata nebo majetek ve vedlejších požárních úsecích.

Tyto malé průřezy vzduchotechnických potrubí, kde se na rozhraní požárních úseků nemusí použít požární klapka, se hojně vyskytují například v bytových domech u větracích potrubí kuchyně. Rozšíření požáru do vyšších podlaží může mít za následek velké ztráty na majetku i životech. Riziko šíření účinků požáru ještě zvyšují zanesená vzduchotechnická potrubí usazeninami. Veškerá, zatím prozkoumaná stoupací potrubí ve starších panelových domech jsou zanesena mastnotou z kuchyní v kombinaci s prachem. Požáry usazenin uvnitř vzduchotechnických potrubí jsou téměř nemožné uhasit, a proto se v řadě případů musí zásah omezit na ochranu okolí a usazeniny se nechají vyhořet.

## 1.2 Cíle

Cílem této diplomové práce je zjištění současného stavu poznání týkající se větrání, vzduchotechnických potrubí, materiálů, řešení prostupů požárně dělícími konstrukcemi, rizik šíření požáru vzduchotechnickým potrubím, dostupnými statistikami těchto požárů atd. z hlediska požární bezpečnosti staveb. Z českých zdrojů jsou použity zejména současné české technické

---

normy, harmonizované evropské normy a články od odborníků na vzduchotechniku. Ze zahraničních zdrojů to budou také odborné články a pro porovnání budou u některých kapitol uvedeny požadavky americké normy NFPA 90A - Instalace vzduchotechnických a větracích systémů [2].

Druhým bodem bude vytvoření celkem tří matematických modelů šíření účinků požáru VZT potrubím v softwaru FDS. Všechny modely budou představovat pro požár jedno z kritických míst v bytovém či panelovém domě – kuchyňskou varnou desku s digestoří napojenou na společné odvodní potrubí bytového domu. Budeme sledovat šíření účinků požáru větracím potrubím do vyšších pater. Potrubí bude mít průřez do 40 000 mm<sup>2</sup>, a tudíž mezi jednotlivými byty nebude nutná instalace požární klapky. Pro porovnání velikosti rozšíření požáru namodelujeme požár bavlněné utěrky a také požár oleje v pánvi. Abychom se co nejvíce přiblížili nejhorsímu požárnímu scénáři, bude v některých modelech navíc v potrubí vrstva usazenin. Usazeniny se ve větracím potrubí kuchyně v panelových domech nachází velmi často. Tvoří je mastnoty vzniklé při vaření v kombinaci s prachem a při požáru mohou být důležitým faktorem pro rozšíření do sousedních místností či bytů.

### 1.3 Struktura

Kapitola 1 s názvem „**Úvod**“ obsahuje motivaci, předpokládané cíle a strukturu diplomové práce.

Kapitola 2 s názvem „**Současný stav poznání**“ shrnuje současný stav poznání řešené problematiky – požadavky na VZT potrubí za požáru, rizika vzniku a šíření požáru VZT potrubím, statistiky těchto požárů a problematiku usazenin v potrubí.

Kapitola 3 s názvem „**Matematický model**“ řeší tři modely vytvořené v softwaru FDS. Nejprve jsou popsána vstupní data zadaná do zdrojového kódu a následně vyhodnoceny výsledky jednotlivých modelů pomocí grafů a grafických výstupů z programu Smokeview.

Kapitola 4 s názvem „**Diskuze získaných výsledků**“ diskutuje o získaných datech. Pojednává například o možnosti rozšíření požáru pomocí přilehlých předmětů či skříněk, nebo o vlivu vysokých teplot na ostatní instalace v instalační šachtě.

Kapitola 5 s názvem „**Závěr**“ uzavírá řešenou problematiku a obsahuje doporučení pro její další rozvoj.

---

## 2 Současný stav poznání

Větrací systémy i konkrétní zařízení se navrhují tak, aby se jimi nemohl šířit požár a jeho zplodiny. Základní norma, která řeší projektování VZT zařízení z hlediska požární bezpečnosti je ČSN 73 0872 Požární bezpečnost staveb - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízení z roku 1996 [1]. Tato norma nahrazuje předchozí normu ČSN 73 0872 z roku 1978, více se věnuje požární bezpečnosti jednotlivých VZT zařízení a stanovuje podrobnější požadavky. V dnešní době už by však i norma z roku 1996 potřebovala určité úpravy.

Používá například namísto dnešních tříd reakce na oheň dřívější pojem stupeň hořlavosti. Převodní tabulku stupňů hořlavosti a třídy reakce na oheň stavebních výrobků lze najít v kapitole 2.2.1 v tab. 2.

Požární odolnost potrubí je zde vyjádřena termínem „požárně chráněné“ a „požárně nechráněné“ potrubí, což je pojem zavedený v národním kodexu norem PBS. V evropských normách se používá pojem požárně odolné potrubí. V současné době, kdy dochází k harmonizaci národních a evropských norem, by se měla i tato terminologie sjednotit.

Zmíněná norma platí pro nové i stávající objekty, řeší projektování VZT zařízení i stavebních konstrukcí vymezujících prostor pro tato zařízení, jako jsou šachty, kanály nebo strojovny. Je určena pro VZT zařízení s přirozeným i nuceným prouděním vzduchu včetně teplovzdušného vytápění. Při projektování je však nutné řídit se i dalšími normami a předpisy, například nejnovější požadavky jsou k nalezení v normě ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení [3].

Pro porovnání budou u některých kapitol uvedeny požadavky americké normy NFPA 90A - Instalace vzduchotechnických a větracích systémů [2]. Tato norma platí pro všechny systémy pro přepravu vzduchu v budovách, které slouží prostorům o objemu větším než 708 m<sup>3</sup>, nebo stavby typů III, IV a V nad tři nadzemní podlaží, bez ohledu na objem. Norma stanovuje minimální požadavky pro zajištění bezpečnosti osob a majetku před požárem. Tyto požadavky se shodují s českou ČSN 73 0872 [1], týkají se omezení šíření požáru a kouře VZT potrubím z místa vzniku požáru po budově nebo do budovy zvenčí, udržování požární odolnosti stavebních prvků narušených instalací VZT systému, jako jsou podlahy, příčky, střechy, stěny nebo stropy a omezení výskytu zdrojů vznícení a použití hořlavých materiálů ve VZT potrubí.

### 2.1 Základní typy větrání

Větrání obecně je charakterizováno odvodem znehodnoceného vzduchu a přívodem čerstvého, venkovního vzduchu případně vzduchu neznehodnoceného z okolních prostor. Pro zajištění větrání je nutné uvést vzduch do pohybu.

V současné době jsou v bytových domech v provozu zejména systémy přirozeného a nuceného větrání. Rekonstrukce bytových domů většinou obsahuje zateplování fasád a výměny

oken, důležitou součástí je však také rekonstrukce větrání, protože přirozené větrání už nemusí být dostatečné.

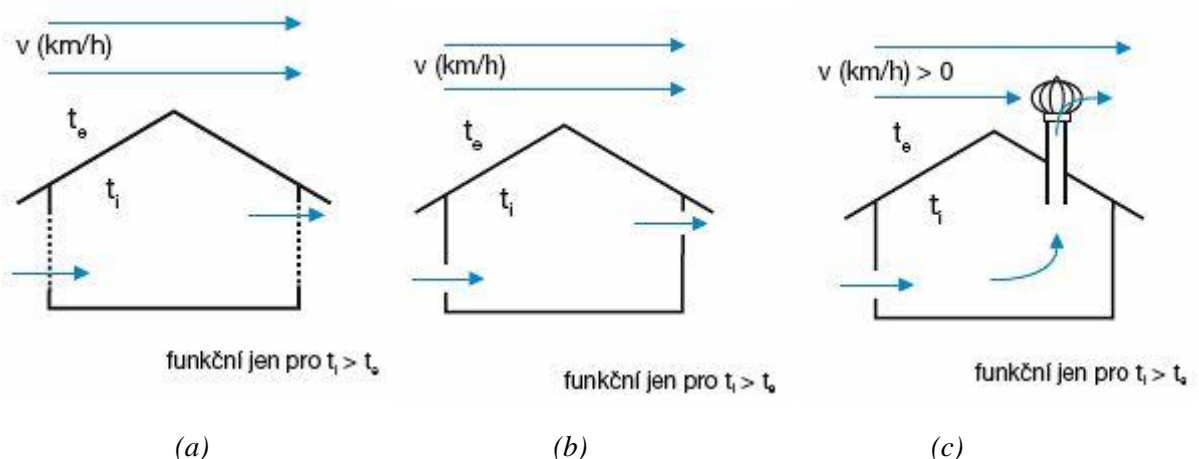
Větrání je důležité z několika důvodů. Je nutné pro přívod čerstvého vzduchu (jedna osoba spotřebuje cca 20 000 l vzduchu denně), pro udržení zdravé relativní vlhkosti, která vzniká například při vaření, sušení prádla atd. (při vysoké relativní vlhkosti narůstá výskyt plísní a bakterií). Dále pro udržení nízké hladiny CO<sub>2</sub>, který ohrožuje zdraví a zvyšuje únavu uživatelů bytů (jedna osoba vyprodukuje v závislosti na fyzické námaze cca 17 l CO<sub>2</sub> za hodinu). Pro rekonstrukce starších objektů se vzhledem k existenci historických dispozic a nemožnosti instalace dostatečně dimenzovaných stoupacích potrubí uvažuje výměna vzduchu cca 200-250 m<sup>3</sup>/h (kuchyň 100-150 m<sup>3</sup>/h) na jednu bytovou jednotku. [4]

### 2.1.1 Přirozené větrání

Přirozené větrání je dáno účinkem vztlaku daným rozdílem měrných hmotností vnitřního a venkovního vzduchu o různé teplotě a také dynamickým působením větru, který proudí ve směru od návětrné na závětrnou stranu budovy. Tlak a sání větru na budovu podporuje proudění vzduchu budovou. [5]

Přirozené větrání je zajištěno cíleným otevíráním okenních otvorů nebo infiltrací (průvzdušností) spár. Dalšími možnostmi jsou aerace, neboli větrání místnosti pomocí otvorů pro přívod a odvod vzduchu umístěných s dostatečným výškovým rozdílem a šachtové větrání, které využívá kombinaci otvorů a šachet (viz obr. 1) [5].

Tento typ větrání není příliš stabilní. Je závislý na povětrnostních podmínkách i ročním období. V současné době, kdy jsou kladeny vyšší požadavky na kvalitu větrání a na snižování nákladů na energie a vytápění, je často přirozené větrání považováno za nedostatečné.



obr. 1 Způsoby přirozeného větrání: (a) s infiltrací; (b) aerace; (c) šachtové větrání s rotační hlavicí [4]

---

## 2.1.2 Nucené větrání

V dnešní době se používá výhradně větrání nucené, které zajišťuje potřebnou výměnu vzduchu ve vnitřních prostorách budov. Nucené větrání je založeno výhradně na změně dynamického tlaku vynucené ventilátorem. Jeho výhodou je výrazně nižší závislost na okolních klimatických podmínkách oproti přirozenému větrání, okamžitý odvod škodlivin při spuštění, určené množství větracího vzduchu a také snadná instalace a obsluha. Jedná se o jednoduchý a levný systém. Nevýhodou může být hluk vyvolaný ventilátorem [5].

Parametry nuceného větrání odpovídají soudobým komfortním a hygienickým požadavkům na větrání. Ve spojení s elektronickými čidly CO<sub>2</sub>, hygrostaty a časovými spínači mohou splňovat i požadavky na energeticky úsporné a účelné větrání. [4]

Současné systémy nuceného větrání obsahují DCV<sup>1</sup> ventilátory, které zajišťují přívod čerstvého vzduchu pouze ve skutečně potřebném množství a tím snižují energetickou náročnost. Dokáží větrat i jedinou místnost bez hluku a v době, kdy je to nutné nebo kdy si to uživatel přeje. Moderní systémy zajišťují nejen samotnou správně řízenou výměnu vzduchu, ale i jeho úpravu, ohřev, chlazení, čištění, vlhčení, sušení apod. [6]

Z hlediska tlaku vzduchu ve větraném prostoru dělíme nucené větrání na [5], [7]:

- **Systém podtlakový** - do větraného prostoru přivádíme méně vzduchu, než z něj odvádíme, v prostoru dochází ke snížení tlaku, rozdíl je vyrovnán přirozeným přívodem vzduchu spárami přes hranici prostoru. Tento systém se používá při rekonstrukcích panelových domů, kde bývá omezen prostor pro instalační šachty.
- **Systém přetlakový** - do větraného prostoru přivádíme více vzduchu, než z něj odvádíme, dochází ke zvýšení tlaku v prostoru, rozdíl je vyrovnán únikem vzduchu spárami přes hranici prostoru. Tento systém se uplatňuje především pro požární větrání chráněných únikových cest typu B a C (viz obr. 2). Cílem je vytvoření přetlaku v prostoru CHÚC za účelem omezení průniku zplodin hoření do tohoto prostoru.
- **Systém rovnotlaký** - do větraného prostoru přivádíme stejné množství vzduchu, jako z něj odvádíme, a tudíž nevzniká tlakový rozdíl. Oproti podtlakovým systémům mají tu výhodu, že umožňují využít zpětné získávání tepla, proto se využívají pro větrání pasivních domů.

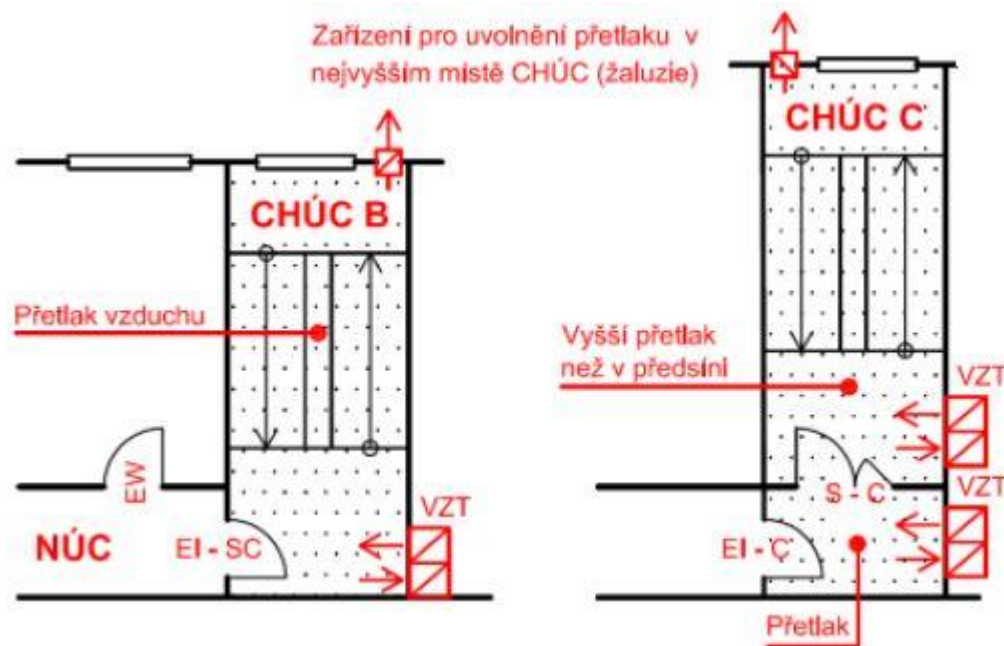
Také můžeme rozdělit systémy nuceného větrání z hlediska místního členění na [5]:

- **Centrální systém** - obsluhuje budovu či její část, sdílí společnou vzduchotechnickou jednotku a je doplněn o nezbytné rozvody vzduchu, může sloučovat více funkcí, jako například větrání a klimatizaci

---

<sup>1</sup> DCV – z angl. Demand Control Ventilation = větrání podle potřeby

- **Lokální systém** - obsluhuje jednu místnost či její část, zajišťuje řešení místního problému, jednodušší zařízení, obvykle pouze s funkcí větrání



obr. 2 Přetlakové větrání chráněných únikových cest [8]

V panelových domech se nejčastěji vyskytuje centrální systém podtlakový. Nucený odvod vzduchu z větraných místností pomocí centrálního ventilátoru nebo větrací jednotky vyvolává podtlak potřebný k větrání bytů, dispozičně umístěných nad sebou. V kuchyni je vzduch odváděn odsavačem par, v koupelně a na WC k tomu slouží odvodní ventily nebo vyústky. Tím, že je celé potrubní vedení v podtlaku, odpadá možnost pronikání pachů do jiných bytů. [6]

### 2.1.3 Hybridní větrání

Tento typ větrání je používaný zřídka. Využívá principů dvou předchozích typů větrání, přirozeného i nuceného, s cílem spotřeby co nejnižšího množství energie. Režim přirozeného větrání se používá, dokud je schopen zajistit požadavky větraného prostředí. Pokud už účinek přirozeného větrání není dostatečný, doplní ho větrání nucené.

## 2.2 Rozdělení látek podle hořlavosti a jejich požárně technické charakteristiky

### 2.2.1 Třída reakce výrobků na oheň

Dřívější stupně hořlavosti nahradila nová jednotná klasifikace v členských státech Evropské unie. Nyní existuje celkem 7 tříd reakce na oheň. Jedná se o klasifikační stupnici, která vyjadřuje, jak

stavební výrobky při své konečné aplikaci do stavby mohou přispívat ke vzniku a rozvoji požáru. Jednotlivé třídy reakce na oheň a jejich možný příspěvek k rozvoji požáru je patrný z tab. 1.

tab. 1 Reakce výrobků na oheň

Nehořlavé výrobky	A1	Nepřispívají k růstu požáru a k vývoji kouře (tepelná izolace z minerálních vláken)
	A2	Nepřispívají významně k růstu požáru (SDK, sádrovláknitá deska)
Hořlavé výrobky	B	Velmi omezeně přispívají k růstu požáru
	C	Omezeně přispívají k "flashover"
	D	Přispívají k "flashover" (konstrukční dřevo, OSB deska)
	E	Výrazně přispívají k "flashover" (fasádní EPS)
	F	Výrobky nezařazené do A1 až E nebo nesplňující kritéria pro E

Dále existuje tzv. doplňková klasifikace k výrobkům třídy reakce na oheň A2, B, C a D. Pro materiálové vlastnosti prvků VZT zařízení je důležitá především klasifikace z hlediska tvorby dýmu (s1, s2, s3) a z hlediska odkapávání hořících částí (d0, d1, d2).

Vzhledem k neaktuálnosti normy ČSN 73 0872, která nebyla revidována od roku 1996 a tudíž používá ještě starou stupnici, nám nezbývá než využít převodní tabulku (viz tab. 2), kterou můžeme najít v národní normě [3] v informativní příloze C.

tab. 2 Vztah mezi požadavky na stupně hořlavosti a třídami reakce na oheň

Stupeň hořlavosti	Třída reakce na oheň
A	A1
	A2
B	B
C1	C
C2	D
C3	E
	F

## 2.2.2 Požární odolnost

Požární odolnost je schopnost prvku odolávat účinkům plně rozvinutého požáru a zachovat si svou nosnost, celistvost a izolační schopnost.

Evropská norma ČSN EN 13501-3+A1 [9] stanovuje postup pro klasifikaci požární odolnosti stavebních výrobků a prvků budov, používaných jako části provozních instalací



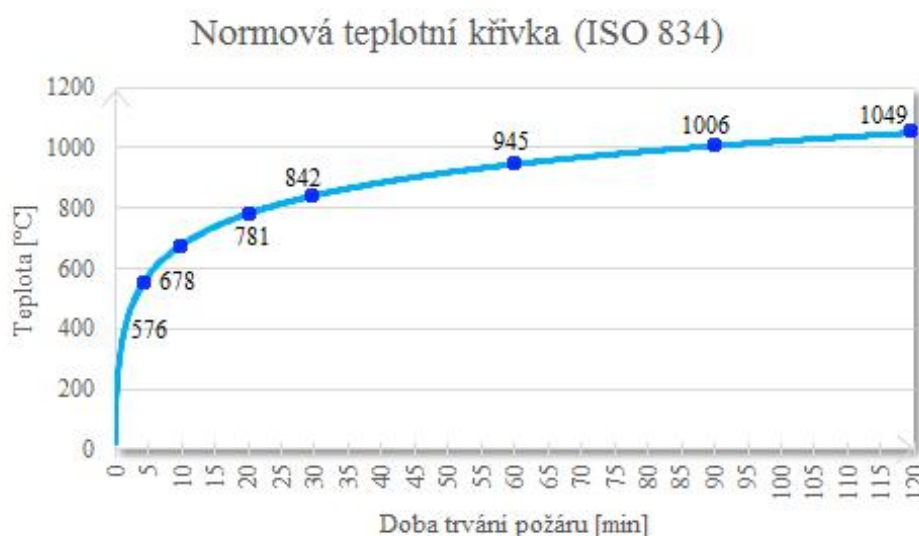
v budovách, na základě výsledků zkoušek požární odolnosti v rozsahu přímé aplikace příslušné zkušební metody.

Klasifikace požární odolnosti se vyjadřuje písmeny a dobou v minutách, po kterou posuzované konstrukce splňují charakteristické vlastnosti – mezní stavy. Základní klasifikační doby pro VZT potrubí a požární klapky podle normy [3] jsou 15, 30, 60 a 90 minut. Nejnižší hodnoty požadované požární odolnosti chráněného VZT potrubí a požárních klapek se určí v závislosti na stupni požární bezpečnosti okolních požárních úseků podle tab. 3.

tab. 3 Požární odolnost chráněného VZT potrubí a požárních klapek

Stupeň požární bezpečnosti PÚ	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Požární odolnost VZT zařízení	15	15	30	30	45	60	90

Skutečná požární odolnost VZT potrubí a požárních klapek se určí požární zkouškou, která probíhá v požární peci akreditované laboratoře. Prvek je vystaven účinkům požáru podle normové teplotní křivky, která je modelem plně rozvinutého požáru (viz obr. 3) a měří se čas, dokud se neporuší zkoumaný mezní stav. Výsledky jsou k nalezení nejčastěji v katalogových listech výrobců.



obr. 3 Průběh normové teplotní křivky

Z mezních stavů jsou důležité celistvost, izolace, kouřotěsnost a pro nosné konstrukce potrubí také nosnost.

- **celistvost „E“** – je schopnost prvku provozní instalace zabránit přenosu požáru na neexponovanou stranu v důsledku průniku značného množství plamenů nebo horkých plynů s následným vznícením neexponovaného povrchu, nebo jakéhokoliv materiálu ležícího v jeho blízkosti; celistvost se obecně stanoví na podkladě jednoho nebo více následujících kritérií současně: vzniku trhlin nebo otvorů přesahující stanovené rozměry, vznícení bavlněného polštářku, souvislého hoření na neexponované straně nebo netěsnosti přesahující stanovenou hodnotu; pokud se prvek klasifikuje zároveň

---

z hlediska tepelné izolace, je hodnota celistvosti určena porušením kteréhokoliv z uvedených kritérií; pokud se klasifikuje pouze na E, nepřihlíží se k vznícení bavlněného polštářku [9]

- **izolační schopnost „I“** – schopnost prvku omezit přestup tepla tak, aby se nevznítala neexponovaná strana ani jakýkoliv materiál v její blízkosti; prvek má také vytvořit tepelnou bariéru schopnou bránit osoby v její blízkosti; teplota na neexponovaném povrchu nesmí překročit průměrně 140 °C a v kterémkoliv místě maximálně 180 °C nad počáteční teplotu [9]
- **kouřotěsnost „S“** – schopnost prvků odolávat pronikání plynů a kouře při okolní teplotě a během namáhání normovou teplotní křivkou [9]
- **únosnost „R“** – kritérium důležité zejména pro konstrukce, které nesou potrubí požárně odolných VZT systémů; prvek má zajistit stabilitu potrubí nejméně po dobu požadované požární odolnosti potrubí [3]

Potrubí vzduchotechnických systémů i požární klapky, které musí vykazovat požární odolnost, se člení podle polohy na vertikální (označení „ve“) a horizontální („ho“) a také podle směru tepelného namáhání [3], [9]:

- **z vnější strany „i ← o“** (např. vzduchotechnické potrubí, které je určeno pro větrání PÚ bez požárního rizika a prochází bez vyústek jiným PÚ s požárním rizikem)
- **z vnitřní strany „o → i“** (např. při průchodu vzduchotechnického potrubí bez vyústek chráněnou únikovou cestou)
- **z obou stran „i ↔ o“**

Například klasifikace EI 30 (ve ho i ↔ o) S označuje potrubí schopné zachovat celistvost, tepelnou izolaci a kouřotěsnost po dobu 30 minut z vnější i vnitřní strany.

Norma NFPA 90A [2] má na požární odolnost požárních klapek v porovnání s českou normou [1] vyšší požadavky. Požární klapky používané k ochraně otvorů ve stěnách, příčkách, nebo v podlaze s nižší požadovanou požární odolností než 3 hodiny, musí mít požární odolnost alespoň 1,5 hodiny a požární klapky používané k ochraně otvorů ve stěnách, příčkách, nebo podlaze s vyšší požadovanou požární odolností než 3 hodiny, musí mít požární odolnost alespoň 3 hodiny podle normy UL 555 – Norma pro bezpečnostní požární klapky [10].

### 2.2.3 Teplota vzplanutí

Teplota vzplanutí je nejnižší teplota, při které hořlavá látka za normálního tlaku vyvine tolik hořlavých par, že ve směsi se vzduchem při krátkodobém přiblížení plaménku krátce vzplanou, ale dále nehoří. Při teplotách pod teplotou vzplanutí není možné zapálení. Přesto existují nebezpečí požáru, protože zdrojem zapálení může být látka, která se velmi rychle zahřeje na svou teplotu vzplanutí. [11]

---

## 2.2.4 Teplota hoření

Teplotou hoření se rozumí nejnižší teplota, při níž hořlavá látka vytvoří tolik hořlavých par, že se při přiblížení otevřeného plaménku vznítí a samy dále hoří. Leží tedy výše než teplota vzplanutí. Při dosažení teploty hoření je rychlost odpařování alespoň tak velká, jako rychlost spalování, takže páry se dále tvoří v dostatečném množství a samočinné spalování se dále udržuje. [11]

## 2.2.5 Teplota vznícení

Teplota vznícení je nejnižší teplota vzduchu proudícího kolem vzorku, při které dojde k samovolnému zapálení vzorku nebo produktů rozkladu bez iniciace vnějším zápalným zdrojem. Při stanovování teploty vznícení musí být dodrženy definované zkušební podmínky, vznícení se vyvolá pouze působením tepla, ne otevřeným plamenem nebo jiskrou. [11]

## 2.3 Vzduchotechnické potrubí

### 2.3.1 Materiál

Nechráněné vzduchotechnické potrubí musí být z nehořlavých hmot, tedy třídy reakce na oheň A1 nebo A2, pokud je použito v CHÚC a částečně CHÚC, pokud slouží k odvodu vzduchu teplejšího než 85 °C, nebo pokud se v něm mohou usazovat hořlavé látky technologického původu. Typickým příkladem pro takové použití je ocelové pozinkované potrubí.

