Příjemce: Fakulta stavební ČVUT v Praze
Technický ústav požární ochrany
Vysoké učení technické v Brně
VŠB – TUO Fakulta bezpečnostního inženýrství

Poskytovatel: Česká republika - Ministerstvo vnitra

Projekt s názvem: **Výzkum a vývoj ověřených modelů požáru a evakuace osob a jejich praktická aplikace při posuzování požární bezpečnosti staveb**

s identifikačním kódem **VI20162019034**

Název předkládaného výsledku:

Metodika využití pokročilých modelů požáru a evakuace v požárně bezpečnostním řešení staveb

Typ výsledku dle UV č. 837/2017	Evidenční číslo (příjemce u organizace)	Rok vzniku
(N_{metC}) 3 Metodika schválená příslušným orgánem státní správy, do jehož kompetence daná problematika spadá		**2019**
ISBN-ISSN	**Webový odkaz na výsledek**	**Č.j. + kdy a kde publikováno**
		2019

Anotace výsledku:

Metodika se věnuje problematice definování zdroje hoření pro využití v matematických modelech požáru a definuje požadované vstupy do modelu požáru právě s ohledem na různé stupně jeho komplexity.

Byly stanoveny podmínky pro využití softwarových nástrojů v analýzách dílčích problémů požární bezpečnosti staveb a možnosti ověření jejich správné aplikace, relevantních vstupních a výstupních dat a spolehlivosti výsledků.

částí jsou využitelné také v oblasti zjišťování příčin vzniku požáru a v oblasti plnění úkolů jednotek požární ochrany. Metodika je určena všem, kteří mají vazbu na dokumentaci požární bezpečnosti staveb: zpracovatelům dokumentace požární bezpečnosti staveb, projektantům návazných oblastí, ať již jde o obory Pozemní stavby, Statika a dynamika staveb nebo Technická zařízení budov, výrobcům materiálů požární ochrany a zejména posuzovatelům dokumentace, tedy příslušníkům Ministerstva vnitra – generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky a hasičských záchranných sborů krajů.

Řešitelský tým:

doc. Mgr. Tomáš Apeltauer, Ph.D.
Ing. Petr Beneš, Ph.D.
Ing. Jiří Apeltauer, Ph.D.
Ing. Petra Okřinová

MINISTERSTVO VNITRA

Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky
Kloknerova 26, pošt. přihr. 69, 148 01 PRAHA 414

Podle § 7 odst. 5 a v návaznosti na § 7 odst. 2 až 4 zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů a podle § 26 odst. 1 a § 24 odst. 1 zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně ve znění pozdějších předpisů

je vydáno

OSVĚDČENÍ O CERTIFIKACI METODIKY

Číslo : CERO 6/2019

Název metodiky:

Metodika využití pokročilých modelů požáru a evakuace v požárně bezpečnostním řešení staveb

Dedikace

VI20162019034

Zpracovatel metodiky:

doc. Mgr. Tomáš Apeltauer, Ph.D.
Ing. Petr Beneš, CSc.
Ing. Jiří Apeltauer, Ph.D.
Ing. Petra Okřinová

V Praze dne 17.9.2019

Ministerstvo vnitra 106

.....

plk. Ing. Daniel Miklós, MPA
náměstek generálního ředitele HZS ČR
pro prevenci a civilní nouzovou připravenost

Metodika využití pokročilých modelů požáru a evakuace v požárně bezpečnostním řešení staveb

Název projektu: Výzkum a vývoj ověřených modelů požáru a evakuace osob a jejich praktická aplikace při posuzování požární bezpečnosti staveb (VI20162019034)

Poskytovatel: Ministerstvo vnitra České republiky

Kolektiv autorů metodiky:

doc. Mgr. Tomáš Apeltauer, Ph.D.

Ing. Petr Beneš, CSc.

Ing. Jiří Apeltauer, Ph.D.

Ing. Petra Okřinová

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Dokument vznikl jako výsledek projektu VI20162019034 Výzkum a vývoj ověřených modelů požáru a evakuace osob a jejich praktická aplikace při posuzování požární bezpečnosti staveb, podpořeného Ministerstvem vnitra České republiky v rámci Programu bezpečnostního výzkumu ČR.

Brno 2019

Obsah

1 Předmět metodiky 5
2 Struktura metodiky 5
3 Seznam zkratek 5
4 Základní pojmy 6
4.1 Vymezení normového a odlišného postupu 6
4.2 Související právní předpisy 7
5 Požárně bezpečnostní řešení stavby 7
6 Obsahové náležitosti požárně bezpečnostního řešení 8
6.1 Použité podklady 8
6.2 Popis stavby 9
6.3 Specifické náležitosti 10
6.3.1 Stanovení požárního rizika 11
6.3.2 Požární odolnost stavebních konstrukcí a požárních uzávěrů 12
6.3.3 Provedení požárního zásahu, evakuace a stanovení druhů a počtu únikových cest, jejich kapacity, provedení a vybavení 12
6.3.4 Stanovení odstupových, popř. bezpečnostních vzdáleností a vymezení požárně nebezpečného prostoru 13
6.3.5 Požadavky na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními 14
6.3.6 Rozsah a způsob rozmístění výstražných a bezpečnostních značek a tabulek 18
7 Návrhový požár a požární scénář 18
7.1 Návrhové požáry 19
7.1.1 Metodologie tvorby návrhového požáru 19
7.1.2 Vznícení požáru 20
7.1.3 Rozvoj požáru 20
7.1.4 Plně rozvinutý požár 21
7.1.5 Dohořívání požáru 21
7.2 Rychlost uvolňování tepla 22
7.3 Návrhové požární scénáře 23
7.3.1 Principy stanovení návrhových požárních scénářů 23
7.3.2 Zdravotnické zařízení 24
7.3.3 Hlavní únikové cesty 24

7.3.4 Neobsazená místnost 24
7.3.5 Skrytý prostor uvnitř stěny nebo stropu 25
7.3.6 Malý zdroj vznícení s velkým dopadem 25
7.3.7 Výrobní objekt nebo shromažďovací místnost 25
7.3.8 Vnější působení požáru 25
7.3.9 Neúčinná pasivní a aktivní zařízení požární ochrany 25
Reference 26
Seznam obrázků 26
Přílohy 27

1 Předmět metodiky

Cílem metodiky je podpořit zavedení pokročilých výpočetních postupů v hodnocení požární bezpečnosti staveb. Konkrétně zavést systém pro zpracování a posuzování aplikace pokročilých metod v dílčích oblastech požární bezpečnosti staveb. V rámci tohoto systému jsou stanoveny podmínky pro využití softwarových nástrojů v analýzách dílčích problémů požární bezpečnosti staveb ve vazbě na platnou legislativu, včetně příkladů užití pro různé součásti požárně bezpečnostního řešení staveb.

Metodika nachází uplatnění v oblastech posuzování požární bezpečnosti staveb, konkrétně ve všech jejích dílčích oblastech jako je modelování požáru, posuzování spolehlivosti konstrukce při požáru a evakuace osob. Některé z jejích částí jsou využitelné také v oblasti zjišťování příčin vzniku požáru a v oblasti plnění úkolů jednotek požární ochrany.

Metodika je určena příslušníkům Ministerstva vnitra - generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky a hasičských záchranných sborů krajů, kteří posuzují dokumentaci požární bezpečnosti staveb (v roli posuzovatelů) a projektantům autorizačních oborů Pozemní stavby, Požární bezpečnost staveb, Statika a dynamika staveb, atp. a výrobcům materiálů požární ochrany a další odborníci a experti, kteří se podílejí na zpracování dokumentace požární bezpečnosti staveb a kteří mají k výkonu vybraných činností ve výstavbě oprávnění (v roli zpracovatelů).

2 Struktura metodiky

Metodika sestává ze základní části a z příloh. Základní část obsahuje shrnutí základních pojmů, zejména vymezení normového a odlišného postupu při zpracování požárně bezpečnostního řešení a související právní předpisy. V další částí se věnuje obsahu a rozsahu požárně bezpečnostního řešení stavby vytvořené a způsob jejího ověření ze strany státního požárního dozoru a obsahovým náležitostem požárně bezpečnostního řešení.

V poslední části metodika demonstruje využití pokročilých modelů evakuace a požárů na dílčích komponentách požárně bezpečnostního řešení staveb, kterými v tomto případě je posouzení požárně dělicích konstrukcí, šířky a délky nechráněné únikové cesty, odstupových vzdáleností a systémů pro odvod tepla a kouře.

3 Seznam zkratek

ČSN	Chráněné označení českých technických norem
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis , Analýza možného výskytu a vlivu vad
HAZOPS	Hazard and Operability Study, Analýza ohrožení a provozuschopnosti
HRR	Heat release rate, křivka rychlosti uvolňování tepla

HZS	Hasičský záchranný sbor
CHÚC	Chráněná úniková cesta
NFPA	National Fire Protection Association
NÚC	Nechráněná úniková cesta
PBŘ	Požárně bezpečností řešení stavby
PÚ	Požární úsek
SFPE	Society of Fire Protection Engineers
ÚC	Úniková cesta
ZOKT	Zařízení pro odvod tepla a kouře

4 Základní pojmy

Požárně bezpečnostní řešení stavby (dále jen PBŘ) je zpracováváno na základě § 41 vyhlášky č. 246/2001 Sb. o požární prevenci, a to v souladu s technickými podmínkami, které jsou uvedeny ve Vyhlášce č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.

4.1 Vymezení normového a odlišného postupu

Při zpracování PBŘ postupujeme v souladu se soustavou norem ČSN třídy 7308 – Požární bezpečnost staveb a platnou legislativou. *Normovým postupem* v takovém případě rozumíme postup dle technického standardu reprezentovaného touto soustavou. § 99 zákona č. 133/1985 Sb. o požární ochraně současně definuje *odlišný postup* od této soustavy následujícím způsobem:

> *Autorizovaný inženýr nebo technik, kterému byla udělena autorizace pro požární bezpečnost staveb, (dále jen „autorizovaná osoba"), je při realizaci technických podmínek požární ochrany staveb stanovených prováděcím právním předpisem vydaným podle § 24 odst. 3 oprávněn použít* ***postup odlišný*** *od postupu, který stanoví česká technická norma nebo jiný technický dokument upravující podmínky požární ochrany. Při použití takového postupu však musí autorizovaná osoba dosáhnout alespoň stejného výsledku, kterého by dosáhla při postupu podle prováděcího právního předpisu vydaného podle § 24 odst. 3.*

Tento odlišný postup pro zpracovatele PBŘ znamená následující varianty:

- využití zahraničních technických standardů (SFPE, NFPA atd.),
- aplikace metodického postupu akceptovaného v tuzemsku (např. *Metodika pro specifické posouzení vysoce rizikových podmínek požární bezpečnosti s využitím postupů požárního inženýrství* (Kučera & Pokorný, 2014) atd.),
- využití metod tzv. požárního inženýrství.

Metodami požárního inženýrství pak rozumíme soubor zásad a postupů, kterými posuzujeme rizikové nebo specifické situace, stavby nebo technologie. Při tomto posuzování využíváme moderní poznatky z oblasti přírodních a technických disciplín a jejich prostřednictvím hledáme efektivní zajištění požární bezpečnosti.

Obecné využití těchto poznatků shrnují metodiky *Vstupní data do modelů požáru* a *Metodika ověřování modelování požáru, spolehlivosti konstrukcí a evakuace osob pomocí verifikačních příkladů* v oblasti pokročilých modelů požáru a modelů evakuace osob. Následující text se zaměřuje na vymezení rozsahu PBŘ ve vztahu k platné legislativě, přičemž se věnuje detailně těm částem PBŘ, které lze posuzovat prostřednictvím odlišného postupu prostřednictvím pokročilých modelů evakuace a požáru. Příslušná část PBŘ dle platné legislativy pak současně slouží jako vstupní údaje pro tyto pokročilé modely, protože tyto odpovídají na stejné otázky při zpracování PBŘ jako v případě využití normového postupu. Aplikace modelů je pak demonstrována ve stručné podobě prostřednictvím samostatných příloh k této metodice.

4.2 Související právní předpisy

- Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů,
- zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů,
- zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška Ministerstva vnitra č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- vyhláška Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci), ve znění vyhlášky č. 221/2014 Sb.

5 Požárně bezpečnostní řešení stavby

Obsah a rozsah požárně bezpečnostního řešení stavby vytvořené a způsob jejího ověření ze strany státního požárního dozoru definuje § 46 vyhlášky Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb. o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci). Rozsah dokumentace i její posouzení v souladu s § 31 zákona č. 133/1985 Sb. o požární ochraně zahrnuje následující aspekty:

- možnost bezpečné evakuace osob, zvířat a majetku z hořící nebo požárem ohrožené stavby nebo její části, do volného prostoru nebo do jiné požárem neohrožené části stavby,
- zachování stability a nosnosti konstrukcí po stanovenou dobu,
- rozdělení stavby do požárních úseků, stanovení jejich velikosti, zabránění možnosti šíření požáru a jeho zplodin mezi jednotlivými požárními úseky uvnitř stavby, zabránění možnosti šíření požáru na sousední objekty,

- zda navržené stavební hmoty odpovídají stanoveným požadavkům (stupeň hořlavosti, odkapávání v podmínkách požáru, rychlost šíření plamene po povrchu apod.),
- určení způsobu zabezpečení stavby požární vodou, popřípadě jinými hasebními látkami, věcnými prostředky požární ochrany a požárně bezpečnostními zařízeními,
- vymezení zásahových cest, příjezdových komunikací, popřípadě nástupních ploch pro požární techniku,
- opatření k zajištění bezpečnosti osob provádějících hašení požáru a záchranné práce,
- navržení technických, popřípadě technologických zařízení stavby (rozvodná potrubí, vzduchotechnická zařízení, vytápění, apod.) z hlediska požadavků požární bezpečnosti, popřípadě stanovení zvláštních požadavků na zvýšení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo snížení hořlavosti stavebních hmot,
- rozsah a způsob rozmístění výstražných a bezpečnostních značek a tabulek.

6 Obsahové náležitosti požárně bezpečnostního řešení

Obsahové náležitosti PBŘ stanovuje § 41 odst. 2 vyhlášky o požární prevenci, přičemž jde zejména o použité podklady, popis stavby a další specifické náležitosti.

6.1 Použité podklady

Podklady podle typu objektu musí obsahovat následující části:

- projektovou dokumentaci,
- použité technické normy včetně jejich data vydání,
- použité právní předpisy včetně jejich data vydání,
- použité softwarové nástroje pro výpočty v oblasti požární bezpečnosti (pokročilé modely požáru, šíření zplodin hoření, evakuace apod.),

Jednotlivé druhy podkladů musí obsahovat zejména tyto náležitosti:

Projektová dokumentace

- Identifikační údaje projektové dokumentace (název, místo, investor, stupeň řízení a datum zpracování),
- výsledky případných expertiz (např. analýza zdolávání požáru), pokud nejsou součástí PBŘ,
- seznam dokladů k požárním vlastnostem a charakteristikám již známých použitých výrobků a konstrukcí (např. zkušební protokoly),
- původní projektová dokumentace, kolaudační rozhodnutí, dokumentace skutečného provedení apod. v případě řešení změny stavby, pokud hodnotíme stav před touto změnou (výjimku obvykle tvoří historické budovy bez příslušné dokumentace).

Použité technické normy

- Data vydání norem.

Použité právní předpisy

- Seznam použitých právních předpisů včetně jejich změn,
- vyhodnocení případné změny legislativy nebo norem v průběhu stavby.

Použité softwarové nástroje

- Název, výrobce a verze,
- použitý model,
- vstupní data, jejich zdroj a způsob zpracování,
- verifikace modelu, parametrické nastavení modelu, validace modelu.

6.2 Popis stavby

Podle druhu stavebního objektu projektant popisuje stavbu z následujících hledisek:

- umístění stavby ve vztahu k okolní zástavbě,
- obecný popis stavby,
- stavební konstrukce,
- výška stavby,
- účel užití,
- technologie a provoz.

Umístění stavby ve vztahu k okolní zástavbě

- podrobný popis okolí stavby,
- situační výkres požární bezpečnosti stavby (dle ČSN 01 3495) včetně okolí, kromě v PBŘ odůvodněných výjimek (např. změna v užívání stavby bez vlivu na odstupové vzdálenosti, na přístup jednotek požární ochrany, na zdroje požární vody, apod.)

Obecný popis stavby

- jednoznačná specifikace, zda se jedná o novostavbu, přístavbu, nástavbu, změnu v užívání, změnu stavby před dokončením apod.,
- vyhodnocení, kterým požadavkům vyhlášky o technických podmínkách požární ochrany staveb musí stavba odpovídat,
- základní půdorysné rozměry stavby včetně požární výšky, počet nadzemních a podzemních podlaží a další údaje nutné např. pro: dimenzování zdrojů požární vody, vybavenost CHÚC apod.,
- odvolání na případné výkresy požární bezpečnosti zpracované dle ČSN 01 3495 - Výkresy požární bezpečnosti staveb,
- uvedení umístění stavby (soubor staveb, samostatně stojící, řadová zástavba apod.) a její dostupnosti,

- popis umístění dle katastru (parcelní číslo, katastr, ulice apod.),
- postup a zdůvodnění změny stavby včetně zařazení do příslušné skupiny dle ČSN 73 0834 – Požární bezpečnost staveb – Změny staveb v případě, je-li relevantní.

Stavební konstrukce

- Popis stavebních konstrukcí nosných, nenosných, obvodových, stropních a střešních.

Výška stavby

- Zdůvodnění stanovení požární výšky, popř. zdůvodnění rozdílné požární výšky u složitých objektů, stanovení počtu nadzemních a podzemních podlaží.

Účel užití

- Druh provozu, v případě specifických druhů provozů (např. mezisklady) rovněž požadavky na čisté technologie a počty osob, v případě možnosti (např. obchodní centra) popsat i předem vyloučené činnosti, provozy, druh skladovaných látek apod.

Technologie a provoz

- Popis technologie a provozu (jaké látky, zejména hořlavé, a v jakém stavu a množství se v technologii a provozu nachází a jakým způsobem se s nimi nakládá),
- vymezení, zda se jedná o technologie a provozy uvnitř objektu, tedy jsou součástí stavby či nikoliv (otevřené technologické zařízení),
- specifikace předpisů, podle kterých je stavba projektována, včetně negativního vymezení neaplikovaných norem,
- případné připojení objektu na plyn, požadavky na náhradní zdroje elektrické energie, alternativní zdroje energie apod.,
- specifikace bezpečného odpojení objektu od zdrojů elektrické energie,
- použití vzduchotechniky pro větrání, instalace jiných zařízení.

6.3 Specifické náležitosti

Dále jsou uvedeny specifické náležitosti dokumentace PBŘ ve zjednodušené struktuře. Podrobněji jsou uvedeny náležitosti, které mohou být předmětem posouzení pomocí odlišného postupu v podobě vstupních údajů pro pokročilé modely požáru a evakuace (např. výpočet požárního rizika), nebo přímo v podobě samotného pokročilého modelu (např. provedení evakuace osob). Úplný popis náležitostí uvádí publikace *Metodický návod pro navrhování a posuzování požárně bezpečnostního řešení* (HZS, 2018).

- Rozdělení stavby do požárních úseků,
- požární riziko,
- požární odolnost stavebních konstrukcí a požárních uzávěrů,
- stavební hmoty,
- provedení požárního zásahu, evakuace osob, zvířat a majetku a stanovení druhů a počtu únikových cest, jejich kapacity, provedení a vybavení,

- stanovení odstupových, popř. bezpečnostních vzdáleností a vymezení požárně nebezpečného prostoru, zhodnocení odstupových, popř. bezpečnostních vzdáleností ve vztahu k okolní zástavbě, sousedním pozemkům a volným skladům,
- určení způsobu zabezpečení stavby požární vodou včetně rozmístění vnitřních a vnějších odběrních míst, popřípadě způsobu zabezpečení jiných hasebních prostředků u staveb, kde nelze použít vodu jako hasební látku,
- vymezení zásahových cest a jejich technického vybavení, opatření k zajištění bezpečnosti osob provádějících hašení požáru a záchranné práce, zhodnocení příjezdových komunikací, popřípadě nástupních ploch pro požární techniku,
- stanovení počtu, druhů a způsobu rozmístění hasicích přístrojů, popřípadě dalších věcných prostředků požární ochrany nebo požární techniky,
- technická, popřípadě technologická zařízení stavby (rozvodná potrubí, vzduchotechnická zařízení, vytápění apod.) z hlediska požadavků požární bezpečnosti,
- stanovení zvláštních požadavků na zvýšení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo snížení hořlavosti stavebních hmot,
- požadavky na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními, následně stanovení podmínek a návrh způsobu jejich umístění a instalace do stavby,
- rozsah a způsob rozmístění výstražných a bezpečnostních značek a tabulek, včetně vyhodnocení nutnosti označení míst, na kterých se nachází věcné prostředky požární ochrany a požárně bezpečnostní zařízení.

6.3.1 Stanovení požárního rizika

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- ČSN 73 0802,
- ČSN 73 0804,
- ČSN 73 0810.

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- u objektů řešených podle ČSN 73 0804 je třeba zhodnotit i ekonomické riziko,
- je třeba uvést jasné údaje o použitých vstupních hodnotách - způsob stanovení hodnoty součinitelů a, b, c a hodnoty pv, atd. podle ČSN 73 0802 nebo analogické součinitele a hodnoty podle ČSN 73 0804,
- použité výpočty, týkající se požárního rizika, projektant uvádí jako součást této části PBŘ nebo mohou být součástí přílohy PBŘ zaměřené specificky na pokročilé modely a výpočty.

