Metodika pro specifické posouzení vysoce rizikových podmínek požární bezpečnosti s využitím postupů požárního inženýrství

Projekt: Specifické posouzení vysoce rizikových podmínek požární bezpečnosti s využitím postupů požárního inženýrství (FIRESAFE)

Identifikační kód: VG20122014074

Zpracovali: VŠB-TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství
17. listopadu 2172/15, 70833 Ostrava-Poruba

Česká asociace hasičských důstojníků, o.s.
Výškovická 40, 700 30 Ostrava-Zábřeh

V Ostravě dne 24. listopadu 2014

Obsah

Předmluva **4**

1 Cíl a uplatnění metodiky **5**

2 Struktura metodiky **6**

3 Normový postup, odlišný postup řešení a požární inženýrství **7**

4 Oblasti řešení **8**

4.1 Dynamika požáru 8

4.1.1 Strategie návrhového požárního scénáře 8

4.1.2 Vstupní hodnoty 8

4.1.3 Postupy a metody 9

4.1.4 Matematické modelování požáru 9

4.1.5 Výstupní hodnoty 9

4.2 Účinky výbuchu 10

4.2.1 Strategie posuzování výbuchů 10

4.2.2 Vstupní hodnoty 10

4.2.3 Základní výpočtové údaje 10

4.2.4 Základní parametry tlakové vlny 10

4.2.5 Varianty výpočtu přetlaku v tlakové vlně 11

4.2.6 Průběh tlakové vlny 11

4.3 Chování konstrukcí při požáru 11

4.3.1 Strategie posuzování konstrukcí při požáru 11

4.3.2 Návrhové situace a postupy posuzování konstrukcí na účinky požáru 12

4.3.3 Teplotně závislé charakteristické vlastnosti stavebních materiálů 13

4.3.4 Reakce stavebních výrobků na oheň 14

4.3.5 Požárně ochranné systémy 15

4.4 Evakuace osob 16

4.4.1 Strategie evakuace osob 16

4.4.2 Vstupní hodnoty 16

4.4.3 Postupy a metody 17

4.4.4 Výstupní hodnoty 17

4.5 Požárně nebezpečný prostor, odstupové vzdálenosti 18

4.5.1 Vstupní hodnoty 18

4.5.2 Postupy a metody 18

4.5.3 Výstupní hodnoty 18

4.6 Statistické zdroje 19

5 Zaznamenání a prezentace výsledků **20**

6 Postavení hasičského záchranného sboru při použití požárně inženýrských metod ...21
6.1 Obsahová náplň jednotlivých úloh 21
6.2 Kontrola formální a věcné správnosti řešení 21

7 Závěr 22
Literatura....23

8 Přílohy 25

Předmluva

Metodika byla řešena v rámci Programu bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2010 - 2015 (BV II/2 – VS) a je výstupem projektu výzkumu, vývoje a inovací s názvem „Specifické posouzení vysoce rizikových podmínek požární bezpečnosti s využitím postupů požárního inženýrství“, s identifikačním kódem VG20122014074.

Specifickým posouzením vysoce rizikových podmínek požární bezpečnosti s využitím postupů požárního inženýrství lze rozumět použití „metod požárního inženýrství“.

Metodika obsahuje doporučený postup zpracování a posuzování požárně inženýrských řešení.

Na zpracování metodiky se podíleli:

VŠB-TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství

hlavní řešitel	Ing. Petr Kučera, Ph.D.
řešitel	Ing. Isabela Bradáčová, CSc.
řešitel	Ing. Tereza Česelská, Ph.D.
řešitel	prof. Dr. Ing. Aleš Dudáček
řešitel	Ing. Miroslav Mynarz
řešitel	doc. Ing. Miroslava Netopilová, CSc.
řešitel	prof. Ing. Pavel Poledňák, Ph.D.
řešitel	doc. Dr. Ing. Michail Šenovský
řešitel	doc. Ing. Pavel Šenovský, Ph.D.