Pro ostatní případy je možno kromě potrubí z nehořlavých hmot použít také potrubí z hmot stupně hořlavosti B, C1 a C2, což odpovídá třídám reakce na oheň B, C a D. Pokud se tato potrubí z hořlavých hmot použijí v požárních úsecích nebo prostorách bez požárního rizika, je nutno započítat jejich ekvivalentní hmotnost do stálého požárního zatížení. Je-li potrubí umístěno nad podhledy s požárně dělicí funkcí, musí se při posuzování požární odolnosti zavěšeného podhledu (včetně závěsů) i stropní konstrukce nad podhledem brát zřetel na množství uvolněného tepla hořením potrubí [1].

Z nehořlavých hmot musí být také potrubní rozvody včetně podporujících konstrukcí, nacházející se v požárně nebezpečném prostoru jiného PÚ, než kterému slouží, nemusí však vykazovat požární odolnost [1].

V americké normě [2] jsou přímo vyjmenované materiály, ze kterých musí být potrubí zhotoveno. Jedná se o ocel, hliník, měď, beton, zdivo nebo jílové desky. Dále mohou být použity jiné materiály zkoušené podle normy UL 181 [12] a pokud není teplota dopravovaného vzduchu při normálním provozu vyšší než 52 °C, mohou se použít sádkartonové desky.

---

### 2.3.2 Chráněné potrubí

Pojem chráněné potrubí se používá v národním kodexu norem PBS. V evropských normách, například ve zkušební normě ČSN EN 1366-1 [13] či v klasifikační normě ČSN EN 13501-3 [9], je používán termín požárně odolné potrubí. Definice chráněného potrubí podle ČSN 73 0872 [1] zní: vzduchotechnické potrubí, které má požární odolnost požadovanou pro posuzovaný požární úsek a na němž nejsou v tomto požárním úseku osazeny vyústky.

Chráněné VZT potrubí musí být z nehořlavých nebo nesnadno hořlavých hmot, tedy třídy reakce na oheň A1, A2 nebo B, nelze však užít organických pěnových hmot.

Na chráněná VZT potrubí je třeba nahlížet jako na komplexní výrobní systém, jehož požární vlastnosti byly odzkoušeny v autorizované zkušebně a lze je prokázat příslušnými doklady - protokoly o zkouškách a o klasifikaci. Jsou to tedy „vzduchotechnické chráněné potrubní systémy“ včetně spojů, závěsů, kompenzátorů a prostupů. Při realizaci je nutné dodržet všechny technické parametry a postupy, které byly výrobcem odzkoušeny a následně promítnuty do jeho katalogových listů [14].

### 2.3.3 Nechráněné potrubí

Normová definice pro nechráněné potrubí podle [1] zní: vzduchotechnické potrubí, které nemá požární odolnost požadovanou pro posuzovaný požární úsek, nebo potrubí, na kterém jsou v tomto požárním úseku osazeny vyústky. Požadavky na materiálové provedení jsou uvedeny v kapitole 2.3.1.

### 2.3.4 Vyústění

Vyústění VZT potrubí vně objektu se musí uspořádat a umístit tak, aby se nešířily účinky požáru do PÚ téhož objektu nebo do jiných objektů. ČSN 73 0872 [1] udává přesné požadavky na vzdálenost vyústek od jiných otvorů nebo například východů z CHÚC, kde by mohlo vzniknout nebezpečí.

Otvory pro výfuk vzduchu musí být umístěny nejméně 1,5 m od východů z únikových cest na volné prostranství, od nasávacích otvorů VZT zařízení a od otvorů pro přirozené větrání chráněných i částečně chráněných únikových cest. Od otvorů pro nasávání vzduchu pro umělé větrání CHÚC musí být vzdáleny 3 m. Tyto vzdálenosti je možné nahradit například přepážkou, která bude bránit šíření zplodin hoření. Při posuzování vzdálenosti otvorů VZT například od CHÚC je nutné brát také zřetel na převládající směr větru, který by mohl negativně ovlivnit bezpečnost osob při požáru. Otvory pro sání vzduchu musí být vzdáleny vodorovně alespoň 1,5 m a svisle alespoň 3 m od požárně otevřených ploch obvodových stěn a musí být potrubím vyvedeny alespoň 1 m nad rovinu střešního pláště, pokud je schopen šířit požár. Pokud je střešní plášť požárně otevřenou plochou, otvory pro sání vzduchu nad ním být umístěny nesmí. Tyto požadavky

---

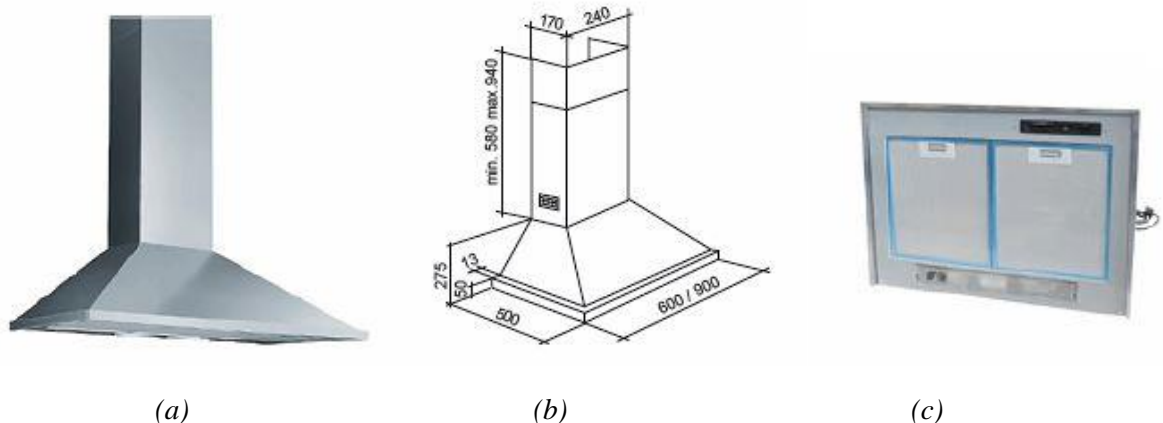
nemusí být dodrženy, pokud je například impulzem elektrické požární signalizace zajištěno samočinné vypnutí při výskytu zplodin hoření.

Vyústky VZT potrubí, které se nachází uvnitř budovy, nesmí být z hmot stupně hořlavosti C3, což odpovídá třídám reakce na oheň E a F.

Podle NFPA 90A [2] mají být přívody vzduchu do objektů umístěny tak, aby se zabránilo vtažení hořlavých materiálů nebo par, proto musí být otvory chráněny mřížkou o velikosti sítě menší než 1,27 cm. Dále se musí minimalizovat přenos požáru nebo kouře z okolních hořlavých nebo nebezpečných objektů do budovy, a to buď správným umístěním nebo instalací požární nebo kouřové klapky. Vývody i přívody vzduchu musí být umístěny alespoň 7,6 cm nad podlahou, pokud není provedeno opatření k zabránění nahromadění nečistot a prachu u vstupu do systému. Pokud jsou otvory umístěny níže než 2,13 m nad podlahou, musí být chráněny mřížkou, skrz kterou neprojde 1,27 cm velká kulička. Vývody i přívody vzduchu musí být zhotoveny z nehořlavých materiálů nebo z materiálů, které mají maximální index šíření plamene 25 a index rozvinutí kouře 50.

### 2.3.5 Digestoře pro centrální systémy

Kuchyňská digestoř je zpravidla umístěna nad varnou plochou. Jejím hlavním úkolem je odtah par a pachů vznikajících při přípravě jídel. Pro odsávání v kuchyních rodinných a bytových domů s centrálním větráním je vhodná digestoř bez ventilátoru (viz obr. 4). Díky tomu, že je ventilátor umístěn mimo digestoř a mimo prostor kuchyně, je výrazně redukován hluk. Regulace průtoku se provádí zavíráním a otevíráním elektricky ovládaného talířového ventilu. Skříň digestoře je tvořena z ocelového plechu a je určena k montáži na stěnu v kuchyních a kuchyňských linkách. Sací mřížka je vybavena tukovým filtrem (viz obr. 4(c)), který by se měl pravidelně čistit. [15]



obr. 4 Digestoř bez ventilátoru: (a) skříň; (b) rozměry; (c) tukové filtry [15]

### 2.3.6 Šachty, průduchy

Šachty a průduchy, které slouží pro rozvod VZT potrubí nebo přímo jako vzduchovody, musí tvořit samostatné PÚ. Součástí těchto úseků může být navazující chráněné VZT potrubí nebo

---

strojovna VZT. Otvory a prostupy v ohraničujících konstrukcích těchto požárních úseků musí být zabezpečeny požárními uzávěry. Požadovaná požární odolnost požárně dělicích konstrukcí šachet se určí v závislosti na stupni požární bezpečnosti PÚ, kterým prochází. Pokud šachta nebo průduch slouží pouze k rozvodům VZT, zařazuje se do I. stupně požární bezpečnosti. [1]

## **2.4 Prostupy vzduchotechnického potrubí požárně dělicími konstrukcemi**

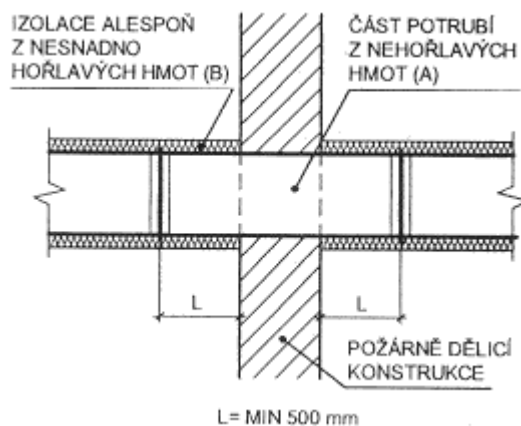
V místě prostupu požárně dělicí konstrukcí musí být VZT zařízení vždy z nehořlavých hmot, tj. z hmot třídy reakce na oheň A1 nebo A2. Pokud je prostupující potrubí osazeno izolací, potom musí být použita izolace třídy reakce na oheň alespoň B (nelze užít organických pěnových hmot, přesto, že sem spadají), a to do vzdálenosti L rovné alespoň druhé odmocnině plochy průřezu potrubí, nejméně však do vzdálenosti 500 mm. V této vzdálenosti nesmí být na potrubí osazeny vyústky. Měření vzdálenosti L závisí na způsobu osazení požární klapky a je patrná z obr. 5, obr. 6 a obr. 7.

Ve většině případů musí být prostupy VZT potrubí požárně dělicími konstrukcemi zabezpečeny požárními klapkami. Existují však výjimky, kdy se požární klapky použít nemusí.

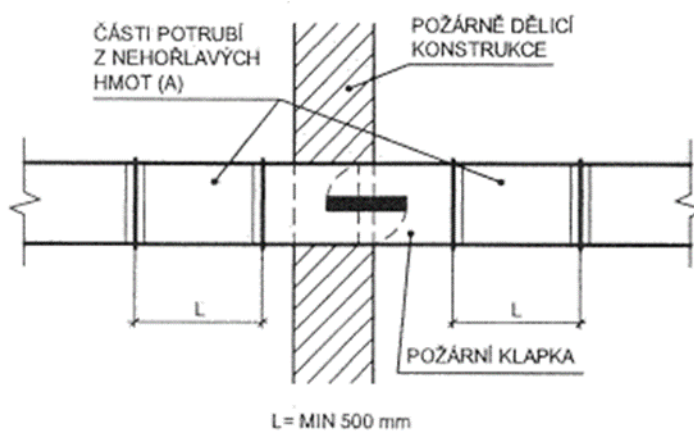
Jedním z případů je, pokud průřez prostupujícího potrubí má plochu nejvýše 40 000 mm<sup>2</sup> a zároveň jednotlivé prostupy nemají ve svém souhrnu plochu větší než 1/100 plochy požárně dělicí konstrukce, kterou VZT potrubí prostupují. Přitom vzájemná vzdálenost prostupů musí být větší než 500 mm a do vzdálenosti 500 mm od vnějšího líce požárně dělicí konstrukce nesmí být osazeny vyústky. [1]

Druhou výjimkou, kdy se nemusí použít požární klapka, je potrubí, které je v posuzovaném PÚ chráněné po celé délce i v místě prostupu požárně dělicí konstrukcí. [1]

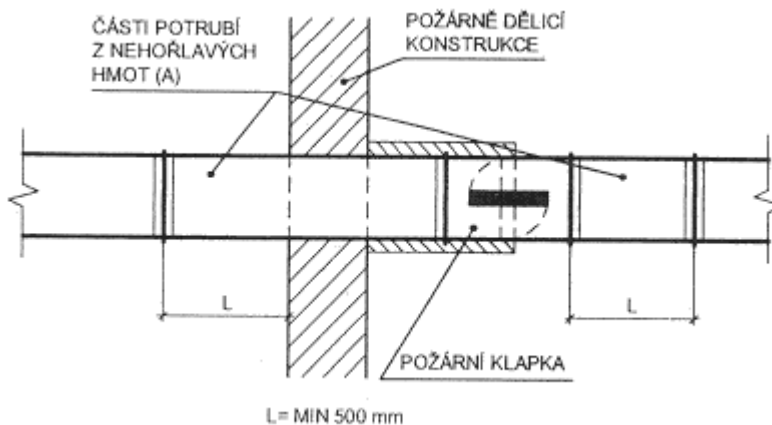
Třetí, poslední výjimka, může být uplatněna, pokud je jiným technickým opatřením či zařízením zajištěno, že nemůže dojít k šíření plamenů, tepla a zplodin hoření VZT potrubím. Zároveň musí být splněny také dvě podmínky: velikost průřezové plochy jednoho potrubí může být maximálně 90 000 mm<sup>2</sup> a souhrnná plocha všech prostupujících potrubí může tvořit maximálně 1/100 plochy požárně dělicí konstrukce, kterou VZT potrubí prostupuje. [1]



obr. 5 Prostup VZT potrubí bez požární klapky [16]



obr. 6 Prostup VZT potrubí s požární klapkou osazenou v požárně dělicí konstrukci [16]

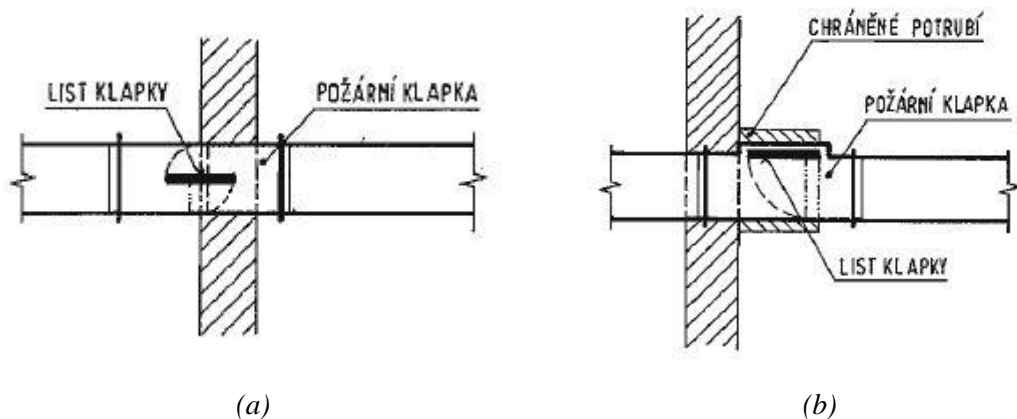


obr. 7 Prostup VZT potrubí s požární klapkou osazenou mimo požárně dělicí konstrukci [16]

Americká norma [2] požaduje instalaci požárních klapek tam, kde vzduchotechnické potrubí proniká nebo končí prostupy ve stěnách nebo příčkách s požadovanou požární odolností 2 hodiny a více. Nevyžadují se tam, kde není nutné chránit jiné otvory (dveře, okna). Dále se požadují ve všech prostupech pro přenos vzduchu umístěných v příčkách, které vyžadují požární odolnost a ve kterých musí být chráněny jiné otvory.

## 2.4.1 Požární klapky

Požární klapky jsou zařízení, která zabráňují šíření požáru a zplodin hoření VZT potrubím mezi jednotlivými PÚ. Podle vyhlášky 246/2001 Sb. [17] se jedná o vyhrazený druh požární bezpečnostního zařízení, na jehož projektování, instalaci, provoz, kontrolu, údržbu a opravy jsou kladeny zvláštní požadavky. Osazují se jako samostatný díl v místě prostupu potrubí požárně dělicí konstrukcí tak, aby list klapky byl umístěn v líci požárně dělicí konstrukce (viz obr. 8 (a)), případně alespoň v těsné blízkosti, kdy musí být potrubí mezi požárně dělicí konstrukcí a listem klapky chráněné, jak je patrné z obr. 8 (b).



obr. 8 Osazení požární klapky: (a) v líci požárně dělicí konstrukce; (b) mimo požárně dělicí konstrukci [1]

Podle [18] musí být požární klapky klasifikovány v souladu s ČSN EN 13501-3 [9], musí být požárně odolné a musí být deklarována klasifikace celistvosti, izolace a kouřotěsnosti.

Požární klapky vykazují mezní stav EI, v některých případech musí být kouřotěsné (mezní stav EI-S), a to v objektech zdravotnických zařízení LZ2<sup>2</sup>, pokud oddělují PÚ s výskytem pacientů a na hranicích požárních úseků shromažďovacích prostorů  $\geq 2$  SP / VP 3<sup>3</sup> nebo  $\geq 3$  SP / VP 2 a na hranicích PÚ únikových cest z nich. Naopak v některých případech může mít požární klapka pouze mezní stav E, a to, pokud je v okolních PÚ stupeň požární bezpečnosti nejvýše I. nebo pokud jsou okolní PÚ vybaveny systémem SHZ, případně DHZ [3].

Otevřené klapky smí být součástí systému vytápění a větrání a uzavřou se pouze na základě zvýšené teploty nebo externího signálu. Tepelný spouštěcí mechanismus musí být vybaven čidlem teploty s odezvou na zvýšenou teplotu v souladu se zkušební metodou [18]. Musí se uzavírat samočinně podle konkrétních podmínek. Uzavření je zajištěno pomocí mechanického, elektrického nebo například pneumatického zařízení (viz obr. 9). List klapky musí po uzavření zůstat v zavřené poloze. [1]. Pokud je v přilehlých požárních úsecích požadována instalace EPS, musí být v nových objektech požární klapky systémem EPS ovládány [3].

<sup>2</sup> Lůžkové zdravotnické zařízení s jednou a více lůžkovými jednotkami (maximálně 50 lůžek pro dospělé nebo 30 lůžek pro děti).

<sup>3</sup> Velikost shromažďovacího prostoru a jeho výšková poloha podle ČSN 73 0831.





(a)



(b)

obr. 9 Požární klapky: (a) čtyřhranná s mechanickým ovládním; (b) kruhová se servopohonem [19]

Ke každé požární klapce musí být umožněn přístup a musí umožňovat ruční zavření a otevření, aby byla možná její kontrola a obsluha. Revizní dvířka včetně těsnění musí mít stejnou požární odolnost jako klapka nebo VZT potrubí, na kterém jsou umístěna. Jestliže má být zabudovány dvě nebo více klapek v jedné požárně dělicí konstrukci, musí být vzdálenost mezi sousedními klapkami minimálně 200 mm. Pokud se nejedná o osově otáčivé uzavírací prvky, má být klapka zabudována tak, aby se uzavírala ve směru proudění vzduchu [1].

Požární klapky musí být z nehořlavých hmot, výjimku tvoří list klapky, který může být i z nesnadno hořlavých hmot (kromě organických pěnových).

#### 2.4.2 Stěnové požární uzávěry

Uzávěry nepotrubních větracích otvorů v požárních stěnách nebo stropích (např. žaluzie, stěnové uzávěry, zpěňovací mřížky, požární ventily) musí splňovat mezní stav EI, E nebo EI-S. Pokud mají tyto otvory plochu do 0,09 m<sup>2</sup>, postačuje jejich klasifikace E 15/30, nesmí však vést do CHÚC, navazující částečně chráněné únikové cesty ani do šachet požárních a evakuačních výtahů, nesmí být větší než 1/100 plochy požárně dělicí stěny, kterou otvory prochází a musí být výrobkem třídy reakce na oheň A1 až B. K uzavření otvorů musí dojít samočinně, do 120 s od vzniku požáru. Větrací otvory, které vedou požárně dělicí konstrukcí do CHÚC, navazující částečně chráněné únikové cesty musí splňovat mezní stav EI, nebo EI-S a musí být ovládnuty systémem EPS [3].

#### 2.4.3 Těsnění prostupů potrubí

Dříve se jednalo o velmi složitou problematiku, která je řešena ve dvou normách [3] a [1]. V roce 2016 byla zpřesněna a doplněna norma ČSN 73 0810. Změny se týkaly mimo jiné požadavků na těsnění prostupů potrubí a kabelů požárně dělicí konstrukcí, které byly zpřísněny, ale také značně zjednodušeny.

---

Rozvody VZT, stejně jako jiných technických a technologických zařízení, mají být navrženy tak aby co nejméně propustovaly požárně dělicími konstrukcemi. Pokud těmito konstrukcemi potrubí prochází, nesmí dojít ke snížení požární odolnosti požárně dělicí konstrukce. Musí být tedy vyřešeno těsnění prostupu okolo tohoto potrubí. Těsnění se provádí buď použitím požárně bezpečnostního zařízení - systému požární přepážky nebo ucpávky, nebo dotěsněním - například dozděním, případně dobetonováním.

Těsnění dobetonováním nebo dozděním lze použít pouze v případě, že se jedná o vstup zděnou nebo betonovou konstrukcí, těsnění musí být provedeno v celé tloušťce konstrukce, hmotami třídy reakce na oheň A1 nebo A2. Lze použít pro maximálně tři VZT potrubí třídy reakce na oheň A1 nebo A2 nebo maximálního vnějšího průměru 30 mm. Případné izolace potrubí v místě vstupů musí být také nehořlavé a musí přesahovat alespoň 500 mm na obě strany konstrukce. Toto těsnění nelze použít u vstupů konstrukcemi okolo chráněných únikových cest, požárních a evakuačních výtahů. [3]

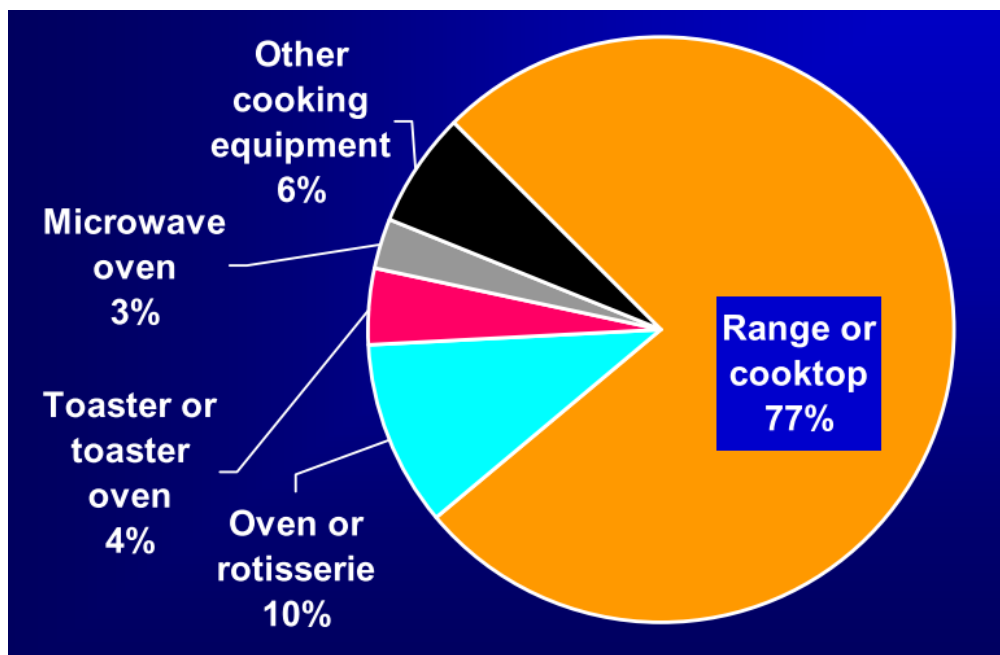
V ostatních případech musí dojít k realizaci požárně bezpečnostního zařízení, a to výrobku požární přepážky nebo ucpávky. Potom se vstupy hodnotí kritérii EI v požárně dělicích konstrukcích EI nebo REI, nebo E v požárně dělicích konstrukcích EW nebo REW. [3]

Podle ČSN 73 0872 [1] musí být místa vstupu utěsněna hmotou alespoň stejného stupně hořlavosti jako je požárně dělicí konstrukce, nejvýše však C1 (odpovídá třídě reakce na oheň C) a musí vykazovat požární odolnost stejnou jako konstrukce, kterou potrubí vstupuje, ale nepožaduje se vyšší než 60 minut.