6.3.2 Požární odolnost stavebních konstrukcí a požárních uzávěrů

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- ČSN 73 0802
- ČSN 73 0804
- ČSN 73 0831
- ČSN 73 0833
- ČSN 65 0201
- ČSN 73 0821 ed. 2
- ČSN 73 0834
- ČSN EN 199x

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- U konstrukcí, kde je prokazována požární odolnost výpočtem (např. statický výpočet), projektant uvádí odkaz na konkrétní části projektové dokumentace. V takovém případě musí být v PBŘ stanoveno, jakým způsobem je modelováno teplotní namáhání konstrukce nebo prvku (např. návrhový požár, křivka – normový průběh, parametrický průběh apod.).
- Výstup s konkrétní hodnotou požární odolnosti (tabulka s přehledem hodnocených prvků konstrukce) projektant zpracuje jako součást PBŘ buď přímo do této části PBŘ, nebo do samostatné přílohy (podle rozsahu).

6.3.3 Provedení požárního zásahu, evakuace a stanovení druhů a počtu únikových cest, jejich kapacity, provedení a vybavení

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- ČSN 73 0802,
- ČSN 73 0804,
- ČSN 73 0810.

Analýzu účinného požárního zásahu projektant provádí pro určité typy staveb:

- rozsáhlé skladové objekty nebo výrobní areály vyžadující instalaci ZOKT, resp. SHZ,
- objekty se shromažďovacími prostory, s omezeným zajištěním zdrojů požární vody, objekty se špatnou dostupností apod.

Projektant stanovuje, zda při daném požárním riziku a stanovených opatřeních dojde k akceptovatelnému rozsahu požáru. Jde o požár, který se nerozšíří mimo zasažený požární úsek a k jeho lokalizaci postačují jednotky požární ochrany stanovené pro dotčené území v I. stupni

poplachu. Výpočtem nebo modelem stanovené prostředky musí být reálně použitelné s ohledem na taktiku zásahu, stavební řešení posuzovaného objektu a zakouřené prostředí. Analýza může být součástí PBŘ nebo samostatným dokumentem, na který se PBŘ odvolává.

Možnost provedení evakuace osob, zvířat a majetku obsahuje popis koncepce a způsob provedení evakuace z objektu a z jednotlivých požárních úseků.

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- počet evakuačních výtahů v objektu,
- počet osob v jednotlivých požárních úsecích,
- skutečné kapacity únikových cest a jejich porovnání s mezními hodnotami, v případě nevyhovujícího stavu navržení příslušných opatření pro dosažení vyhovujícího stavu,
- u specifických prostorů (např. shromažďovací prostory) stanovení doby zakouření a provedení porovnání se skutečnou dobou evakuace,
- způsob větrání únikových cest (přirozené nebo nucené),
    - pro přirozené větrání stanovení minimální plochy otvorů,
    - pro nucené větrání stanovení minimální požadované výměny vzduchu, požadované přetlaky a doba činnosti větracího zařízení,
- nouzové únikové osvětlení (osvětlení únikových cest, protipanické osvětlení apod.),
- požadavky na domácí rozhlas, evakuační rozhlas nebo nouzový zvukový systém, včetně jejich instalace do prostoru únikové cesty.

Další požadavky:

- skutečná šířka musí být alespoň rovna nebo větší než minimální požadovaná,
- schodiště má vyhovující sklon a rozměry schodišťových stupňů,
- provedení dveří na únikových cestách a únikových východů, a to zejména směr otevírání dveří, vybavení dveří a odblokování dveří při běžném provozu.

6.3.4 Stanovení odstupových, popř. bezpečnostních vzdáleností a vymezení požárně nebezpečného prostoru

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- ČSN 73 0802,
- ČSN 73 0804,
- ČSN 73 0810.

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- stanovení, které konstrukce tvoří požárně uzavřenou plochu, částečně požárně otevřenou plochu a požárně otevřenou plochu,
- odstupové vzdálenosti se určují dle ustanovení § 11 odst. 2 vyhlášky č. 23/2008 Sb. O technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,:

    - od jednotlivých požárně otevřených ploch nebo
    - od skupiny požárně otevřených ploch.
- ke stanovení či výpočtu odstupových vzdáleností musí být uvedena vstupní data a stanoven postup určení hodnot,
- ve výkresu musí být vyznačen posuzovaný objekt včetně okótovaného požárně nebezpečného prostoru jako vstup do modelu,
- u okolních objektů je obecně požadováno vyznačení a okótování požárně nebezpečného prostoru ve výkresu v případech, že tento zasahuje do navrhované stavby. Dále je vyznačena hranice stavebního pozemku posuzovaného objektu, případně hranice pozemku veřejného prostranství,
- tvar vykresleného požárně nebezpečného prostoru musí odpovídat způsobu jeho stanovení (tj., zda bylo provedeno na základě tabulkových hodnot či podrobným výpočtem, zda se vztahuje k jednomu otvoru či vymezené ploše s více otvory).

6.3.5 Požadavky na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními

6.3.5.1 Zařízení pro detekci hořlavých plynů a par

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- ČSN 73 0802,
- ČSN 73 0804,
- ČSN 73 0810,
- ČSN 65 0201.

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- rozsah ochrany zařízením pro detekci hořlavých plynů a par,
- popis systému, umístění ústředny (vyhodnocovací jednotky), umístění komponent (detektorů),
- interakce s ostatními PBZ, zejména komunikace s EPS,
- ovládaná zařízení, zejména větrání, varování, uzavírání, vypínání, apod.,
- náhradní zdroje, požadavky na kabelové trasy, apod.,
- stanovení signalizace poplachu (optická, zvuková).

6.3.5.2 Stabilní hasicí zařízení

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,

- ČSN EN 12845,
- ČSN 73 0802,
- ČSN 73 0804,

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- typ hasiva: vodní (mlhová, pěnová, sprejová, lehká pěna), prášková, plynová, sprejová, aerosolová, apod.,
- typ hasicího zařízení: stabilní, doplňkové, resp. polostabilní zařízení, zařízení pro trvalé snížení obsahu kyslíku, apod.,
- funkční účinnost zařízení ve vztahu k požárnímu riziku příslušných PÚ,
- třída rizika dle výše uvedených předpisů,
- intenzita dodávky hasiva a účinná plocha (případně obdobný parametr dle typu zařízení a hasiva),
- doba činnosti a z toho vyplývající zásoba hasiva,
- požadavky na umístění navrženého hasicího zařízení – stropní, regálové jištění, apod.,
- napájení a kabeláž ústředny hasicího zařízení, resp. čerpadel, náhradní zdrojů apod.

6.3.5.3 Zařízení pro odvod kouře a tepla

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- ČSN 73 0802,
- ČSN 73 0804,
- ČSN 73 0810,
- ČSN 73 0831,
- ČSN 73 0845,
- ČSN 73 0848,
- ČSN 65 0201.

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- nutnosti instalace zařízení pro odvod kouře a tepla (ZOKT),
- druh ZOKT (zařízení pro přirozený odvod kouře a tepla nebo ventilátory pro nucený odvod kouře a tepla),
- funkce ZOKT a klasifikaci z hlediska požární ochrany dle teploty plynů při požáru (jedná se o střešní kouřové klapky, ventilátory pro odvod kouře a tepla, potrubí pro odvod kouře a tepla, kouřové klapky v potrubí a kouřové zábrany),
- členění požárních úseků do kouřových sekcí,
- výška kouřové zábrany (v návaznosti na členění do kouřových sekcí),
- akumulační vrstva zplodin hoření,
- velikost přítokových a odtokových ploch zplodin hoření a kouře při odvodu kouře,

- u nuceného odvodu kouře výkon elektrických ventilátorů (včetně požadavků na napájení a kabeláž), případně dimenzování na potrubí pro odvod kouře a tepla a kouřových klapek v tomto potrubí,
- umístění ovládacích prvků,
- ovládání jednotlivých částí a zajištění náhradních zdrojů (pohon otevírání přívodních otvorů, přirozeného odvodu kouře, ventilátory nuceného větrání), kouřových klapek (otevírání i zavírání) a spouštění kouřových zábran,
- ovládání, resp. princip otevírání příslušné kouřové sekce JPO.

6.3.5.4 Přetlakové větrání chráněné únikové cesty (CHÚC)

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- ČSN 73 0802,
- ČSN 73 0804.

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- hodnoty přetlaků,
- minimální výměna vzduchu,
- minimální doby funkce přetlakového větrání,
- umístění a popis zařízení a jeho ovládání,
- nutnost náhradního zdroje ve vazbě na požadovanou minimální dobu funkce.

6.3.5.5 Havarijní větrání

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- ČSN 73 0802
- ČSN 73 0804,
- ČSN 73 6058,
- ČSN 65 0201.

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- zhodnocení nutnosti vybavení požárního úseku havarijním větráním (např. v provozech a skladech s hořlavými kapalinami, v garážích, kde je umožněno parkování vozidel na plynná paliva) a způsob ovládání,
- požadavky na výměnu vzduchu,
- požadavky na spouštění (např. při stanovených koncentracích hořlavých par nebo plynů).

6.3.5.6 Požární klapky

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- ČSN 73 0802,
- ČSN 73 0804,
- ČSN 73 0810,
- ČSN 73 0831,
- ČSN 73 0835,
- ČSN 73 0845,
- ČSN 73 0872.

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- minimální požární odolnost (případně kouřotěsnost),
- způsob ovládání (tepelná pojistka, lokální detekce, EPS),
- monitorování systémem EPS,

6.3.5.7 Požární a evakuační výtahy

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- ČSN 73 0802,
- ČSN 73 0804,
- ČSN 73 0810,
- ČSN 73 0831,
- ČSN 73 0833,
- ČSN 73 0835 v návaznosti na ČSN EN 81-xx a ČSN 27 4014.

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- umístění výtahu,
- požárně technické vlastnosti materiálů kabiny výtahu,
- velikost kabiny, únosnost,
- doba jízdy, způsob ovládání, doba činnosti,
- napájení, zálohování,
- větrání výtahové šachty,
- započítání do kapacity únikové cesty.

6.3.6 Rozsah a způsob rozmístění výstražných a bezpečnostních značek a tabulek

Základní předpisy:

- vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.,
- ČSN EN ISO 7010,
- ČSN ISO 3864-1,2,3,4.

Analyzované skutečnosti vyplývající z předepsaného rozsahu PBŘ:

- únikové cesty a východy,
- evakuační výtahy, resp. tento výtah neslouží k evakuaci osob,
- evakuační shromaždiště,
- únikový žebřík,
- hlavní vypínače a uzávěry,
- hasicí přístroj, vnitřní odběrní místo požární vody, požární hadice, požární žebřík,
- hlásič požáru, ohlašovna požáru,
- nezavodněné požární potrubí, požární výtah, požární nádrž, požární větrání.

7 Návrhový požár a požární scénář

Návrhový požární scénář představuje specifický typický požár pro dané užívání. Podkladem pro stanovení požárního scénáře je *návrhový požár*, který je idealizovaným modelem reálného požáru v dané situaci.

Pro návrhový požár volíme model požáru, který je v dané situaci nejpravděpodobnější, případně řešíme více pravděpodobných modelů současně. Návrhové požáry obvykle obsahují model vývoje rozhodujících parametrů požáru, např. intenzity uvolňování tepla, velikost požáru, teploty v různých místech prostoru, především na konstrukcích, uvolňování kouře a toxických zplodin a další. Podstatou návrhového požáru je popis jednotlivých fází požáru. Výsledky modelu jsou vstupem pro další posouzení, nejčastěji pro posouzení podmínek pro evakuované osoby.

Při konstrukci požáru bereme v úvahu obvykle následující skutečnosti:

- činnost uživatelů, jejich počet a rozmístění,
- velikost místnosti, její vybavení a obsah,
- vlastnosti paliva a zdrojů vznícení,
- podmínky větrání,
- identifikace a poloha vzníceného předmětu.

Příklady návrhových požárních scénářů dle jejich umístění jsou uvedeny dále, informace lze čerpat např. z (Kaiser, 2006) nebo (Hurley, Performance-Based Fire Safety Design, 2015).

7.1 Návrhové požáry

Metody požárního inženýrství zahrnují předvídání vývoje a následků požáru prostřednictvím návrhových požárů. Pro tuto předpověď je nezbytné být obeznámen s mechanismy šíření plamene a rychlosti hoření různých materiálů v různých konfiguracích a uspořádáních.

Vstupní data jsou obvykle ve formě rychlosti uvolňování tepla v závislosti na čase – *heat release rate - HRR*. Přestože máme k dispozici pokročilé modely pro výpočet a simulaci rozvoje požáru, nelze je spolehlivě a bezpečně aplikovat při současné absenci základních znalostí o rozvoji požáru a procesu hoření.

Návrhové požáry nejsou přesnou reprezentací reálného rozvoje požáru a neznamenají ani přesnou předpověď jeho dalšího vývoje. Jde spíše o jeho předpokládané zjednodušené a analyticky uchopitelné chování, přičemž omezení vyplývající ze současné úrovně znalostí o matematických vlastnostech požáru neumožňuje vytvořit výrazně přesnější návrhový požár s využitím moderních simulačních prostředků.

7.1.1 Metodologie tvorby návrhového požáru

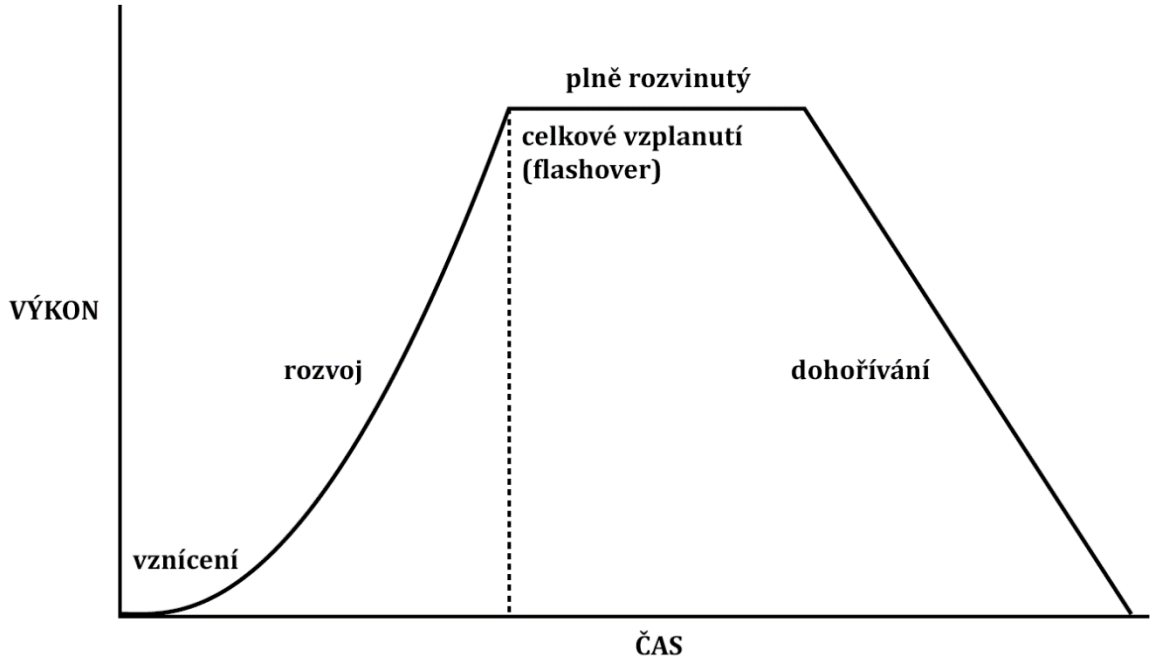
Obecná metodologie vytvoření návrhového požáru (zjednodušeně řečeno požární křivky) je následující:

1. Definice požárního scénáře.
2. Identifikace prvního předmětu nebo materiálu, který se vzňal. Při možnosti výběru z více variant postupujeme podle hořlavosti jednotlivých materiálů a pravděpodobnosti vznícení, tedy požárního rizika.
3. Sestavíme požární křivku pro první materiál, jednotlivé varianty jsou uvedeny dále v této kapitole.
4. Modifikujeme požární křivku na základě vnějších vlivů, jakými jsou například ventilace, samočinné hasicí zařízení apod.
5. Určíme, zda dojde ke vznícení dalších materiálů.
6. Dále modifikujeme požární křivku na základě případného vznícení dalších předmětů.
7. V případě potřeby kroky 4 – 6 opakujeme.

Obvykle je návrhová požární křivka popsána pomocí křivky HRR, která je současně standardním vstupem pro pokročilé modely požáru. Ve většině případů je požární křivka rozdělena do čtyř hlavních fází:

1. vznícení,
2. rozvoj požáru,
3. plně rozvinutý požár,
4. dohořívání.

Jednotlivé fáze jsou zachyceny na Obr. 5.1.



Obrázek 7.1: Fáze návrhového požáru.

7.1.2 Vznícení požáru

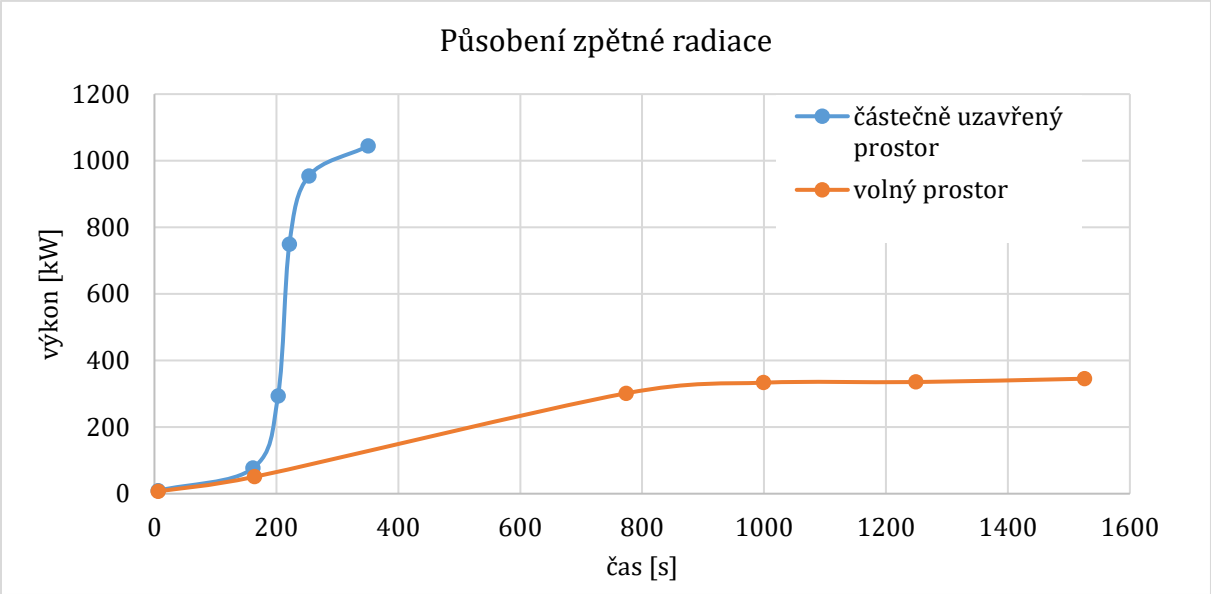
Během této fáze je rychlost uvolňování tepla zanedbatelná. Požár může samovolně pohasnout, nebo naopak přejít do další fáze, případně může ve fázi vznícení delší dobu setrvávat. Ve většině deterministických přístupů k modelování požáru jednoduše předpokládáme, že ke vznícení došlo, a matematický model aplikujeme až na samotné hoření.

Fáze vznícení nemusí být pro posouzení dopadů na evakuované osoby zanedbatelnou, protože značné nebezpečí představují doutnající požáry nebo hoření při nízké teplotě, zejména s ohledem na vývin toxických látek, např. oxidu uhelnatého. Konkrétní vznícení požáru může rovněž ovlivňovat následné fáze, jako příklad lze uvést vznícení materiálu s využitím dodané hořlaviny (např. benzín v případě žhářského útoku), které předehřívá velké množství následně zapáleného materiálu a rozvoj požáru je podstatně rychlejší, než při vznícení např. nedopalkem cigarety.

7.1.3 Rozvoj požáru

V této fázi požár vykazuje rostoucí rychlost uvolňování tepla a dochází k šíření plamene, které ovlivňuje skladba materiálu (paliva), jeho orientace v prostoru a proudění vzduchu.

Rozvoj požáru také ovlivňuje zpětná radiace, předměty umístěné v rohu nebo podél zdi většinou hoří rychleji než identické předměty umístěné ve středu místnosti. Příklad je uveden na Obr. 5.2, více informací lze nalézt např. v (Drysdale, 2001). Tyto vlivy lze zohlednit v některých pokročilých modelech požáru a musí být samostatně zohledněny ve vstupních údajích.



Obrázek 7.2: Působení zpětné radiace na rozvoj požáru.

7.1.4 Plně rozvinutý požár

V této fázi je rychlost uvolňování tepla přibližně konstantní, až do doby pohasínání. Celková doba této fáze závisí na množství již vzníceného paliva, existence případného dalšího, dosud nevzníceného paliva, podmínkách větrání apod.

Rychlost uvolňování tepla lze v této fázi stanovit na základě experimentů ve velkém měřítku, velikosti povrchu vzníceného paliva, množství ventilovaného vzduchu nebo aktivity SHZ. Metody predikce HRR v této fázi lze nalézt např. v (Hurley, Performance-Based Fire Safety Design, 2015).

7.1.5 Dohořívání požáru

Poslední fáze požáru, představuje postupný pokles rychlosti uvolňování tepla. V některých případech může docházet k opětovnému nárůstu a pohasínání vlivem zbývajícího paliva, vznícení dalších předmětů nebo aktivity SHZ.