Česká asociace hasičských důstojníků, o.s.

hlavní řešitel	Ing. Jiří Pokorný, Ph.D., MPA
řešitel	Ing. Martin Nanek
řešitel	Ing. Zdeněk Nytra
řešitel	Ing. Tomáš Pavlík
řešitel	Ing. Martin Pliska
řešitel	Ing. Zdeněk Šlachta
řešitel	Ing. Vladimír Vlček, Ph.D.

1 Cíl a uplatnění metodiky

Cílem metodiky je poskytnou zpracovatelům požárně inženýrských řešení zásady pro jejich zpracování a tím přiměřeně zajistit jejich obsahovou a formální podobnost. Zásady budou využity rovněž příslušníky Ministerstva vnitra - generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky a hasičských záchranných sborů krajů[1] (dále také jen „hasičský záchranný sbor“) při posuzování těchto řešení.

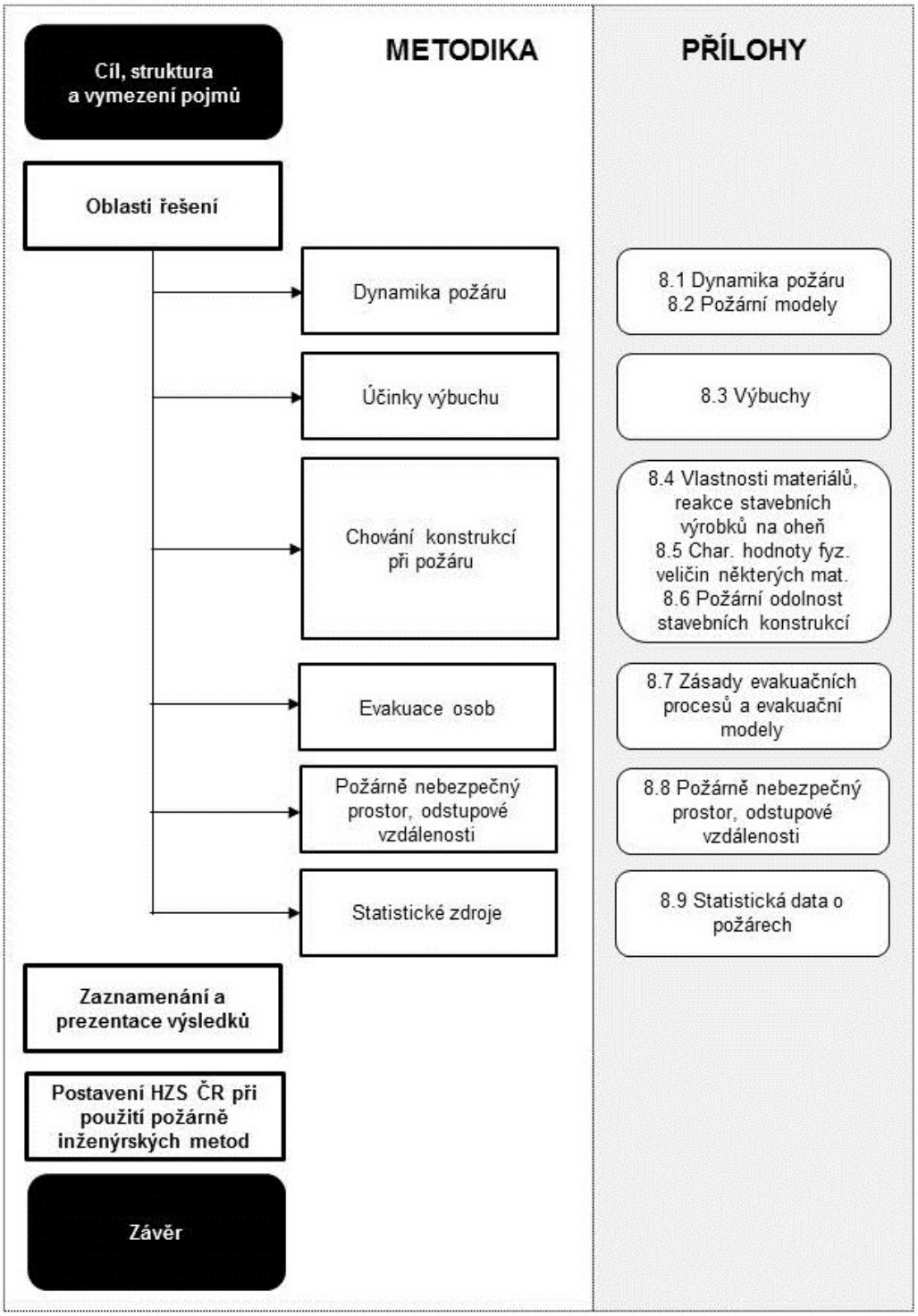
Metody požárního inženýrství nachází uplatnění při posuzování staveb, zjišťování příčin vzniku požáru a v oblasti plnění úkolů jednotek požární ochrany[2]. Metodika je zaměřena *primárně na oblast posuzování staveb*. Některé z jejich částí jsou však využitelné také v dalších oblastech.