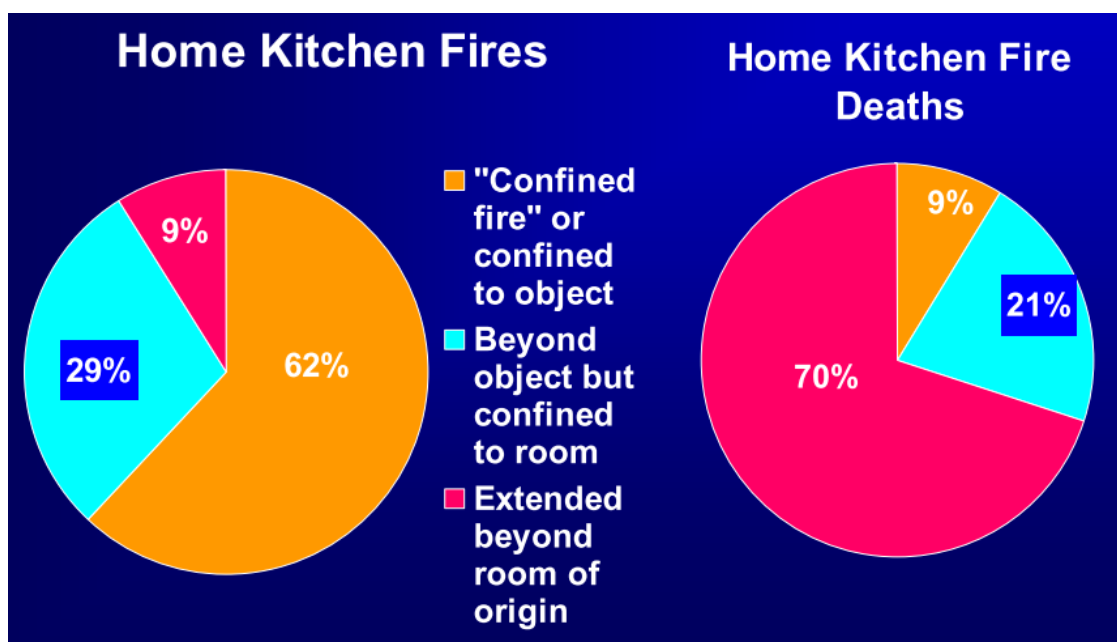
## **2.5 Rizika vzniku a šíření požáru v kuchyni**

### **2.5.1 Statistiky**

V roce 2006 proběhl v budově NIST v Gaithersburgu workshop, který se zabýval otázkou, jak snížit ztráty na majetku a životech při požárech v kuchyních obytných domů. Probírali testové metody, nové technologie a výzkum, který by mohl výrazně zlepšit ochranu proti požáru v bytových domech, především v kuchyních. Ve speciální publikaci [20], vydané na základě tohoto workshopu, se nachází také prezentace jednotlivých přednášejících. Jednu z nich zpracovala Marty Ahrens z NFPA a věnuje se v ní statistikám požárů v bytových domech v letech 1999 až 2002. Kuchyně se stala s 34 % nejčastějším místem vzniku požáru, zároveň zde dochází k nejvíce zraněním. Celkem bylo průměrně na území USA nahlášeno 125 500 požárů vzniklých v kuchyni za rok, zemřelo při nich 460 osob a bylo zraněno 5 090 osob, škody na majetku byly vyčísleny na 771 miliónů dolarů. Nejčastější příčinou vzniku požáru bylo kuchyňské vybavení (54 %) a poté nepozornost při vaření. Na obr. 10 můžeme vidět, jaké vybavení bylo nejčastěji v požáru zahrnuto - v 77 % případů se jednalo o sporáky a varné desky. Na obr. 11 je vidět, že k rozšíření požáru mimo kuchyň dojde pouze v 10 % případů, avšak právě tyto požáry mají na svědomí nejvíce úmrtí.

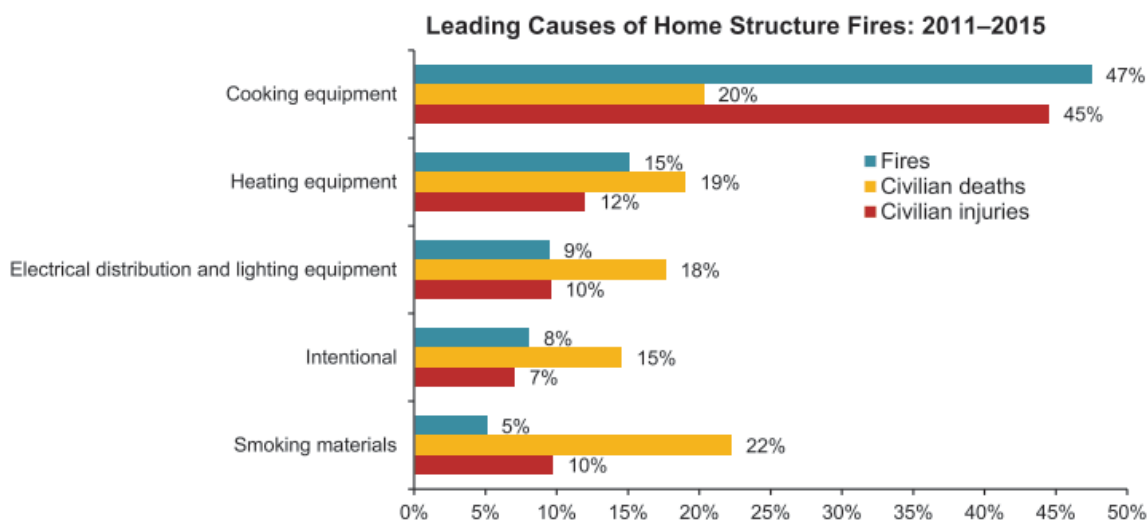


obr. 10 Identifikované kuchyňské vybavení, které nejčastěji způsobují požár [20]



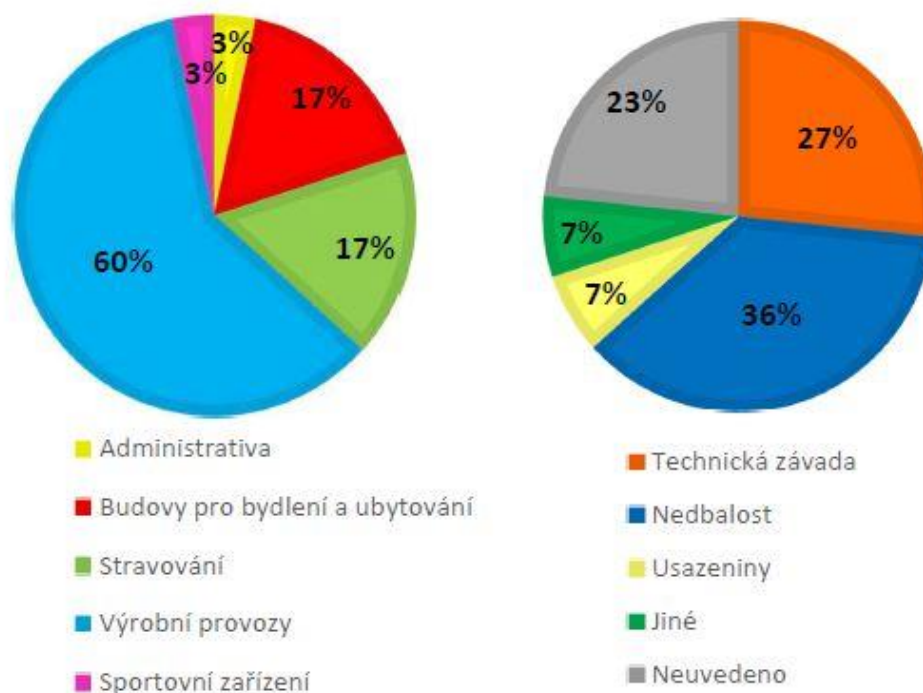
obr. 11 Úmrtí v závislosti na šíření požáru [20]

V roce 2017 napsala Marty Ahrens z NFPA článek s novými statistikami z požárů rodinných a bytových domů od roku 2011 do roku 2015 [21]. Stejně jako v minulých letech, i tady je kuchyň nejčastějším místem vzniku požáru – vznikne zde více než dva z pěti nahlášených požárů budov (43 %) a dochází zde k největšímu počtu zranění. Na obr. 12 vidíme, že kuchyňské vybavení je stále nejčastější příčinou vzniku požáru a zranění osob a druhou nejčastější příčinou úmrtí. Nejčastější příčinou úmrtí jsou materiály s vysokým indexem šíření kouře.



obr. 12 Příčiny vzniku požárů v rodinných a bytových domech [21]

Počet nahlášených požárů v bytech a domech a počet úmrtí při těchto požárech se od roku 1980 do roku 2015 snížil zhruba na polovinu. To dokazuje, že od roku 1980 jsme udělali podstatný pokrok nejen v prevenci požárů.



obr. 13 Graf četnosti požárů podle charakteru provozu a podle příčiny požáru [22]

V minulosti došlo k několika požárům, které měly souvislost se VZT, jak ve výrobních, tak i v nevýrobních objektech. Přehlednou statistiku zpracovala ve své diplomové práci Magda Petráková [22] na základě zpráv o proběhlých požárech na portálu [www.pozary.cz](http://www.pozary.cz). Uvádí celkem 30 požárů na území České republiky v rozmezí patnácti let, z toho 60 % jich vzniklo ve výrobních

---

provozech, především strojího průmyslu, kde byly příčinou technické závady na ventilátorech VZT a nedbalost zaměstnanců. Ve stejném podílu 17 % došlo k požáru ve stravovacích provozech, především v restauracích a provozovnách rychlých občerstvení, a také v budovách pro bydlení a ubytování. Zde požár nejčastěji způsobila neopatrná práce s otevřeným ohněm a opět nedbalost lidí, která se stala nejčastější příčinou požáru. Shrnutí je patrné z grafu na obr. 13.

## 2.5.2 Požáry, které vznikly v kuchyni

### Bytový dům v Čelákovících

Požár vypukl v červenci 2007 v bytovém domě v Čelákovících [23]. Majitelka bytu v 7. NP se na chvíli vzdálila od smažení jídla a když se vrátila, byt byl v plamenech. Požár se rozšířil stoupačkami do 8. NP a následně prostoupil i na střechu, kde shořelo 600 m<sup>2</sup> plochy (viz obr. 14). Pro uhašení požáru bylo spotřebováno velké množství vody, které vytopilo i většinu bytů nezasážených požárem. Dva zasahující hasiči se nadýchali zplodin hoření, škoda byla odhadnuta na pět miliónů korun.



(a)

(b)

obr. 14 Požár bytového domu v Čelákovících 2007: (a) požár střešního pláště; (b) střecha po požáru [23]

### Bytový dům v Plzni

V listopadu 2012 vypukl požár v Plzni v přízemí budovy o osmi nadzemních podlažích [24]. Příčinou byla pravděpodobně nedbalost užívatelky bytu. Požár vznikl od sporáku v kuchyni (viz obr. 15) a ventilační šachtou se vlivem komínového efektu postupně rozšířil do všech vyšších pater a zničil tak 8 bytů. Zajímavé je, že největší škody požár způsobil ve 4. a 5. NP. U požáru zasahovalo celkem pět jednotek hasičů. Šest osob bylo odvezeno do nemocnice, škody byly odhadnuty na cca deset miliónů korun.



(a)



(b)

obr. 15 Požár bytového domu v Plzni 2012: (a) instalační šachta; (b) sporák - místo vzniku požáru [24]

### Bytový dům v Miskolci

V srpnu roku 2009 vypukl požár v bytovém domě v Miskolci v Maďarsku [25]. Dům měl jedenáct nadzemních podlaží, požár vznikl v 9. NP, opět v kuchyni, a rozšířil se až do nejvyššího bytu a také o jeden byt níže. Další byty a únikové schodiště se zaplnilo kouřem. Zemřela jedna žena a dvě děti, dvanáct osob se nadýchalo zplodin hoření. Hlavním důvodem rozšíření požáru bylo špatné řešení zateplovacího systému při rekonstrukci v roce 2007. Byl použit pouze polystyren, který byl navíc lepený lokálně (viz obr. 16), takže po celé ploše vznikla souvislá dutina, která zapříčinila rozšíření požáru i o patro níže. Požární pásy jsou v Maďarsku povinné až od roku 2008. Kouř se rozšířil také instalační šachtou, kde na hranicích s bytovými jednotkami chyběly požárně dělící konstrukce a ucpávky.



(a)



(b)

obr. 16 Požár bytového domu v Miskolci 2009: (a) pohled na fasádu po požáru; (b) lokální lepení polystyrenu

---

## Bytový dům v Praze 8

Jedním z nejtragičtějších požárů související se VZT byl požár v panelovém domě v Praze 8 (viz obr. 17) [26]. Bylo evakuováno více než 40 osob, devět z nich se nadýchalo zplodin hoření, jedna žena zahynula. Požár vypukl 31.12.2003 v bytě v 7. NP, příčinou byla technická závada lednice, která stála v blízkosti VZT potrubí. V bytě se nacházela dvě větrací potrubí, jedno sloužilo pro odvětrání kuchyně, mělo průřez nad 40 000 mm<sup>2</sup> a plamenné hoření se jím rozšířilo do jednoho bytu nad ním, druhé sloužilo k odvětrání spížírně, to mělo průřez menší než 40 000 mm<sup>2</sup> a nebylo nijak požárně zabezpečeno, otvory byly pouze opatřeny malými zasouvacími plechovými uzávěry. Požár se rozšířil do všech bytů, které tyto uzávěry měly otevřené.



(a)

(b)

(c)

obr. 17 Fotografie požáru panelového domu: (a) byt v 7. NP; (b) výšková technika hasičů a téměř uhašený požár rozšířený v několika podlažích; (c) zničený byt [26]

Škoda byla odhadnuta na tři milióny korun. To všechno se stalo přesto, že požární zabezpečení vzduchotechnických zařízení v celém objektu byla provedena dle platných předpisů a norem [26]. Tento případ je jedním z podnětů pro aktualizaci normy [1] i snahu o zabránění vzniku dalších takových požárů.

### 2.5.3 Usazeniny

Zanesené potrubí VZT může představovat v případě požáru velká rizika, zejména může přispívat k šíření požáru do sousedních bytů či místností a dalších podlaží objektu. Velký problém představují např. mastnoty z kuchyně v kombinaci s prachem, zbytky barev z lakoven, ve kterých se používají hořlavé nebo práškové barvy, textilní prach, dřevěné piliny apod. Požáry usazenin uvnitř VZT potrubí se obtížně hasí, v řadě případů se musí zásah omezit na ochranu okolí a usazeniny se nechají vyhořet.

Mastnota se do systému stoupacího potrubí dostává mimo jiné z kuchyňských digestoří, které i přes použití různých filtrů pro zachycování nečistot propustí páry s částicemi oleje.



obr. 18 Zanesené potrubí VZT: (a) potrubí; (b) ventilátor [27]

#### 2.5.4 Čištění vzduchotechnických potrubí

Existují technologické postupy pro čištění a desinfekce stoupacího potrubí centrálního odsávání VZT a stoupaček VZT v panelových domech, ale žádným závazným právním předpisem není toto čištění požadováno. VDI směrnice 2052 [28] ve spojení s BGR 111<sup>4</sup> a zákonem o ochraně pracovních podmínek pravidelnou inspekci pouze doporučují. Proto, především ve starých panelových domech, kde se musí shodnout nájemníci, kteří raději investují do nových oken nebo fasády, je tato technologie opomíjena.

Firmy, které se touto problematikou zabývají, uvádějí na svých webových stránkách fotografie zanesených potrubí, pořízené při kamerových průzkumech (viz obr. 18). Také potvrzují, že veškerá stoupací potrubí VZT v panelových domech, která slouží pro odvětrání bytů nájemníků a která zatím prozkoumali, jsou silně zanesena prachem, mastnotou a ostatními nečistotami, které obsahují bakterie, viry a různé druhy plísní. Tyto látky také zvyšují riziko vzniku požáru a jeho šíření do sousedních bytů, nebo místností [27].

Před realizací čištění a dezinfekcí, firma zjistí stav znečištění stoupacího potrubí kamerovou prohlídkou. Následně se speciálními technologiemi, která zajistí odstranění prachu, mastnoty a ostatních nečistot, provede mechanické a chemické čištění stěn potrubí VZT. Poté se ještě potrubí vydezinfikuje antivirovými dezinfekčními prostředky. Celý proces se provádí ze střechy a není nutná přítomnost majitelů bytů. [27]

### 2.6 Experiment: Zdroje požáru v kuchyni

Ve většině čínských bytů jsou alespoň dva sporáky. V českých bytech bývá jeden, ale i tak v kuchyních vzniká nejvíce požárů (viz kapitola 2.5.1). Pro smažení či fritování je používáno velké množství rostlinného oleje. Při vaření stačí chvilka nepozornosti a olej se může zahřát na teplotu vznícení. K rozšíření požáru v kuchyni nejčastěji dochází vznícením či vzplanutím předmětů či skříněk umístěných blízko zdroje požáru. Velké množství kuchyní navíc není zcela uzavřených

<sup>4</sup> Předpis německé pojišťovny DGUV týkající se práce v kuchyňských podnicích



---

od ostatních částí bytu. V takových případech se požár může rychle rozšířit, a dokonce způsobit flashover<sup>5</sup>.

V roce 2011 bylo v severovýchodní Číně provedeno několik plnoměřítkových požárních experimentů [29]. Většina požárů v Čínských kuchyních začíná od „wok“ pánví na sporácích. Pro hodnocení tepelného prostředí v kuchyni byla sledována rychlost uvolňování tepla při hoření těchto wok pánví s olejem na vaření u dvou požárních scénářů. V prvním scénáři byly v kuchyni dvě wok pánve a ve druhém scénáři šest wok pánví, k čemuž dochází při pořádání banketů. Jelikož se v čínských restauracích běžně instalují sprinklery a systémy vodní mlhy, zkoumaly se zde primárně jejich účinky na tyto požáry.

Na tyto experimenty navázali v roce 2013 analytickou a experimentální studií [30], kde byla použita pouze data bez zahrnutí sprinklerů a systému vodní mlhy. Spolu s uvedenými experimenty byly analytickými studiemi zkoumány průměrná rychlost uvolňování tepla, doba hoření a průměrný úbytek hmotnosti. Uvedené charakteristiky byly porovnány pro tři typické požární scénáře, a to pro dvě (Ex1), čtyři (Ex2) a šest (Ex3) wok pánví. Pánve měly průměr 360 mm a hloubku 110 mm a experiment byl proveden v místnosti o velikosti 3,6 m x 2,4 m x 2,4 m s osazenými dveřmi šířky 0,8 m a výšky 1,9 m. V každém testu byl použit 1 litr oleje o hmotnosti 0,92 kg v každé pánvi.

V místnosti byly navíc pánve umístěné v různé vzdálenosti od dveří a zkoumal se tak i vliv přirozeného větrání. Pánev umístěná nejbližší dveřím měla rychlejší úbytek hmotnosti za kratší čas hoření. Naopak pánve nejdále od dveří měla menší úbytek hmotnosti za delší čas hoření. Na obr. 19 jsou fotografie z průběhu experimentů, na kterých je tento rozdíl vidět.



(a)

(b)

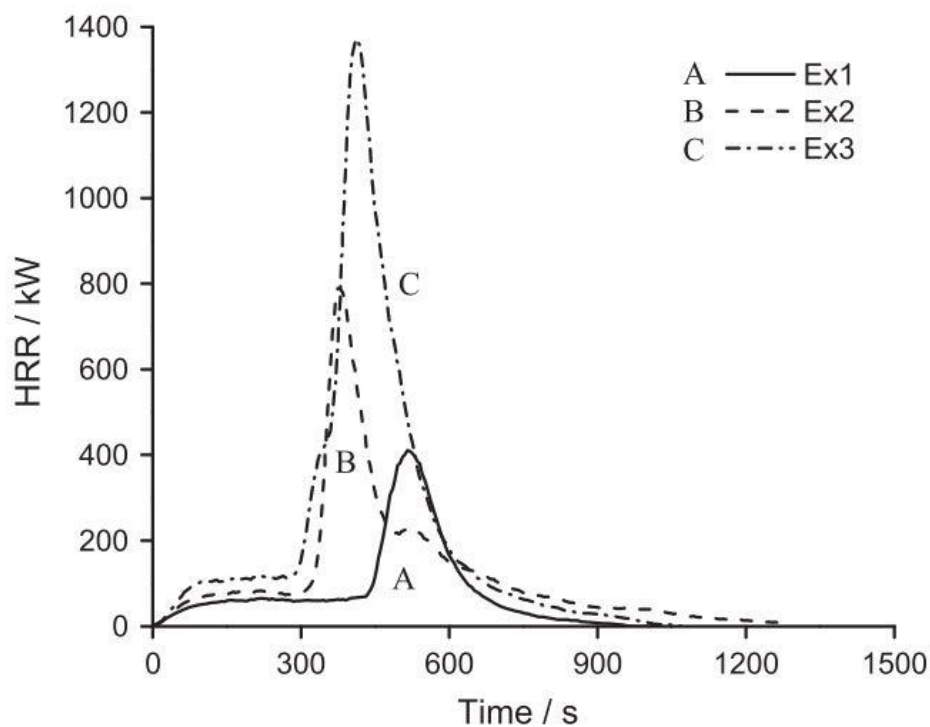
obr. 19 Fotografie z průběhu testů: (a) Ex2; (b) Ex3

---

<sup>5</sup> Flashover = náhlé vzplanutí plynů v celém uzavřeném prostoru

Rychlosti uvolňovaného tepla byly měřeny metodou spotřeby kyslíku. Naměřené hodnoty v čase pro jednotlivé testy jsou zobrazeny na obr. 20. Je zde vidět prudký nárůst ihned po vznícení oleje. Maximální hodnoty dosahují pro Ex1 400 kW, pro Ex2 800 kW a pro Ex3 až 1,4 MW. Po dosažení maximálních hodnot křivka rychle klesá, což souvisí se zmenšením plochy oleje v pánvi.

Do diplomové práce využijeme křivku rychlosti uvolňovaného tepla z oleje v čase (viz obr. 20) pro Ex1, který se nevíce přibližuje našemu požárnímu scénáři. Jedná se o dvě pánve umístěné blízko dveřím, hoření má tedy stálý přísun čerstvého vzduchu. Čas hoření je okolo 170 sekund a maximální hodnoty HRR 400 kW. Hodnoty HRR vydělíme dvěma a použijeme pro naši jednu pánev.



obr. 20 Rychlost uvolňovaného tepla pro jednotlivé experimenty [30]

---

## 3 Matematický model

### 3.1 Zvolená metoda

#### 3.1.1 CFD model (Computational Fluid Dynamics)

Pro posouzení návrhového scénáře byl použit tzv. CFD model. Tento matematický, deterministický model je založen na tzv. principu dynamického proudění tekutin. Tekutinu v případě požáru reprezentuje dynamicky proudící směs vzduchu, kouře a plynných zplodin hoření, jejichž pohyb je iniciován tepelným účinkem požáru.

Pro řešení CFD modelu se nejčastěji používá metoda konečných objemů, kdy je řešená oblast rozdělena do tzv. kontrolních objemů (buněk), mezi kterými probíhá vzájemná výpočetní interakce. Počet těchto trojrozměrných kontrolních objemů je konečný – vytvářejí prostorovou síť. V CFD modelech jsou pro každou buňku řešeny kromě stavových rovnic zachování hmoty a energie, jako je tomu u zónových modelů, také rovnice zachování hybnosti. O náročnosti výpočtu výrazně rozhoduje jemnost výpočetní sítě.

Strukturu tohoto modelu tvoří **pre – procesor**, tj. textový editor (tzv. zdrojový kód), **procesor** - FDS a **post – procesor**, tj. Smokeview a tabulky (Excel). Požární specifika jsou řešena pomocí tzv. požárních submodelů, jako je například submodel hoření, radiace nebo sdílení tepla.

#### 3.1.2 Program Fire Dynamics Simulator (FDS) a Smokeview (SMV)

FDS a Smokeview jsou produkty instituce NIST (National Institute of Standards and Technology) a VTT Technical Research Centre of Finland. Hlavními vývojáři FDS jsou Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Randall McDermott, Jason Floyd, Marcos Vanella, Craig Weinschenk a Kristopher Overholt, u Smokeview je to Glenn Forney.

National Institute of Standards and Technology of the United States Department of Commerce poskytuje FDS a Smokeview zdarma a volně ke stažení. Pro vytvoření modelu na tuto diplomovou práci byla použita verze FDS 6.6.0, SMV 6.6.0.

FDS je výpočetní program, který podle vstupních dat ze zdrojového kódu řeší rovnice popisující vývoj požáru, především pohyb kouře a tepla. Jedná se o Navier-Stokesovy rovnice pohybu tekutin nízkých rychlostí, které jsou způsobeny tepelným účinkem. Program má několik nezávislých submodelů, které řeší různé problematiky. Pro požární inženýrství jsou nejdůležitější submodel hoření a submodel sdílení tepla.

Pro interpretaci dat získaných výpočtem v FDS jsme použili další, už nevýpočetní program Smokeview. Ten má narozdíl od FDS vlastní uživatelské rozhraní a dokáže graficky zobrazit model a požadované výsledky pomocí vizualizací.

---

### 3.1.3 Verifikace a validace

Pro verifikaci softwaru FDS je nutné ověření matematických modelů, s nimiž software počítá. Vzhledem ke komplexnosti softwaru, verifikace modelu obsahuje široký rozsah aktivit, od samotné kontroly programu porovnáváním s výpočty po přesné analytické řešení s ohledem na citlivost desítek numerických parametrů. Výčet veškerých provedených verifikací je k nalezení v publikaci Verification Guide [31], která je součástí instalace programu.

Pro validaci je zapotřebí porovnat předpověď počítačového modelu s experimentem (s fyzikálním modelem) a zhodnotit míru shody. Výčet všech takových dosud naměřených výsledků je v publikaci Validation Guide [32] popsán přehledně pomocí tabulek a grafů. S každou novou verzí programu se počet validací rozšiřuje. Na několika experimentech i na reálných požárech byla validována například detekce kouře, výška kouřové vrstvy, šíření plamene či tepelný tok.

## 3.2 Vstupní data

Návrhovým požárním scénářem je požár v kuchyni na sporáku a následné šíření účinků požáru digestoří a větracím potrubím do vyšších pater. Sporák je umístěn v rohu místnosti, jako tomu bylo při požáru v Plzni (viz kapitolu 2.5.2). Ventilátor je uvažován vypnutý. Pro porovnání velikosti rozšíření požáru namodelujeme požár bavlněné utěrky a také požár oleje v pánvi. Abychom se co nejvíce přiblížili nejhoršímu požárnímu scénáři, bude v některých modelech navíc v potrubí vrstva usazenin (viz kapitolu 2.5.3). Usazeniny se ve větracím potrubí kuchyně v panelových domech nachází velmi často. Tvoří je mastnoty vzniklé při vaření v kombinaci s prachem a při požáru mohou být důležitým faktorem pro rozšíření do vedlejších místností či bytů.

Uvažujeme bytový dům se společným odvodním potrubím v instalační šachtě. Připojovací potrubí bude mít průřez velikosti 100x100 mm a bude napojené na společné odvodní potrubí o rozměrech průřezu 200x200 mm. Kuchyň se nachází v přízemí bytového domu, budeme sledovat rozšíření požáru do prvního a druhého patra. Na rozhraních PÚ není použita požární klapka a dá se tedy předpokládat šíření účinků požáru do vyšších pater, obzvláště ve znečištěném potrubí, kde se mohou vznítit mastné usazeniny.