Metody pro stanovení modelu požáru v této fázi zahrnují především empiricky získané údaje, případně bývá v modelu aplikován konstantní pokles výkonu (Hurley, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016).

V řadě bezpečnostních analýz bývá tato fáze dokonce zcela ignorována zejména proto, že kritické hodnoty klíčových proměnných pro stanovení ohrožení unikajících osob (např. teplota nebo koncentrace toxickými zplodinami) se vyskytují ve fázi plně rozvinutého požáru.

7.2 Rychlost uvolňování tepla

Základním způsobem stanovení průběhu požáru je specifikace průběhu uvolňování tepla (heat release rate), které definujeme v modelu prostřednictvím matematické nebo tabelované křivky a vyjadřujeme ji v jednotkách kW, nebo MW. V požárních modelech využíváme při návrhovém požáru různou míru idealizace, rozdělenou do několika typických úrovní.

Konstantní výkon

Model v tomto případě předpokládá konstantní průběh výkonu:

$$P(t) = C,$$

kde $P(t)$ je výkon požáru v závislosti na čase t a C je konstanta.

Kvadraticky rostoucí výkon

Model bývá v literatuře označován také jako t-square fire., je definován následujícím vztahem

$$P(t) = C \cdot t^2,$$

kde C je opět konstanta. Výkon tedy roste se druhou mocninou času, po dosažení maximální hodnoty výkonu v čase t_{max} je výkon požáru již konstantní s hodnotou P_{max} až do okamžiku, kdy opět klesá.

Výkon definovaný komplexní křivkou

Model je v tomto případě popsán např. následujícím analytickým vztahem,

$$P(t) = A + B \cdot t + C \cdot t^2 + D \cdot e^{E \cdot t},$$

kdy je třeba určit jednotlivé konstanty A, B, C, D a E často z experimentálního měření. V praxi se u většího počtu členů polynomu jedná o poměrně obtížný matematický úkol. Po dosažení maximální hodnoty výkonu v čase t_{max} je výkon požáru již konstantní s hodnotou P_{max} až do okamžiku, kdy opět klesá.

Výkon definovaný tabulkou

V takovém případě není k dispozici analytický předpis, který umožňuje určit výkon v závislosti na čase $P(t)$, ale tabulkové hodnoty, které explicitně definují proměnný výkon požáru v průběhu jeho hoření.

Značným problémem je experimentální stanovení reálného výkonu požáru v průběhu času. Řešení poskytuje např. kalorimetrické měření v laboratorních podmínkách. V takovém případě je

nezbytné v popisu modelu podrobně popsat, jakým způsobem byla křivka HRR stanovena. Podrobné informace lze nalézt v metodice *Vstupní data do modelů požáru*.

7.3 Návrhové požární scénáře

Návrhové požární scénáře zahrnují tři sady charakteristik: vlastnosti budovy nebo objektu, vlastnosti evakuovaných osob a vlastnosti požáru. Charakteristiky objektu popisují především fyzikální a konstrukční vlastnosti a vlastnosti vnitřního prostředí. Charakteristika evakuovaných osob popisují především jejich reakci na pokyn k evakuaci a následně schopnost samotné evakuace. Charakteristika požáru stanovuje samotný požární scénář a průběh požáru.

7.3.1 Principy stanovení návrhových požárních scénářů

Pro celou řadu situací jsou možné požární scénáře zřejmé. Jako příklad lze uvést chemický provoz s hořlavými látkami v tlakových nádržích, kde je logickým scénářem vznícení dané chemikálie. V jiných situacích ale takto přímočaře postupovat nemůžeme a je třeba zvolit analytický přístup pro identifikaci požárního scénáře. Obvyklé technologie jsou následující:

Analýza možného výskytu a vlivu vad (FMEA)

Analytická, vnitřně strukturovaná metoda, jejímž cílem je identifikovat místa možného vzniku vad ve výrobě obecně, a kterou je možné aplikovat také v požárním inženýrství.

Metoda nejprve identifikuje jednotlivé prvky, které jsou sledovány a mohou být předmětem selhání. Následně je pro každý prvek stanoven scénář jeho selhání (např. přehřátí, únik paliva, výpadek napájení apod.), včetně odpovídající příčiny tohoto selhání. V dalším kroku jsou popsány efekty tohoto selhání. Konečným výsledkem je ohodnocení a seřazení jednotlivých položek podle míry jejich závažnosti (Stamatis, 2003).

WHAT-IF analýza

Jednodušší metoda, která není vnitřně strukturovaná a pracuje se skupinou expertů jako informačním zdrojem. Jsou uvažovány různé příčiny vznícení požáru a jejich následky. Metoda připomíná spontánní diskusi, kdy skupina s problematikou obeznámených odborníků formuluje různé scénáře a jejich dopady (Safety, 1992).

Analýza ohrožení a provozuschopnosti (HAZOP)

Analytická, vnitřně strukturovaná metoda. Jde o týmovou expertní metodu, jejím cílem je identifikace scénářů potencionálního rizika. Experti pracují na společném zasedání formou brainstormingu. Soustřeďují se na posouzení rizika a provozní schopnosti systému. Identifikované dopady, v tomto případě jednotlivé požární scénáře, jsou formulovány v závěrečném společném dokumentu (Hyatt, 2003).

Datová analýza

Zdroje pro tuto vnitřně nestrukturovanou metodu jsou historická data, manuály a check-listy. Východiskem jsou minulé reálné události, které jsou podrobeny studiu s ohledem na to, zda může podobná událost nastat i v uvažovaném objektu.

Výsledky metod FMEA, WHAT-IF, HAZOPS a další analytických technik mohou přirozeně vytvořit velký počet požárních scénářů, který je následně nutné expertním odhadem nebo pravděpodobnostní analýzou snížit. Dalším metodou pro optimalizaci může být konzultace s dohledovými orgány nebo inspekce posuzovaného objektu nebo objektů podobných.

7.3.2 Zdravotnické zařízení

Příkladem je pokoj pacientů se dvěma obsazenými lůžky a otevřenými dveřmi, kde požár na počátku zachvátil jedno lůžko.

Požár může zahrnovat lůžkoviny a čalounění. Jde o běžný případ z praxe, kdy lze většinu explicitních vstupů pro model požáru odvodit z projektu PBŘ a dalších podkladů.

7.3.3 Hlavní únikové cesty

Příkladem je výjimečně rychle se rozvíjející požár v hlavních únikových cestách. Jde o případ, který vede v praxi ke snížení počtu využitelných únikových cest z objektu.

Požár může zahrnovat například vznícení benzinu jako urychlovače hoření v únikové cestě, věšáku na šaty nebo jiné uspořádání, které vede k rychlému rozvoji požáru. Při vzniku požáru předpokládáme otevření všech dveří v budově.

7.3.4 Neobsazená místnost

Příkladem je požár vznikající v běžně neobsazené místnosti, který potenciálně ohrožuje velký počet osob v sousední velké místnosti nebo jiném prostoru.

Požár může zahrnovat například materiál ve skladu sousedícím s největší užitkovou místností posuzované budovy. Materiál pro hoření volíme tak, aby vytvářel co nejvyšší požární zatížení a co nejrychlejší růst intenzity při zachování reálného kontextu běžného užití skladu. Při vzniku požáru předpokládáme, že sousední užitková místnost je obsazena uživateli na maximální kapacitu.

7.3.5 Skrytý prostor uvnitř stěny nebo stropu

Příkladem je požár ve skrytém prostoru uvnitř stěny nebo stropu, který sousedí s velkou obsazenou místností. Jde o případ, který vede k šíření požáru ze skrytého prostoru do sousední místnosti nebo jiného prostoru, kde ohrožuje velký počet osob.

Požár může zahrnovat skryté hořlavé materiály včetně vodičů nebo kabelů a tepelné či akustické izolace. Předpokladem je obsazení sousední funkční místnosti na maximální kapacitu. Při vzniku požáru jsou dveře otevřené.

7.3.6 Malý zdroj vznícení s velkým dopadem

Příkladem je omezený rozvíjejí se požár, zastíněný zařízením požární ochrany, který je v těsné blízkosti silně obsazeného prostoru. Jde o případ, kdy poměrně malý zdroj vznícení způsobuje požár významné intenzity.

Požár může zahrnovat vznícení cigarety v odpadkovém koši, který je dostatečně blízko dalšímu zdroji hoření, nicméně dostatečně daleko od uživatelů, takže nezpůsobuje jejich přímé ohrožení.

7.3.7 Výrobní objekt nebo shromažďovací místnost

Příkladem je požár vznikající při maximálním nahromadění hořlavých materiálů při běžném provozu ve výrobním objektu nebo shromažďovací místnosti.

Požár zahrnuje hořlavé materiály s takovým uspořádáním, typem a tvarem, aby došlo k nejrychlejšímu možnému rozvoji požáru nebo vývinu kouře. Předpokládáme základní charakteristiku provozu objektu.

7.3.8 Vnější působení požáru

Příkladem je působení požáru z vnějšku. Jde o případ, kdy požár vzniká v místě vzdáleném od sledovaného prostoru, který se do tohoto prostoru rozšířil a znemožnil z něj únik, nebo který v tomto prostoru působil nepřijatelné podmínky.

Požár zahrnuje nejbližší, nejrychleji se rozvíjející a nejvíce intenzivní možný požár, který vyplývá z kontextu situace, v tomto případě umístění sousedních objektů, rozmístění vegetace a dalších hořlavých objektů na pozemku. Předpokládáme základní charakteristiku provozu objektu.

7.3.9 Neúčinná pasivní a aktivní zařízení požární ochrany

Příkladem je požár vzniklý v běžném hořlavém materiálu v místnosti nebo prostoru, kde jsou všechna pasivní či aktivní zařízení požární ochrany neúčinná, případně jsou účinná pouze některá z těchto zařízení. Příklad je zaměřen na nechráněné otvory mezi podlažími nebo mezi požárně dělicími stěnami, selhání samočinného zavření požárních dveří, odpojení přívodu vody ke

sprinklerům, nefunkční požární signalizace, nefunkční zařízení pro odvod kouře a tepla, nebo selhání samočinných kouřových klapek.

Mezi konkrétní příklady lze uvést:

- Požár vznikající v hořlavých materiálech v lůžkové části nemocnice. Předpokladem je, že personál nezavřel při zjištění požáru dveře žádného pokoje, provoz objektu má základní charakteristiku s plnou obsazeností.
- Požár vznikající v běžných hořlavých materiálech ve velké shromažďovací místnosti nebo v prostoru uvnitř budovy.

Reference

Drysdale, D. (2001). *An Introduction to Fire Dynamics.* New York: John Wiley.

Hurley, M. J. (2015). *Performance-Based Fire Safety Design.* Boca Raton: CRC Press.

Hurley, M. J. (2016). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.* New York: Springer.

Hyatt, N. (2003). *Guidelines for Process Hazards Analysis.* Washington: Dyadem Press.

HZS, M. Č.-G. (2018). *Metodický návod pro navrhování a posuzování požárně bezpečnostního řešení.* Praha: MV ČR - GŘ HZS, Oddělení stavebně technické prevence.

Kaiser, R. (2006). Návrhové požárné scénáře pro evakuaci. *XV. ročník mezinárodní konference POŽÁRNÍ OCHRANA*.

Kučera, P., & Pokorný, J. (2014). *Metodika pro specifické posouzení vysoce rizikových podmínek požární bezpečnosti s využitím postupů požárního inženýrství.* Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství.

Safety, C. f. (1992). *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, with Worked Examples,.* New York: Center for Chemical Process Safety/American Institute of Chemical Engineers.

Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution.* Milwaukee: ASQ Quality Press.

Seznam obrázků

Obrázek 5.1: Fáze návrhového požáru. 20
Obrázek 5.2: Působení zpětné radiace na rozvoj požáru 21

Přílohy

Obsah

A Aplikační příklad: Požárně dělící konstrukce I 30
A.1 Přínosy využití pokročilého modelu 30
A.2 Vazba na stávající normativní dokumenty 30
A.3 Posuzovaný scénář 30
A.4 Schéma 30
A.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty 31
A.5.1 Standardní postup 31
A.5.2 Model požáru 31
A.6 Výsledky 31
A.6.1 Standardní postup 31
A.6.2 Model požáru 31
A.7 Vyhodnocení 32
A.8 Vizualizace modelu 33
B Aplikační příklad: Požárně dělící konstrukce II 34
B.1 Přínosy alternativního přístupu 34
B.2 Vazba na stávající normativní dokumenty 34
B.3 Posuzovaný scénář 34
B.4 Schéma 35
B.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty 35
B.5.1 Standardní postup 35
B.5.2 Model požáru 35
B.6 Výsledky 36
B.6.1 Standardní postup 36
B.6.2 Model požáru 36
B.7 Vyhodnocení 37
B.8 Vizualizace modelu 38
C Aplikační příklad: Posouzení délky a šířky nechráněné únikové cesty I 39
C.1 Přínosy alternativního přístupu 39

C.2 Vazba na stávající normativní dokumenty 39
C.3 Posuzovaný scénář 39
C.4 Schéma 40
C.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty 41
C.5.1 Standardní postup 41
C.5.2 Model evakuace osob 41
C.6 Výsledky 42
C.6.1 Standardní postup 42
C.6.2 Model evakuace osob 43
C.7 Vyhodnocení 44
C.8 Vizualizace modelu 44
D Aplikační příklad: Posouzení délky a šířky nechráněné únikové cesty II 47
D.1 Přínosy alternativního přístupu 47
D.2 Vazba na stávající normativní dokumenty 47
D.3 Posuzovaný scénář 48
D.4 Schéma 49
D.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty 49
D.5.1 Standardní postup 49
D.5.2 Model evakuace osob 50
D.6 VÝSLEDKY 50
D.6.1 Standardní postup 50
D.6.2 Model evakuace 53
D.7 Vyhodnocení 53
D.8 Vizualizace modelu 53
E Aplikační příklad: Ohrožení unikajících osob účinky požáru II 56
E.1 Přínosy alternativního přístupu 56
E.2 Vazba na stávající normativní dokumenty 56
E.3 Posuzovaný scénář 56
E.4 Schéma 57
E.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty 57
E.5.1 Standardní postup 57
E.5.2 Model požáru 57

E.6 Výsledky 58
E.6.1 Standardní postup 58
E.6.2 Model požáru 59
E.7 Vyhodnocení 61
E.8 Vizualizace modelu 61
F Aplikační příklad: Ohrožení unikajících osob účinky požáru II 61
F.1 Přínosy alternativního přístupu 62
F.2 Vazba na stávající normativní dokumenty 62
F.3 Posuzovaný scénář 62
F.4 Schéma 63
F.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty 63
F.5.1 Standardní postup 63
F.5.2 Model požáru 63
F.6 Výsledky 64
F.6.1 Standardní postup 64
F.6.2 Model požáru 65
F.7 Vyhodnocení 66
F.8 Vizualizace modelu 67
G Aplikační příklad: Systémy pro odvod tepla a kouře (ZOKT) 69
G.1 Přínosy alternativního přístupu 69
G.2 Vazba na stávající normativní dokumenty 69
G.3 Schéma 70
G.4 Vstupní parametry a jejich hodnoty 70
G.4.1 Standardní postup 70
G.4.2 Model požáru 70
G.5 Výsledky 71
G.5.1 Standardní postup 71
G.5.2 Model požáru 71
G.6 Vyhodnocení 73
G.7 Vizualizace modelu 74

A Aplikační příklad: Požárně dělící konstrukce I

A.1 Přínosy využití pokročilého modelu

Aplikace pokročilého modelu působení požáru na dělící konstrukci přináší projektantovi zejména tyto výhody:

- Možnost řešit nestandardní detaily a materiály.
- Podrobně vyhodnotit teplotní pole na konstrukci.

Cílem aplikačního příkladu je určit, zda dojde na straně konstrukce odvrácené od požáru k překročení dovolené teploty.

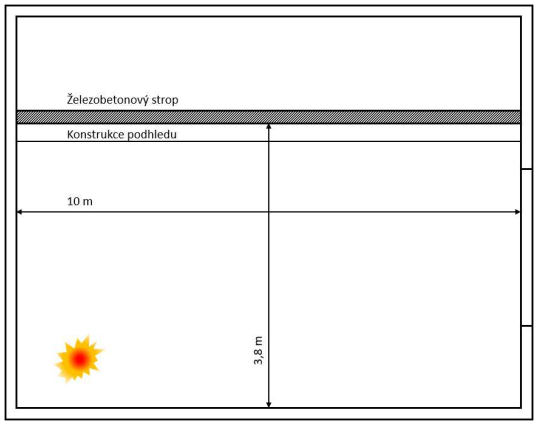
A.2 Vazba na stávající normativní dokumenty

- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty.
- ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb –Společné požadavky.
- ČSN EN 1990: Eurokód, Zásady navrhování konstrukcí.
- ČSN EN 1992-1-2: Navrhování betonových konstrukcí, Obecná pravidla, Navrhování na účinky požáru.
- ČSN EN 1994-1-2: Navrhování ocelobetonových konstrukcí, Obecná pravidla, Navrhování konstrukcí na účinky požáru.

A.3 Posuzovaný scénář

Předmětem posouzení je stanovení teploty konstrukce na straně odvrácené od požáru.

A.4 Schéma



Obr. A.1: Schéma umístění požáru.

A.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty

A.5.1 Standardní postup

- Požadovaná požární odolnost nosné a požárně dělící železobetonové stropní desky tl. 150 mm je dle projektové dokumentace objektu REI 30 DP1.
- Fyzikální parametry:
  - Železobeton:
    - Součinitel tepelné vodivosti λ: 1 580 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$.
    - Měrná tepelná kapacita c: 1 020 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$.
    - Hustota ρ: 2 400 $kg\ m^{-3}$.

A.5.2 Model požáru

- Spalovaný materiál: etanol.
- Výkon požáru: HRR = αt^2, α = 0.0469 $kW \cdot s^{-2}$, t = 150 s (GIBSE E, tab. 6.1), $HRR_{max} \sim 4$ MW.
- Materiál povrhů: beton, adiabatický.
- Počáteční podmínky: Teplota 20 °C, Vlhkost 40 %.
- Rozlišení sítě: 20 cm.

A.6 Výsledky

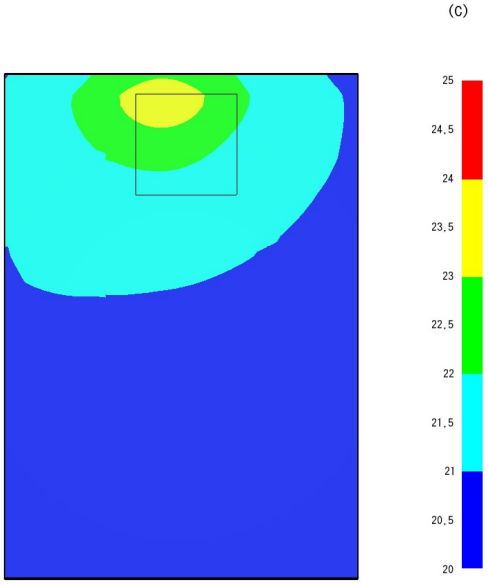
A.6.1 Standardní postup

- Skutečná požární odolnost nosné a požárně dělící železobetonové stropní desky tl. 150 mm s výztuží v obou směrech a krytím výztuže 25 mm je REI 120 DP1.
- Skutečná požární odolnost nosné a požárně dělící železobetonové stropní desky tl. 150 mm s výztuží v obou směrech a krytím výztuže mm 25 stanovená výpočtem dle ČSN EN 1994-1-2(731470) – Eurokód 4: Navrhování ocelobetonových konstrukcí, Obecná pravidla, Navrhování konstrukcí na účinky požáru je 184 minut.
- Teplota na odvrácené straně požáru po 30 min stanovená výpočtem při použití nominální normové teplotní křivky v EN 1991-1-2 je 42 °C.
- Materiálové charakteristiky pro železobeton:
  - Součinitel tepelné vodivosti λ: 1 580 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$.
  - Měrná tepelná kapacita c: 1 020 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$.
  - Hustota ρ: 2 400 $kg \cdot m^{-3}$.

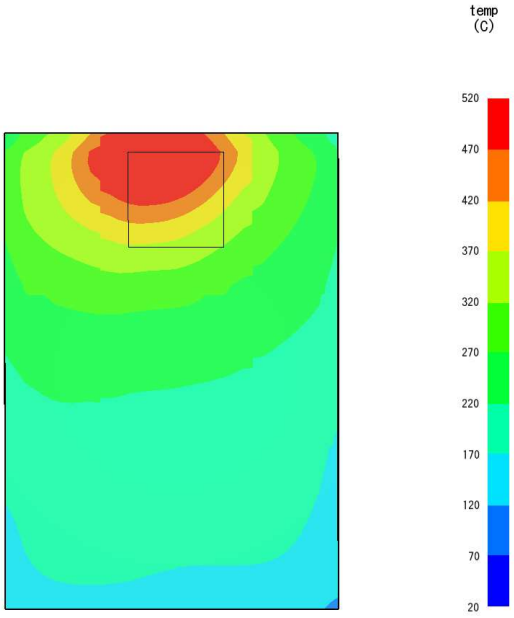
A.6.2 Model požáru

- Teplota stropní desky v kritickém místě ohniska požáru byla po 30 minutách 700–800 °C.

- Na straně odvrácené od požáru byla v kritickém místě dosažena teplota 24 ᴬ25 °C.



Obr. A.2: Vizualizace výsledků modelu požáru, teplotní pole stropní konstrukce na straně odvrácené od požáru po 30 minutách.