Uživateli metodiky jsou zpracovatelé požárně inženýrských řešení (např. projektanti, experti) a příslušníci hasičských záchranných sborů krajů, kteří posuzují dokumentaci staveb a související podklady.

[1] Hasičskými záchrannými sbory krajů jsou myšleny hasičské záchranné sbory krajů a Hasičský záchranný sbor Hlavního města Prahy.
[2] § 70 zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů

2 Struktura metodiky

Metodika sestává ze šesti základních oblastí řešení, které jsou doplněny souvisejícími kapitolami dotvářejícími její rámec. Podrobnosti k jednotlivým oblastem řešení metodiky jsou rozvedeny v přílohách. Struktura metodiky je znázorněna na obr. 1.



Obr. 1 – Struktura metodiky

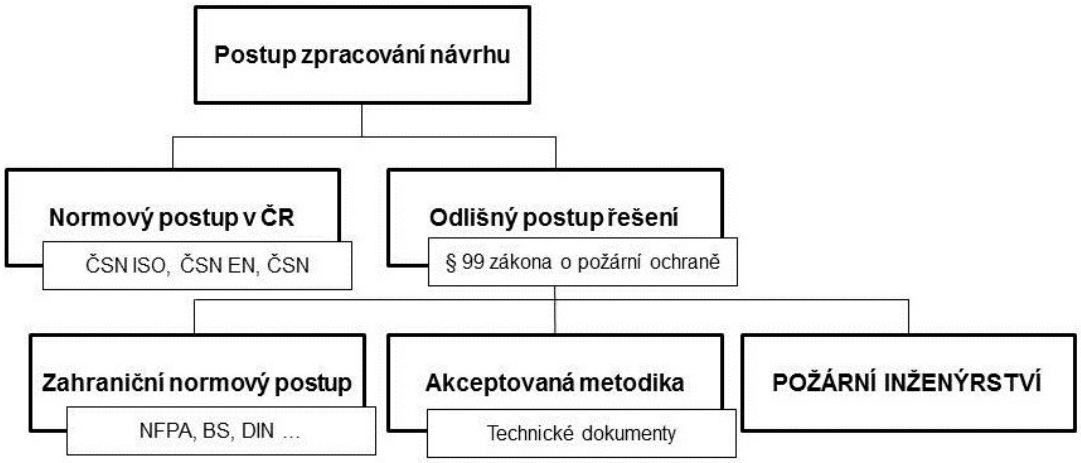
3 Normový postup, odlišný postup řešení a požární inženýrství

Normovým postupem se rozumí postup podle technického standardu reprezentovaného českými technickými normami.

Odlišným postupem[3] *při posuzování staveb* se rozumí postup jiný než podle českých technických norem nebo jiných technických dokumentů upravujících podmínky požární ochrany[4] (zahraniční standardy jsou chápány jako postup odchylný od českých technických norem).