Celkem uvažujeme tři modely, jejichž zdrojový kód se nachází v Příloze, budeme pozorovat rozdíly v naměřených teplotách a velikosti rozšíření účinků požáru do vyšších pater:

- **MODEL 1:** požár bavlněné utěrky, připojovací potrubí je zanesené usazeninami a je napojené na čisté společné odvodní potrubí v instalační šachtě
- **MODEL 2:** požár od oleje v pánvi, veškeré potrubní rozvody jsou čisté
- **MODEL 3:** požár od oleje v pánvi, připojovací potrubí je zanesené usazeninami a je napojené na čisté společné odvodní potrubí v instalační šachtě

### 3.2.1 Výpočetní čas a oblast

Nejprve byla do zdrojového kódu příkazem TIME zadána doba, po kterou bude simulace probíhat. Po zvážení doby hoření vzorku a rychlosti šíření požáru vzduchotechnickým potrubím byl zadán čas simulace 600 sekund (10 minut) pro model 1 a 2 a 900 s (15 minut) pro model 3.

Poté byly zadány potřebné příkazy pro geometrii modelu. Výpočetní oblast byla rozdělena na deset výpočetních sítí tvořených pravidelnými výpočetními objemy (buňkami) tak, aby na sebe buňky sousedních sítí navazovaly. Velikost výpočetních sítí a buněk můžeme vidět v tab. 4. Geometrie celého modelu je patrná z obr. 21.

tab. 4 Velikost výpočetních sítí a buněk

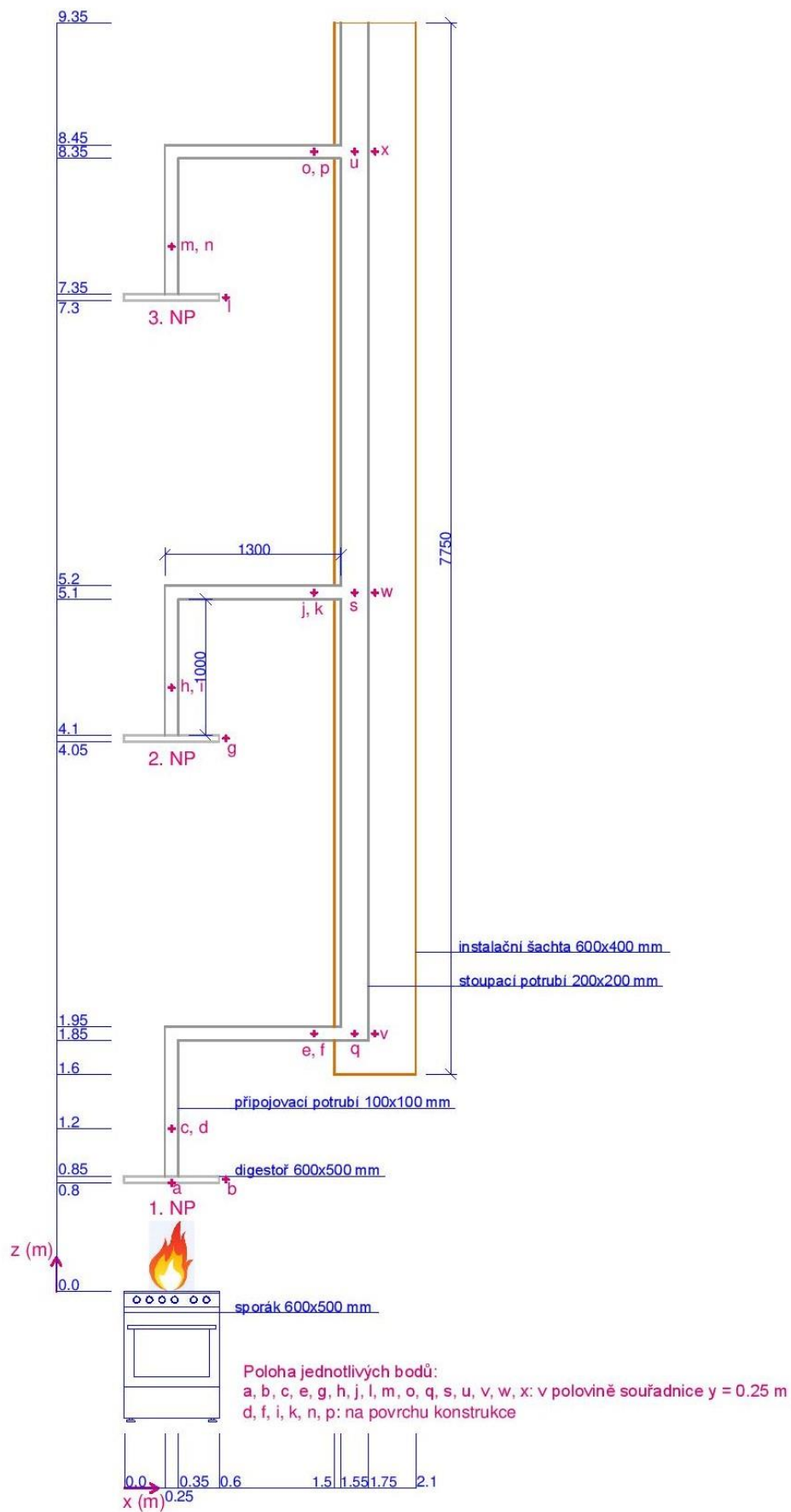
sít'	Velikost sítě [mm]	Velikost jedné buňky [mm]	Počet buněk	Celkový počet buněk
sit_1	800x600x900	50x50x50	16x12x18	3 456
sit_2	100x100x1050	25x25x25	4x4x42	672
sit_3	1150x100x100	25x25x25	46x4x4	736
sit_4	600x400x7750	50x50x50	12x8x155	14 880
sit_5	800x600x200	25x25x25	32x24x8	6 144
sit_6	100x100x1050	12,5x12,5x12,5	8x8x84	5 376
sit_7	1150x100x100	25x25x25	46x4x4	736
sit_8	800x600x200	25x25x25	32x24x8	6 144
sit_9	100x100x1050	12,5x12,5x12,5	8x8x84	5 376
sit_10	1150x100x100	25x25x25	46x4x4	736

### 3.2.2 Okrajové podmínky a pevná tělesa

Příkazy SURF a VENT nadefinujeme vlastnosti povrchů pevných těles a okrajů výpočetní oblasti. Tyto příkazy jsou často propojené s materiály (viz kapitolu 3.2.3). Také jimi můžeme specifikovat tloušťku prvku, průhlednost a například barvu, která se zobrazí v programu Smokeview. Do příkazu SURF dále zadáme rychlost uvolňování tepla daného zdroje hoření (HRRPUA) a usazeninám úbytek hmotnosti na jednotku plochy (MLRPUA) a zápalnou teplotu, čímž docílíme postupného rozvoje a šíření požáru (viz kapitolu 3.2.4).

Pro namodelování digestoří a vzduchotechnického potrubí uvnitř šachty použijeme příkazy OBST a HOLE, kterými vytvoříme pevná tělesa a otvory v nich. Digestoře mají tvar kvádrů a jsou definované šesticí souřadnic, které odpovídají tělesové úhlopříčce kvádrů, zadaná geometrie musí korespondovat se zadaným rastrem výpočetních sítí. U vzduchotechnického potrubí by při dodržení rastru byly příliš široké stěny, proto je vytvořena tzv. „tenká konstrukce“, kde je jeden rozměr nulový. Tenká konstrukce má v příkazu SURF zadanou tzv. „virtuální“ tloušťku a chová se jako běžné těleso, které vytváří překážku pro proudění tekutin.

Jelikož výpočetní síť může být pouze pravoúhlá, je nutno se jí přizpůsobit. Proto je i větrací potrubí, které bývá nejčastěji kruhového průřezu, zjednodušeně uvažováno průřezu čtvercového.



obr. 21 Schéma, geometrie modelů, poloha měřicích bodů

### 3.2.3 Materiálové charakteristiky

Jedním z hořících vzorků je bavlna, resp. celulóza, která se v bavlně vyskytuje téměř v čisté podobě (i přes 94 %). Celulóza je nejrozšířenější organickou sloučeninou. Je to krystalická látka, která je nerozpustná ve vodě a v přírodě se rozkládá. Tvoří ji ze 44,4 % uhlík, z 6,17 % vodík a z 49,39 % kyslík [33]. Efektivní výhřevnost (hodnota uvažující nedokonalé spalování materiálu) celulózy je 16 090 kJ/kg [34].

Druhým zdrojem hoření je rostlinný olej. Jeho efektivní výhřevnost je 40 500 kJ/kg [35]. Olej také představuje vrstvu usazenin v potrubí. Pro vzduchotechnické potrubí je použit materiál ocel. Měrná tepelná kapacita oceli je proměnná v závislosti na teplotě, viz tab. 6. Posledním použitým materiálem je pórobeton, který tvoří šachtu a stěnu za sporákem.

Hodnoty měrné tepelné kapacity, součinitele tepelné vodivosti a objemové hmotnosti použitých materiálů jsou uvedeny v tab. 5.

tab. 5 Materiálové charakteristiky

Materiál	Měrná tepelná kapacita $c$ [kJ/(kg.K)]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(m.K)]	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Zdroj
bavlna	1,6	0,23	1500	[35]
rostlinný olej	2,1	0,17	920	[30], [35]
ocel	tab. 6	35,00	7850	[36]
pórobeton	1,0	0,35	870	[37]

tab. 6 Hodnoty měrné tepelné kapacity oceli [36]

Teplota [°C]	Měrná tepelná kapacita [kJ/(kg.K)]
20	0,425
600	0,760
735	5,000
900	0,650

### 3.2.4 Zdroje požáru a jejich požárně technické charakteristiky

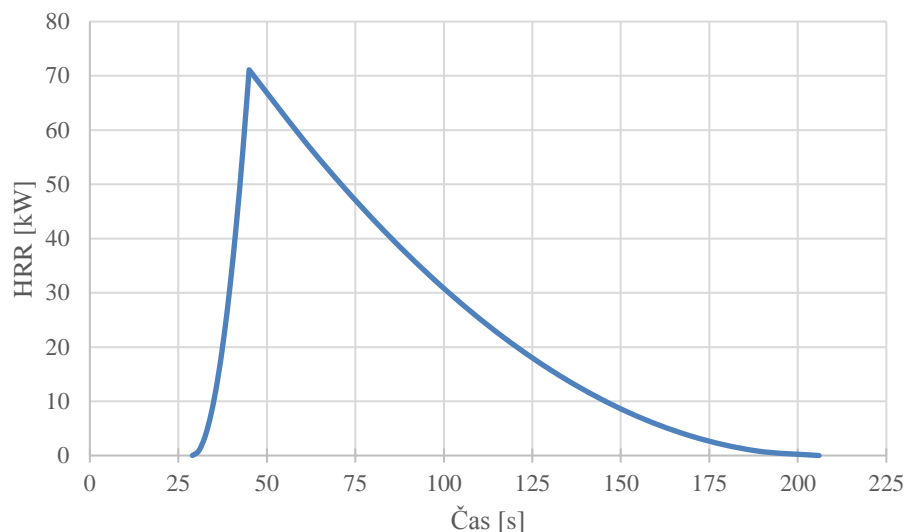
#### Model 1

Zdrojem požáru v modelu 1 je bavlněná utěrka, umístěná uprostřed sporáku. Plocha požáru byla zvolena na 200x200 mm a umístěna do výšky 50 mm nad sporák. Tloušťka materiálu je uvažována 1 cm.

Pro zadání rychlosti uvolňovaného tepla z hořícího vzorku byla použita položka „bavlněná tkanina“ z Katalogu HRR publikace [14], měřená kónickým kalorimetrem. Hodnoty výkonu zde byly přepočteny na t-kvadratický požár a dosahovaly maximálně 71,1 kW. Do zdrojového kódu

---

do příkazu SURF byl výkon přepočten na jednotku plochy:  $HRRPUA^6 = HRR / (\text{hořící plocha}) = 71,1 / (0,2 * 0,2) \text{ kW/m}^2 = 1777,5 \text{ kW/m}^2$ . Proměnlivost v čase byla následně zhodnocena funkcí RAMP. Křivku rychlosti uvolňovaného tepla vidíme na obr. 22.



obr. 22 Křivka HRR pro bavlněnou tkaninu

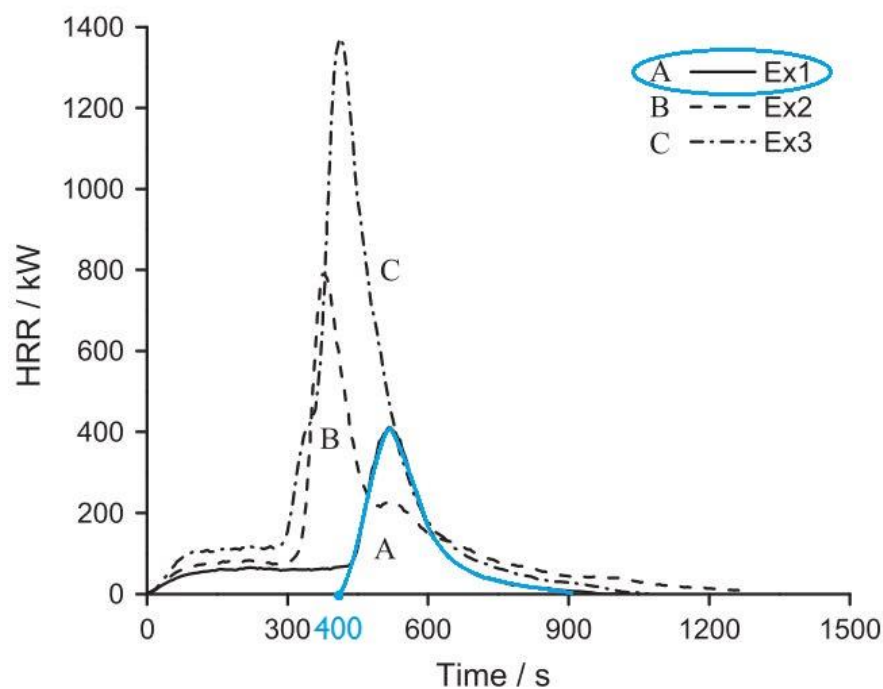
### Model 2 a 3

Zdrojem požáru v modelech 2 a 3 je rostlinný olej. Plocha požáru byla zvolena na 300x300 mm a tloušťka je uvažována 10 cm. Jedná se tedy o 900 ml oleje, abychom se co nejvíce přiblížili provedenému experimentu, popsanému v kapitole 2.6, kde byl použit jeden litr oleje v každé pánvi. Z tohoto experimentu použijeme naměřenou křivku rychlosti uvolňovaného tepla v čase v Ex1, kde hořely dvě pánve s olejem (viz obr. 23). Pro naše účely (pro jednu pánev) hodnoty HRR z Ex1 vydělíme dvěma, maximální hodnota výkonu tedy dosahuje 200 kW. Po přepočtení na jednotku plochy bude  $HRRPUA = 2222,2 \text{ kW/m}^2$ . Pro zkrácení doby výpočtu do zdrojového kódu zadáme HRR od doby vznícení oleje v 400. sekundě.

---

<sup>6</sup> HRRPUA - z angl. Heat Release Rate Per Unit Area [ $\text{kW/m}^2$ ]





obr. 23 Křivka HRR pro dvě pánve rostlinného oleje

## Usazeniny

Protože usazeniny jsou tvořeny zejména mastnotou a tuky odpařujících se při vaření, bude je představovat také rostlinný olej. Nachází se v Modelu 1 a 3 v přípojovacím potrubí a také na digestoři v místě osazení tukového filtru.

Teplota, při které usazeniny začnou hořet (IGNITION\_TEMPERATURE), byla stanovena podle knihy Požárně technické charakteristiky a technické informace pro potřeby ZPP [39], kde jsou uvedeny teploty vzplanutí, hoření a vznícení rostlinných olejů. Rozdíl mezi těmito teplotami je uveden v kapitole 2.2. Jako mezní hodnota byla vybrána teplota hoření 335°C. Software FDS vyhodnotí začátek hoření usazenin při dosažení této teploty na povrchu konstrukce. Dále byl usazeninám nadefinován úbytek hmotnosti na jednotku plochy  $MLRPUA^7 = 0.022 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  [40], čímž dojde k postupnému šíření požáru.

### 3.2.5 Reakce hoření

Dalším krokem je nadefinování samotného reaktantu, neboli hoření plynné části, příkazem REAC. Příkaz popisuje rozklad hořícího plynu na konečné produkty. Definuje se zde látka, která bude vstupovat do reakce hoření. [36]

<sup>7</sup> Z angl. Mass loss rate per unit area [ $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]

---

## Model 1

Do zdrojového kódu se může zadat pouze jeden příkaz REAC, to znamená, že veškeré hořlavé látky ve výpočetní oblasti se budou rozkládat na produkty dle zadané reakce hoření. Hlavním reaktantem je v tomto případě zvolena bavlna, neboli celulóza, která tvoří hlavní složku (i přes 94 %) bavlny. Sumární chemický vzorec celulózy je  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . SOOT\_YIELD pro celulózu je 0,015 [32], což určuje, že z 1,5 % hmotnosti paliva budou vytvořeny pevné částice spalování – saze.

## Model 2 a 3

V případě, kde zdrojem požáru je rostlinný olej, bude jako reaktant zadán triacylglycerol, což je nenasycený tuk, který tvoří hlavní složku rostlinných olejů. Triacylglyceroly jsou tvořeny jednou molekulou glycerolu v kombinaci s molekulami mastných kyselin na všech třech OH skupinách. Sumární vzorec je  $C_{55}H_{98}O_6$  [41] a SOOT\_YIELD = 0,106 (z 10,6 % hmotnosti paliva budou vytvořeny pevné částice spalování) [42].

### 3.2.6 Měřicí zařízení

V jednotlivých modelech bylo příkazem DEVC<sup>8</sup> umístěno několik měřících bodů (termočlánků) pro měření teploty plynu a teploty konstrukcí, které zaznamenávají konkrétní číselné hodnoty v určitém místě a zapisují je do tabulky. Poloha a označení jednotlivých termočlánků je patrná z obr. 21. Dalšími příkazy získáme znázornění rozložení teplot pomocí vizualizací v programu Smokeview.

V 1. NP bude jeden termočlánek umístěn na úrovni digestoře na vstupu do potrubí. V každém podlaží potom budou měřicí zařízení umístěna na připojovacím potrubí vždy uprostřed průřezu a na povrchu. Dále bude vždy jeden termočlánek umístěn vedle digestoře, kde se většinou nachází skříňky kuchyňské linky, které se mohou vznítit a rozšířit požár v celé místnosti. Kuchyňský nábytek je většinou tvořen z dřevotřísky, která má při tloušťce 15 mm teplotu vzplanutí 305 °C a teplotu vznícení 475 °C [39].

Průběh teplot nás také zajímá ve stoupacím potrubí zejména na úrovni dalších podlaží, byly zde proto rovnoměrně rozmístěny tři termočlánky. Ve stejné výšce budeme dále sledovat teploty v šachtě, 5 cm od stoupacího potrubí, abychom mohli posoudit, zda může dojít k poškození ostatních instalací.

Příkazem SLCF<sup>9</sup> je znázorněn celkový průběh teplot v řezové rovině, která vede středem všech potrubí (souřadnice  $y = 0.25$ ). Nakonec je znázorněno rozložení teploty na všech površích včetně hranic výpočetní oblasti příkazem BNDF<sup>10</sup>.

---

<sup>8</sup> Z angl. Device = zařízení

<sup>9</sup> Z angl. Slice file = řez rovinou

<sup>10</sup> Z angl. Boundary file = povrchové hodnoty

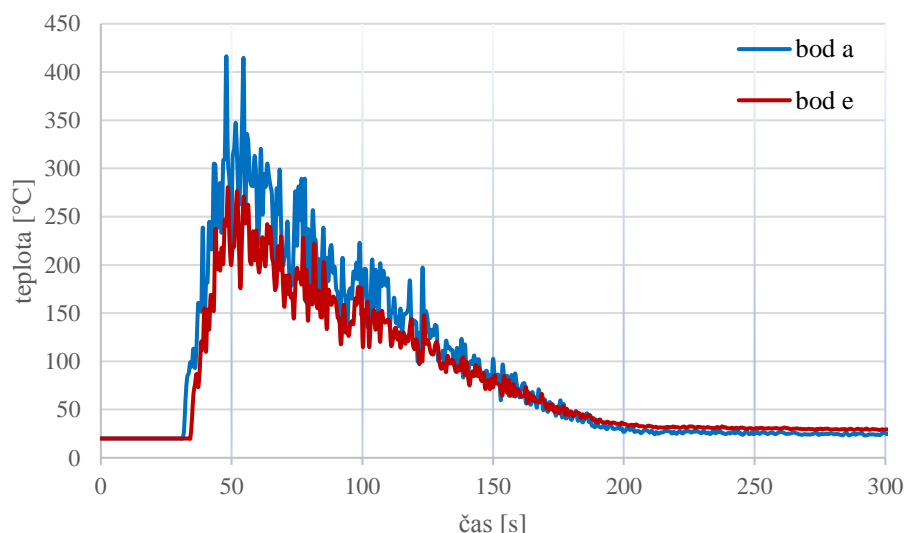
---

## 3.3 Výsledky

### 3.3.1 Model 1

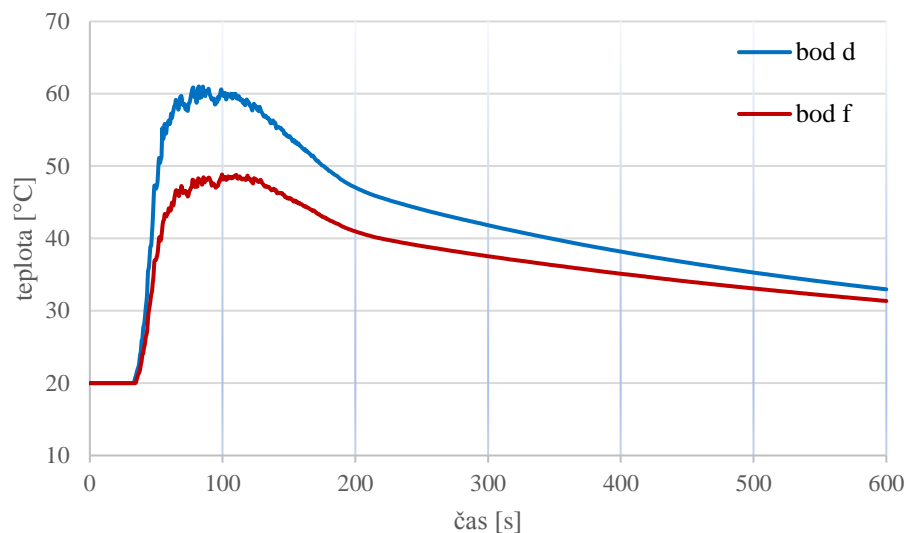
V prvním modelu je zdrojem požáru bavlněná utěrka. Na digestoři v oblasti umístění tukového filtru a v přípojovacím potrubí jsou 3 mm usazenin, ale povrchy konstrukcí zde při požáru nedosahují takových teplot, aby došlo k jejich hoření. Na obr. 27 (a) je znázorněn požár utěrky a vzniklý kouř v nejvíce rozvinutém požáru ve 45. sekundě.

Průběh teploty plynu na začátku a na konci přípojovacího potrubí v 1. NP můžeme vidět v grafu na obr. 24. Křivka téměř kopíruje křivku rychlosti uvolňovaného tepla z obr. 22. Nejvyšších teplot je dosaženo kolem 45. sekundy, maximální hodnoty dosahují chvílemi až 400 °C. Rozložení teplot v celém modelu ve 45. sekundě je znázorněno na obr. 27 (b). Po dohoření vzorku po 200 sekundách se teplota plynu vrátí na původní hodnotu

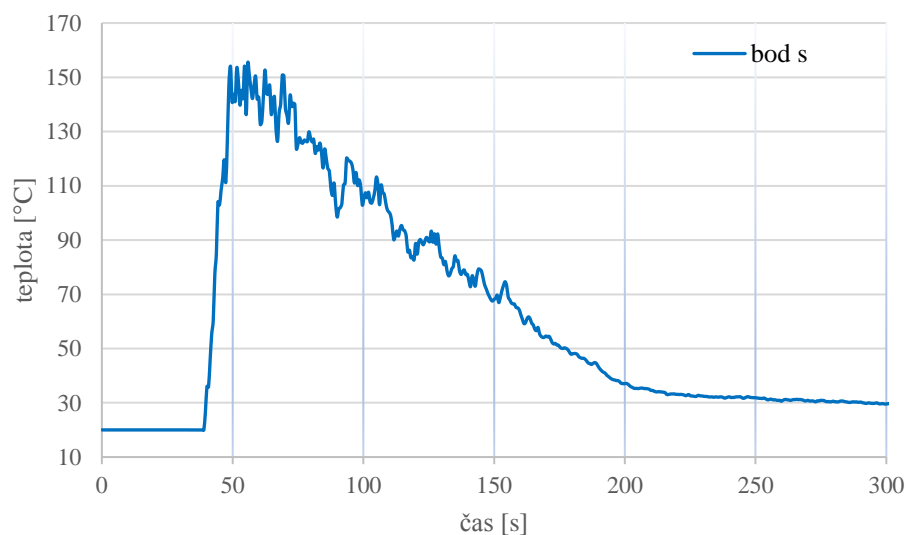


obr. 24 Graf průběhu teploty plynu v přípojovacím potrubí v 1. NP

Povrchové teploty konstrukcí dosahují maximálně 60 °C. Průběh těchto teplot ve dvou bodech na přípojovacím potrubí v 1. NP je znázorněn na obr. 25. Maximálních hodnot dosahují v čase okolo 90. sekundy a poté pomalu klesají. Rozložení teplot na povrchu konstrukcí po dvou minutách požáru je zobrazeno na obr. 28.