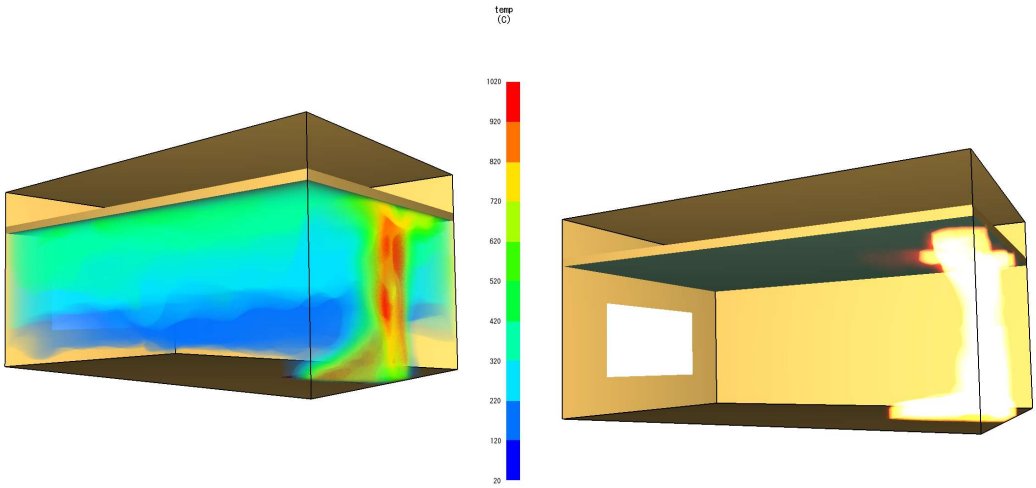
Obr. A.3: Vizualizace výsledků modelu požáru, teplotní pole stropní konstrukce na straně vystavené účinkům požáru po 30 minutách.

A.7 Vyhodnocení

Vypočítaná teplota nosné a požárně dělící železobetonové stropní desky tl. 150 mm s výztuží v obou směrech s krytím výztuže 25 mm na straně odvrácené od požáru byla výpočtem stanovena

na 42 °C. Pomocí CFD modelu byla teplota na odvrácené straně od požáru stanovena na 24–25 °C při výchozí teplotě 20 °C. Rozdíl teplot není překvapující, protože při metodě CFD je brána v úvahu řada dějů, které jsou při zjednodušeném výpočtu logicky zanedbány. V prostoru dochází k turbulentnímu proudění plynu a zahřívání tak není rovnoměrné a koncertované do jednoho bodu jako v případě analytického výpočtu. Kromě nerovnoměrného ohřívání dochází díky tomuto jevu rovněž k ochlazování konstrukce studeným vzduchem v situaci, kdy se dostane do kontaktu s konstrukcí a rovněž k ochlazování konstrukce vlastním sáláním.

A.8 Vizualizace modelu



Obr. A.4: Vizualizace modelu v podobě rozložení teploty ve sledovaném prostoru a vizualizace plamene.

B Aplikační příklad: Požárně dělící konstrukce II

B.1 Přínosy alternativního přístupu

Aplikace alternativního přístupu řešení požárně dělících konstrukcí přináší projektantovi zejména tyto výhody:

- Možnost řešit nestandardní detaily a materiály.
- Podrobně vyhodnotit teplotní pole na konstrukci.

Cílem aplikačního příkladu je určit, zdali nedojde na straně konstrukce odvrácené od požáru k překročení dovolené teploty.

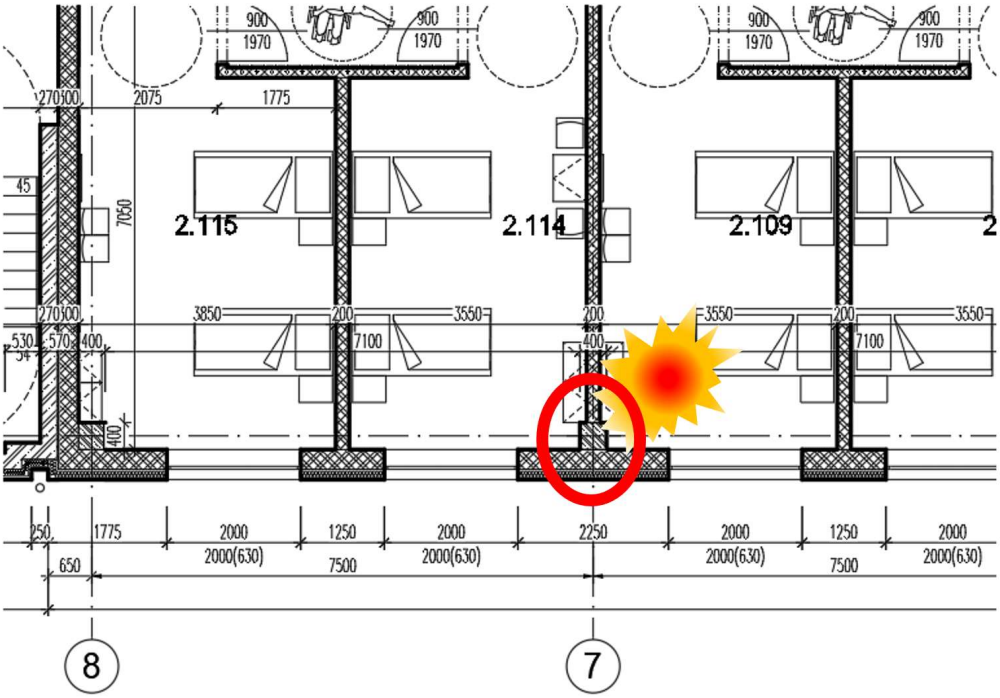
B.2 Vazba na stávající normativní dokumenty

- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty.
- ČSN 73 0835. Požární bezpečnost staveb. Budovy zdravotnických zařízení.
- ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb. Společné požadavky.
- ČSN EN 1990: Eurokód, Zásady navrhování konstrukcí.
- ČSN EN 1992-1-2: Navrhování betonových konstrukcí, Obecná pravidla, Navrhování na účinky požáru.
- ČSN EN 1994-1-2: Navrhování ocelobetonových konstrukcí, Obecná pravidla, Navrhování konstrukcí na účinky požáru.
- ČSN EN 1996-1-2: Navrhování zděných konstrukcí, Obecná pravidla, Navrhování konstrukcí na účinky požáru.

B.3 Posuzovaný scénář

Předmětem posouzení je prostup tepla přes nosnou konstrukci, která navazuje na požárně dělící konstrukci – příčku. Nosná konstrukce je vyrobena ze železobetonu, který je dobrým vodičem tepla a mohla by nastat situace, kdy bude mít nosná konstrukce nižší požární odolnost než přilehlá požárně - dělící příčka. Výsledkem modelu je teplotní pole na nosné konstrukci po 30 minutách od vzniku požáru.

B.4 Schéma



Obr. B.1: Schéma modelovaného prostoru.

B.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty

B.5.1 Standardní postup

- Požadovaná požární odolnost nosného železobetonového sloupu dle projektové dokumentace objektu je R 30, rozměry sloupu 400×400 mm.
- Požadovaná požární odolnost nenosné požárně dělící příčky mezi místnostmi 2.114 a 2.109 dle projektové dokumentace objektu je EI 30.
- Materiál příčky: keramický dutinový zdící materiál tl. 200 mm.

B.5.2 Model požáru

- Spalovaný materiál: etanol.
- Výkon požáru: HRR= αt^2, α= 0.0469 kW·s^{-2}, t = 150 s (GIBSE E, tab. 6.1), $HRR_{max} \sim 4$ MW.
- Materiál povrchů: beton, adiabatický.
- Počáteční podmínky: Teplota 20 °C, Vlhkost 40 %.
- Rozlišení sítě: 20 cm.

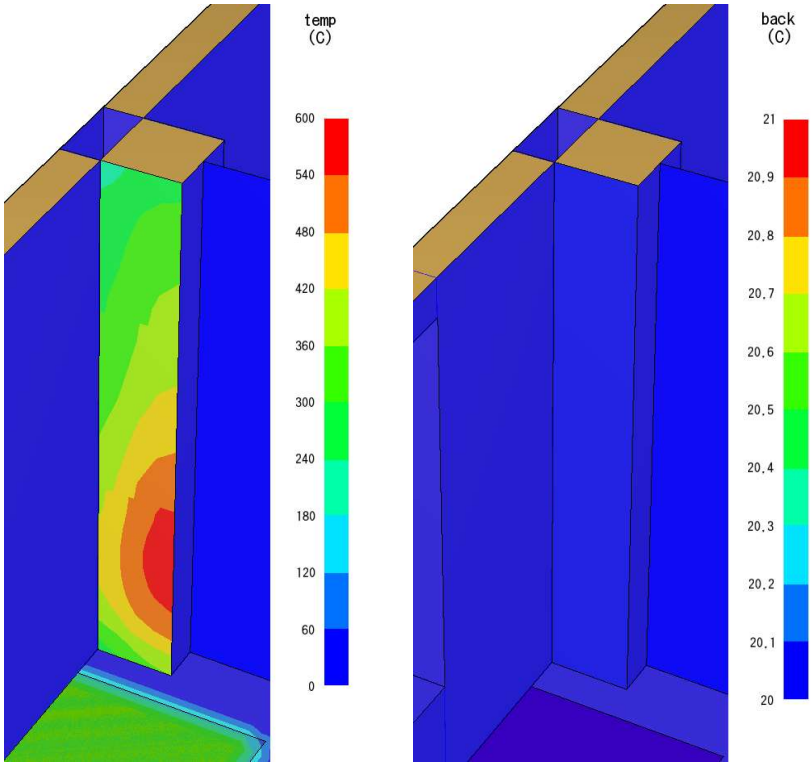
B.6 Výsledky

B.6.1 Standardní postup

- Skutečná požární odolnost železobetonového sloupu 400×400mm s krytím výztuže 45 mm je R 120 DP1.
- Skutečná požární odolnost železobetonového sloupu 400 s krytím výztuže 45 mm stanovená výpočtem dle ČSN EN 1994-1-2(731470) – Eurokód 4: Navrhování ocelobetonových konstrukcí, Obecná pravidla, Navrhování konstrukcí na účinky požáru je 184 minut.
- Teplota na přilehlé straně k požáru po 30 min při použití nominální normové teplotní křivky dle EN 1991-1-2 je 820 °C.
- Teplota na odvrácené straně požáru po 30 min při použití nominální normové teplotní křivky v EN 1991-1-2 je 83 °C.
- Skutečná požární odolnost nenosné požárně dělící příčky dle údajů výrobce: REI 180 DP1.
- Skutečná požární odolnost nenosné požárně dělící příčky výpočtem dle ČSN EN 1996-1-2(731101) – Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí, Obecná pravidla, Navrhování konstrukcí na účinky požáru: 207 minut.
- Teplota na přilehlé straně k požáru po 30 min při použití nominální normové teplotní křivky dle EN 1991-1-2 je 780 °C.
- Teplota na odvrácené straně požáru po 30 min při použití nominální normové teplotní křivky v EN 1991-1-2 je 71 °C.
- Fyzikální parametry:
    - Železobeton:
        - Součinitel tepelné vodivosti λ: 1 580 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
        - Měrná tepelná kapacita c: 1 020 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
        - Hustota ρ: 2 400 $kg \cdot m^{-3}$
    - Keramická stěna Porotherm AKU tl. 200 mm:
        - Součinitel tepelné vodivosti λ: 0,390 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
        - Měrná tepelná kapacita c: 960 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
        - Hustota ρ: 800 $kg \cdot m^{-3}$

B.6.2 Model požáru

Na obrázku níže je zobrazeno teplotní pole na povrchu zkoumaného sloupu o tloušťce 400 mm. Na straně přilehlé k požáru (vlevo) je po 30 minutách dosahováno teplot přes 600¨°C. Na straně odvrácené k podstatnému zvýšení teploty nedojde.



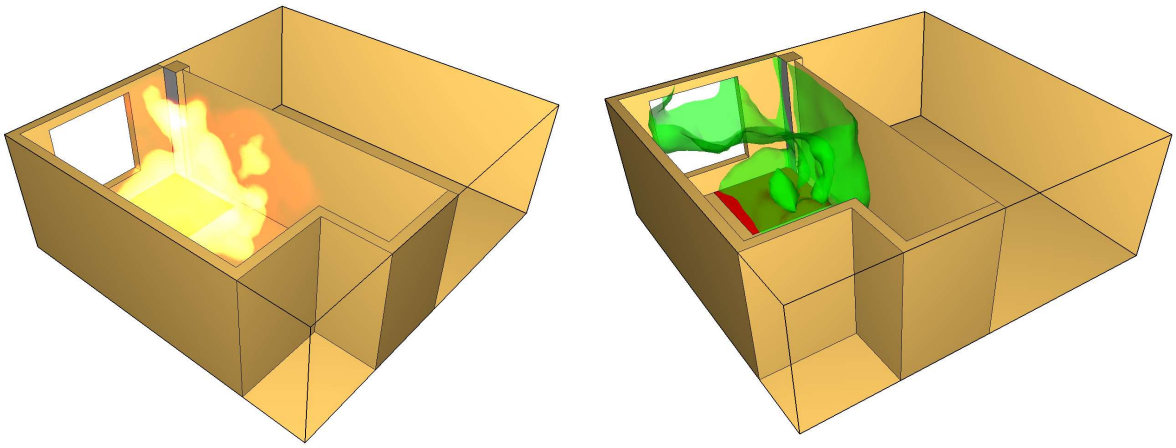
Obr. B.2: Vlevo je znázorněna teplota na straně sloupu vystavené účinkům požáru, vpravo na straně odvrácené od požáru, vždy po 30 minutách.

B.7 Vyhodnocení

Vypočítané požární odolnosti železobetonového sloupu 400×400 mm s krytím výztuže 45 mm a nenosné keramické požárně dělící příčky tl. 200 mm jsou vyšší, než údaje udávané výrobci. Teplota na přilehlé straně k požáru po 30 min je 780 °C, na straně odvrácené 71 °C.

Pomocí CFD modelu byla teplota na odvrácené straně od požáru stanovena na 20 °C, tedy shodná s výchozí teplotou (na straně přilehlé teplota přesáhla 600 °C). Rozdíl teplot není překvapující, protože při metodě CFD je brána v úvahu řada dějů, které jsou při zjednodušeném výpočtu logicky zanedbány. V prostoru dochází k turbulentnímu proudění plynu a zahřívání tak není rovnoměrné a koncertované do jednoho bodu jako v případě analytického výpočtu. Kromě nerovnoměrného ohřívání dochází díky tomuto jevu rovněž k ochlazování konstrukce studeným vzduchem v situaci, kdy se dostane do kontaktu s konstrukcí a rovněž k ochlazování konstrukce vlastním sáláním.

B.8 Vizualizace modelu



Obr. B.3*: Stav požáru po 30 minutách. Vlivem značného turbulentního proudění v místnosti se účinky požáru rozptýlí. Vpravo je znázorněna izoterma pro teplotu 500 °C.*

C Aplikační příklad: Posouzení délky a šířky nechráněné únikové cesty I

C.1 Přínosy alternativního přístupu

Aplikace alternativního přístupu posouzení šířky a délky nechráněné únikové cesty přináší projektantovi zejména tyto výhody:

- Model evakuace osob reprodukuje chování osob evakuovaných po nechráněné únikové cestě včetně dynamických charakteristik skupiny osob a příslušných rychlostí s přihlédnutím na věk evakuovaných (děti, dospělí).
- Výsledky modelu evakuace umožňují následně optimalizovat geometrický tvar nechráněné únikové cesty a zpětně omezit koncentraci osob v některých úsecích (rohy, kouty apod.), obecně pak ve všech místech, kde dochází k prudké změně směru pohybu evakuovaných osob.
- Model umožňuje rychlé posouzení variantních řešení, které zohledňují různé role, scénáře, rychlosti evakuovaných a způsob evakuace (ve skupinkách, všichni současně, postupně, atd.), díky kterým jsme schopni následně optimalizovat celý proces evakuace.

C.2 Vazba na stávající normativní dokumenty

- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty:
    - článek 9 Únikové cesty, zejména:
        - článek 9.10 Mezní délky únikových cest.
        - článek 9.11 Šířky únikových cest.
- ČSN 73 0810 - Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení.

C.3 Posuzovaný scénář

Předmětem posouzení je evakuace části objektu základní školy. Objekt školy má celkem tři nadzemní podlaží a dvě podzemní podlaží. Pro model bylo vybráno oddělení prvního stupně umístěného v 1. NP. V daném oddělení je deset tříd, tři kabinety a další pomocné zázemí (toalety, úklidová místnost atd.).

Evakuace osob z jednotlivých tříd a kabinetů je řešena přes požární dveře do chodby, která tvoří nechráněnou únikovou cestu (NÚC). Dále pokračuje z chodby do schodišťových tubusů (evakuační schodiště I., evakuační schodiště II., evakuační schodiště III.), které tvoří chráněnou únikovou cestu typu A s přirozeným odvětráním a ven na volné prostranství. Pokud mají evakuační trasy dostatečnou kapacitu, je doba evakuace posuzovaného prostoru závislá výhradně na rychlosti a organizaci při procesu řízené evakuace (společná evakuace dle nácviku po

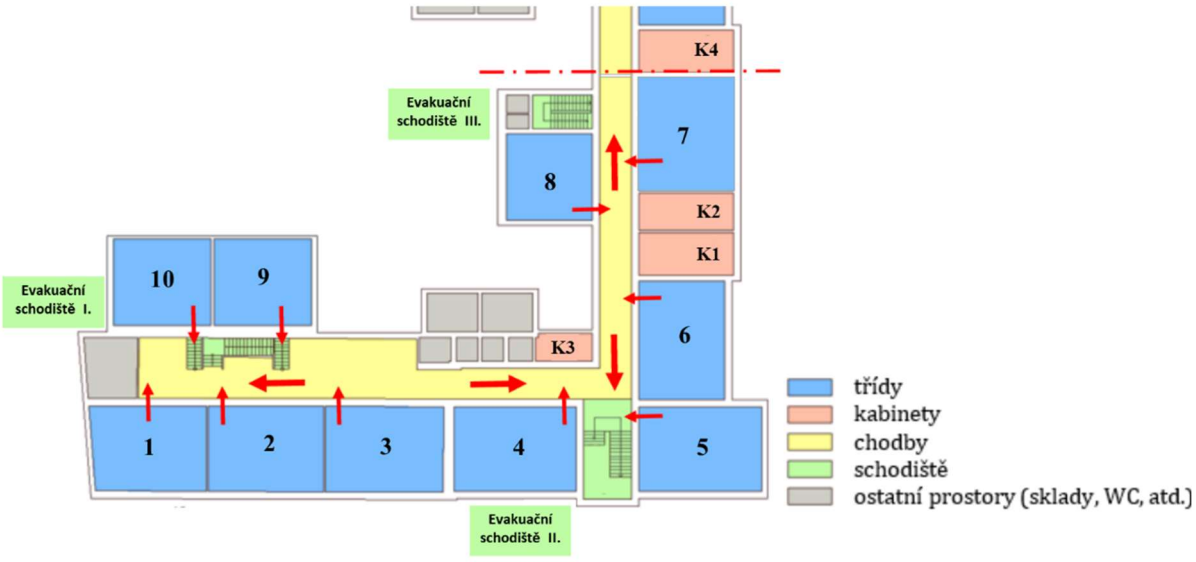
jednotlivých třídách). V posuzovaných scénářích předpokládáme evakuaci po předem přidělených evakuačních cestách (dle požárního nácviku).

Výsledné evakuační časy jednotlivých variant je nutné statisticky vyhodnotit, výsledkem je čas, ve kterém sledovaným profilem projde poslední evakuovaná osoba.

Evakuace je úspěšná, pokud je čas průchodu poslední evakuované osoby sledovaným profilem nižší, než je čas kritický, který lze posuzovat následujícím způsobem:

- *Zakouření evakuovaného prostoru a znemožnění orientace evakuovaných osob.* Tato varianta je součástí standardního požárně bezpečnostního posouzení stavby, pro její analýzu lze použít model evakuace a požáru.
- *Vystavení evakuovaných osob kritické imisi toxických látek, která negativně ovlivní schopnost jejich evakuace, nebo způsobí zdravotní následky či smrt.* Tato varianta není součástí standardního požárně bezpečnostního posouzení stavby, pro její analýzu lze použít model evakuace a požáru.
- *Statické selhání konstrukce.* Tato varianta je součástí standardního požárně bezpečnostního posouzení stavby, pro její analýzu lze použít model požární odolnosti konstrukcí.

C.4 Schéma



Obr. C.1: Schéma posuzovaného objektu základní školy.

C.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty

C.5.1 Standardní postup

- Počet evakuovaných osob z prostoru nebo požárního úseku: E = 422 osob (posuzované místnosti jsou zatříděny, jako kmenová učebna v ZŠ; osoby v kabinetech se dle ČSN 73 0818 se znovu nezapočítávají).
- Počet nechráněných únikových cest vedoucích z posuzovaného prostoru (požárního úseku): X = 2 (u tříd 1 a 10 X = 1).
- Součinitel odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek: a = 0,8 – chodby, a = 1,1 – kabinety, a = 0,9 – učebny.
- Součinitel vlivu aktivních požárně bezpečnostních zařízení: c = 1,0.
- Stanovení počátku nechráněné únikové cesty.
- Stanovení počtu evakuovaných osob v jednom únikovém pruhu na nechráněné únikové cestě: K = 130.
- Stanovení podmínek evakuace v posuzovaném požárním úseku. Stanoví se na základě schopnosti osob samostatného pohybu a v závislosti na tom, zda se jedná o evakuaci současnou, příp. evakuaci postupnou: s = 1.
- Stavební provedení nechráněné únikové cesty (posouzení délky, šířky, zda se osoby evakuují po rovině, po schodech nahoru, příp. po schodech dolů).