Požární inženýrství je souborem zásad a postupů určených k posouzení požární bezpečnosti zvlášť rizikových nebo jinak specifických staveb nebo technologií, s cílem nalezení efektivního řešení z hlediska požární ochrany při zajištění přijatelné míry rizika. Při řešení jsou využívány nejnovější poznatky z oblasti přírodních a aplikovaných věd.

Požární inženýrství je dílčí kategorií (podmnožinou) postupu odlišného od české technické normy nebo jiného technického dokumentu upravujícího podmínky požární ochrany (viz obr. 2).



Obr. 2 – Vztah mezi odlišným postupem a požárním inženýrstvím

V následujícím textu bude pozornost zaměřena primárně na dílčí část odlišného postupu posuzování, tj. na *oblast požárního inženýrství*. V některých částech textu je však opačně nezbytné popisovat tuto problematiku v širším pojetí, tedy z pohledu odlišného postupu.

[3] § 99 zákona č. 133/985 Sb.

[4] Např. vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011Sb.

4 Oblasti řešení

4.1 Dynamika požáru

Při stanovení průběhu požáru a jeho působení na okolí se skutečný rozvoj idealizuje tak, aby bylo možné posoudit *stavební konstrukce za požáru*, *navrhnout potřebná požárně bezpečnostní zařízení* či *určit bezpečnou evakuaci osob* (popř. *podmínky pro efektivní požární zásah*).

4.1.1 Strategie návrhového požárního scénáře

Návrhový požární scénář reprezentuje jedinečný výskyt událostí konkrétního požáru v čase a prostoru spojených s opatřeními požární bezpečnosti [16]. Typickými představiteli požárních scénářů v uzavřeném a otevřeném (volném) prostoru stavebního objektu jsou:

uzavřený prostor

- jednotlivě hořící předmět (např. nábytek, odpadkový koš, osvětlení),
- požár v místnosti (na podlaze, u stěny, v rohu, u stropu),
- požár ve schodišťové šachtě,
- požár kabelové lávky nebo kanálu,
- požár z vnitřní strany střešní konstrukce,
- požár v skrytých prostorech (např. prostor nad stropními podhledy).

otevřené prostranství

- požár sousedního objektu,
- venkovní požár (např. hromady skladovaného paliva),
- požár střechy,
- požár průčelí objektu.

4.1.2 Vstupní hodnoty

Vstupní hodnoty pro kvantitativní popis předpokládané charakteristiky požáru v návrhovém požárním scénáři (*návrhový požár*) [17], [18] se mohou pro jednotlivé fáze požáru měnit a představují konkrétní kombinaci následujících základních parametrů:

- druh, velikost a umístění zdroje hoření – skladba, tvar a poloha zdroje hoření, způsob jeho vznícení/vzplanutí, rychlost uvolňování tepla, intenzita přestupu tepla ze zdroje hoření aj.,
- druh a rozmístění ostatních hořlavých předmětů – druh, geometrie a povrchová úprava hořlavých předmětů, jejich fyzikální a chemické vlastnosti a jejich rozmístění, rychlost uvolňování tepla, rychlost úbytku hmotnosti, případně požární zatížení aj.,
- prostředí prostoru požáru (vnitřní, vnější) – základní rozměry a tvar stavebního objektu, tepelně technické vlastnosti ohraničujících konstrukcí, způsob přirozeného nebo nuceného odvětrání prostoru (poloha a velikost okenních otvorů ve vnějších/vnitřních konstrukcích aj.),
- provedení jednotlivých opatření požární bezpečnosti – samočinné hašení (druh, dostupnost dodávky hasiva a intenzita hašení), detekce (typ detektorů, rozmístění, citlivost a rychlost reakce hlásiče na požár), odvod kouře (způsob a intenzita odvodu zplodin hoření) aj.
- technické a technologické zabezpečení objektu.