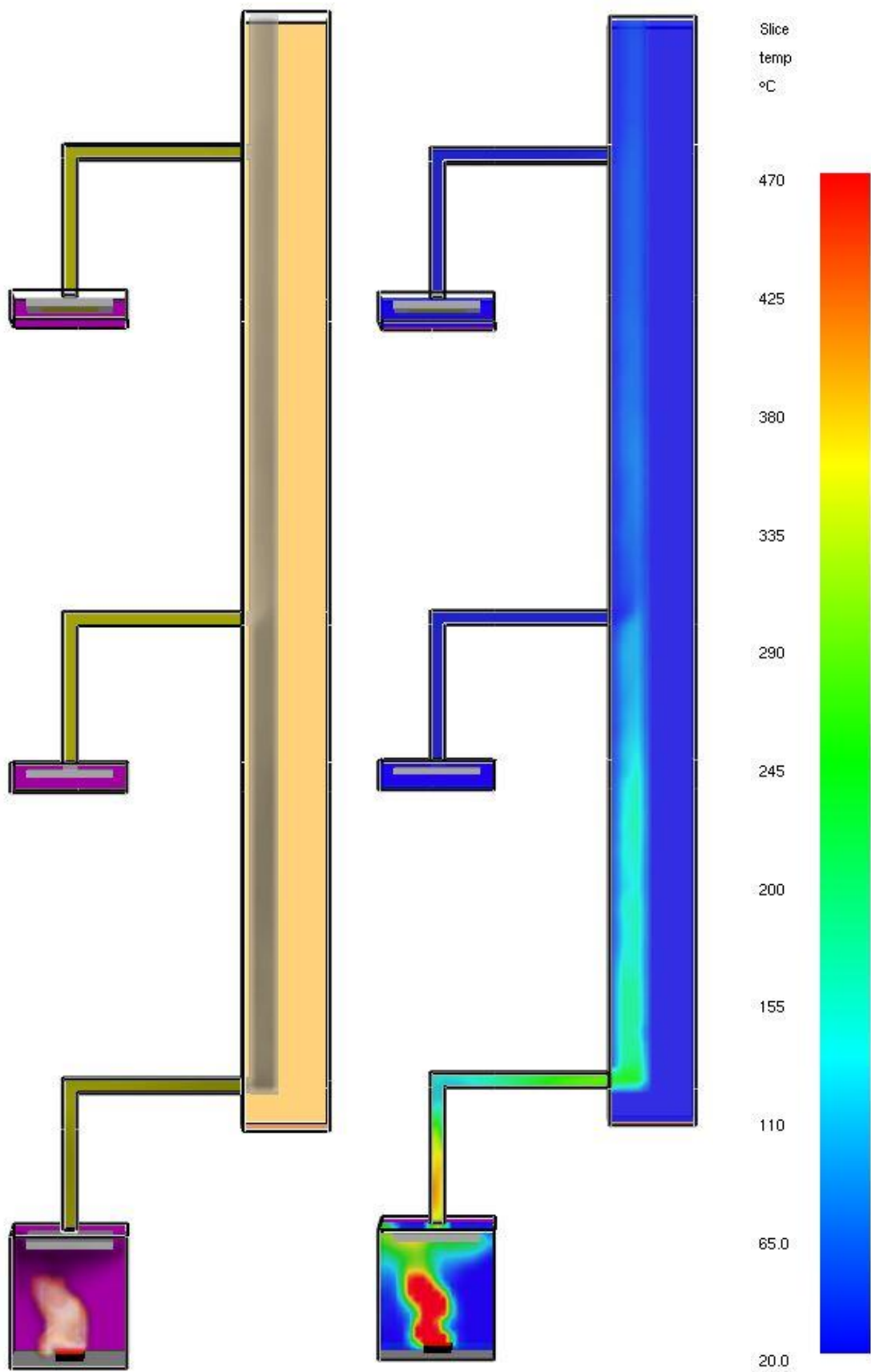


obr. 25 Graf průběhu teplot na povrchu konstrukcí v přípojovacím potrubí v 1. NP



obr. 26 Graf průběhu teploty v odvodním potrubí na úrovni 2. NP (bod s)

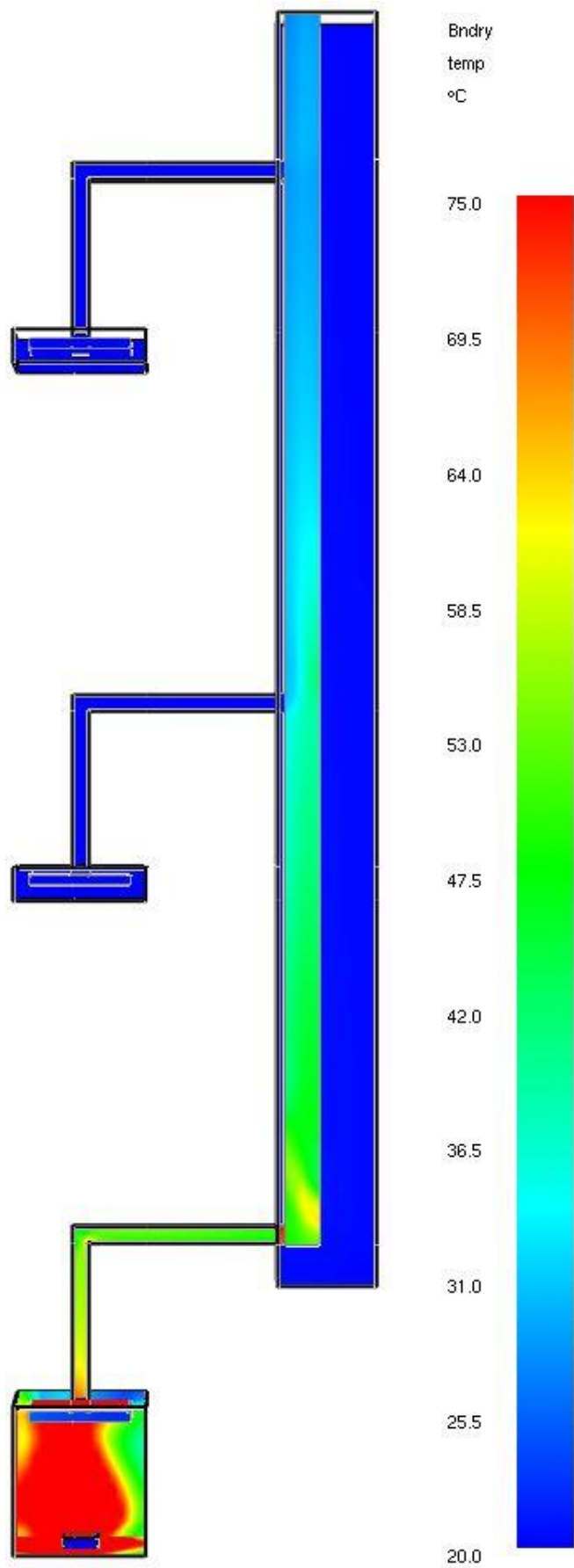
Požár se v tomto případě nerozšíří do bytů ve vyšších patrech. Teploty plynu ve stoupacím potrubí na úrovni 2. NP (obr. 26) dosahují maximálně 150 °C, na vstupu do přípojovacího potrubí už je to maximálně 60 °C. Není ani pravděpodobné rozšíření požáru v místnosti pomocí kuchyňského nábytku. Teploty plynu vedle digestoře (v bodě *b*), kde se obvykle nachází skříňky, dosahují maximálních hodnot okolo 120 °C a povrchové teploty přípojovacího potrubí nepřesahují 60 °C (viz obr. 25). Teploty v instalační šachtě 5 cm od stoupacího potrubí vzrostou jen minimálně na 27 °C.



(a)

(b)

obr. 27 Smokeview, 45 s: (a) rozvoj plamenů a kouře; (b) řezová rovina znázorňující teplotu plynu

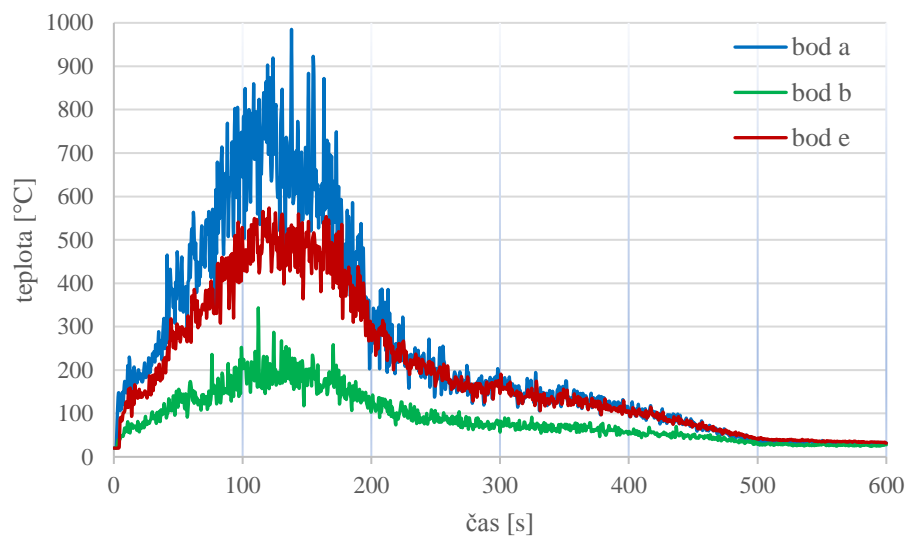


obr. 28 Smokeview, 120 s: teplota ohraničujících konstrukcí

### 3.3.2 Model 2

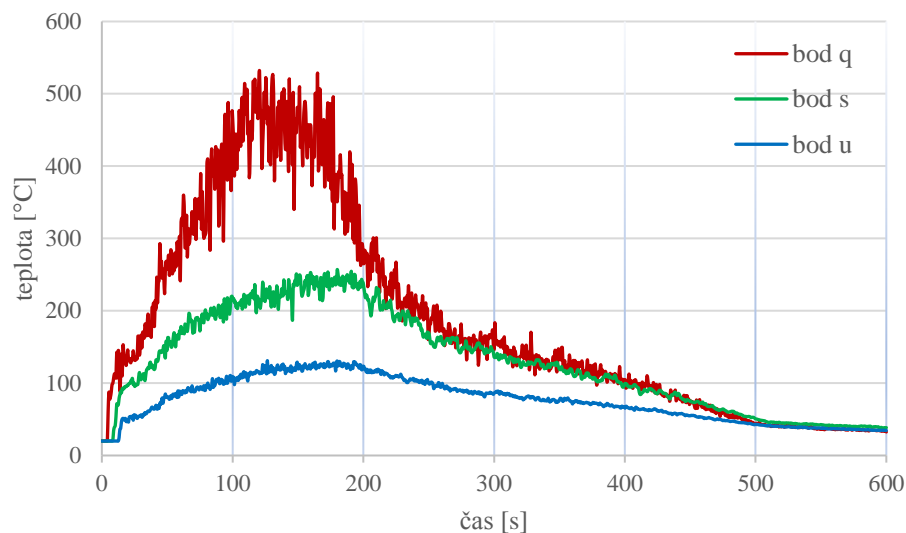
V druhém modelu je zdrojem požáru hořící olej na pánvi (obr. 32 (a)). Veškeré potrubí je čisté, nezanesené usazeninami. Přesto že olej uvolňuje velké množství tepla, požár se od něho čistým větracím potrubím do vyšších pater nerozšíří.

Na obr. 29 se nachází graf průběhu teploty plynu v přípojovacím potrubí a vedle digestoře v 1. NP. Na vstupu do potrubí v bodě *a* dosahují maximální teploty až 900 °C a na konci přípojovacího potrubí v bodě *e* se pohybují okolo 500 °C. Maximální teploty vedle digestoře, v místě, kde se většinou nachází skříňky, se pohybují okolo 200 °C.



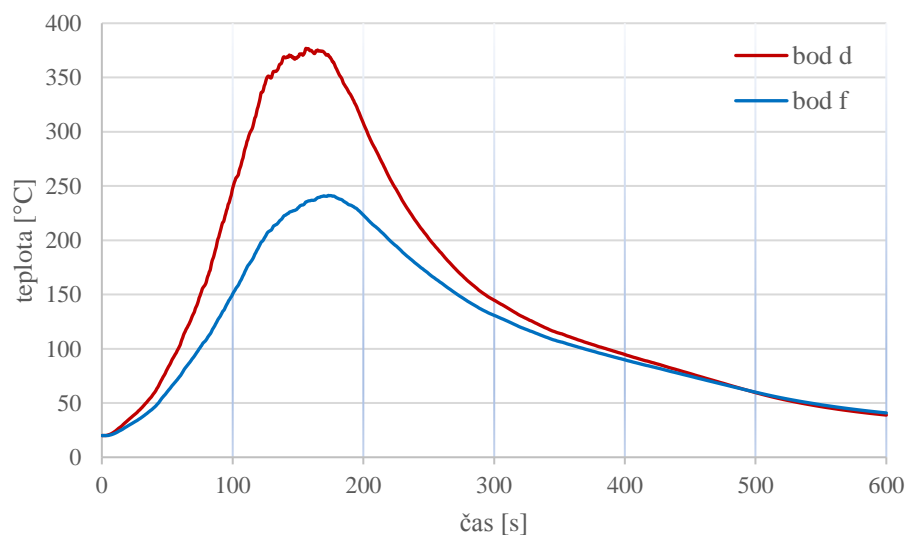
obr. 29 Graf průběhu teploty plynu v přípojovacím potrubí a vedle digestoře v 1. NP

Vyšších teplot je v tomto případě dosaženo i ve společném odvodním potrubí (viz obr. 30). Na úrovni 1. NP teploty plynu dosahují 500 °C, podobně jako v bodě *e*. Na úrovni 2. NP je to 250 °C, zde se mísí horký vzduch stoupající vzhůru a studený vzduch přiváděný z kuchyně ve 2. NP přípojovacím potrubím, nedojde tedy k rozšíření vysokých teplot do bytu v 2. NP. Nad 100 °C dosahují i teploty na úrovni 3. NP. Maximálních teplot je dosaženo kolem 120. sekundy. Teplota plynu v celém modelu 2 ve 120. sekundě je zobrazena na obr. 32 (b).



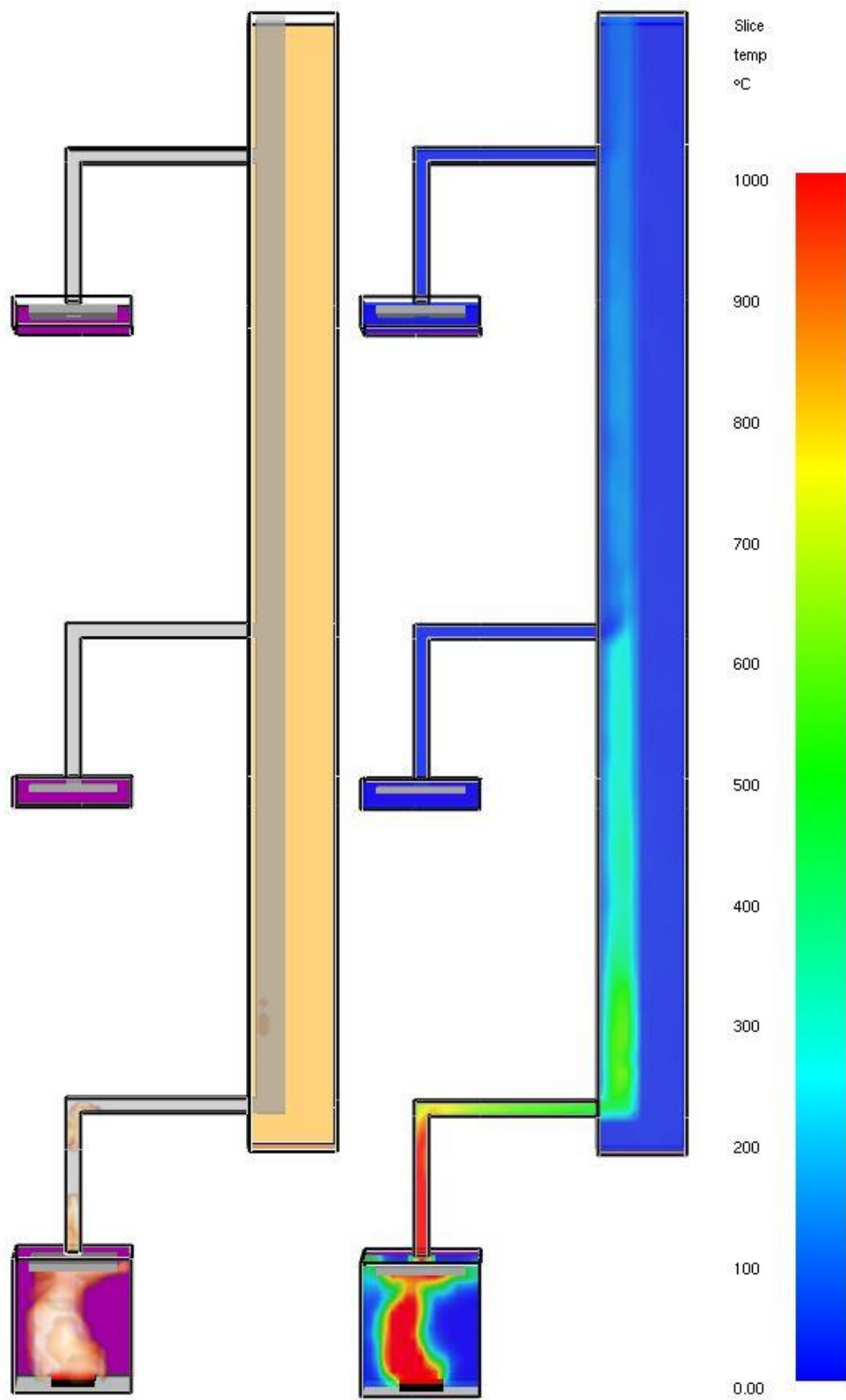
obr. 30 Graf průběhu teploty plynu ve společném odvodním potrubí

Průběh teplot na povrchu připojovacího potrubí v 1. NP je znázorněn v grafu na obr. 31. V bodě *d* teploty dosahují svých maximálních hodnot okolo 170. sekundy, a to až 370 °C, v bodě *f* ve stejném čase až 240 °C. Teploty konstrukcí v celém modelu ve 170. sekundě jsou zobrazeny na obr. 33. Z těchto teplot lze usoudit, že pokud by bylo potrubí zanesené usazeninami, dojde k jejich hoření. Tento předpoklad ověříme v modelu 3.



obr. 31 Graf průběhu teplot na povrchu konstrukcí v připojovacím potrubí v 1. NP

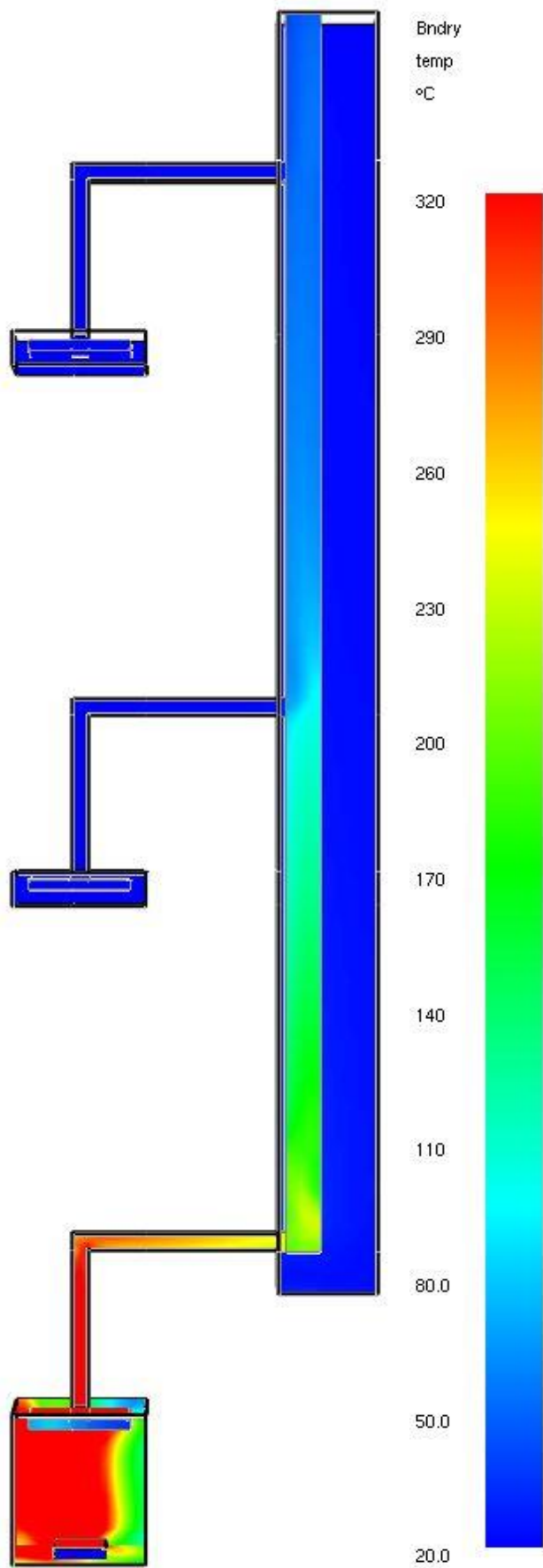




(a)

(b)

obr. 32 Smokeview, 120 s: (a) požár oleje na pánvi; (b) řezová rovina znázorňující teplotu plynu



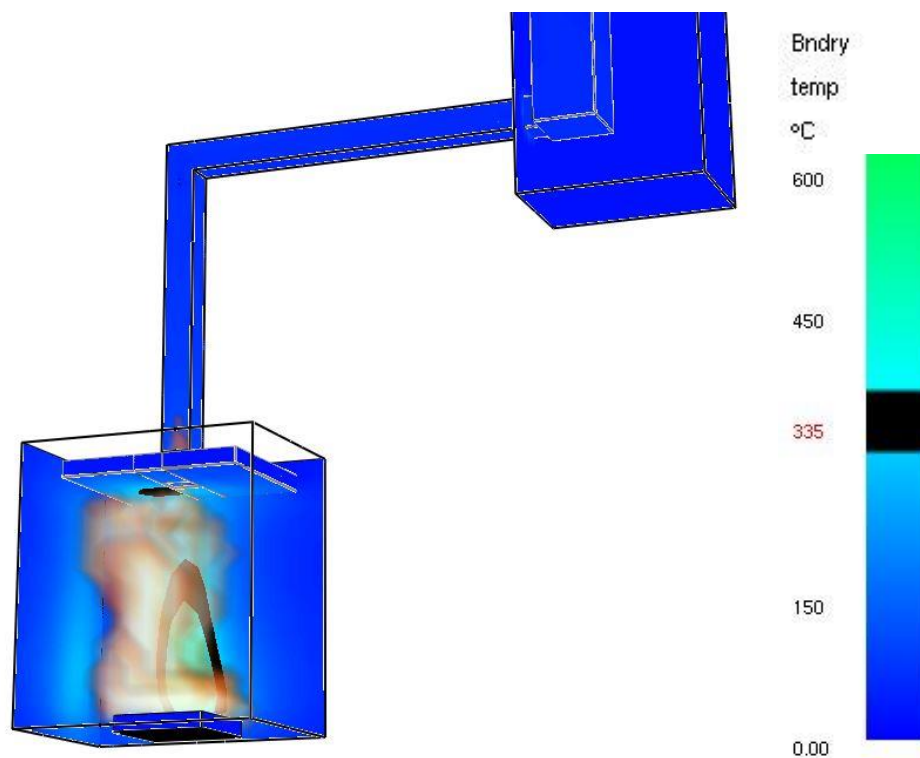
obr. 33 Smokeview, 170 s: teplota ohraničujících konstrukcí

### 3.3.3 Model 3

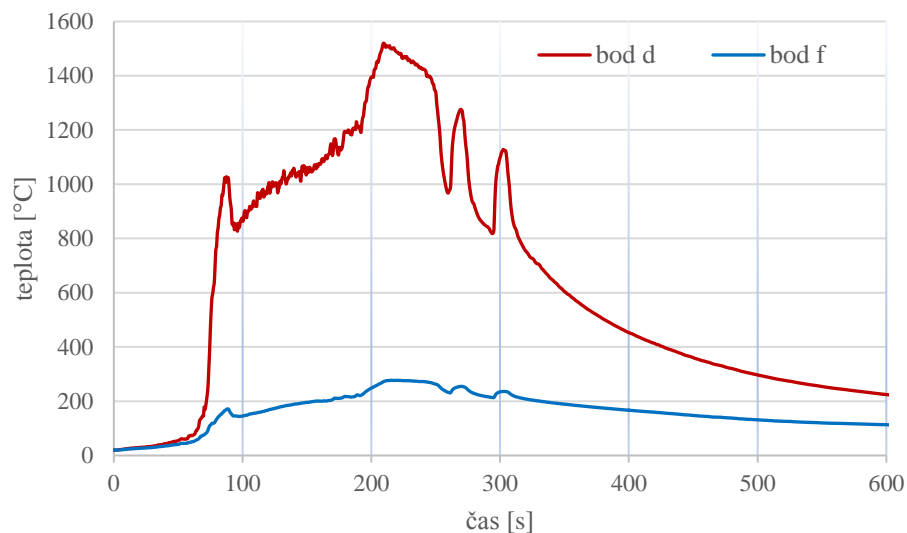
V modelu 3 je zdrojem požáru také hořící olej na pánvi. Připojovací potrubí a digestoře v místě osazení tukových filtrů jsou ve všech patrech zaneseny usazeninami. Díky vysokým teplotám naměřeným na povrchu konstrukcí dojde k jejich hoření. Požár se rozšíří do 2. NP a pravděpodobně i do dalších podlaží.

K hoření usazenin v 1. NP dojde v 63. sekundě, kdy teplota povrchu digestoře, v místě osazení tukového filtru, dosáhne teploty hoření usazenin 335 °C (viz obr. 34). V bodě *d* je tato teplota dosažena přibližně v 75. sekundě a následně prudce stoupá až na 1000 °C, jak je patrné z grafu na obr. 35. Ve stejném grafu je také vidět, že na konci připojovacího potrubí, v bodě *f*, už teplota na povrchu potrubí nedosahuje ani 300 °C. Pravděpodobně zde není dostatek kyslíku pro hoření usazenin.

Plynná část však stoupá komínovým efektem vzhůru a na úrovni 2. NP ve spojení s kyslíkem přiváděným připojovacím potrubím začne v 75. sekundě hořet (bod *s* na obr. 42). Plameny se rozšíří připojovacím potrubím až k digestoři a ohřejí ji až na teplotu hoření usazenin ve 186. sekundě. V této době je na obr. 38 (a) zobrazeno rozšíření plamenů a kouře.