C.5.2 Model evakuace osob

Celkový počet osob v modelu (obsazení osobami dle návrhu):

Počet tříd	10
Počet žáků	300
Počet učitelů (ve třídách)	10
Počet učitelů (v kabinetech)	10
Celkový počet osob v modelu:	320

Rychlost pohybu osob je rozdělena na reakční dobu, dobu přípravy k evakuaci a samotnou evakuaci po rovině nebo po schodech. Jsou zvoleny statistické parametry dle dostupné literatury nebo na základě expertního odhadu.

Typ osoby	Rychlost po rovině	Rychlost po schodech dolů	Reakční doba	Doba přípravy
Žák	0,98 – 3,13	0,34 – 1,53	-	0 - 120
Učitel (ve třídě)	0,88 – 2,32	0,37 – 1,17	0 - 60	-
Učitel (v kabinetu)	0,88 - 2,32	0,37 - 1,17	0 - 60	-

Aplikace reakční doby, resp. doby před evakuací:

- Reakční doba při samostatné evakuaci: lognormální rozdělení, minimum: 0 s, maximum: 120 s; střední hodnota: 55,6 s; směrodatná odchylka: 24,5 s.

- Doba přípravy představuje log-normální rozdělení s parametry: min: 0 sů maximum 120 s; střední hodnota 55,6 s; směrodatná odchylka 24,5 s.

Další parametry ponechány v generickém nastavení použitého nástroje, zejména dynamické parametry pohybu.

Varianta I: Evakuace spontánní, kdy se žáci i učitelé samostatně evakuují ze tříd a kabinetů do CHÚC a následně na volné prostranství.

Varianta II: Evakuace řízená, kdy učitelé ve třídách shromáždí žáky u dveří tříd a následně, odcházejí ze třídy všichni do CHÚC a následně na volné prostranství, učitelé v kabinetech se evakuují samostatně.

C.6 Výsledky

C.6.1 Standardní postup

Stanovení počtu evakuovaných osob:

Počet osob v objektu je určen z normového počtu osob, kde na 2 m² půdorysné plochy kmenové třídy na základní škole připadá 1 osoba (Unikající osoby z kabinetů se nezapočítávají dle čl. 6.2 ČSN 730818) .

- Počet tříd v posuzovaném úseku: 10.
- Celkem evakuovaných: 422 osob.

Počet nechráněných únikových cest vedoucích z posuzovaného prostoru (požárního úseku):

X = 2 (u tříd 1 a 10 X = 1). Z řešeného podlaží je zajištěn únik pomocí **dvou** nechráněných únikových cest ze tříd ústící do třech CHÚC A. (u třídy číslo 1. a číslo 10 je pouze jedna NÚC).

Posouzení délky nechráněné únikové cesty:

Dle ČSN 73 0802 pro a = 0,9 a dva směry úniku je mezní délka nechráněné únikové cesty l_{max} = 45 m, skutečná největší délka l = 24,5 m.

- Skutečná max. délka 2 ÚC: l_{skut} = 24,5 m.
- Mezní délka ÚC dle ČSN 73 0802 (a = 0,9; 2 ÚC): l_{max} = 45 m. → **VYHOVUJE**

Posouzení délky chráněné únikové cesty:

Dle ČSN 73 0802, čl. 9.10.5., l = 120 m.

- Skutečná délka CHÚC: l_{skut} = 22,7 m.
- Mezní délka ÚC dle ČSN 73 0802 (a = 0,9; 2 ÚC): l_{max} = 120 m. → **VYHOVUJE**

Posouzení šířky nechráněných únikových cest:

- V souladu s čl. 9.11.1 ČSN 73 0802 je min. šířka nechráněné únikové cesty 1 únikový pruh (550 mm) a chráněné únikové cesty 1,5 únikového pruhu (825 mm). Pro šířku 1,5 únikového pruhu je považuje vyhovující jmenovitá šířka dveří 800 mm.
- Posouzení šířky dveří z třídy na chodbu (NÚC): kapacita jednoho únikového pruhu K = 130, součinitel evakuace s = 1, E = 47 osob, u_{min} = 0,36 ú. p. (skutečná šířka dveřního křídla je 900 mm) → **VYHOVUJE**.
- Posouzení šířky chodby (NÚC), která směřuje na schodiště (CHÚC): kapacita jednoho únikového pruhu K = 140, součinitel evakuace s = 1, E = 162 osob, u_{min} = 1,16 ú. p. (skutečná nejmenší šířka chodby je 2,2 m) → **VYHOVUJE**.
- Posouzení šířky dveří z chodby (NÚC) na schodiště (CHÚC): kapacita jednoho únikového pruhu K = 140 součinitel evakuace s = 1, E= 162 osob, u_{min} = 1,16 ú. p. (skutečná šířka dveřního křídla je 900 mm) → **VYHOVUJE**.

Minimální šířka ÚC:

Dle ČSN 73 0802 u_{min} 2 ú.p. (1,1 m) → **VYHOVUJE**.

Posouzení doby zakouření a doby evakuace:

- Doba evakuace dle ČSN 73 0831: l_{skut} = 24,5 m, E = 162 osob, u = 1,5 ú. p. (schodiště šířky 1 200 mm) v_u= 30 m.min^{-1}

$$t_u = \frac{0{,}75 \cdot l_{skut}}{v_u} + \frac{E \cdot s}{K_u \cdot u_{min}} = \frac{0{,}75 \cdot 24{,}5}{30} + \frac{162 \cdot 1}{40 \cdot 1{,}5} = 2{,}70\ min$$

- Doba zakouření dle ČSN 73 0831:

$$\mathrm{t}_e = \frac{1{,}25 \cdot {h_s}^{1/2}}{a \cdot c} = \frac{1{,}25 \cdot 4{,}1^{1/2}}{0{,}9 \cdot 1{,}0} = 2{,}81\ min$$

- Vyhodnocení:

$$\boldsymbol{t_u < t_e} \textbf{ – 2,70 min. < 2,81 min. → VYHOVUJE}$$

C.6.2 Model evakuace osob

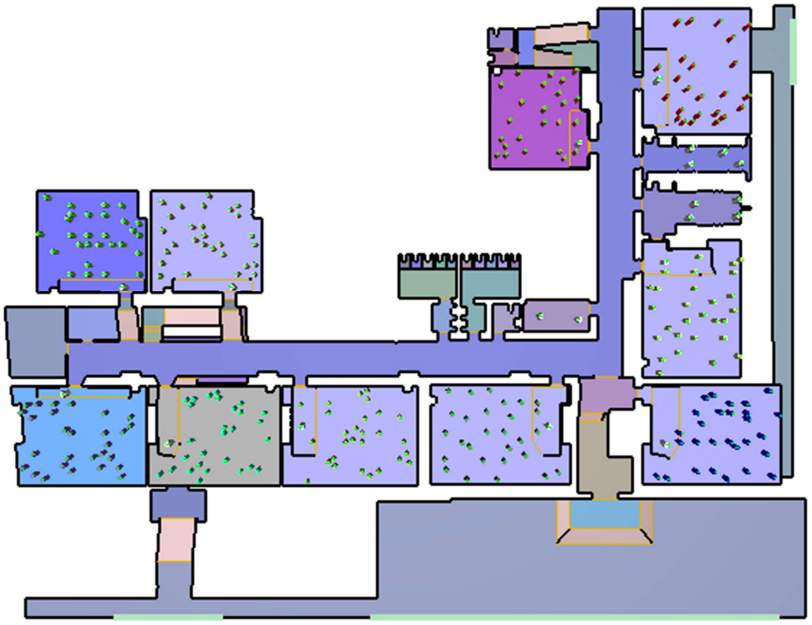
Bylo provedeno celkem 10 simulací modelu se statistickým rozmítáním parametrů uvedených v předcházející části. Výsledky shrnuje následující tabulka.

Varianta	Doba úniku	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	P_{95}
I	t_u [s]	204,3	8,6	211,8
II	t_u [s]	236,8	7,6	242,6

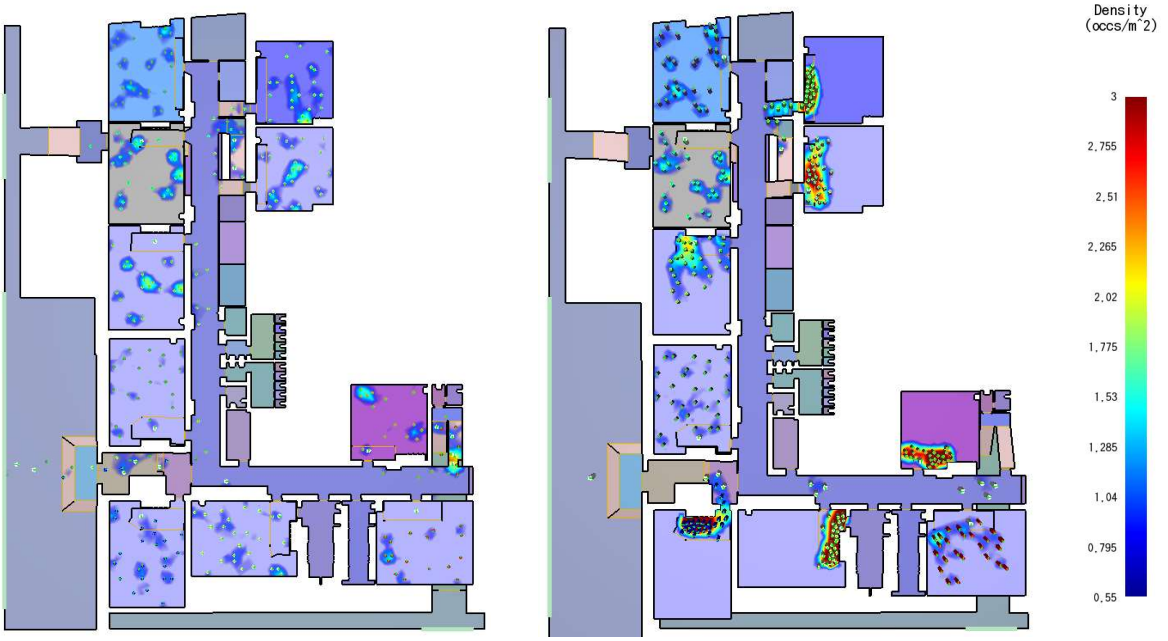
C.7 Vyhodnocení

Doba evakuace stanovená výpočtem a prostřednictvím pokročilého modelu evakuace osob se liší. V případě výpočtu je doba evakuace t_u = 162 s, v případě modelu evakuace je t_u = 212 s, resp. 242 s pro hladinu spolehlivosti P_{95}. Při stanovení doby evakuace výpočtem předpokládáme konstantní rychlost a okamžitou reakci evakuovaných osob na pokyn k evakuaci. Pokročilý model evakuace lépe reprodukuje behaviorální vlastnosti evakuovaných osob v podobě statisticky rozložené evakuační doby a fyzické charakteristiky evakuovaných osob v podobě statisticky rozložené rychlosti pohybu. Vyhodnocení výsledků identifikuje reakci osob na vyhlášení požárního poplachu jako kritický faktor pro úspěšnou evakuaci, resp. vyhovění stanoveným požadavkům.

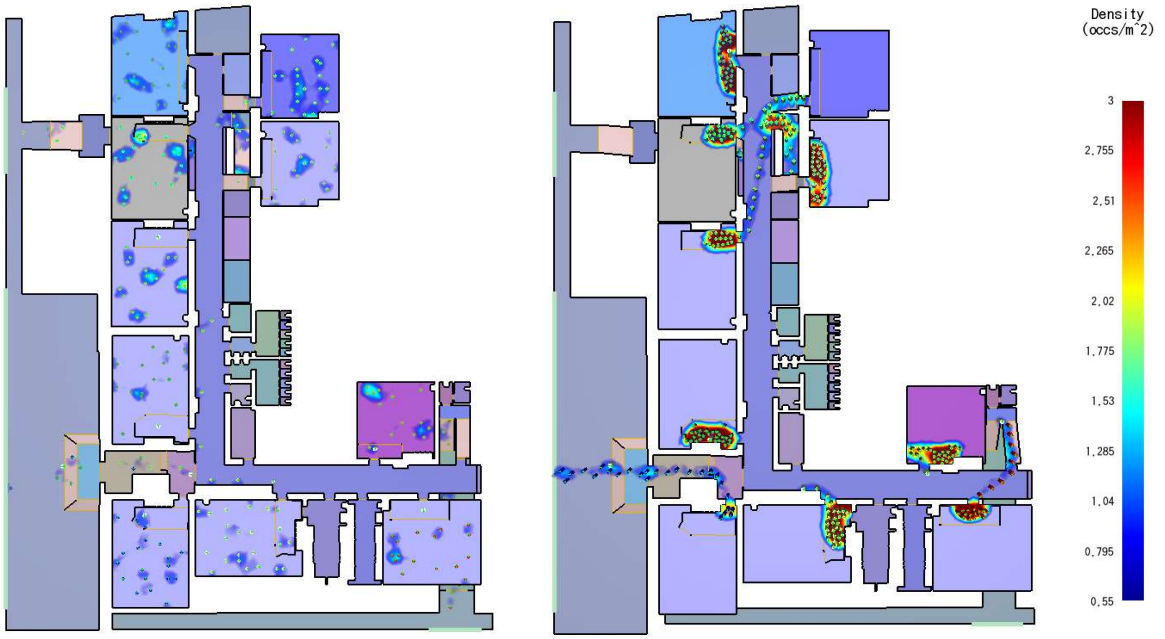
C.8 Vizualizace modelu



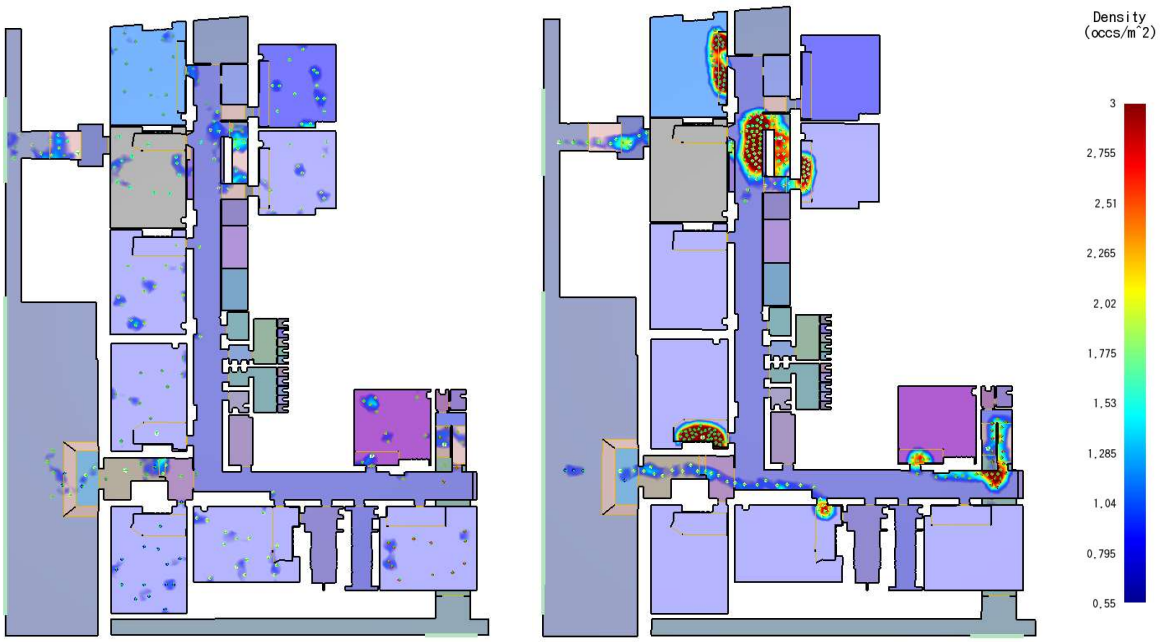
Obr. C.2: Půdorys posuzované části objektu.



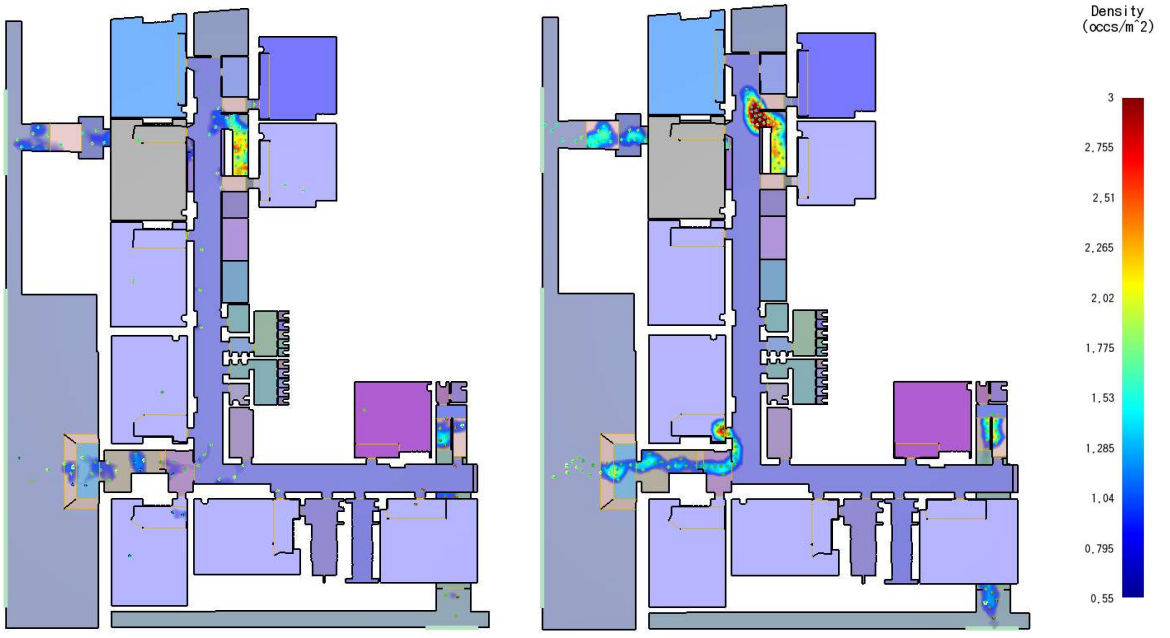
Obr. C.3: Evakuace v čase 30 s. Vlevo samovolná evakuace, vpravo řízená evakuace.



Obr. C.4: Evakuace v čase 50 s. Vlevo samovolná evakuace, vpravo řízená evakuace.



Obr. C.5: Evakuace v čase 80 s. Vlevo samovolná evakuace, vpravo řízená evakuace.



Obr. C.6: Evakuace v čase 120 s. Vlevo samovolná evakuace, vpravo řízená evakuace.

D Aplikační příklad: Posouzení délky a šířky nechráněné únikové cesty II

D.1 Přínosy alternativního přístupu

Aplikace alternativního přístupu posouzení šířky a délky nechráněné únikové cesty u typu objektu LDN přináší projektantovi zejména tyto výhody:

- Model evakuace osob poskytuje obraz chování osob evakuovaných po délce nechráněné únikové cestě a to včetně práce evakuačního týmu.
- Výsledky modelu evakuace umožňují následně optimalizovat geometrický tvar nechráněné únikové cesty a zpětně odhalit možný vznik kritických míst kde by mohlo dojít ke kolizi evakuovaných, dále také optimalizaci evakuačních procesů a koordinaci pracovníků při vyklízení daného oddělení.

D.2 Vazba na stávající normativní dokumenty

- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty:
  - článek 9 Únikové cesty, zejména:
    - Článek 9.10 Mezní délky únikových cest.
    - Článek 9.11 Šířky únikových cest.
- ČSN 73 0835 Požární bezpečnost staveb - Budovy zdravotnických zařízení a sociálních staveb:
  - článek 6.4 Únikové cesty, zejména:
    - články 6.4.2 až 6.4.11.
  - článek 8.4 Únikové cesty, zejména:
    - Články 8.4.1 až 8.4.5.
    - Zdravotnická zařízení skupiny AZ1 - článek 5.5 Únikové cesty (článek 5.5.1).
    - Zdravotnická zařízení skupiny AZ2 - článek 6.4 Únikové cesty (články 6.4.2 až 6.4.11).
    - Zdravotnická zařízení skupiny LZ1 - článek 7.4 Únikové cesty (články 7.4.1 až 7.4.6).
    - Zdravotnická zařízení skupiny LZ2 - článek 8.4 Únikové cesty (články 8.4.1 až 8.4.5).
    - Zařízení sociální péče – domy s pečovatelskou službou - článek 9.5 Únikové cesty (články 9.5.1 až 9.5.8).
    - Zařízení sociální péče – ústavy sociální péče - článek 10.5 Únikové cesty (články 10.5.1 až 10.5.10).
    - Zvláštní zdravotnická zařízení pro děti – kojenecké ústavy a dětské domovy pro děti do 3 let (dle LZ1 nebo LZ2).

- Zvláštní zdravotnická zařízení pro děti – jesle - článek 12.4 Únikové cesty.

D.3 Posuzovaný scénář

Předmětem posouzení je evakuace oddělení LDN. Objekt má celkem pět užitných nadzemních podlaží a sestává ze střední části a dvou bočních křídel, východního a západního. Pro aplikaci modelu bylo vybráno oddělení umístěné v 3. NP východního křídla budovy LDN.

Evakuace osob je řešena po nechráněných únikových cestách, které ústí do CHÚC a dále na volné prostranství. V každém bočním křídle jsou navržena dvě schodiště. První schodiště (evakuační schodiště I) je situováno ve štítě bočního křídla a slouží pro evakuaci z příslušného bočního křídla, druhé (evakuační schodiště II) je situováno v zadní části křídla a slouží pro evakuaci jak z příslušného křídla, tak i ze střední části objektu. Dva evakuační výtahy umístěných na obou koncích oddělení a slouží k evakuaci osob neschopných samostatného pohybu z lůžkových jednotek.