4.1.3 Postupy a metody

Pro hodnocení průběhu návrhového požáru existuje velké množství různých inženýrských metod s různým stupněm komplexnosti, jež lze rozdělit na:

- zjednodušené výpočty – jsou založené na empirických rovnicích a na odhadu dynamiky požáru. Tyto mohou být použity pro jednoduchá hodnocení a pro kontrolu dokonalejších metod. Uživatel však musí sledovat omezení vstupních parametrů, aby se neocitl mimo vymezenou oblast použití,
- počítačové programy – využívají přednosti výpočetní techniky, aby mohly průběh dynamiky požáru podrobněji nasimulovat (viz 4.1.4),
- experimentální metody – výsledky experimentálních měření zajišťují vstupní data pro výpočtové metody.

4.1.4 Matematické modelování požáru

Matematické modely požáru řeší jednotlivé návrhové požáry a slouží zejména pro předpověď chování skutečných fyzikálních soustav za požáru [26]. Tyto se dělí na:

- zjednodušené výpočtové modely (určení základních procesů dynamiky požáru)
  - tabulkové procesory,
  - triviální programy,
- pravděpodobnostní modely
  - síťové,
  - statistické,
  - simulační,
- deterministické modely
  - zónové (např. CFAST, ARGOS, OZONE),
  - modely typu pole (např. Fire Dynamics Simulator, SmartFire).

Další podrobnosti o požárních modelech jsou uvedeny v příloze 8.2.

4.1.5 Výstupní hodnoty

Základními výstupními hodnotami, charakterizující návrhový požár v závislosti na čase, jsou:

- rychlost uvolňování tepla,
- velikost požáru,
- teploty plynů v prostoru požáru,
- celkový tepelný tok a jeho složky (konvekce, kondukce a radiace),
- intenzita tvorby kouře,
- rychlost proudění větracími otvory,
- rozdělení tlaku v místnosti,
- optická hustota kouře,
- tvorba a přenos toxických zplodin,
- dobou do rozhodujících událostí (např. do celkového vzplanutí – flashoveru),
- aktivace požárně bezpečnostních zařízení,

Další podrobnosti jsou o dynamice požáru uvedeny v příloze 8.1.

4.2 Účinky výbuchu

Posouzení účinků výbuchu na okolí stanovením zjednodušeného průběhu tlakové vlny sestává ze zadání vstupních hodnot, získání základních výpočtových údajů, získání základních parametrů tlakové vlny, variantních výpočtů přetlaku a výpočtu průběhu tlakové vlny.

4.2.1 Strategie posuzování výbuchů

Pro zjištění parametrů a účinků výbuchu je vhodné zvolit nejvýhodnější z následujících strategií:

- zjednodušená – empirické modely (TNT ekvivalent, Multi energy, Baker-Strehlow, „Venting guidelines“ aj.), [29], [30]
- obecná – fenomenologické modely (SCOPE, CLICHE aj.), [32]
- komplexní – CFD modely
  - elementární CFD modely (FLACS, AUTOREAGAS aj.), [22]
  - pokročilé CFD modely (CFX, REACFLOW, FLUENT aj.).

V další části textu bude specifikován postup pro praktickou aplikaci modelu TNT ekvivalentu. [20]

4.2.2 Vstupní hodnoty

Vstupní hodnoty jsou zpravidla charakterizovány:

- typem nálože nebo plynné směsi,
- vzdálenosti posuzovaného objektu od epicentra výbuchu,
- hmotností nálože nebo plynné směsi,
- balistickým poměrem nálože,
- výškou ohniska výbuchu nad úrovní terénu.

4.2.3 Základní výpočtové údaje

Stanovení základních výpočtových údajů zpravidla obsahuje:

- stanovení výbuchového tepla,
- stanovení tritolového ekvivalentu,
- výpočet koeficientu těsnění nálože,
- výpočet koeficientu geometrie šíření výbuchu,
- stanovení ekvivalentní hmotnosti nálože,
- stanovení redukované vzdálenosti pro ekvivalentní hmotnost nálože.

4.2.4 Základní parametry tlakové vlny

Stanovení základních parametrů tlakové vlny zpravidla obsahuje:

- přetlak v tlakové vlně,
- podtlak v tlakové vlně,
- doba trvání přetlaku,
- doba trvání podtlaku,
- rychlost čela tlakové vlny,
- doba dosažení posuzovaného objektu od iniciace nálože nebo plynné směsi.