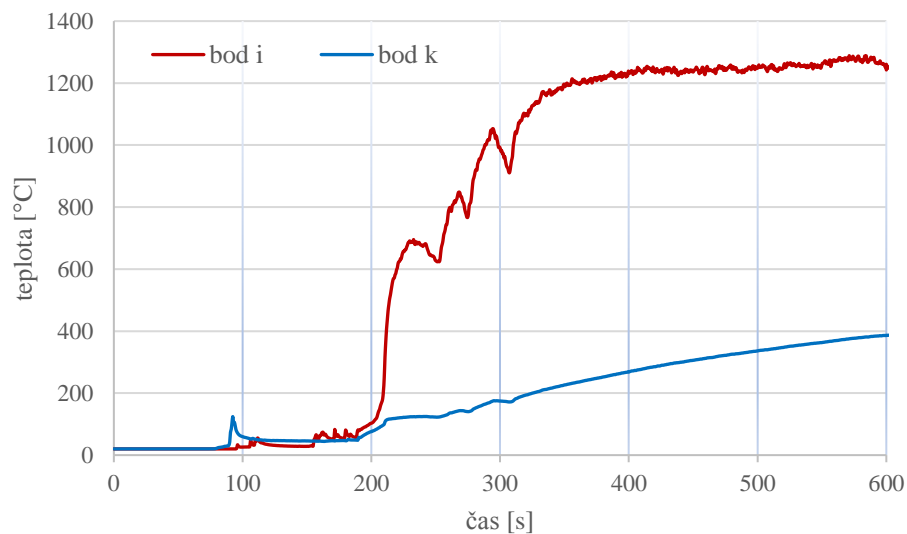


obr. 34 Smokeview, 63 s: Teplota povrchu konstrukcí - začátek hoření usazenin v 1. NP

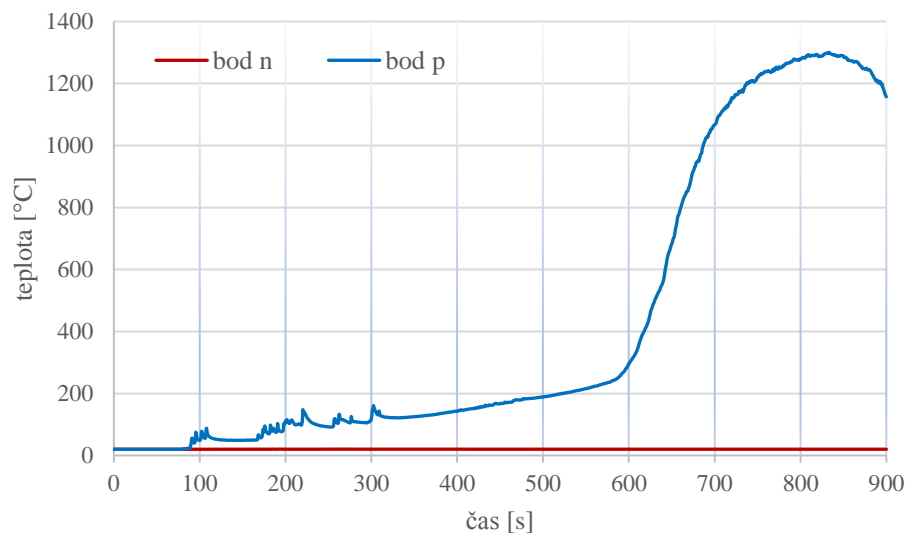


obr. 35 Průběh teplot na povrchu připojovacího potrubí v 1. NP

Průběh teplot na povrchu připojovacího potrubí ve 2. NP můžeme vidět na obr. 36. V bodě *i*, tedy na začátku stoupací části připojovacího potrubí, teploty po vznícení usazenin stoupají až na 1200 °C. Tohoto maxima je dosaženo asi v 350. sekundě, rozložení teplot na konstrukcích v tomto čase je zobrazeno ve vizualizaci na obr. 38 (b).

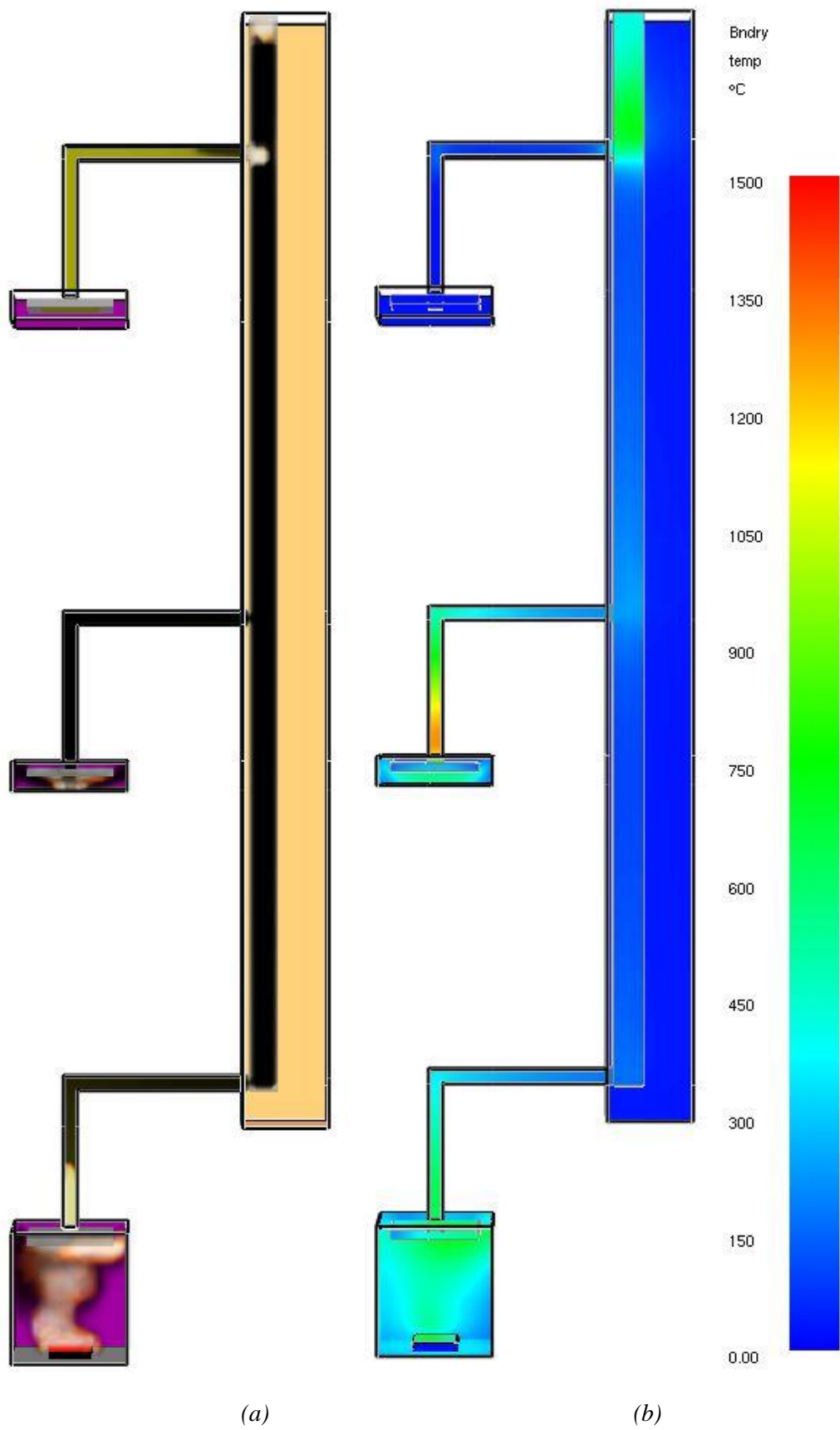


obr. 36 Průběh teplot na povrchu připojovacího potrubí ve 2. NP



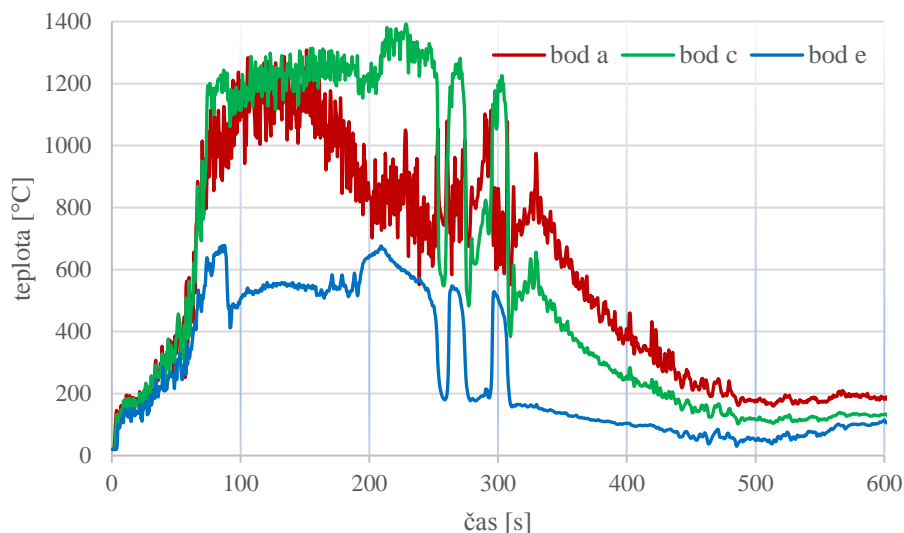
*obr. 37 Průběh teplot na povrchu připojovacího potrubí ve 3. NP*

Jiný průběh teplot na povrchu připojovacího potrubí je ve 3. NP (obr. 37). Pravděpodobně proto, že se z obou stran nachází zdroj kyslíku. Jedním je konec společného odvodního potrubí a druhým vstup do digestoře. Usazeniny tedy hoří postupně směrem k digestoři, v bodě *p* teploty dosahují po čtrnácti minutách až 1300 °C, což může způsobit kolaps potrubí a rozšíření požáru přes kuchyňský nábytek. Během patnácti minut od vzniku požáru všechny usazeniny nevyhoří.

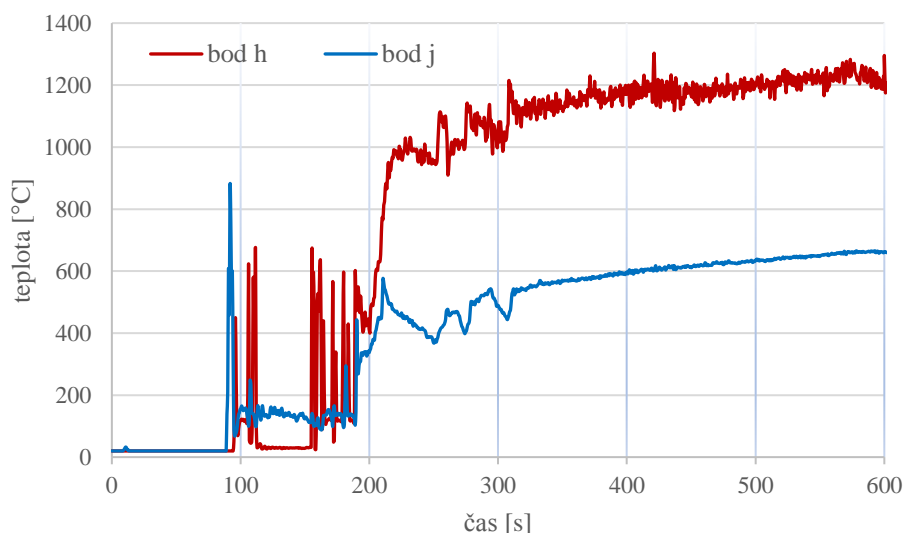


obr. 38 Smokeview: (a) 186 s, rozvoj plamenů a kouře; (b) 350 s, teplota ohraničujících konstrukcí

Průběh teplot plynu v přípojovacích potrubích v jednotlivých podlažích odpovídá již zmíněnému průběhu teplot na povrchu těchto konstrukcí. V 1. NP (obr. 39) dochází k prudkému stoupaní teplot v době, kdy začnou hořet usazeniny až na 1200 °C. V bodě *c*, 40 cm nad digestoří se tato teplota drží po dobu asi 2 minuty. V bodě *e* teploty také dosahují vysokých teplot, až 600 °C. Ve 2. NP se maximální teploty v přípojovacím potrubí pohybují od 600 °C do 1200 °C (obr. 40). Na obr. 43 můžeme vidět průběh teploty plynu ve 250. a 900. sekundě.

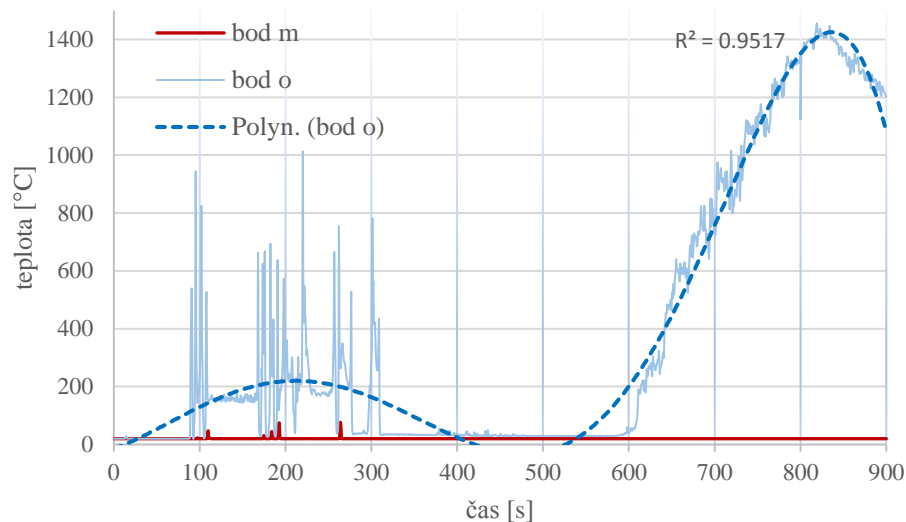


obr. 39 Průběh teploty plynu v přípojovacím potrubí v 1. NP

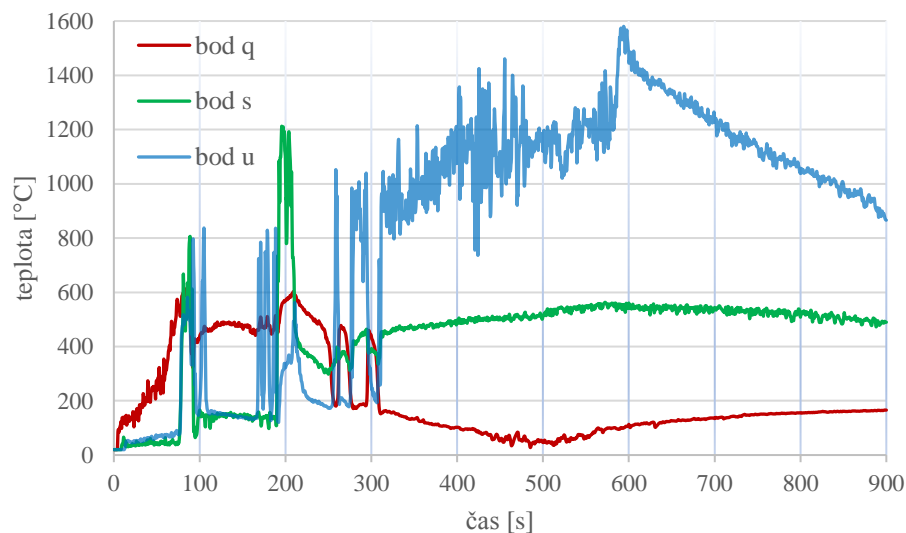


obr. 40 Průběh teploty plynu v přípojovacím potrubí ve 2. NP

Ve 3. NP v bodě *o* (viz obr. 41) nejprve kolísají teploty okolo 200 °C od 90. do 310. sekundy. Poté dochází k hoření usazenin okolo 10. minuty od vzniku požáru, a to se postupně šíří směrem k digestoří. Teploty zde stoupnou až na 1400 °C. Za měřených 15. minut se však požár k digestoří rozšířit nestihne.



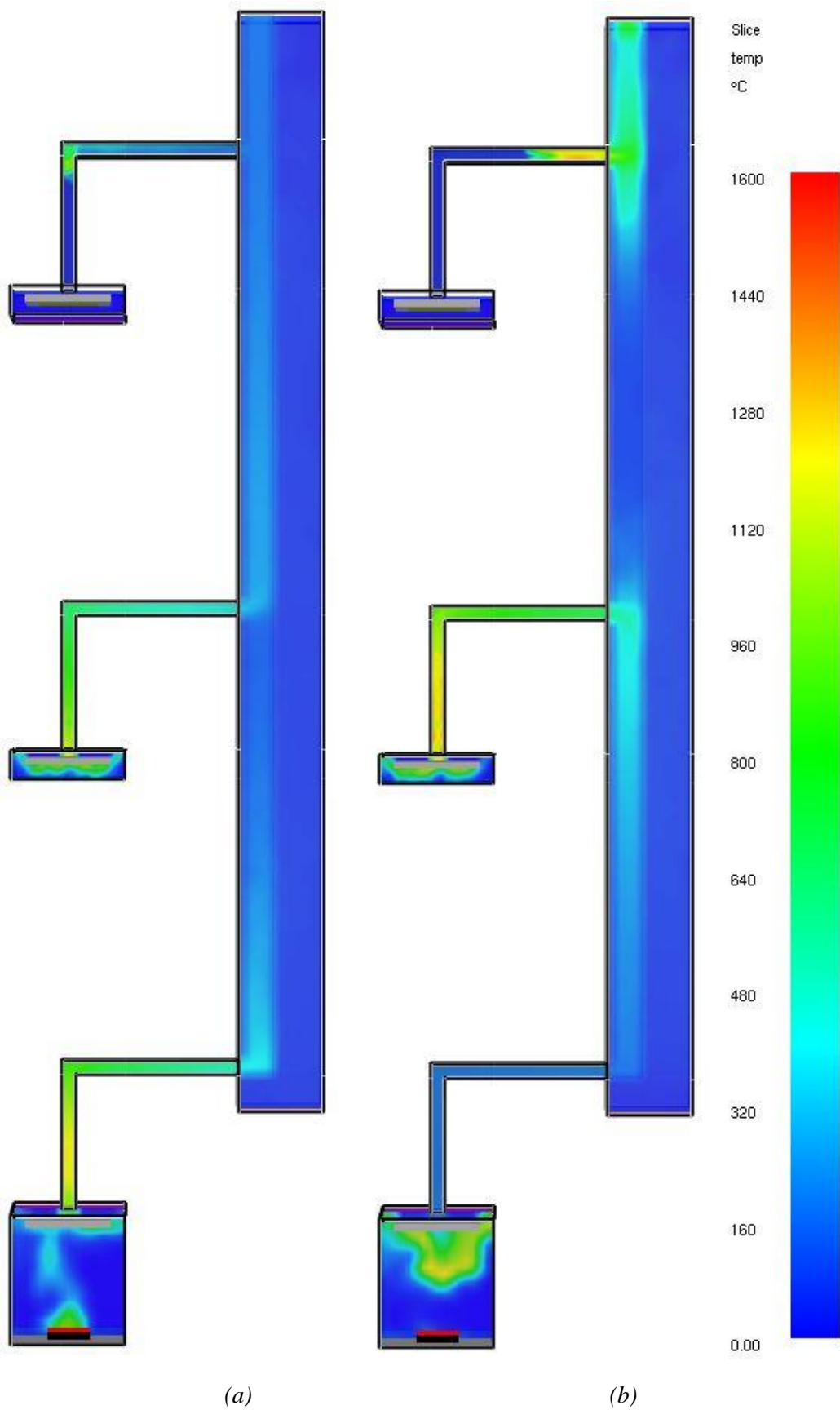
obr. 41 Průběh teploty plynu v přípojovacím potrubí ve 3. NP



obr. 42 Průběh teploty plynu ve společném odvodním potrubí na úrovni jednotlivých podlaží

Ve společném odvodním potrubí na úrovni 1. NP jsou teploty téměř stejné jako v bodě *e* na konci přípojovacího potrubí, dosahují 600 °C a po pěti minutách pomalu klesají. V bodě *s* dochází k výkyvu teplot při zahoření usazenin v 1. NP a poté v 2. NP, jinak teploty postupně stoupají a od 5. minuty se pohybují okolo 500 °C. V bodě *u* na úrovni 3. NP jsou nejvyšší teploty, pravděpodobně díky dostatku vzduchu přiváděného vývodem na střechu. Rozložení teplot v jednotlivých bodech je zobrazeno na obr. 42.





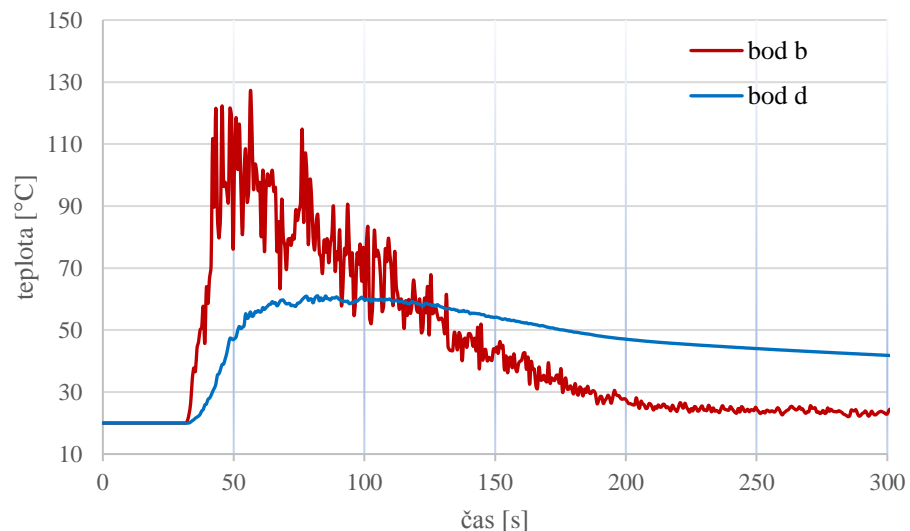
obr. 43 Smokeview, řezová rovina znázorňující teplotu plynu v (a) 250 s; (b) 900 s

---

## 4 Diskuze získaných výsledků

### 4.1 Model 1

V prvním modelu, kde je zdrojem požáru bavlněná utěrka, nedojde k uvolnění takového tepla, které by ohřálo povrch konstrukcí na teplotu hoření usazenin. K tomu mohl přispět i fakt, že usazeniny mají nízkou tepelnou vodivost ( $\lambda = 0,17 \text{ W/m/K}$ ) a nestihnou se za krátký čas hoření utěrky ohřát na teplotu hoření.



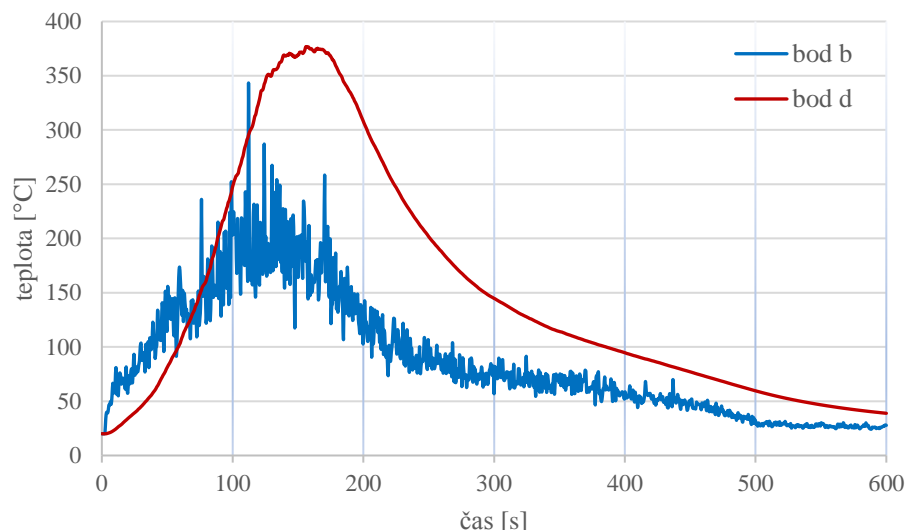
obr. 44 Průběh teploty plynu vedle digestoře a na povrchu připojovacího potrubí v 1. NP v modelu 1

V grafu na obr. 44 je znázorněn průběh teploty plynu vedle digestoře v místě osazení skříněk a průběh teploty na povrchu konstrukce, 40 cm nad digestoří. Teploty plynu dosahují maximálně  $120 \text{ °C}$  a neměly by způsobit rozšíření požáru vznícením přilehlých předmětů či kuchyňského nábytku.

### 4.2 Model 2

Pokud hoří pouze olej na pánvi a potrubí je čisté, nezanesené usazeninami, požár se do vyšších pater nerozšíří. Je ale možné, že se vznítí kuchyňský nábytek či přilehlé předměty a požár se rozšíří v celé místnosti. Poté by bylo uvolněno velké množství tepla a k rozšíření požáru do vyšších pater by pravděpodobně došlo.

Kuchyňský nábytek je sice ve většině případů vyroben z dřevotřísky, která má při tloušťce 15 mm teplotu vzplanutí  $305 \text{ °C}$  a teplotu vznícení  $475 \text{ °C}$  [39], ale nebezpečná může být například jeho fóliovaná či lakovaná povrchová úprava. Z obr. 45 můžeme vyčíst maximální teploty plynu v místě osazení kuchyňských skříněk vedle digestoře a také teplotu povrchu připojovacího potrubí, které je se skřínkami v kontaktu.



obr. 45 Průběh teploty plynu vedle digestoře a na povrchu přípojovacího potrubí v 1. NP v modelu 2

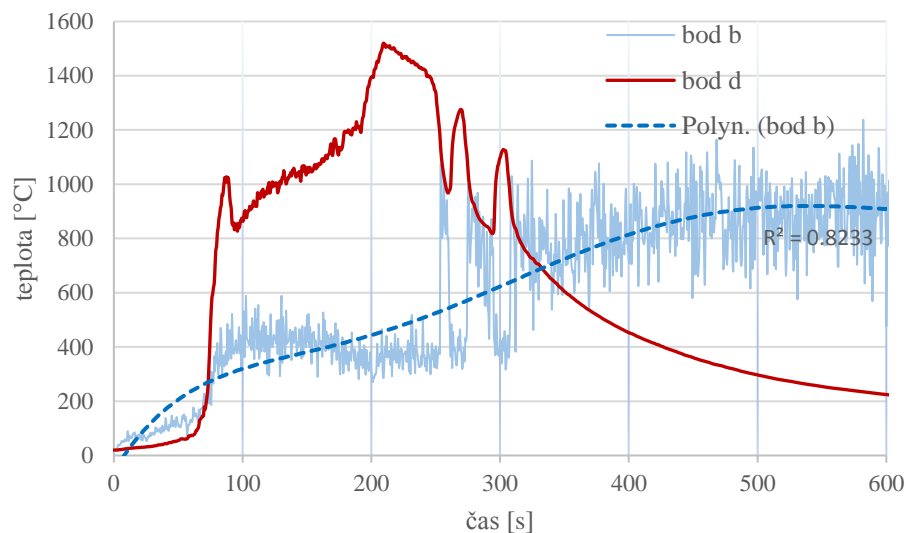
### 4.3 Model 3

V modelu 3 také sledujeme požár od oleje na pánvi, k tomu jsou nadefinovány usazeniny, které začnou hořet po zahřátí povrchu konstrukce na 335 °C. Sledujeme tedy průběh požáru od těchto dvou zdrojů. Ve skutečnosti by však pravděpodobně došlo k mnohem většímu rozvoji požáru, a to v důsledku vznícení přilehlých předmětů či kuchyňského nábytku.