Evakuační výtahy v objektech musí při požáru zajistit přepravu všech pacientů neschopných samostatného pohybu nejméně ze dvou na sebe navazujících nadzemních podlaží, v nichž se tito pacienti vyskytují. Pacienti z 1. NP a 2. NP se nezapočítávají.

Pokud mají evakuační trasy dostatečnou kapacitu, je doba evakuace posuzovaného prostoru závislá výhradně na rychlosti a organizaci personálu při evakuačním procesu oddělení. V posuzovaných scénářích předpokládáme rovnoměrné rozdělení evakuovaných osob mezi jednotlivé cesty (evakuační schodiště I, evakuační schodiště II, evakuační výtah I, evakuační výtah II).

Vzhledem ke specifičnosti stavby a provozu evakuovaného prostoru je vhodné analyzovat více variant minimálně ve smyslu poměru osob neschopných samostatného pohybu a osob schopných samostatného pohybu (nebo v rozšířené verzi neschopných samostatného pohybu, osob s omezenou schopností pohybu a osob schopných samostatného pohybu). Díky tomu, že oddělení LDN je místo s velkým počtem osob, které se nemohou samostatně evakuovat, je nutné detailně evakuační proces naplánovat a zvážit při posuzování i variabilitu rozmístění osob dle soběstačnosti při evakuačním procesu na posuzovaném oddělení.

Výsledné evakuační časy jednotlivých variant je nutné statisticky vyhodnotit, výsledkem je čas, ve kterém sledovaným profilem projde poslední evakuovaná osoba.

Evakuace je úspěšná, pokud je čas průchodu poslední evakuované osoby sledovaným profilem nižší, než je čas kritický, který lze posuzovat následujícím způsobem:

- Zakouření evakuovaného prostoru a znemožnění orientace evakuovaných osob. Tato varianta je součástí standardního požárně bezpečnostního posouzení stavby, pro její analýzu lze použít model evakuace a požáru.
- Vystavení evakuovaných osob kritické imisi toxických látek, která negativně ovlivní schopnost jejich evakuace, nebo způsobí zdravotní následky či smrt. Tato varianta není

součástí standardního požárně bezpečnostního posouzení stavby, pro její analýzu lze použít model evakuace a požáru.

- Statické selhání konstrukce. Tato varianta je součástí standardního požárně bezpečnostního posouzení stavby, pro její analýzu lze použít model požární odolnosti konstrukcí.

D.4 Schéma

Obr. D.1: Schéma posuzované části objektu.

D.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty

D.5.1 Standardní postup

- Počet evakuovaných osob z prostoru nebo požárního úseku: E = 48.
- Počet nechráněných únikových cest vedoucích z posuzovaného prostoru (požárního úseku): X = 2.
- Součinitel rychlosti odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek: a = 0,9.
- Součinitel vlivu aktivních požárně bezpečnostních zařízení: c = 1,0.
- Stanovení počátku nechráněné únikové cesty.
- Stanovení přepravní kapacity evakuačních výtahů.
- Stanovení počtu evakuovaných osob v jednom únikovém pruhu na nechráněné únikové cestě: K = 130.

- Stanovení podmínek evakuace v posuzovaném požárním úseku. Stanoví se na základě schopnosti osob samostatného pohybu a v závislosti na tom, zda se jedná o evakuaci současnou, příp. evakuaci postupnou: $s = 1$.
- Stavební provedení nechráněné únikové cesty (posouzení délky, šířky, zda se osoby evakuují po rovině, po schodech nahoru příp. po schodech dolů).

D.5.2 Model evakuace osob

Celkový počet osob v modelu:

Počet lůžek na oddělení	27
Počet osob neschopných samostatného pohybu	30
Počet osob s omezenou schopností pohybu	7
Počet osob schopných samostatného pohybu	11
Celkový počet osob v modelu:	48

Parametry jednotlivých skupin osob:

Skupiny	Rychlost po rovině	Rychlost po schodech dolů	Rychlost po schodech nahoru	Reakční čas (příprava)
Osoba na lůžku	1,36-1,42	0,63	-	33,8
Osoba na vozíku	1,36-1,42	0,82	-	35,9
Osoba o berlích	0,55-0,91	0,504	-	0-120
Asistent	1,33-1,42	0,76-1,01	0,64-0,67	0-30
Návštěvník	1,41-1,52	0,76-1,01	0,64-0,67	0-120

Pro dobu před pohybem aplikujeme lognormální rozdělení s těmito parametry: minimum 0 s, maximum 120 s, střední hodnota 55,6 s, směrodatná odchylka 24,5 s.

Další parametry softwarového nástroje zůstávají v generické podobě použitého softwarového nástroje, zejména dynamické parametry pohybu.

Varianta I: 80 % neschopných samostatného pohybu, 20 % s omezenou schopností pohybu a osob schopných samostatného pohybu (personál, návštěvy).

Varianta II: 20 % neschopných samostatného pohybu, 80 % s omezenou schopností pohybu a osob schopných samostatného pohybu (personál, návštěvy).

D.6 VÝSLEDKY

D.6.1 Standardní postup

Stanovení počtu evakuovaných osob:

- Pro posuzování požárních úseků LZ2, ve kterých je uvažována evakuace po rovině se užívají hodnoty počtu osob na základě skutečného projektovaného počtu lůžek a se skladbou dle schopnosti pohybu a orientace, která je dána tabulkou A1 (ČSN 73 0835 -

osoby schopné samostatného pohybu (SSP), osoby s omezenou schopností pohybu (OSP), osoby neschopné samostatného pohybu (NSP)). Pro posuzování šířek únikových cest z požárních úseků s lůžkovými jednotkami jsou tyto počty osob navyšovány v souladu s čl. 4.1 ČSN 73 0818 o osoby zahrnující personál, případně návštěvy, vynásobením počtu lůžek hodnotou 1,3.

- Požární úseky s lůžkovými jednotkami jsou z hlediska skladby osob posuzovány jako hospic tab. A1, pol. 3.3k (ČSN 73 0835).
    - PÚ N3.01: počet lůžek 17 = 17 osob, 80 % neschopných samostatného pohybu = 14 osob, 20 % s omezenou schopností pohybu = 3 osoby, 5 osob schopných samostatného pohybu (personál, návštěvy).
    - PÚ N3.02: počet lůžek 20 = 20 osob, 80 % neschopných samostatného pohybu = 16 osob, 20 % s omezenou schopností pohybu = 4 osoby, 6 osob schopných samostatného pohybu (personál, návštěvy).
- Celkem evakuovaných: 48 osob.

Výpočet přepravní kapacity evakuačních výtahů pro osoby neschopné samostatného pohybu:

Počet evakuačních výtahů X pro jedno podlaží se stanoví podle ČSN 73 0835 přílohy B vztahem:

$$X = \frac{L\left(t_m + t_n + \frac{H_1}{v} + 10\right)}{30 t_p} = \frac{30 \cdot \left(3 + 9 + \frac{7{,}4}{1} + 10\right)}{30 \cdot 45} = 0{,}65$$

Počet nechráněných únikových cest vedoucích z posuzovaného prostoru (požárního úseku):

X = 2. V souladu s čl. 8.4.1.1 ČSN 73 0835 musí být z každého požárního úseku lůžkové jednotky umožněna evakuace po rovině, a to dle čl. 8.4.1.6 alespoň po dvou nechráněných únikových cestách, vedoucích různým směrem (požadavky čl. 8.4.1.5 pro použití jedné únikové cesty nejsou splněny).

Únikové cesty ze všech lůžkových jednotek jsou řešeny jako nechráněné s počátkem v ose východových dveří z jednotlivých pokojů; v jednom směru evakuace po rovině směřuje vždy do sousedního požárního úseku lůžkové jednotky a dále do navazující CHÚC C, ve druhém směřuje evakuace po rovině rovnou do další sousedící CHÚC C.

Stavební provedení nechráněné únikové cesty:

Ve všech případech musí být splněny požadavky čl. 8.4.1.2 ČSN 73 0835 na požární úsek, do kterého směřuje evakuace podle 8.4.1.1 (v souladu s pozn. k čl. 8.4.1.2 může tímto požárním úsekem být i CHÚC, do plochy však nelze započítat plochu schodišťových ramen a podest, vymezenou nutným počtem únikových pruhů):

- Je požadován $a_n \leq 1{,}1$, dle příl. A ČSN 73 0802 je pro lůžkové pokoje v nemocnicích $a = 0{,}9$,

- Požární úsek musí být plošně dimenzován pro pobyt pacientů z daného požárního úseku i ze sousedního evakuovaného požárního úseku, s pacienty z daného požárního úseku je počítáno v pokojích, požadavek tedy vzniká pouze na plochu pro pacienty z evakuovaného požárního úseku.
- Evakuovaný PÚ N3.01 → požadavek 14 × 3 m² + 3 × 1 m² = 45 m², plocha chodby sousedního požárního úseku N3.02 je 69,85 m², plocha CHÚC 1C ve 3NP je 50,4 m².
- Evakuovaný PÚ N3.02 → požadavek 16 × 3 m² + 4 × 1 m² = 52 m², plocha chodby sousedního požárního úseku N3. 01 je 71,68 m², plocha požární předsíně sousedící CHÚC 2C ve 3NP (2NP) je 75,66 m².

Posouzení délky nechráněné únikové cesty:

Dle ČSN 73 0802 pro a = 0,9 a dva směry úniku mezní délka nechráněné únikové cesty l_{max} = 45 m, skutečná největší délka l = 17,5 m.

Skutečná max. délka 2 ÚC l_{skut} = 17,5 m.

Mezní délka ÚC dle ČSN 73 0802 (a = 1,0; 2 ÚC) l_{max} = 45 m → **VYHOVUJE**.

Posouzení šířky nechráněných únikových cest:

- V souladu s čl. 8.4.3.4 ČSN 73 0835 je min. šířka únikových cest včetně dveří, určených k evakuaci osob neschopných samostatného pohybu po rovině, 1,1m.
- Pro posouzení šířky dveří mezi sousedními lůžkovými jednotkami (v souladu s čl. 8.4.3.2 ČSN 73 0835) musí být šířka NÚC mezi sousedními požárními úseky, do kterých směřuje evakuace po rovině, stanovena pro celkový počet osob z více obsazeného požárního úseku, posouzení se provádí pro nejvíce obsazený požární úsek v objektu.
- Posouzení šířky NÚC uvnitř požárního úseku N 3.1 lůžkové jednotky, která směřuje do požárního úseku N 3.2:
  - kapacita jednoho únikového pruhu K = 130, součinitel evakuace s = 1 pro 6 osob, s = 1,5 pro 4 osob a s = 2 pro 20 osob
  - u_{min} = (6+4×1,5+16×2)/130 = 0,34 ú. p. → **VYHOVUJE**
- Posouzení šířky NÚC uvnitř požárního úseku lůžkové jednotky, která směřuje do CHÚC:
  - V souladu s čl. 8.4.3.3 ČSN 73 0835 musí být šířka nechráněných únikových cest požárního úseku, do kterého směřuje evakuace po rovině, do CHÚC stanovena pro všechny osoby, pro které je požární úsek dimenzován). Kapacita jednoho únikového pruhu K = 130, součinitel evakuace s = 1 pro 11 osob, s = 1,5 pro 7 osob a s = 2 pro 30 osob.
  - u_{min} = (11+7×1,5+30×2)/130 = 0,63 ú.p. (skutečná nejmenší šířka chodby v lůžkových jednotkách je 2,4 m) → **VYHOVUJE**
- Posouzení šířky dveří z lůžkových jednotek do CHÚC:
  - Kapacita jednoho únikového pruhu K = 600 (CHÚC C, únik po rovině, IV. SPB), součinitel evakuace s = 1 pro 11 osob, 1,5 pro 7 osob a 2 pro 30 osob.
  - u_{min} = (11+7×1,5+30×2)/600 = 0,14 ú. p. (skutečná šířka jednoho dveřního křídla je 1,1 m - nepožaduje se otevírání obou dveřních křídel) → **VYHOVUJE.**

Minimální šířka ÚC:

Dle ČSN 73 0802 u_{min} 2 ú.p. (1,1 m) → **VYHOVUJE**

Posouzení doby zakouření a doby evakuace:

- Doba evakuace dle ČSN 73 0831, l_{skut} = 17,5 m, E = 48, u = 2 u.p., v_u= 35 m·min^{-1}

$$t_u = \frac{0{,}75 \cdot l_{skut}}{v_u} + \frac{E \cdot s}{K_u \cdot u_{min}} = \frac{0{,}75 \cdot 17{,}5}{35} + \frac{(11 \cdot 1 + 7 \cdot 1{,}5 + 30 \cdot 2)}{50 \cdot 2} = 1{,}19\ min$$

- Doba zakouření dle ČSN 73 0831:

$$t_e = \frac{1{,}25 \cdot {h_s}^{1/2}}{a \cdot c} = \frac{1{,}25 \cdot 2{,}7^{1/2}}{0{,}9 \cdot 1{,}0} = 2{,}28\ min$$

- Vyhodnocení:

$$\boldsymbol{t_u < t_e - 1{,}19\ min. < 2{,}28\ min. \rightarrow VYHOVUJE}$$

D.6.2 Model evakuace

Bylo provedeno celkem 10 simulací modelu se statistickým rozmítáním parametrů uvedených v předcházející části. Výsledky shrnuje následující tabulka.

Varianta	Doba úniku	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	P_{95}
I	t_u [s]	599,8	1,6	601,1
II	t_u [s]	224,1	5,2	228,4

D.7 Vyhodnocení

Doba evakuace stanovená výpočtem a prostřednictvím pokročilého modelu evakuace osob se liší. V případě výpočtu je doba evakuace t_u = 72 s, v případě modelu evakuace je t_u = 601 s, resp. 228 s pro hladinu spolehlivosti P_{95}. Při stanovení doby evakuace výpočtem předpokládáme konstantní rychlost a okamžitou reakci evakuovaných osob na pokyn k evakuaci.

Pokročilý model evakuace lépe reprodukuje behaviorální vlastnosti evakuovaných osob v podobě statisticky rozložené evakuační doby a fyzické charakteristiky evakuovaných osob v podobě statisticky rozložené rychlosti pohybu. Výraznou přidanou hodnotou je možnost zohlednit různé procentuální zastoupení osob neschopných pohybu v celkovém počtu evakuovaných osob.

D.8 Vizualizace modelu

Půdorys modelovaného oddělení LDN s 30 osobami neschopnými samostatného pohybu, 7 osobami s omezenou schopností pohybu, 7 návštěvníky a 4 osobami personálu.

Obr. D.2: Model pro variantu I.

Obr. D.3: Model pro variantu II.

Obr. D.4: Model evakuace pro variantu I v čase 100 s.

Obr. D.5: : Model evakuace pro variantu II v čase 100 s.

E Aplikační příklad: Ohrožení unikajících osob účinky požáru II

E.1 Přínosy alternativního přístupu

Aplikace alternativního přístupu přináší projektantovi zejména tyto výhody:

- Sledovat vývoj radiace v čase.
- Ověřit možnosti chránění/stínění/chlazení.
- Při kombinaci s modelem evakuace lze ověřit kumulativní expozici evakuovaných osob.

Cílem modelu je ověřit dopad tepelného záření na evakuované osoby nebo konstrukce v okolí požáru.

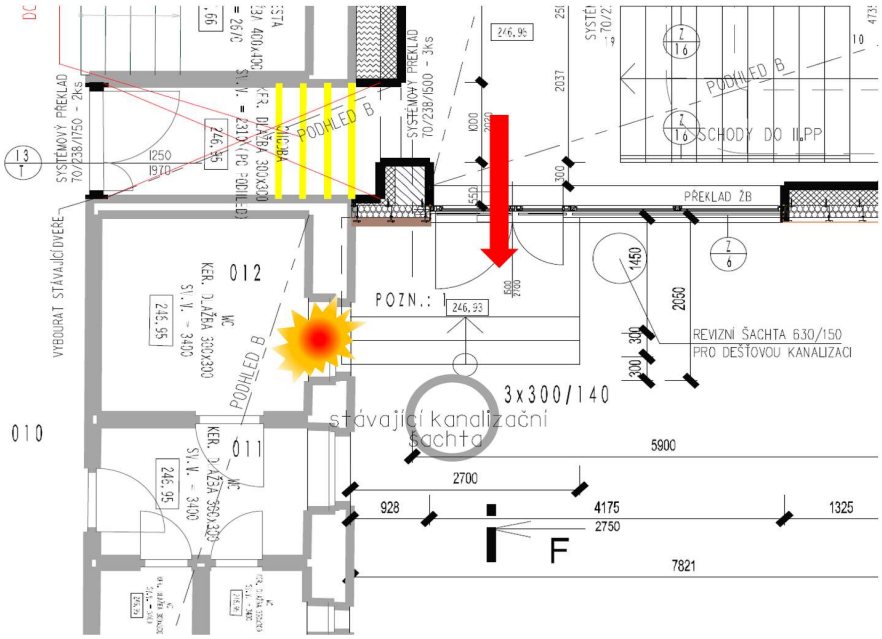
E.2 Vazba na stávající normativní dokumenty

- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty.
- ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb. Společné požadavky.

E.3 Posuzovaný scénář

Předmětem posouzení je ohrožení unikajících osob účinky požáru kolem zcela požárně otevřené plochy v blízkosti východu z objektu na volné prostranství.

E.4 Schéma



Obr. E.1: Schéma posuzované části objektu.

E.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty

E.5.1 Standardní postup

- Ohrožení osob účinky požáru, čl. 5.3.5 ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb. Společné požadavky:
  - Osoby nejsou ohroženy, pokud hustota tepelného toku dopadající na tyto osoby není vyšší než 10 kW·m^{-2}, po dobu max. 5 sekund.
  - Hustota tepelného toku se zjišťuje v ose nejbližšího únikového pruhu.
  - Rychlost pohybu předpokládáme 0,5 m.s^{-1}.
  - Výpočet lze provést pro tepelné namáhání podle normové teplotní křivky, křivky vnějšího požáru a dále podle libovolně zadané teploty sálavého povrchu, anebo podle známé hustoty tepelného toku ze sálavého povrchu. Tento postup odpovídá článku 5.3.5 a) ČSN 73 0810 a lze jej použít pro variantu, kdy rovina sálavého povrchu a osa nejbližšího únikového pruhu jsou rovnoběžné nebo když jsou na sebe kolmé.
  - p_v = 80,0 kg·m^{-2}, a = 0,98 při součiniteli c = 1,0.

E.5.2 Model požáru

- Spalovaný materiál: nylon.

- Návrhový požáru: HRR = αt^2, α = 0,0469 kW ·s^{-2}, t = 150 s (GIBSE E, tab. 6.1), $HRR_{max} \sim 1$ MW.
- Materiál povrhů: adiabatický.
- Počáteční podmínky: teplota 20 °C, vlhkost 40 %.
- Rozlišení sítě: 20 cm.

E.6 Výsledky

E.6.1 Standardní postup

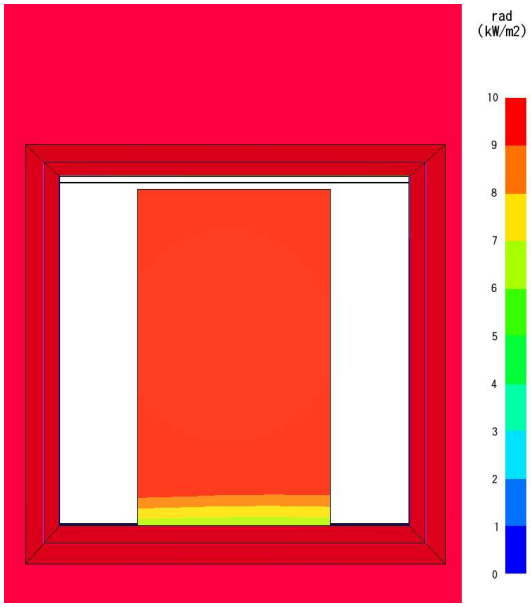
Při vzdálenosti osy únikového pruhu od sálavého povrchu 275 mm je vypočtená hustota tepelného toku v ose únikového pruhu 7,9 kW·m^{-2} podle článku 5.3.5 a) ČSN 73 0810.

Při vzdálenosti osy únikového pruhu od sálavého povrchu 55O mm je vypočtená hustota tepelného toku v ose únikového pruhu 6,8 kW·m^{-2} podle článku 5.3.5 a) ČSN 73 0810.

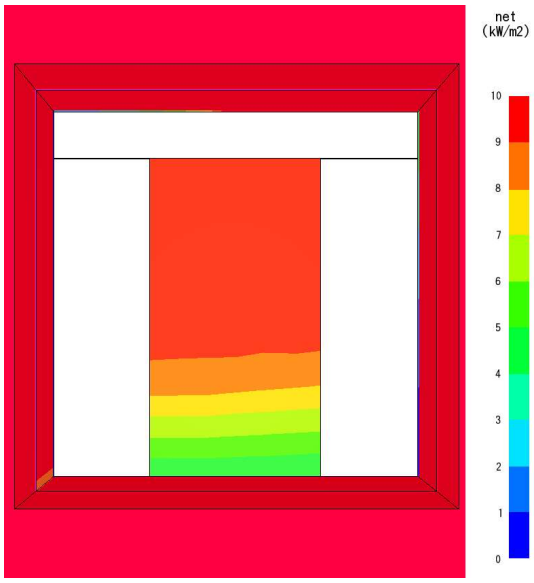
Při poloze osy únikového pruhu ve vzdálenosti 1205 mm od sálavého povrchu (nejbližší osa reálného únikového pruhu ve východových dveřích z objektu) je vypočtená hustota tepelného toku v ose únikového pruhu 3,2 kW·m^{-2} podle článku 5.3.5 a) ČSN 73 0810.