4.2.5 Varianty výpočtu přetlaku v tlakové vlně

Ke stanovení variantních přetlaků v tlakové vlně jsou zpravidla použity metody:

- metoda dle Sadovského,
- metoda dle Henrycha,
- metoda dle Makovičky.

4.2.6 Průběh tlakové vlny

Stanovení průběhu tlakové vlny zpravidla obsahuje:

- stanovení okamžiku iniciace nálože nebo plynné směsi,
- maximum přetlakové fáze,
- konec přetlakové fáze,
- maximum podtlakové fáze,
- konec podtlakové fáze,
- vykreslení průběhu tlakové vlny.

Další podrobnosti jsou uvedeny v příloze 8.3.

4.3 Chování konstrukcí při požáru

Chování konstrukcí při požáru objasňuje potřebu návrhu konstrukcí na účinky požáru a uvádí možné postupy posuzování konstrukcí za požární situace. Pro posuzování konstrukcí při požáru jsou nezbytné znalosti vlastností navrhovaných nebo již použitých materiálů, především vlastnosti fyzikální a mechanické při běžných teplotách a měnící se v závislosti na okamžité teplotě požáru. Charakteristickou vlastností stavebních výrobků je rovněž reakce na oheň. Určující vlastnost stavebních konstrukcí tj. požární odolnost lze v případě potřeby kladně ovlivnit požárně ochrannými systémy. Ze znalostí teplot hořícího prostoru, prostupu tepla konstrukcí a teplotně závislých vlastností materiálů a výrobků vycházejí zásady navrhování betonových, ocelových, spřažených ocelobetonových, dřevěných a zděných konstrukcí vystavených možným účinkům požáru. [21], [27], [35]

4.3.1 Strategie posuzování konstrukcí při požáru

- požár jako mimořádná návrhová situace,
- posuzované mezní stavy požární odolnosti konstrukce,
- stanovení požadavků na chování stavebních konstrukcí při požáru,
- volba postupu posuzování požární odolnosti (zkouškou, tabulkovými hodnotami, výpočtem),
- posuzování požární odolnosti zkouškou (normová zkouška, velkorozměrová zkouška),
- použití normových tabulkových hodnot požární odolnosti,
- schválený výpočtový postup požární odolnosti,
- výpočtový postup požární odolnosti užitím odlišného inženýrského přístupu,
- porovnání výsledků výpočtu a zkoušky,
- optimální návrh konstrukce na požadovanou požární odolnost.

4.3.1.1 Vstupní hodnoty

Při normovém způsobu posuzování požární odolnosti konstrukcí jsou vstupními údaji:

- posuzované mezní stavy požární odolnosti prvku,
- materiál a rozměry prvku, případně další charakteristické údaje (povrchová úprava konstrukce, osová vzdálenost výztuže od ohřívaného povrchu železobetonového prvku, kritická teplota, stupeň statického využití a součinitel průřezu ocelového prvku, objem dutin ve zdicích prvcích, druh dřeva u dřevěných prvků aj.,
- teplotní zatížení, způsob vystavení prvku účinkům požáru.

Při inženýrském přístupu stanovení požární odolnosti jsou vstupními hodnotami zpravidla:

- posuzované mezní stavy požární odolnosti konstrukce,
- požární scénář (tepelné podmínky hořícího prostoru),
- tepelné zatížení konstrukce, kombinace zatížení,
- teplotní a mechanická odezva konstrukce,
- tepelné a mechanické vlastnosti materiálů.

4.3.1.2 Metody, postupy

Při posuzování požární odolnosti konstrukcí při požáru je třeba zvolit metodu přiměřenou významu a složitosti posuzované konstrukce, případně závažnosti jejího selhání.

V zásadě mohou být použity následující metody:

- metoda založená na normativních pravidlech,
- metoda využívající schválené výpočetní postupy [3],
- metoda inženýrského přístupu.

Podrobnější rozvedení jednotlivých metod je uvedeno v příloze 8.5.