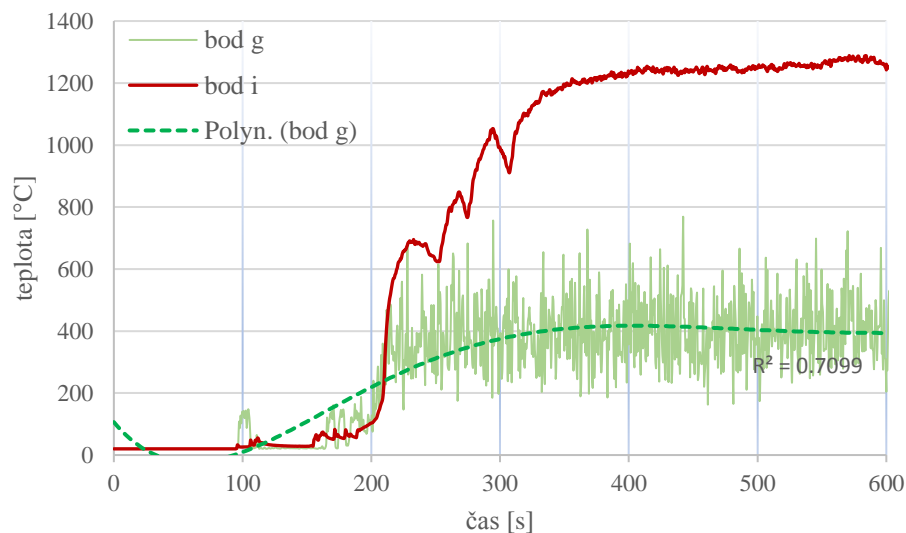
Už v 1. NP se teploty na povrchu přípojovacího potrubí nad digestoří vyšplhají po třech minutách až na 1200 °C. Při těchto teplotách se dá předpokládat destrukce potrubí a pokud potrubí vede kuchyňskými skřínkami, dojde přibližně v 80. sekundě k jejich vznícení. Pokud potrubí vede mimo skřínky, jak to v moderních kuchyních bývá, ke vznícení nábytku dojde později díky vysokým teplotám vedle digestoře (viz obr. 46).

Ve 2. NP teploty ve stejném místě na povrchu potrubí dosahují v 5. minutě 1000 °C a později také 1200 °C (viz obr. 47). Maximální teploty plynu vedle digestoře se pohybují okolo 400 °C. Už tyto teploty mohou způsobit požár přilehlých předmětů a skříněk, pokud bychom uvažovaly rozšíření požáru v kuchyni v 1. NP, teploty by zde byly ještě vyšší.

Ve 3. NP se do 15 minut požár až k digestoři rozšířit nestihne, ale na vstupu ze společného odvodního potrubí do přípojovacího vystoupají mezi 10. a 15. minutou teploty až na 1400 °C (viz obr. 41), což pravděpodobně potrubí nevydrží a zkolabuje.



obr. 46 Průběh teploty plynu vedle digestoře a na povrchu připojovacího potrubí v 1. NP v modelu 3



obr. 47 Průběh teploty plynu vedle digestoře a na povrchu připojovacího potrubí v 2. NP v modelu 3

Ve třetím modelu je zajímavý průběh teplot. Například v úrovni napojení připojovacího potrubí ke společnému odvodnímu potrubí v 1. a 2. NP jsou teploty plynu mnohem nižší, než na úrovni digestoře. To je pravděpodobně způsobeno nedostatkem kyslíku, jednou ze tří věcí, bez kterých se požár neobejde. Kyslíku je však dostatek právě na úrovni digestoře a také na vývodu na střeše, který je namodelovaný zjednodušeně jako zcela otevřený. Proto právě zde dochází k hoření usazenin. Ve 3. NP usazeniny hoří postupně v celém připojovacím potrubí směrem k digestoři, protože kyslík podporuje hoření z obou stran.

Ve všech modelech také dochází ke kolísání teplot. To je nejspíš způsobeno nejen hořením, dějem velmi rozmanitým a nestálým, ale také defaultním nastavením programu FDS. Například bez započítání tepelné roztažnosti by objemový průtok do potrubí měl odpovídat objemovému

---

průtoku z potrubí. Výchozí strategie řešení tlaků v FDS používá pro modelování průtokových překážek blokově orientované přímé řešení rychlých Fourierových transformací v kombinaci s přímým vnučením vnořené hraniční metody. Proto existují dva zdroje tlakových chyb, jedna na rozhraní výpočetní oblasti a druhá na pevné hranici. Výchozí schéma iterace tlaku se snaží řídit oba zdroje chyb na zvolenou (výchozí) toleranci rychlosti. Maximální počet iterací tlaku pro každou polovinu časového kroku je nastaven na 10 a tolerance rychlosti na  $5E-4$  m/s. Jedním z faktorů ovlivňujícím kolísání teplot může být i zmíněný nedostatek kyslíku. V některých grafech byla pro větší přehlednost použita polynomická aproximace původních naměřených hodnot.

## 4.4 Model 4

Zpočátku jsem uvažovala také s modelem 4. Jedná se o model, jehož zdroj požáru je stejný, jako u modelu 2 a 3, tedy olej na pánvi. Rozdíl oproti prvním třem modelům byl v rozsáhlosti znečištění usazeninami. Protože v FDS nelze příkazem OBST (tzv. „tenkou konstrukcí“) namodelovat potrubí umístěné v instalační šachtě, na kterém by mohl být umístěn jakýkoliv zdroj hoření, tedy v našem případě usazeniny, byl tento model uvažován bez instalační šachty, tedy samotné větrací potrubí, bez sledování teplot působících na ostatní instalace. Společné odvodní potrubí bylo tedy nadefinováno na okraji výpočetní sítě, stejně jako přípojovací potrubí příkazem VENT s vrstvou usazenin.

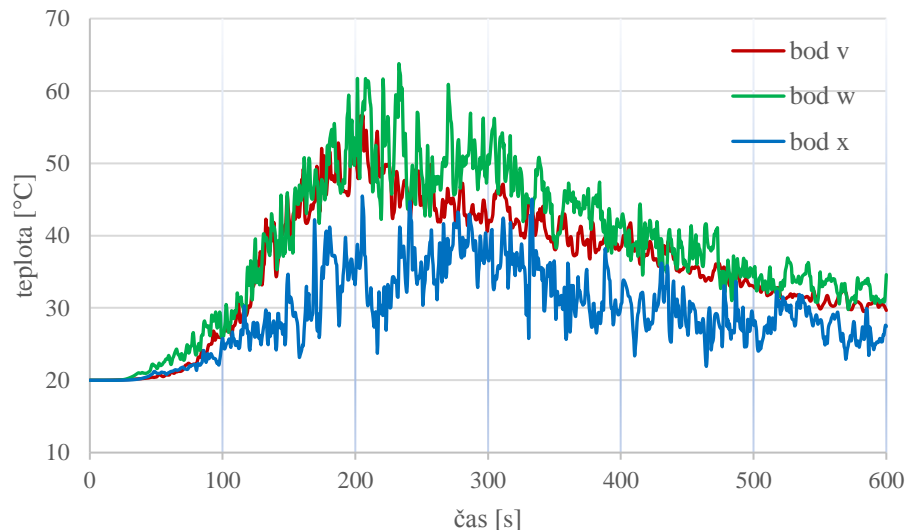
Zpočátku má tento model stejný průběh, jako model 3. Požár se pravděpodobně kvůli šíření velkého množství kouře a nedostatku kyslíku přesune na úroveň 2. a 3. NP, kam čerstvý vzduch přivádí přípojovací potrubí. Poté se požár usazenin ve 2. a 3. NP pomalu rozvíjí směrem k digestoři a ve společném stoupacím potrubí směrem dolů. Pro tento příklad by se z důvodu postupného šíření požáru pomocí usazenin musel nastavit výpočetní čas alespoň 15-20 minut, a především z důvodu časové náročnosti výpočtu byl nakonec vynechán. Dalším důvodem byly jiné okrajové podmínky u společného odvodního potrubí, které je v modelu 4 ochlazováno teplotou  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , oproti prvním třem modelům, kde byla šachta nadefinována z materiálu, který nepřijímá a neodvádí žádné teplo. Nebylo by tedy vhodné porovnávání s modely 1-3.

## 4.5 Instalační šachta v jednotlivých modelech

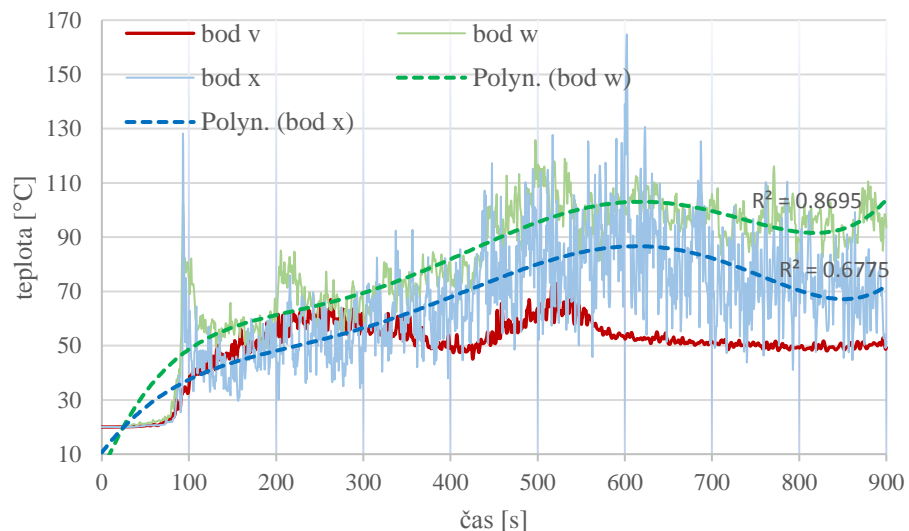
Zvýšené teploty v instalační šachtě mohou negativně působit i na ostatní instalace jako jsou potrubí pro rozvod plynů a vody či kanalizační potrubí. Ty jsou většinou vyrobeny z plastů. Pro potrubí pro rozvod plynů a vody a také izolační pláště kabelů je používán polyetylen. Polyetylen (PE) je vysoce hořlavý, má nízkou teplotu tání ( $105-135\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), díky níž jsou výrobky tvarově stále maximálně do  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dalším plastem, používaným pro výrobu potrubí je polypropylen (PP). Ten má teplotu tání  $160-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ , za vyšších teplot je tedy více odolný než PE, vydrží tvarově stálý i při dlouhodobému vystavení teplotě  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ale také se jedná o hořlavý plast. Posledním materiálem používaným pro kanalizační potrubí, či izolace kabelů, je polyvinylchlorid (PVC). Ten dlouhodobě odolává teplotě  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ , krátkodobě  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Chlorovaný typ (PVC-C) se vzhledem

k vyšší odolnosti proti zvýšeným teplotám (krátkodobě 100 °C, dlouhodobě 85 °C) používá pro potrubí k rozvodu teplé vody. [43]

V modelu 1 se teploty v instalační šachtě jen nepatrně zvýší na 27 °C. V modelu 2 jsou ostatní instalace v šachtě vystaveny teplotám okolo 50 °C po dobu dvě minuty (viz obr. 48). Tyto teploty by také neměly způsobit žádné škody. Pokud by však došlo k celkovému vzplanutí místnosti v důsledku vznícení nábytku a přilehlých předmětů, lze předpokládat destrukci přípojovacího potrubí a průnik velkého množství tepla do instalační šachty.



obr. 48 Graf průběhu teplot ve stoupacím potrubí v modelu 2



obr. 49 Graf průběhu teplot ve stoupacím potrubí v modelu 3

V modelu 3 už teploty v instalační šachtě, 5 cm od VZT potrubí, dosahují velmi vysoko (viz obr. 49) a pravděpodobně tak způsobí destrukci plastových rozvodů. Na úrovni 1. NP se nejvyšší teploty pohybují okolo 50-60 °C, tam je to tedy v pořádku. Ale vysoké teploty stoupají

---

vzhůru a na úrovni 2. NP dosahují maximální teploty až 110 °C, po dobu 4 minuty jsou instalace vystaveny teplotám 100 °C. Při takto vysokých teplotách vydrží tvarově stálé pouze potrubí z polypropylenu. Na úrovni 3. NP už jsou teploty zase o trochu nižší, protože jsou ochlazovány venkovním vzduchem.

Pokud by došlo k poničení rozvodů vody, voda by mohla ochladit VZT stoupací potrubí a zmírnit tak velikost rozšíření požáru. Naopak pokud by došlo k poničení rozvodů plynu, následky by mohly být mnohem horší. Kvůli velmi vysokým teplotám uvnitř VZT potrubí (viz obr. 42) také může dojít k jeho destrukci a rozšíření požáru na instalace z hořlavého materiálu.

## **4.6 Požární klapka i u malých průřezů VZT potrubí**

Jak je řečeno v kapitole 2.4, u malých průřezů VZT potrubí není nutné při prostupu požárně dělící konstrukcí použít požární klapku. Ovšem pravý důvod této výjimky není známý. Jedním z možných důvodů by mohla být dřívější nedostatečná výrobní kapacita požárních klapek a tím pádem nucená regulace poptávky.

V dnešní době je však kapacita výroby dostatečná a tato výjimka možná trochu zbytečná. Pokud by požární klapky byly povinné ve všech prostupech požárně dělícími konstrukcemi, v panelových domech by se zabránilo zbytečnému rozšíření požáru či zplodin hoření do dalších bytů. Instalace požárních klapek v takovém množství by však měla i své nevýhody.

Podle vyhlášky č. 246/2001 Sb. o požární prevenci [17] se jedná o vyhrazené požární bezpečnostní zařízení, na které jsou kladeny vyšší nároky. Před uvedením do provozu je třeba provést funkční zkoušky, které kontrolují kromě funkčnosti také protipožární izolaci od požárně dělících konstrukcí. Poté je nutno zajistit minimálně 1x za rok kontroly provozuschopnosti, které musí provést odborně způsobilá osoba.

Další nevýhodou mohou být zmíněné mastné usazeniny. Požární klapky při zanesení nemusí fungovat a v případě potřeby se mohou špatně uzavřít. Při kontrolách v restauračních zařízeních se tento problém vyskytuje často, ale u obyčejných kuchyní můžeme předpokládat, že se mastnoty ve větracím potrubí vyskytují méně, a tudíž by se tu tento problém vyskytovat nemusel.

Na základě získaných výsledků z matematického modelu a na základě dostupných statistik vzniklých požárů si myslím, že se vyplatí zavést povinnost instalace požárních klapek u všech prostupů požárně dělícími konstrukcemi, tedy u všech velikostí průřezů VZT potrubí.

---

## 5 Závěr

Pomocí modelů v řešeném příkladu v softwaru FDS bylo názorně ukázáno, jak vysokých teplot může být dosaženo ve VZT potrubí na úrovni dalších podlaží od požáru bavlněné utěrky a oleje na pánvi a jak se požár může rozšířit, a to především v případě znečištěného potrubí, kdy došlo k hoření mastných usazenin a rozšíření požáru v celém bytovém domě. V diskuzi výsledků bylo ukázáno, jaké škody může požár způsobit v instalační šachtě na ostatních rozvodech a také, jak se může rozšířit díky vznícení nábytku či přilehlých předmětů.

Prevencí může být pravidelné čištění tukového filtru a využívání technologií čištění VZT, to ale nemusí znamenat stoprocentní ochranu. Tu by měly zajistit požární klapky umístěné na rozhraní požárních úseků i u malých průřezů VZT potrubí.

Pro rozvoj této práce bych navrhovala vylepšení modelu v softwaru FDS. Například nastavením a zkoušením ideální tolerance rychlosti a maximálního počtu iterací tlaku, nebo namodelováním VZT potrubí pomocí příkazu HVAC s využitím ventilátoru či zpětných klapek. Může se také namodelovat případ s usazeninami v celém VZT potrubí s využitím rozpracovaného modelu 4. Jako poslední bych doporučila uspořádání reálného experimentu pro zjištění požárně technických charakteristik usazenin z větracího potrubí.



---

## Seznam obrázků

obr. 1 Způsoby přirozeného větrání: (a) s infiltrací; (b) aerace; (c) šachtové větrání s rotační hlavici [4].....	4
obr. 2 Přetlakové větrání chráněných únikových cest [8].....	6
obr. 3 Průběh normové teplotní křivky .....	8
obr. 4 Digestoř bez ventilátoru: (a) skříň; (b) rozměry; (c) tukové filtry [15].....	12
obr. 5 Prostup VZT potrubí bez požární klapky [16] .....	14
obr. 6 Prostup VZT potrubí s požární klapkou osazenou v požárně dělicí konstrukci [16] .....	14
obr. 7 Prostup VZT potrubí s požární klapkou osazenou mimo požárně dělicí konstrukci [16]..	14
obr. 8 Osazení požární klapky: (a) v lici požárně dělicí konstrukce; (b) mimo požárně dělicí konstrukci [1].....	15
obr. 9 Požární klapky: (a) čtyřhranná s mechanickým ovládním; (b) kruhová se servopohonem [19] .....	16
obr. 10 Identifikované kuchyňské vybavení, které nejčastěji způsobují požár [20].....	18
obr. 11 Úmrtí v závislosti na šíření požáru [20] .....	18
obr. 12 Příčiny vzniku požárů v rodinných a bytových domech [21].....	19
obr. 13 Graf četnosti požárů podle charakteru provozu a podle příčiny požáru [22].....	19
obr. 14 Požár bytového domu v Čelákovcích 2007: (a) požár střešního pláště; (b) střecha po požáru [23].....	20
obr. 15 Požár bytového domu v Plzni 2012: (a) instalační šachta; (b) sporák - místo vzniku požáru [24].....	21
obr. 16 Požár bytového domu v Miskolci 2009: (a) pohled na fasádu po požáru; (b) lokální lepení polystyrenu.....	21
obr. 17 Fotografie požáru panelového domu: (a) byt v 7. NP; (b) výšková technika hasičů a téměř uhašený požár rozšířený v několika podlažích; (c) zničený byt [26] .....	22
obr. 18 Zanesené potrubí VZT: (a) potrubí; (b) ventilátor [27].....	23
obr. 19 Fotografie z průběhu testů: (a) Ex2; (b) Ex3.....	24
obr. 20 Rychlost uvolňovaného tepla pro jednotlivé experimenty [30] .....	25
obr. 21 Schéma, geometrie modelů, poloha měřících bodů.....	29
obr. 22 Křivka HRR pro bavlněnou tkaninu.....	31
obr. 23 Křivka HRR pro dvě pánve rostlinného oleje .....	32
obr. 24 Graf průběhu teploty plynu v přípojovacím potrubí v 1. NP .....	34
obr. 25 Graf průběhu teplot na povrchu konstrukcí v přípojovacím potrubí v 1. NP.....	35
obr. 26 Graf průběhu teploty v odvodním potrubí na úrovni 2. NP (bod s) .....	35

---

obr. 27 Smokeview, 45 s: (a) rozvoj plamenů a kouře; (b) řezová rovina znázorňující teplotu plynu .....	36
obr. 28 Smokeview, 120 s: teplota ohraničujících konstrukcí.....	37
obr. 29 Graf průběhu teploty plynu v přípojovacím potrubí a vedle digestoře v 1. NP .....	38
obr. 30 Graf průběhu teploty plynu ve společném odvodním potrubí.....	39
obr. 31 Graf průběhu teplot na povrchu konstrukcí v přípojovacím potrubí v 1. NP.....	39
obr. 32 Smokeview, 120 s: (a) požár oleje na pánvi; (b) řezová rovina znázorňující teplotu plynu .....	40
obr. 33 Smokeview, 170 s: teplota ohraničujících konstrukcí.....	41
obr. 34 Smokeview, 63 s: Teplota povrchu konstrukcí - začátek hoření usazenin v 1. NP.....	42
obr. 35 Průběh teplot na povrchu přípojovacího potrubí v 1. NP.....	43
obr. 36 Průběh teplot na povrchu přípojovacího potrubí ve 2. NP .....	43
obr. 37 Průběh teplot na povrchu přípojovacího potrubí ve 3. NP .....	44
obr. 38 Smokeview: (a) 186 s, rozvoj plamenů a kouře; (b) 350 s, teplota ohraničujících konstrukcí .....	45
obr. 39 Průběh teploty plynu v přípojovacím potrubí v 1. NP.....	46
obr. 40 Průběh teploty plynu v přípojovacím potrubí ve 2. NP.....	46
obr. 41 Průběh teploty plynu v přípojovacím potrubí ve 3. NP .....	47
obr. 42 Průběh teploty plynu ve společném odvodním potrubí na úrovni jednotlivých podlaží ..	47
obr. 43 Smokeview, řezová rovina znázorňující teplotu plynu v (a) 250 s; (b) 900 s .....	48
obr. 44 Průběh teploty plynu vedle digestoře a na povrchu přípojovacího potrubí v 1. NP v modelu 1 .....	49
obr. 45 Průběh teploty plynu vedle digestoře a na povrchu přípojovacího potrubí v 1. NP v modelu 2 .....	50
obr. 46 Průběh teploty plynu vedle digestoře a na povrchu přípojovacího potrubí v 1. NP v modelu 3 .....	51
obr. 47 Průběh teploty plynu vedle digestoře a na povrchu přípojovacího potrubí v 2. NP v modelu 3 .....	51
obr. 48 Graf průběhu teplot ve stoupacím potrubí v modelu 2.....	53
obr. 49 Graf průběhu teplot ve stoupacím potrubí v modelu 3.....	53

---

## Seznam tabulek

tab. 1 Reakce výrobků na oheň.....	7
tab. 2 Vztah mezi požadavky na stupně hořlavosti a třídami reakce na oheň .....	7
tab. 3 Požární odolnost chráněného VZT potrubí a požárních klapek.....	8
tab. 4 Velikost výpočetních sítí a buněk .....	28
tab. 5 Materiálové charakteristiky .....	30
tab. 6 Hodnoty měrné tepelné kapacity oceli [36] .....	30

---

## Literatura

- [1] ČSN 73 0872: *Požární bezpečnost staveb - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením*. 1996
- [2] NFPA 90A: *Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems* [online]. 1999. Dostupné z: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/document-information-pages?mode=code&code=13>
- [3] ČSN 73 0810: *Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení*. 2016. Praha.
- [4] CIFRINEC, Ivan. *Větrání bytových domů - Základy teorie větrání* [online]. 2010 [vid. 2018-12-16]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani>
- [5] ADAMOVSKEÝ, Daniel. *Technická zařízení za požáru: Vzduchotechnika*. In: . B.m. 2018.
- [6] CIFRINEC, Ivan a Michal KUBELKA. *Současná situace v oblasti bytového větrání v ČR Hlavní problémy a aktuální témata* [online]. 2016 [vid. 2018-12-16]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/6915-soucasna-situace-v-oblasti-bytoveho-vetrani-v-cr>
- [7] ZMRHAL, Vladimír. *Větrání rodinných a bytových domů*. 1. Praha: Grada Publishing, a.s., 2014. ISBN 978-80-247-4573-2.
- [8] POKORNÝ, Marek. *Požární prevence: Únikové cesty*. 2016.
- [9] ČSN EN 13501-3+A1 *Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 3: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti výrobků a prvků běžných provozních instalací: požárně odolná potrubí a požární klapky*. B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2010
- [10] *UL 555: Standard for Fire Dampers*. B.m.: UL (Underwriters Laboratories). 2006
- [11] RŮŽIČKA, František. *Rozdělení hořlavých látek a jejich požárně technické charakteristiky* [online]. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. 1999. Dostupné z: [http://www.firebrno.cz/uploads/uo\\_vyskov/dokkstaz/PT\\_rozdeleni\\_horlavin.pdf](http://www.firebrno.cz/uploads/uo_vyskov/dokkstaz/PT_rozdeleni_horlavin.pdf)
- [12] *UL 181: Standard for Factory-Made Air Ducts and Air Connectors*. B.m.: UL (Underwriters Laboratories). 2017

- 
- [13] ČSN EN 1366-1 *Zkoušení požární odolnosti provozních instalací - Část 1: Vzduchotechnická potrubí*. B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2017
- [14] TOMAN, Stanislav. *Požární ochrana větracích systémů obytných budov* [online]. 2012. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/8440-pozarni-ochrana-ventracich-systemu-obytnych-budov>
- [15] CIFRINEC, Ivan. *Prvky větrací soustavy v bytovém domě I. - Prvky na vstupu do větrací šachty* [online]. 2010 [vid. 2018-12-17]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vzduchotechnicka-zarizeni/6525-prvky-ventraci-soustavy-v-bytovem-dome-i-prvky-na-vstupu-do-ventraci-sachty>
- [16] TOMAN, Stanislav. *Protipožární ochrana vzduchotechnických potrubních prostupů* [online]. 2005. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-ventrani-klimatizace/2418-protipozarni-ochrana-vzduchotechnickych-potrubnich-prostupu>
- [17] Vyhláška č. 246/2001 Sb., O stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci). 2001.
- [18] ČSN EN 15650 *Větrání budov - Požární klapky*. B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2012
- [19] MANDÍK [online]. 2015 [vid. 2018-05-30]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/pozarni-technika>
- [20] MADRZYKOWSKI, Daniel, Anthony HAMINS a Shivani MEHTA. *Residential Kitchen Fire Suppression Research Needs: Workshop Proceedings*. 2007.
- [21] AHRENS, Marty. *Home Structure Fires*. *National Fire Protection Association* [online]. 2017, 139. Dostupné z: [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)
- [22] PETRÁKOVÁ, Magda. *Analýza rizik šíření účinku požáru vzduchotechnickými systémy*. B.m., 2018. ČVUT v Praze.
- [23] -WEJ-. *Rozsáhlý požár panelového domu v Čelákovících a dva zranění hasiči* [online]. 2007 [vid. 2018-12-07]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/7958-rozsahly-pozar-paneloveho-domu-v-celakovicich-a-dva-zraneni-hasici/>
- [24] *Kvůli požáru bytu v Plzni hasiči evakovali celý dům. Zničeno bylo osm bytů a škody jsou miliónové* [online]. 2012 [vid. 2018-12-07]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/60028-kvuli-pozaru-bytu-v-plzni-hasici-evakovali-cely-dum-zniceno-bylo-osm-bytu-a-skody-jsou-milionove/>
-

- [25] HAJPÁL, Mónika. *Analysis of a tragic fire case in panel building of Miskolc* [online]. 2012. Dostupné z: <https://lacoltulstrazii.files.wordpress.com/2012/10/analysis-of-a-tragic-fire-case-in-panel-building-miskolc-hungary.pdf>
- [26] *Drama na Silvestra* [online]. 2003 [vid. 2018-12-07]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/616-drama-na-silvestra/>
- [27] TAURIS plus, s.r.o. [online]. 2018. Dostupné z: <https://www.taurisplus.cz/produkty-sluzby/cisteni-a-dezinfekce-potrubi-vzduchotechniky/>
- [28] VDI 2052: *Ventilation equipment for kitchens*. B.m.: The Association of German Engineers (VDI). 2017
- [29] WU, HH a WK CHOW. Experimental studies on heat release rate in Chinese kitchen fires. *Journal of applied fire science*. 2011.
- [30] GAO, Y, Q.K. LIU, W.K. CHOW a M WU. Analytical and experimental study on multiple fire sources in a kitchen. *Fire Safety Journal* [online]. 2014, **63**, 101–112. ISSN 03797112. Dostupné z: doi:10.1016/j.firesaf.2013.12.001
- [31] MCGRATTAN, K. ET AL. *Fire Dynamics Simulator (Version 6), Technical Reference Guide, Volume 2: Verification* [online]. Gaithersburg, Maryland, USA: National Institute of Standards and Technology. 2006. Dostupné z: doi:10.6028/NIST.SP.1018
- [32] MCGRATTAN, K. ET AL. *Fire Dynamics Simulator (Version 6), Technical Reference Guide, Volume 3: Validation* [online]. Gaithersburg, Maryland, USA: National Institute of Standards and Technology. 2006. Dostupné z: doi:10.6028/NIST.SP.1018
- [33] ŠUSTKOVÁ, Alena. *Zpracování celulózy pro průmyslové aplikace*. B.m., 2018. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [34] DINENNO, PHILIP J. ET AL. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 3. B.m.: National Fire Protection Association, 2002. ISBN 0-87765-451-4.
- [35] *Engineering ToolBox* [online]. 2001 [vid. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://www.engineeringtoolbox.com/>
- [36] WALD, František, Marek POKORNÝ, Kamila HOROVÁ, Petr HEJTMÁNEK, Hana NAJMANOVÁ, Martin BENÝŠEK, Marta KUREJKOVÁ a Ivo SCHWARZ. *Modelování dynamiky požáru v budovách*. B.m.: ČVUT v Praze, 2017. ISBN 978-80-01-05633-2.
- [37] *Wienerberger* [online]. 2018 [vid. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://wienerberger.cz/>
- [38] *Modelování dynamiky požáru v budovách - Příručka k programu FDS*. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2017.