Při poloze osy únikového pruhu v ose únikových dveří z objektu, tj. ve vzdálenosti 1 830 mm od sálavého povrchu je vypočtená hustota tepelného toku v ose únikového pruhu 1,3 kW·m^{-2} podle článku 5.3.5 a) ČSN 73 0810.

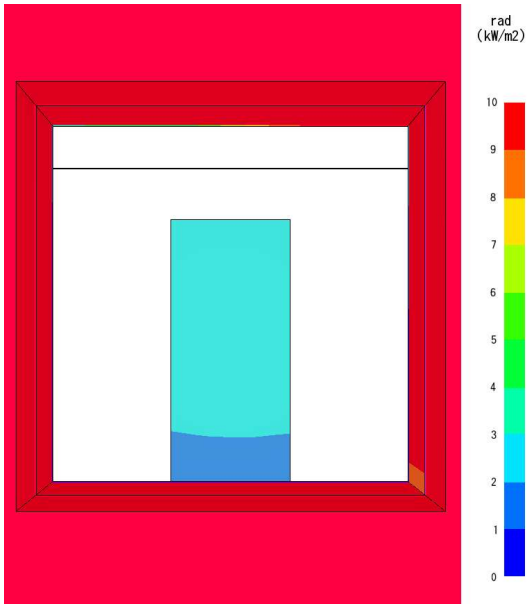
E.6.2 Model požáru



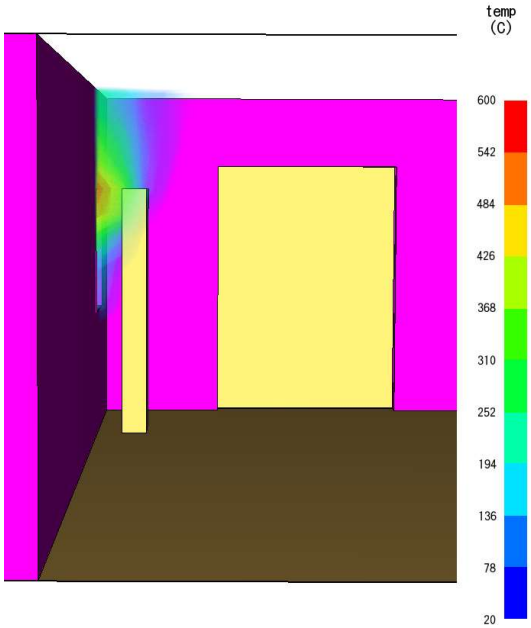
Obr. E.2: Vizualizace vystavení osoby radiaci v čase 150 s po plném rozvinutí požáru ve vzdálenosti 275 mm. Přímé sálání požáru je převáženo sáláním plamene šlehajícího z místnosti.



Obr. E.3: Vizualizace vystavení osoby radiaci v čase 150 s po plném rozvinutí požáru ve vzdálenosti 550 mm. Hlava je výrazně zatížena sáláním plamene šlehajícího z místnosti.



Obr. E.4: Vizualizace vystavení osoby radiaci 150 s po plném rozvinutí požáru ve vzdálenosti 1 205 mm.



Obr. E.5: Ozáření evakuačního prostoru (kvádry reprezentují evakuované osoby). Zdrojem sálání kouř i přímo plameny požáru v místnosti.

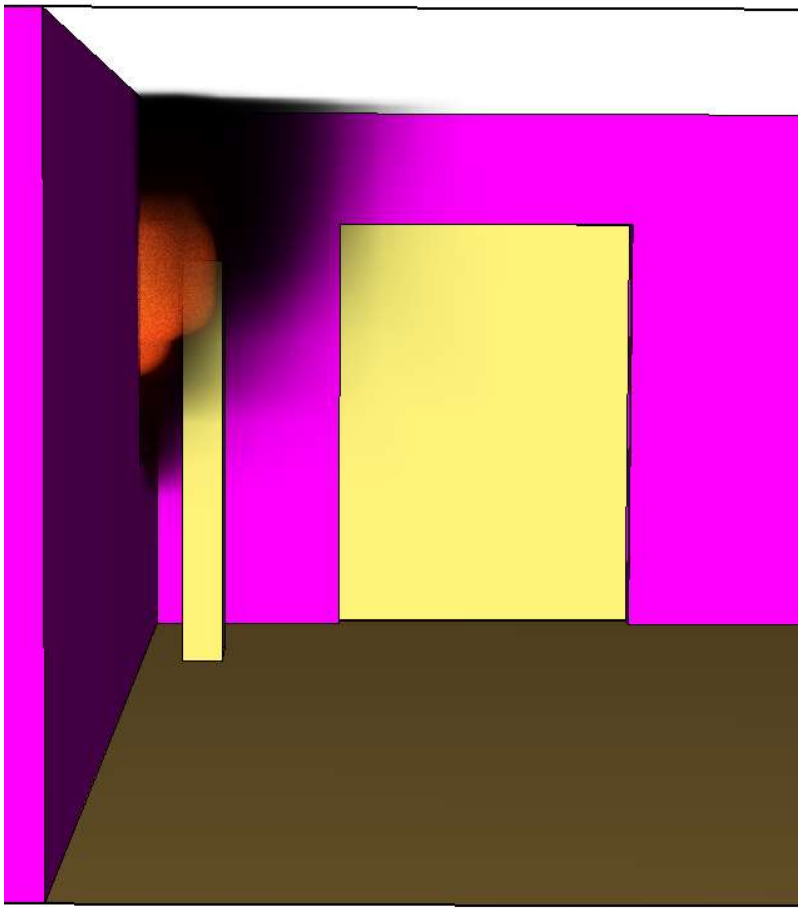
Teplota plynů unikajících z místnosti s požárem do značné míry zkresluje výsledek pro vzdálenosti 250–550 mm.

E.7 Vyhodnocení

Při poloze osy únikového pruhu ve vzdálenosti 1 205 mm od sálavého povrchu (nejbližší osa reálného únikového pruhu ve východových dveřích z objektu) je vypočtená hustota tepelného toku v ose únikového pruhu 3,2 kW·m^{-2}. Při poloze osy únikového pruhu v ose únikových dveří z objektu, tj. ve vzdálenosti 1 830 mm od sálavého povrchu, je vypočtená hustota tepelného toku v ose únikového pruhu 1,3 kW·m^{-2}. Osoby unikající z objektu tak nejsou ohroženy.

Pokročilý model se ve vzdálenosti 1205 mm shoduje s vypočtenými hodnotami velmi dobře. V případech bližších únikových pruhů jsou výsledky značně ovlivněny sáláním plamene šlehajícího z místnosti.

E.8 Vizualizace modelu



Obr. E.6: Vizualizace modelu včetně zobrazení vývoje kouře.

F Aplikační příklad: Ohrožení unikajících osob účinky požáru II

F.1 Přínosy alternativního přístupu

Aplikace alternativního přístupu modelování odstupových vzdáleností přináší projektantovi zejména tyto výhody:

- Sledovat vývoj radiace v čase.
- Ověřit možnosti chránění/stínění/chlazení.
- Při kombinaci s modelem evakuace lze ověřit kumulativní expozici evakuovaných osob.

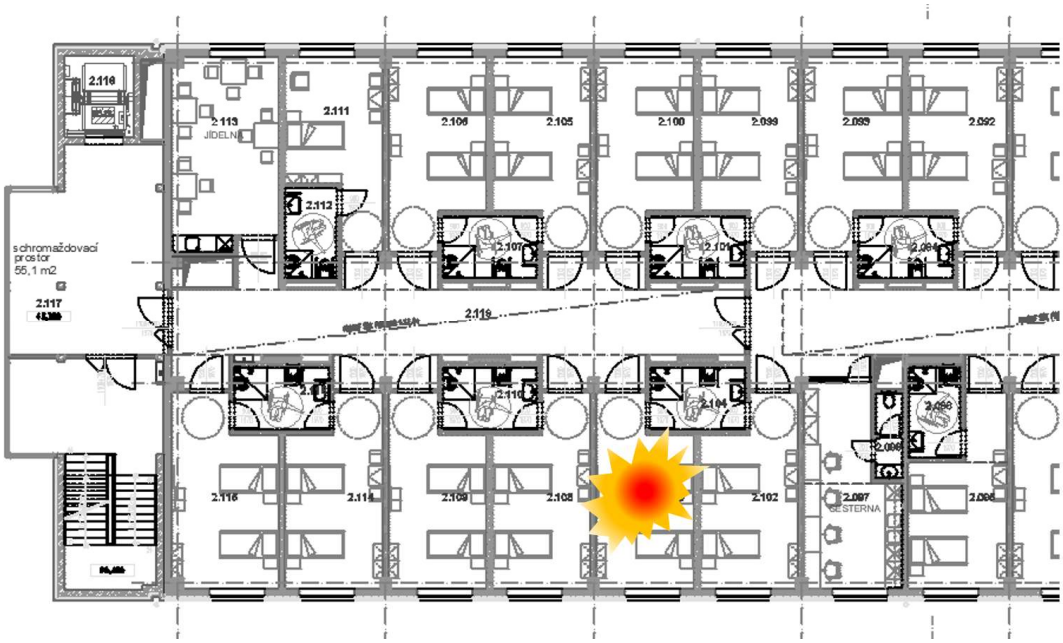
F.2 Vazba na stávající normativní dokumenty

- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty.
- ČSN 73 0835. Název: Požární bezpečnost staveb – Budovy zdravotnických zařízení.
- ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společné požadavky.
- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty.
- ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb– Společné požadavky.

F.3 Posuzovaný scénář

Předmětem posouzení je ohrožení unikajících osob účinky požáru kolem zcela požárně otevřené plochy v blízkosti východu z objektu na volné prostranství.

F.4 Schéma



Obr. F.1: Schéma posuzované části objektu.

F.5 Vstupní parametry a jejich hodnoty

F.5.1 Standardní postup

- Ohrožení osob účinky požáru, čl. 5.3.5 ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb. Společné požadavky:
  - Osoby nejsou ohroženy, pokud hustota tepelného toku dopadající na tyto osoby není vyšší než 10 $kW \cdot m^{-2}$, po dobu max. 5 sekund.
  - Hustota tepelného toku se zjišťuje v ose nejbližšího únikového pruhu.
  - Rychlost pohybu předpokládáme 0,5 ms^{-1}.
  - Výpočet lze provést pro tepelné namáhání podle normové teplotní křivky, křivky vnějšího požáru a dále podle libovolně zadané teploty sálavého povrchu, anebo podle známé hustoty tepelného toku ze sálavého povrchu. Tento postup odpovídá článku 5.3.5 a) ČSN 73 0810 a lze jej použít pro variantu, kdy rovina sálavého povrchu a osa nejbližšího únikového pruhu jsou rovnoběžné nebo když jsou na sebe kolmé.
  - p_v = 30,0 kgm^{-2}, a = 0,9 při součiniteli c = 1,0

F.5.2 Model požáru

- Spalovaný materiál: Nylon.

- Výkon požáru: HRR = αt^2, α = 0,0469 kW·s^{-2}, t = 150 s (GIBSE E, tab. 6.1) $HRR_{max} \sim 4$ MW.
- Materiál povrchů: beton, adiabatický.
- Počáteční podmínky: teplota 20 °C, vlhkost 40 %.
- Rozlišení sítě: 20 cm.

Cílem modelu je ověřit dopad tepelného záření na evakuované osoby nebo konstrukce v okolí požáru.

F.6 Výsledky

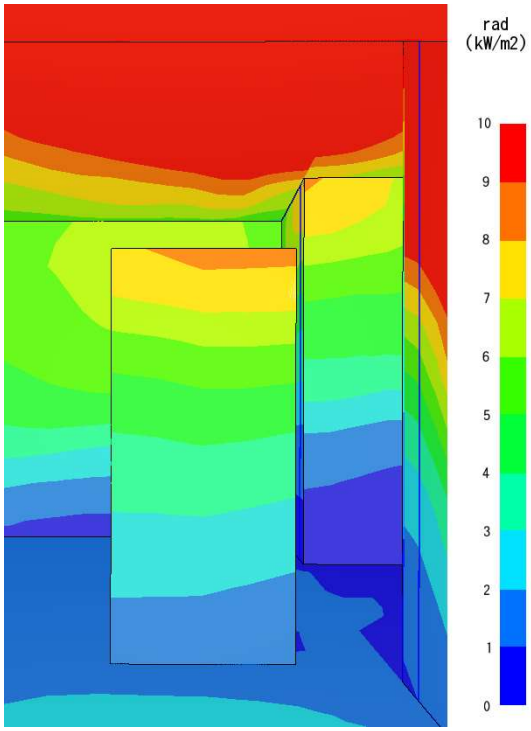
F.6.1 Standardní postup

Při vzdálenosti osy únikového pruhu od stěny chodby 275 mm je vypočtená hustota tepelného toku v ose únikového pruhu 8,1 kWm^{-2} podle článku 5.3.5 a) ČSN 73 0810.

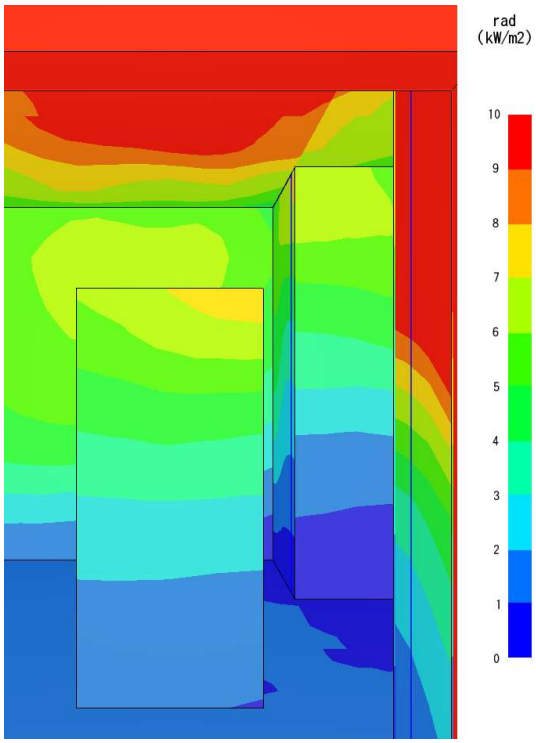
Při vzdálenosti osy únikového pruhu od stěny 550 mm je vypočtená hustota tepelného toku v ose únikového pruhu 6,8 kWm^{-2} podle článku 5.3.5 a) ČSN 73 0810.

Při poloze osy únikového pruhu v ose chodby, tj. ve vzdálenosti 1 200 mm od stěny je vypočtená hustota tepelného toku v ose únikového pruhu je 4,3 kW·m^{-2} podle článku 5.3.5 a) ČSN 73 0810.

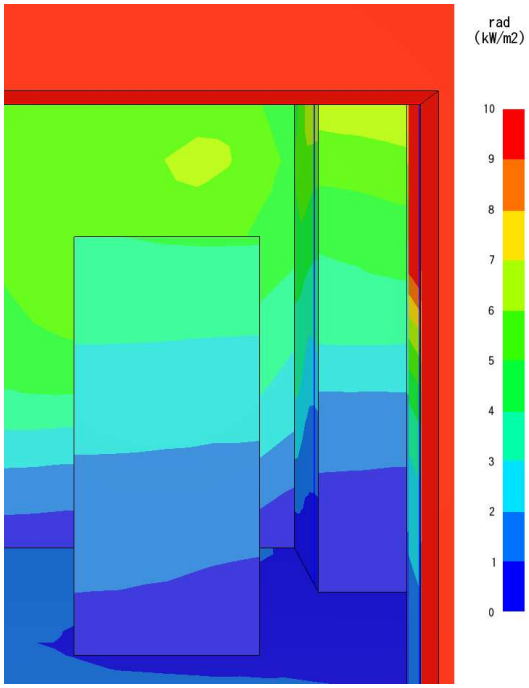
F.6.2 Model požáru



Obr. F.2: Ozáření kvádru představujícího osobu 150 s po plném rozvinutí požáru ve vzdálenosti 275 mm od stěny. Dominantní složkou radiace je záření z kouře.



Obr. F.3: Ozáření kvádru představujícího osobu 150 s po plném rozvinutí požáru ve vzdálenosti 550 mm od stěny. Dominantní složkou radiace je záření z kouře.

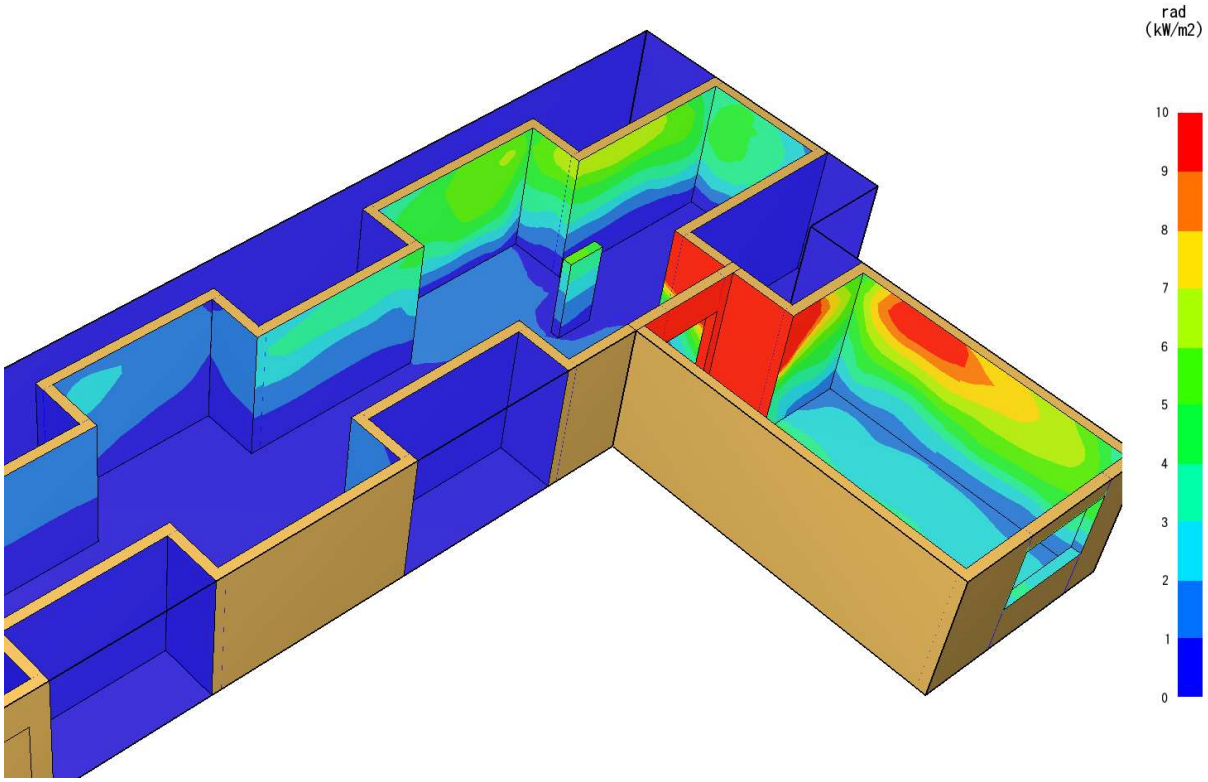


Obr. F.4: Ozáření kvádru představujícího osobu 150 s po plném rozvinutí požáru ve vzdálenosti 1200 mm od stěny. Dominantní složkou radiace je záření z kouře.

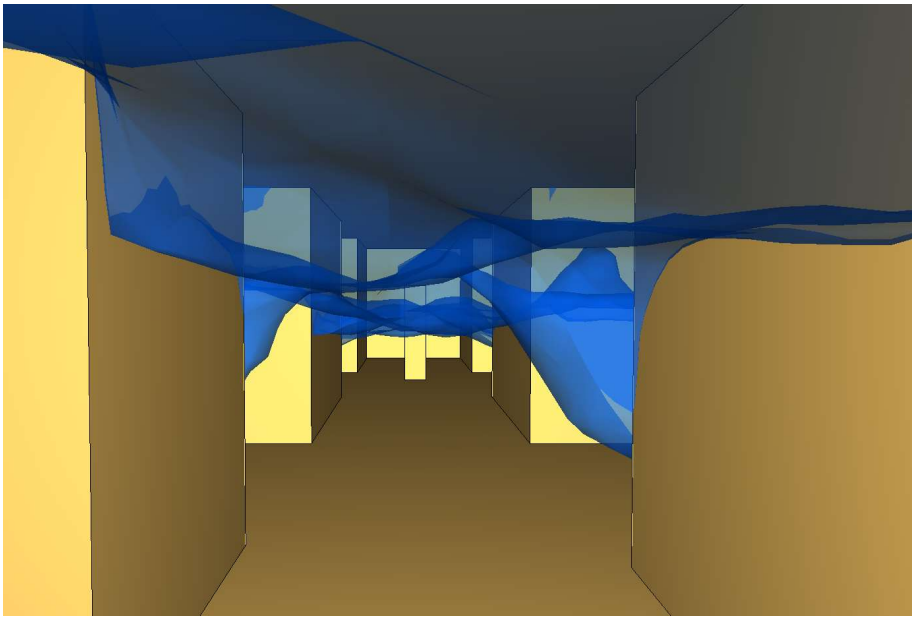
F.7 Vyhodnocení

Při poloze osy únikového pruhu ve vzdálenosti 1 205 mm od sálavého povrchu (nejbližší osa reálného únikového pruhu ve východových dveřích z objektu) je vypočtená hustota tepelného toku v ose únikového pruhu 6,1 $kW \cdot m^{-2}$. Osoby unikající z objektu tedy nejsou ohroženy. Výsledky modelu CFD se s výsledky výpočtu shodují.