4.3.1.3 Výstupní hodnoty

Výstupními hodnotami při posouzení požární odolnosti je:

- ověření mezních stavů požární odolnosti dané stavební konstrukce za definovaných podmínek,
- ověření, zda požární odolnost konstrukce je pro danou situaci vyhovující, popř. je nutno konstrukci upravit nebo použít požárně ochranný systém.

4.3.2 Návrhové situace a postupy posuzování konstrukcí na účinky požáru

- charakteristika návrhových situací,
- požární odolnost stavebních konstrukcí,
- stanovení požadavků na požární odolnost konstrukcí v ČR,
- možnosti ověřování požární odolnosti konstrukcí,
- porovnání experimentálních a výpočtových metod,
- alternativní přístupy k navrhování konstrukcí na účinky požáru,
- navrhování konstrukcí normativními pravidly,
- inženýrský přístup pro navrhování konstrukcí,
- společné zásady navrhování konstrukcí na účinky požáru,
- obecná metoda výpočtu,
- jednoduché metoda výpočtu,
- interface požárních a stavebních specialistů.

4.3.2.1 Vstupní hodnoty

- tepelné podmínky hořícího prostoru,
- tepelné zatížení a kombinace zatížení při požáru,
- teplotní a mechanická odezva zatížení,
- normativně nebo individuálně stanovené požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí.

4.3.2.2 Metody, postupy

Tepelné podmínky hořícího prostoru lze vyjádřit:

- nominálními teplotními křivkami,
- parametrickými teplotními křivkami,
- teplotami získanými požárními scénáři a modelováním.

Metody výpočtu požární odolnosti:

- jednoduchá metoda výpočtu,
- obecná metoda výpočtu.

Podrobnější rozvedení jednotlivých metod je uvedeno v příloze 8.5.

4.3.2.3 Výstupní hodnoty

Výstupními hodnotami při posouzení požární odolnosti je:

- ověření mezních stavů požární odolnosti podle času, únosnosti nebo teplot,
- ověření, zda posuzovaná konstrukce splňuje požadavky na požární odolnost konstrukce v daných podmínkách nejen pro běžnou návrhovou situaci, ale i pro mimořádnou návrhovou situaci – požár.

4.3.3 Teplotně závislé charakteristické vlastnosti stavebních materiálů

Pro správný návrh stavební konstrukce nebo pro její posouzení je nutná znalost charakteristických vlastností uplatněných materiálů při běžných teplotách. V oblasti požární bezpečnosti staveb jsou významnými zejména některé vlastnosti fyzikální a mechanické a případné akceptování jejich ovlivnění změnou teploty.

4.3.3.1 Vstupní hodnoty

Vstupními hodnotami jsou

- charakteristické vlastnosti při běžných teplotách:
  - hustota,
  - objemová hmotnost,
  - tepelná vodivost,
  - teplotní vodivost,
  - měrná tepelná kapacita,
  - tepelná roztažnost,
  - pevnost (v tlaku, v tahu),
  - modul pružnosti.
- vlastnosti stavebních materiálů při změně teploty:
  - betony,
  - ocel,
  - materiály na bázi dřeva,
  - keramické materiály.

4.3.3.2 Metody, postupy

Konkrétní hodnoty mechanických a fyzikálních vlastností stavebních materiálů lze získat ze zpracovaných a publikovaných tabelárních přehledů nebo specificky podle příslušných metod daných platnými normami.

Podrobnější rozvedení jednotlivých metod je uvedeno v příloze 8.5.

4.3.3.3 Výstupní hodnoty

Stanovení změny některých fyzikálních a mechanických vlastností materiálu v reakci na teplotní změny - redukce vlastností vzhledem k hodnotám za běžné teploty. Tyto parametry jsou využívány pro stanovení chování stavebních prvků a konstrukcí vlivem účinků požáru.