- 
- [39] KISLINGER, Marek. *Požárně technické charakteristiky a technické informace pro potřeby ZPP*. 1. vyd. B.m.: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-72-9.
- [40] CHOW, W K a Xiaomin NI. Experimental Evaluation on Performance of Open Kitchen Fire Suppression Systems [online]. 2014, 1298–1311. Dostupné z: doi:10.3801/IAFSS.FSS.11-1298
- [41] Triglyceride. *Wikipedia* [online]. 2018 [vid. 2018-12-16]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Triglyceride>
- [42] VOJTÍŠEK, Michal. Dopad spalování rostlinných olejů ve vznětových motorech na výfukové emise. *Biom.cz* [online]. 2011 [vid. 2018-12-16]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/dopad-spalovani-rostlinnych-oleju-ve-vznetovych-motorech-na-vyfukove-emise>
- [43] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery* [online]. Svitavy: Code Creator, s.r.o., 2016. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/18.html>

## Příloha – Zdrojový kód FDS

(Černá barva textu – platí pro všechny modely)

```
&HEAD CHID='VZT',
```

```
TITLE='Model sireni ucinku pozaru vetracim potrubim kuchyne'/
```

```
&TIME T_END = 600.0/
```

```
&DUMP DT_RESTART = 50.0/
```

```
MODEL 1, 3 A 4: &MISC SURF_DEFAULT = 'USAZENINY+POTRUBI'/
```

```
MODEL 2: &MISC SURF_DEFAULT = 'PLECH'/
```

\*\*\*VÝPOČETNÍ OBLAST\*\*\*

MODEL 1, 2 A 3:

```
&MESH ID = 'sit_1', IJK=16,12,18, XB=-0.1,0.7,-0.1,0.5,0.0,0.9/ 3456 buněk, á 50 mm
&MESH ID = 'sit_2', IJK=4,4,42, XB=0.25,0.35,0.2,0.3,0.9,1.95/ 672 buněk, á 25
&MESH ID = 'sit_3', IJK=46,4,4, XB=0.35,1.5,0.2,0.3,1.85,1.95/ 736 buněk, á 25
&MESH ID = 'sit_4', IJK=12,8,155, XB=1.5,2.1,0.1,0.5,1.6,9.35/ 14880 buněk, á 50
&MESH ID = 'sit_5', IJK=32,24,8, XB=-0.1,0.7,-0.1,0.5,3.95,4.15/ 6144 buněk, á 25
&MESH ID = 'sit_6', IJK=8,8,84, XB=0.25,0.35,0.2,0.3,4.15,5.2/ 5376 buněk, á 12,5
&MESH ID = 'sit_7', IJK=46,4,4, XB=0.35,1.5,0.2,0.3,5.1,5.2/ 736 buněk, á 25
&MESH ID = 'sit_8', IJK=32,24,8, XB=-0.1,0.7,-0.1,0.5,7.2,7.4/ 6144 buněk, á 25
&MESH ID = 'sit_9', IJK=8,8,84, XB=0.25,0.35,0.2,0.3,7.4,8.45/ 5376 buněk, á 12,5
&MESH ID = 'sit_10', IJK=46,4,4, XB=0.35,1.5,0.2,0.3,8.35,8.45/ 736 buněk, á 25
```

MODEL 4

```
&MESH ID = 'sit_1', IJK=16,12,18, XB=-0.1,0.7,-0.1,0.5,0.0,0.9/ 3456 buněk, á 50 mm
&MESH ID = 'sit_2', IJK=4,4,42, XB=0.25,0.35,0.2,0.3,0.9,1.95/ 672 buněk, á 25
&MESH ID = 'sit_3', IJK=48,4,4, XB=0.35,1.55,0.2,0.3,1.85,1.95/ 768 buněk, á 25
&MESH ID = 'sit_4', IJK=4,4,150, XB=1.55,1.75,0.15,0.35,1.85,9.35/ 2400 buněk, á 50
&MESH ID = 'sit_5', IJK=32,24,8, XB=-0.1,0.7,-0.1,0.5,3.95,4.15/ 6144 buněk, á 25
&MESH ID = 'sit_6', IJK=8,8,84, XB=0.25,0.35,0.2,0.3,4.15,5.2/ 5376 buněk, á 12,5
&MESH ID = 'sit_7', IJK=48,4,4, XB=0.35,1.55,0.2,0.3,1.85,1.95/ 768 buněk, á 25
&MESH ID = 'sit_8', IJK=32,24,8, XB=-0.1,0.7,-0.1,0.5,7.2,7.4/ 6144 buněk, á 25
&MESH ID = 'sit_9', IJK=8,8,84, XB=0.25,0.35,0.2,0.3,7.4,8.45/ 5376 buněk, á 12,5
&MESH ID = 'sit_10', IJK=48,4,4, XB=0.35,1.55,0.2,0.3,1.85,1.95/ 768 buněk, á 25
```

\*\*\*POUŽITÉ MATERIÁLY\*\*\*

```
&MATL ID = 'OCEL', CONDUCTIVITY=45.8, DENSITY=7850.0, SPECIFIC_HEAT_RAMP='c_ramp' /
```

```
&RAMP ID='c_ramp', T=20.0, F=0.425 /
```

```
&RAMP ID='c_ramp', T=600.0, F=0.760 /
```

```
&RAMP ID='c_ramp', T=735.0, F=5.000 /
```

```
&RAMP ID='c_ramp', T=900.0, F=0.650 /
```



```

&MATL ID = 'POROBETON', SPECIFIC_HEAT=1.0, CONDUCTIVITY=0.35, DENSITY=870.0 /
&MATL ID = 'BAVLNA', SPECIFIC_HEAT=1.6, CONDUCTIVITY=0.23, DENSITY=1500.0,
HEAT_OF_COMBUSTION=16090.0 /
&MATL ID = 'OLEJ', SPECIFIC_HEAT=2.1, CONDUCTIVITY=0.17, DENSITY=920.0,
HEAT_OF_COMBUSTION=40500.0 /
&MATL ID = 'USAZENINY', SPECIFIC_HEAT=2.1, CONDUCTIVITY=0.17, DENSITY=920.0,
HEAT_OF_COMBUSTION=40500.0 /

***OKRAJOVÉ PODMÍNKY***

&SURF ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', MATL_ID='OCEL', THICKNESS=0.0006 /
&SURF ID = 'STENA', COLOR='PURPLE', MATL_ID='POROBETON', THICKNESS=0.3 /

MODEL 1, 2 A 3:
&SURF ID = 'STENA_VZT', COLOR='SANDY BROWN', MATL_ID='POROBETON', THICKNESS=0.1,
BACKING='INSULATED' /

MODEL 1:
&SURF ID = 'HORAK', COLOR='RED', HRRPUA=1777.5, RAMP_Q='HORAK_RAMP_Q', MATL_ID='BAVLNA',
THICKNESS=0.01 /
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=29.0, F=0.0/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=30.8, F=0.0127/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=32.6, F=0.0492/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=34.3, F=0.1111/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=36.1, F=0.1969/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=37.9, F=0.3080/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=39.7, F=0.4444/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=41.4, F=0.6048/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=43.2, F=0.7904/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=45.0, F=1.0/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=62.9, F=0.7904/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=80.8, F=0.6048/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=98.7, F=0.4444/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=116.6, F=0.3080/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=134.4, F=0.1969/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=152.3, F=0.1111/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=170.2, F=0.0492/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=188.1, F=0.0127/
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=206.0, F=0.0/

MODEL 2, 3 A 4:
&SURF ID = 'HORAK', COLOR='RED', HRRPUA=2222.22, RAMP_Q='HORAK_RAMP_Q', MATL_ID='OLEJ',
THICKNESS=0.01 / MAX HRR 200 kW - NA PLOŠE 0,09 m2
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/ ZAČÁTEK V 400. SEKUNDĚ GRAFU PO VZNÍČENÍ OLEJE
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=10.0, F=0.155/      31
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=25.0, F=0.188/      37.5
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=100.0, F=0.937/     187.5
&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=120.0, F=1.0/       200

```

&RAMP ID='HORAK\_RAMP\_Q', T=150.0, F=0.937/ 187.5

&RAMP ID='HORAK\_RAMP\_Q', T=200.0, F=0.375/ 75

&RAMP ID='HORAK\_RAMP\_Q', T=250.0, F=0.188/ 37.5

&RAMP ID='HORAK\_RAMP\_Q', T=350.0, F=0.125/ 25

&RAMP ID='HORAK\_RAMP\_Q', T=500.0, F=0.0/ 0

MODEL 1, 3 A 4:

&SURF ID = 'USAZENINY+POTRUBI', MATL\_ID(1,1)='USAZENINY', MATL\_ID(2,1)='OCEL',  
MATL\_MASS\_FRACTION(2,1)=1.0,

COLOR='OLIVE', THICKNESS(1:2)=0.003,0.0006, MLRPUA=0.022

IGNITION\_TEMPERATURE=335.0, BURN\_AWAY=.TRUE. /

&SURF ID = 'FILTR', COLOR='OLIVE', MATL\_ID='USAZENINY', THICKNESS=0.003, MLRPUA=0.022,  
IGNITION\_TEMPERATURE=335.0, BURN\_AWAY=.TRUE. /

&VENT SURF\_ID = 'OPEN', XB = -0.1,0.7,-0.1,-0.1,0.0,0.9 / do místnosti od sporaku

&VENT SURF\_ID = 'OPEN', XB = 0.7,0.7,-0.1,0.5,0.0,0.9 / do místnosti od sporaku

&VENT SURF\_ID = 'STENA', XB = -0.1,0.7,0.5,0.5,0.0,0.9 / stěna za sporákem

&VENT SURF\_ID = 'STENA', XB = -0.1,-0.1,-0.1,0.5,0.0,0.9 / do místnosti od sporaku

&VENT SURF\_ID = 'OPEN', XB = -0.1,0.7,-0.1,0.5,0.9,0.9 / nad digestori

&VENT SURF\_ID = 'PLECH', XB = -0.1,0.7,-0.1,0.5,0.0,0.0 / sporak

&VENT SURF\_ID = 'OPEN', XB = -0.1,0.7,-0.1,-0.1,3.95,4.15 / 2. patro pred

&VENT SURF\_ID = 'OPEN', XB = 0.7,0.7,-0.1,0.5,3.95,4.15 / 2. patro prava

&VENT SURF\_ID = 'STENA', XB = -0.1,0.7,0.5,0.5,3.95,4.15 / 2. patro stěna za sporákem

&VENT SURF\_ID = 'STENA', XB = -0.1,-0.1,-0.1,0.5,3.95,4.15 / 2. patro leva

&VENT SURF\_ID = 'OPEN', XB = -0.1,0.7,-0.1,0.5,4.15,4.15 / nad digestori

&VENT SURF\_ID = 'OPEN', XB = -0.1,0.7,-0.1,0.5,3.95,3.95 / pod digestori

&VENT SURF\_ID = 'OPEN', XB = -0.1,0.7,-0.1,-0.1,7.2,7.4 / 3. patro pred

&VENT SURF\_ID = 'OPEN', XB = 0.7,0.7,-0.1,0.5,7.2,7.4 / 3. patro prava

&VENT SURF\_ID = 'STENA', XB = -0.1,0.7,0.5,0.5,7.2,7.4 / 3. patro stěna za sporákem

&VENT SURF\_ID = 'STENA', XB = -0.1,-0.1,-0.1,0.5,7.2,7.4 / 3. patro leva

&VENT SURF\_ID = 'OPEN', XB = -0.1,0.7,-0.1,0.5,7.4,7.4 / nad digestori

&VENT SURF\_ID = 'OPEN', XB = -0.1,0.7,-0.1,0.5,7.2,7.2 / pod digestori

&OBST XB = 0.25,0.35,0.2,0.2,0.85,0.9, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / predni kousek

&OBST XB = 0.35,0.35,0.2,0.3,0.85,0.9, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / pravy kousek

&OBST XB = 0.25,0.35,0.3,0.3,0.85,0.9, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / zadni kousek

&OBST XB = 0.25,0.25,0.2,0.3,0.85,0.9, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / levy kousek

&OBST XB = 0.25,0.35,0.2,0.2,4.1,4.15, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / predni kousek

&OBST XB = 0.35,0.35,0.2,0.3,4.1,4.15, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / pravy kousek

&OBST XB = 0.25,0.35,0.3,0.3,4.1,4.15, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / zadni kousek

&OBST XB = 0.25,0.25,0.2,0.3,4.1,4.15, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / levý kousek

&OBST XB = 0.25,0.35,0.2,0.2,7.35,7.4, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / přední kousek

&OBST XB = 0.35,0.35,0.2,0.3,7.35,7.4, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / pravý kousek

&OBST XB = 0.25,0.35,0.3,0.3,7.35,7.4, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / zadní kousek

&OBST XB = 0.25,0.25,0.2,0.3,7.35,7.4, SURF\_ID = 'PLECH', COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5 / levý kousek

### \*\*\*ŠACHTA\*\*\*

MODEL 1, 2 A 3:

&VENT SURF_ID = 'STENA_VZT', XB = 1.5,2.1,0.1,0.1,1.6,9.35 /	sachta
&VENT SURF_ID = 'STENA_VZT', XB = 2.1,2.1,0.1,0.5,1.6,9.35 /	sachta
&VENT SURF_ID = 'STENA_VZT', XB = 1.5,2.1,0.5,0.5,1.6,9.35 /	sachta
&VENT SURF_ID = 'STENA_VZT', XB = 1.5,2.1,0.1,0.5,1.6,1.6 /	dole sachta
&VENT SURF_ID = 'OPEN', XB = 1.5,2.1,0.1,0.5,9.35,9.35 /	nahoře sachta
&VENT SURF_ID = 'STENA_VZT', XB = 1.5,1.5,0.1,0.2,1.6,9.35 /	sachta leva přední kousek
&VENT SURF_ID = 'STENA_VZT', XB = 1.5,1.5,0.3,0.5,1.6,9.35 /	sachta leva zadní kousek
&VENT SURF_ID = 'STENA_VZT', XB = 1.5,1.5,0.2,0.3,1.6,1.85 /	sachta leva 1 dole
&VENT SURF_ID = 'STENA_VZT', XB = 1.5,1.5,0.2,0.3,1.95,5.1 /	sachta leva 2
&VENT SURF_ID = 'STENA_VZT', XB = 1.5,1.5,0.2,0.3,5.2,8.35 /	sachta leva 3
&VENT SURF_ID = 'STENA_VZT', XB = 1.5,1.5,0.2,0.3,8.45,9.35 /	sachta leva 4 nahoře
&VENT SURF_ID = 'OPEN', XB = 1.5,1.5,0.2,0.3,1.85,1.95 /	sachta leva otvor 1.NP
&VENT SURF_ID = 'OPEN', XB = 1.5,1.5,0.2,0.3,5.1,5.2 /	sachta leva otvor 2.NP
&VENT SURF_ID = 'OPEN', XB = 1.5,1.5,0.2,0.3,8.35,8.45 /	sachta leva otvor 3.NP

### \*\*\*VZT POTRUBÍ V ŠACHTĚ\*\*\*

MODEL 1, 2 A 3:

&OBST XB = 1.55,1.75,0.15,0.35,1.85,1.85, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / spodek

&OBST XB = 1.55,1.75,0.15,0.15,1.85,9.35, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / přední strana

&OBST XB = 1.75,1.75,0.15,0.35,1.85,9.35, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / pravá strana

&OBST XB = 1.55,1.75,0.35,0.35,1.85,9.35, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / zadní strana

&OBST XB = 1.55,1.55,0.15,0.35,1.85,9.35, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / leva strana

&OBST XB = 1.5,1.55,0.2,0.3,1.85,1.85, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / spodní kousek

&OBST XB = 1.5,1.55,0.2,0.3,1.95,1.95, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / vrchní kousek

&OBST XB = 1.5,1.55,0.2,0.2,1.85,1.95, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / přední kousek

&OBST XB = 1.5,1.55,0.3,0.3,1.85,1.95, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / zadní kousek

&HOLE XB = 1.54,1.56,0.21,0.29,1.86,1.94 /

&OBST XB = 1.5,1.55,0.2,0.3,5.1,5.1, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / spodní kousek

&OBST XB = 1.5,1.55,0.2,0.3,5.2,5.2, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / vrchní kousek

&OBST XB = 1.5,1.55,0.2,0.2,5.1,5.2, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / přední kousek

&OBST XB = 1.5,1.55,0.3,0.3,5.1,5.2, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / zadní kousek

&HOLE XB = 1.54,1.56,0.21,0.29,5.11,5.19 /

&OBST XB = 1.5,1.55,0.2,0.3,8.35,8.35, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / spodni kousek

&OBST XB = 1.5,1.55,0.2,0.3,8.45,8.45, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / vrchni kousek

&OBST XB = 1.5,1.55,0.2,0.2,8.35,8.45, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / predni kousek

&OBST XB = 1.5,1.55,0.3,0.3,8.35,8.45, COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.5, SURF\_ID = 'PLECH' / zadni kousek

&HOLE XB = 1.54,1.56,0.21,0.29,8.36,8.44 /

\*\*\*HOŘÁK, DIGESTOŘE\*\*\*

MODEL 1: &OBST XB = 0.2,0.4,0.15,0.35,0.0,0.05

SURF\_ID6 = 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'HORAK'

COLOR = 'BLACK' /

&VENT SURF\_ID = 'HORAK', XB = 0.2,0.4,0.15,0.35,0.05,0.05 /

MODEL 2, 3 A 4: &OBST XB = 0.15,0.45,0.1,0.4,0.0,0.05

SURF\_ID6 = 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'HORAK'

COLOR = 'BLACK' /

&VENT SURF\_ID = 'HORAK', XB = 0.15,0.45,0.1,0.4,0.05,0.05 /

&OBST XB = 0.0,0.6,0.0,0.5,0.8,0.85

SURF\_ID = 'PLECH' /

&OBST XB = 0.0,0.6,0.0,0.5,4.05,4.1

SURF\_ID = 'PLECH' /

&OBST XB = 0.0,0.6,0.0,0.5,7.3,7.35

SURF\_ID = 'PLECH' /

&HOLE XB = 0.25,0.35,0.2,0.3,0.79,0.86 /

&HOLE XB = 0.25,0.35,0.2,0.3,4.04,4.11 /

&HOLE XB = 0.25,0.35,0.2,0.3,7.29,7.36 /

MODEL 1, 3 A 4:

&VENT SURF\_ID = 'FILTR', XB = 0.1,0.5,0.1,0.4,0.8,0.8 /

&VENT SURF\_ID = 'FILTR', XB = 0.1,0.5,0.1,0.4,4.05,4.05 /

&VENT SURF\_ID = 'FILTR', XB = 0.1,0.5,0.1,0.4,7.3,7.3 /

\*\*\*REAKTANT\*\*\*

MODEL 1:

&REAC ID='BAVLNA', FUEL='REAC\_FUEL', C=6.0, H=10.0, O=5.0, HEAT\_OF\_COMBUSTION=16090.0,  
SOOT\_YIELD=0.015 /

MODEL 2, 3 A 4:

&REAC ID='OLEJ', FUEL='REAC\_FUEL', C=55.0, H=98.0, O=6.0, SOOT\_YIELD=0.106,  
HEAT\_OF\_COMBUSTION=40500.0 /

\*\*\*MĚŘENÍ TEPLoty\*\*\*

&DEVC ID = 'T\_1NP\_digestor\_vstup', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=0.3,0.25,0.8 /  
&DEVC ID = 'T\_1NP\_digestor\_vedle', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=0.65,0.25,0.8 /  
&DEVC ID = 'T\_1NP\_potrubi1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=0.3,0.25,1.2 /  
&DEVC ID = 'T\_1NP\_potrubi1\_povrch', QUANTITY='WALL TEMPERATURE', XYZ=0.3,0.2,1.2, IOR=2.0 /  
&DEVC ID = 'T\_1NP\_potrubi2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.4,0.25,1.9 /  
&DEVC ID = 'T\_1NP\_potrubi2\_povrch', QUANTITY='WALL TEMPERATURE', XYZ=1.4,0.2,1.9, IOR=2.0 /

&DEVC ID = 'T\_sachta\_potrubi1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.65,0.25,1.9 /  
&DEVC ID = 'T\_sachta\_potrubi1-2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.65,0.25,3.525 /  
&DEVC ID = 'T\_sachta\_potrubi2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.65,0.25,5.15 /  
&DEVC ID = 'T\_sachta\_potrubi2-3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.65,0.25,6.775 /  
&DEVC ID = 'T\_sachta\_potrubi3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.65,0.25,8.4 /

MODEL 1, 2 A 3:

&DEVC ID = 'T\_sachta\_vedle1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.8,0.25,1.9 /  
&DEVC ID = 'T\_sachta\_vedle2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.8,0.25,5.15 /  
&DEVC ID = 'T\_sachta\_vedle3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.8,0.25,8.4 /

MODEL 4:

&DEVC ID = 'T\_centralni\_povrch1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.75,0.25,1.9, IOR=-1.0 /  
&DEVC ID = 'T\_centralni\_povrch2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.75,0.25,5.15, IOR=-1.0 /  
&DEVC ID = 'T\_centralni\_povrch3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.75,0.25,8.4, IOR=-1.0 /

&DEVC ID = 'T\_2NP\_digestor\_vedle', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=0.65,0.25,4.075 /  
&DEVC ID = 'T\_2NP\_potrubi1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=0.3,0.25,4.45 /  
&DEVC ID = 'T\_2NP\_potrubi1\_povrch', QUANTITY='WALL TEMPERATURE', XYZ=0.3,0.2,4.45, IOR=2.0 /  
&DEVC ID = 'T\_2NP\_potrubi2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.4,0.25,5.15 /  
&DEVC ID = 'T\_2NP\_potrubi2\_povrch', QUANTITY='WALL TEMPERATURE', XYZ=1.4,0.2,5.15, IOR=2.0 /

&DEVC ID = 'T\_3NP\_digestor\_vedle', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=0.65,0.25,7.325 /  
&DEVC ID = 'T\_3NP\_potrubi1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=0.3,0.25,7.7 /  
&DEVC ID = 'T\_3NP\_potrubi1\_povrch', QUANTITY='WALL TEMPERATURE', XYZ=0.3,0.2,7.7, IOR=2.0 /  
&DEVC ID = 'T\_3NP\_potrubi2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.4,0.25,8.4 /  
&DEVC ID = 'T\_3NP\_potrubi2\_povrch', QUANTITY='WALL TEMPERATURE', XYZ=1.4,0.2,8.4, IOR=2.0 /

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBY=0.25 /

&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE' /

&END