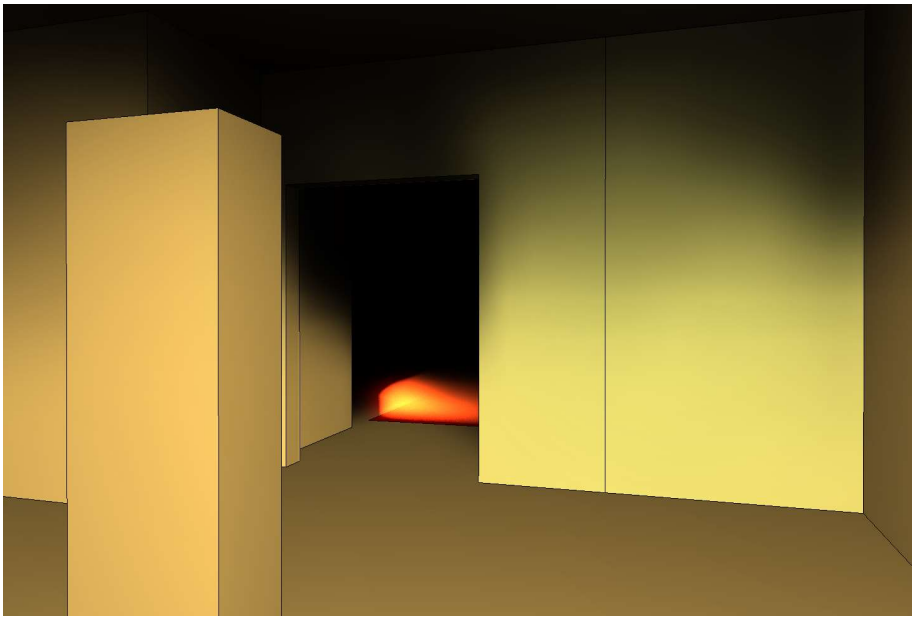
F.8 Vizualizace modelu



Obr. F.5: Vizualizace výsledků v podobě hustoty tepelného toku.



Obr. F.6: Izoterma plynu o teplotě 100 °C v čase 150 s po plném rozvinutí požáru. Chodba je horkým plynem do značné míry zaplněna, což je dominantním zdrojem radiace.



Obr. F.7: Vizualizace plamene a šíření kouře.

G Aplikační příklad: Systémy pro odvod tepla a kouře (ZOKT)

G.1 Přínosy alternativního přístupu

Aplikace alternativního přístupu modelu odvodu tepla a kouře přináší projektantovi zejména tyto výhody:

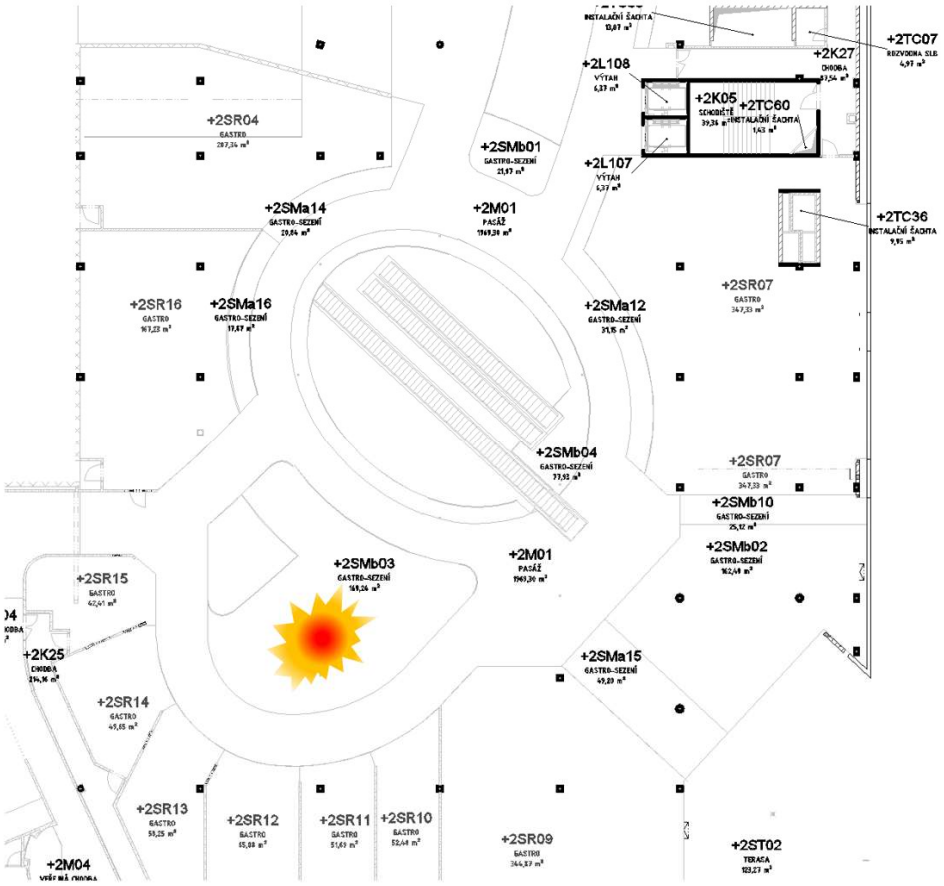
- Možnost srovnat aktivní vs. pasivní variantu ZOKT.
- Otestovat pasivní variantu pro různé klimatické podmínky.
- Ověřit umístění otvorů nebo ventilátorů pro ZOKT.
- Ověřit kapacitu přívodu vzduchu.
- Ověřit teplotu odtahovaného kouře.
- Propojení s modelem evakuace a intoxikace osob.

Předmětem posouzení je posouzení doby, ve které nejsou osoby ohroženy účinky požáru v restauračním provozu.

G.2 Vazba na stávající normativní dokumenty

- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty
- ČSN 73 0831: Požární bezpečnost staveb – Shromažďovací prostory
- ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společné požadavky
- ČSN 73 0872 Požární bezpečnost staveb – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením.

G.3 Schéma



Obr. G.1: Schéma posuzované části objektu.

G.4 Vstupní parametry a jejich hodnoty

G.4.1 Standardní postup

- Výpočet časového limitu t_e, kdy zplodiny hoření a kouř nezaplní prostor do úrovně 2,5 m nad podlahou - podle podle zjednodušené empirické rovnice

G.4.2 Model požáru

- Spalovaný materiál: nylon.
- Výkon požáru: HRR = αt^2, α = 0,0469 kW·s^{-2}, t = 150 s (GIBSE E, tab. 6.1) HRRmax ~ 4 MW.
- Materiál povrhů: beton, adiabatický.
- Počáteční podmínky: teplota 20 °C, vlhkost 40 %.

- Rozlišení sítě: 20 cm.
- Aktivní varianta ZOKT: 10 jednotek á 8,8 $m^2 \cdot s^{-1}$.
- Plocha otvorů: 40 m^2.

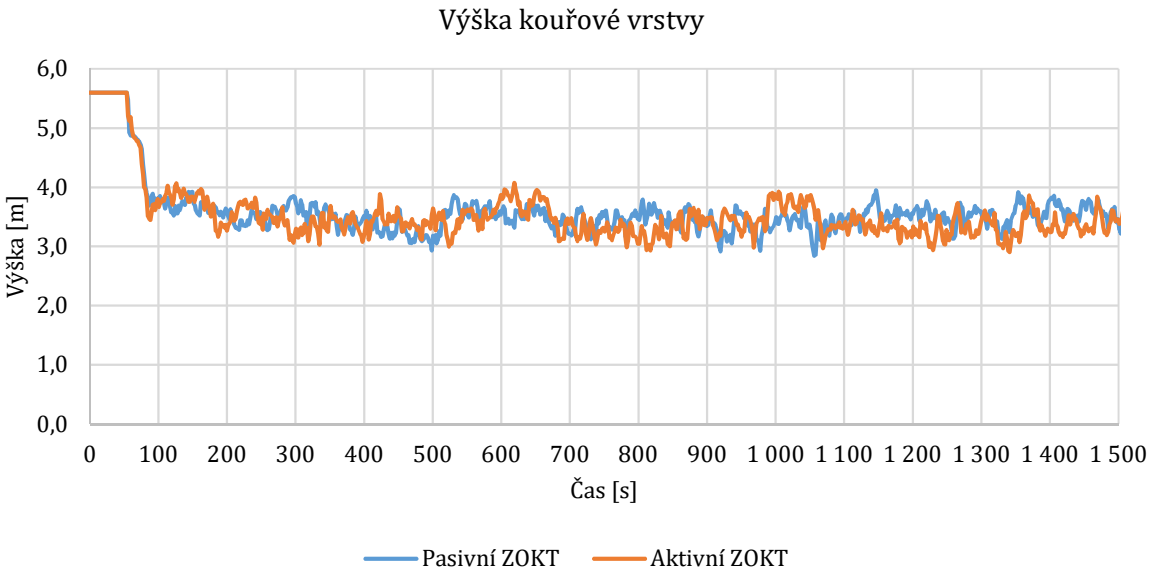
Cílem modelu je ověřit úroveň zakouření při jednotlivých variantách ZOKT. Je možné sledovat hladinu toxických látek, výšku kouřové vrstvy nad povrchem, teplotu odtahovaného kouře apod.

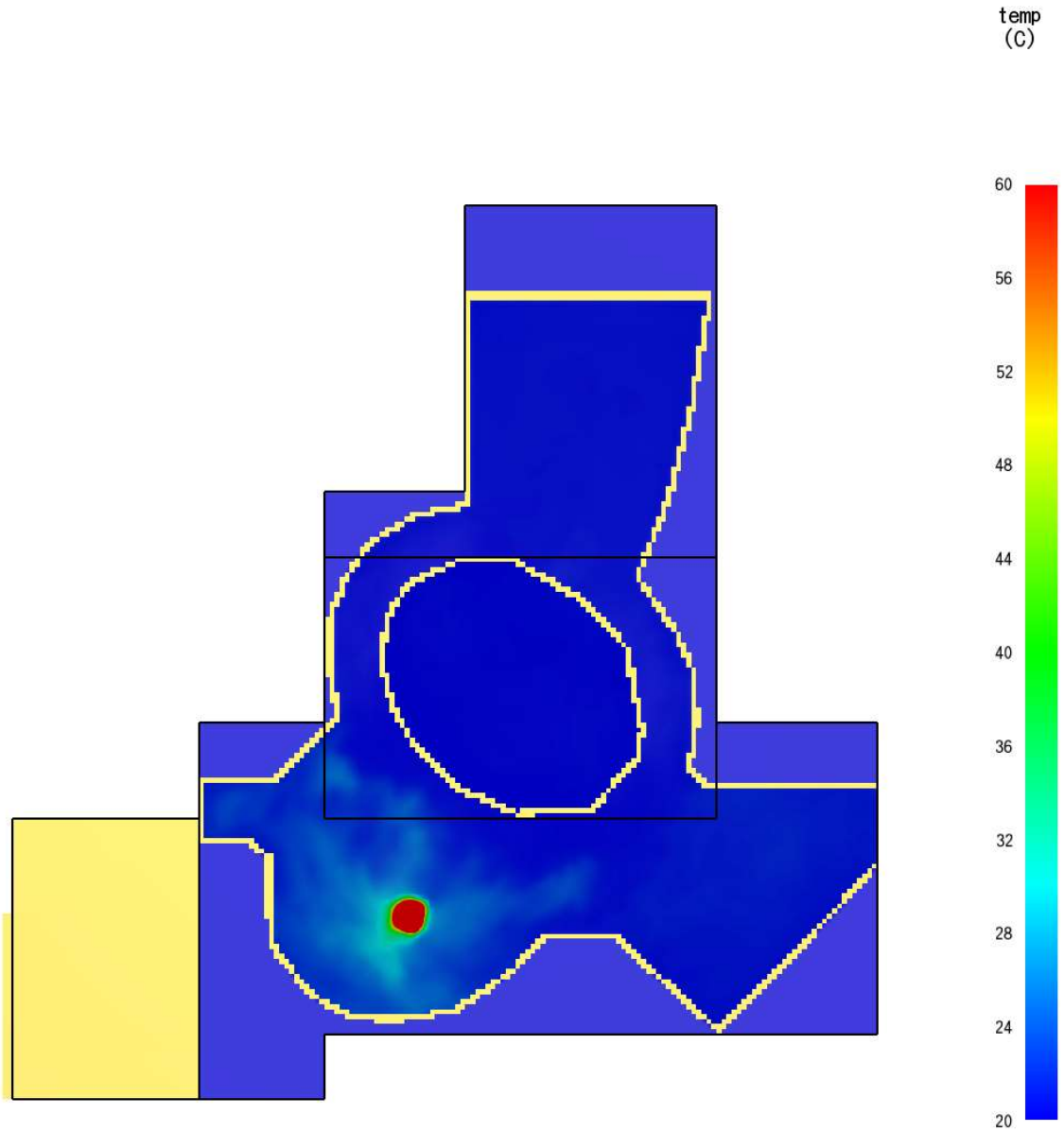
G.5 Výsledky

G.5.1 Standardní postup

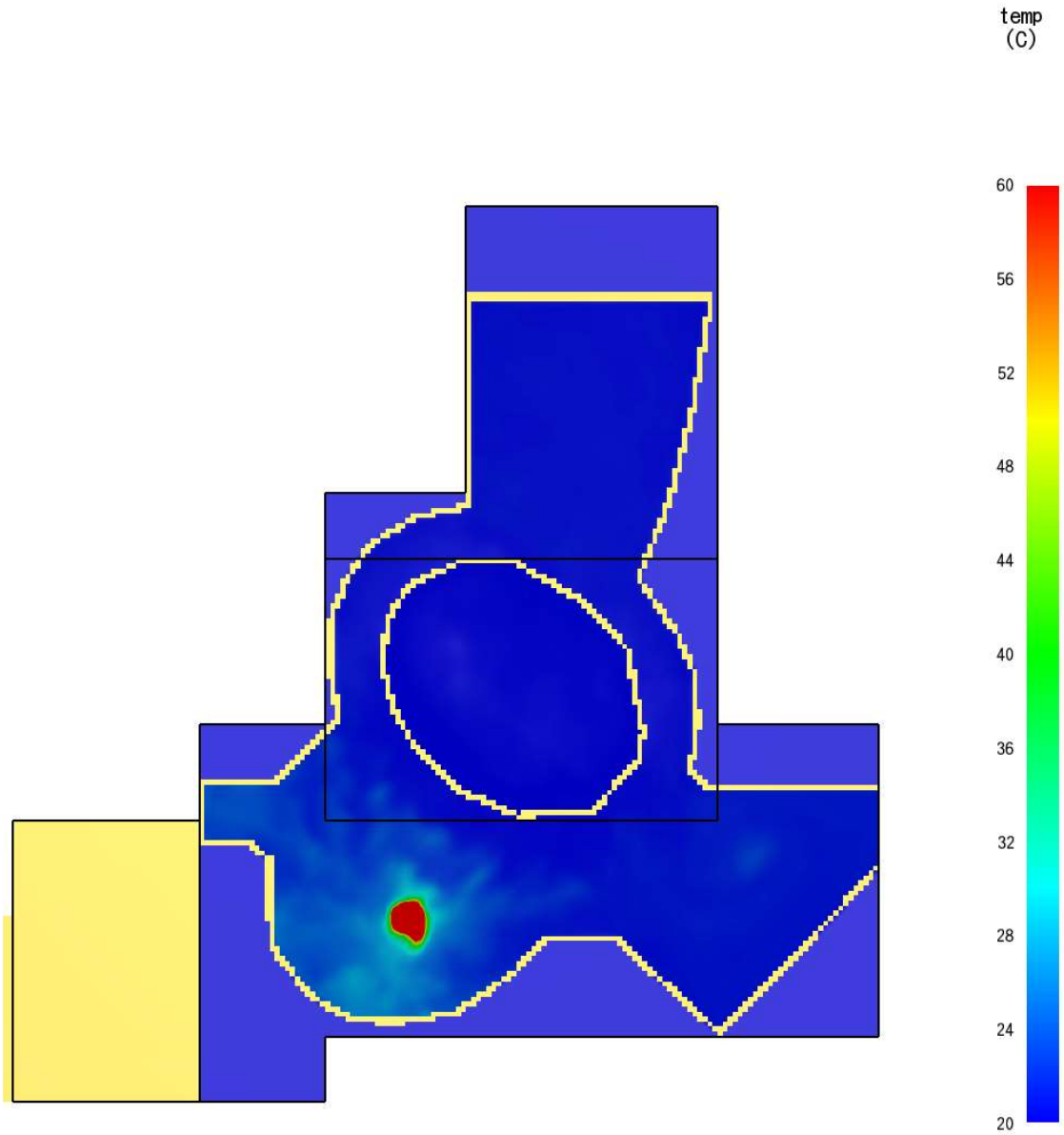
Předpokládaná doba zakouření t_e = **906 s.** podle článku 9.1.2 a) ČSN 73 0802.

G.5.2 Model požáru





Obr. G.2: Vizualizace teploty ve výšce 1,6 m v čase 1500 s pro pasivní ZOKT.

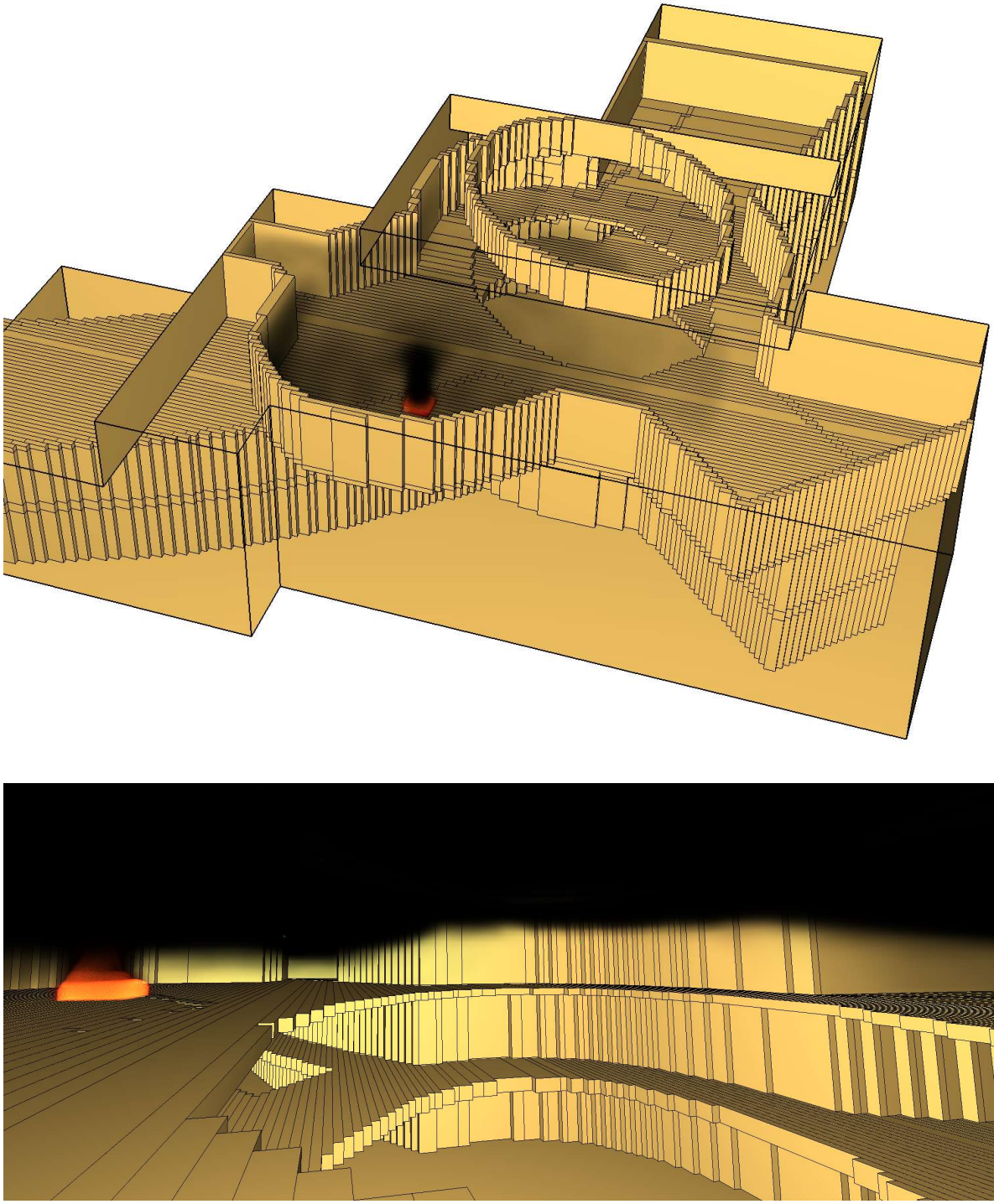


Obr. G.3: Vizualizace teploty ve výšce 1,6 m v čase 1500 s pro aktivní ZOKT.

G.6 Vyhodnocení

Standardním výpočtem dle ČSN bylo prokázáno, že čas, kdy zplodiny hoření a kouře nezaplní posuzovaný prostor restauračního provozu do úrovně 2,5 m nad podlahou je cca 15 minut. Pomocí FDS byla vyhodnocena situace s instalací ZOKT (pasivní a aktivní varianta). U obou variant bylo dosaženo prakticky stejného výsledku, výšky hladiny kouře cca 3,5 m nad podlahou po celou dobu.

G.7 Vizualizace modelu



Obr. G.4: Vizualizace výsledků modelu v uvažovaném prostoru včetně vývoje kouře.