4.3.4 Reakce stavebních výrobků na oheň

Pro klasifikaci z hlediska reakce na oheň je rozhodující konečné použití stavebních výrobků a jejich vliv na vznik a šíření požáru. Příslušné normové zkušební metody stavebních výrobků, pro stanovení jejich třídy reakce na oheň, zahrnují řadu testů, a to od vlivu působení malého plamene až po tepelné namáhání rozvinutým požárem.

Obecná charakteristika tříd reakce na oheň:

- třída A1, A2 - výrobky nepřispívající k intenzitě požáru,
- třída B - výrobky s velmi omezenou mírou přispění ke zvýšení intenzity požáru,
- třída C - hořlavé stavební výrobky s omezeným přispěním k intenzitě požáru,
- třída D - výrobky s akceptovatelným přínosem k rozvoji požáru,
- třída E - výrobky s podstatným ovlivněním intenzity požáru,
- třída F - bez požadavků.

4.3.4.1 Vstupní hodnoty

Vstupními parametry jsou klasifikační kritéria (viz ČSN EN 13501-1+A1 [11]) pro stanovení třídy reakce na oheň pro:

- stavební výrobky (mimo podlahových krytin a tepelně izolačních výrobků potrubí),
- podlahové krytiny,
- lineárně trubní izolační výrobky,
- kabely.

Nejsou hodnoceny pouze jednotlivé materiály, ale celý stavební výrobek složený v řadě případů z více stavebních hmot.

4.3.4.2 Metody, postupy

Metody a postupy systému klasifikace podle reakce na oheň jsou založeny na zkouškách zkušebními metodami prováděných podle ČSN EN. Pro hodnocení splnění požadavků třídy reakce na oheň u stavebních výrobků je rozhodující zatřídění podle ČSN EN 13501-1+a1. Dílčí scénáře zkušebních testů jsou simulovány jednotlivými zkušebními metodami. Klasifikační kritéria pro jednotlivé třídy stavebních výrobků a podlahových krytin a tepelně izolačních výrobků potrubí jsou součástí EN 13501-1:2009+A1.

Vlastní klasifikace je založena na kombinaci výsledků zkoušek podle zkušebních metodik viz [4], [5], [6], [7] a [8].

Pro doplňkovou klasifikaci jsou stanovena kritéria:

- tvorba kouře – s1, s1a, s1b, s2, s3
- planoucí kapky/částice – d0, d1, d2
- kyselost – a1, a2, a3.

Podrobnější rozvedení jednotlivých metod je uvedeno v příloze 8.4.

4.3.4.3 Výstupní hodnoty

Výstupem je stanovení tříd reakce na oheň stavebních výrobků s použitím daného klasifikačního systému, tzn. klasifikace stavebních výrobků v třídách reakce na oheň A1, A2, B, C, D, E, F a pro podlahové krytiny v třídách $A1_{fl}$, $A2_{fl}$, B_{fl}, C_{fl}, D_{fl}, E_{fl}, F_{fl}. V klasifikaci jsou odlišeny i další skupiny stavebních výrobků, a to lineární trubní tepelně izolační systémy $A1_L$, $A2_L$, B_L, C_L, D_L, E_L, F_L a elektrické kabely A_{ca}, $B1_{ca}$, $B2_{ca}$,C_{ca}, D_{ca}, E_{ca}, F_{ca}.

4.3.5 Požárně ochranné systémy

V případech, kdy požadovanou požární odolnost stavebních konstrukcí nelze zajistit odpovídajícím materiálovým a konstrukčním řešením je možné uplatnit některé řešení z oblasti pasivních systémů požární ochrany. [31]

4.3.5.1 Vstupní hodnoty

Vstupními hodnotami pro správný návrh požárně ochranných systémů a materiálů jsou nejen požadavky na požárně technické charakteristiky, ale i na mechanickou odolnost a stabilitu, bezpečnost při užívání, soudržnost, hygienu, zdraví a životní prostředí, energetickou hospodárnost, protihlukovou ochranu, životnost, provozuschopnost apod.

4.3.5.2 Metody, postupy

Metody aplikace požárně ochranných systémů využívají buďto mokrou technologii (např. obezdění, obetonování, omítání/nástřiky) nebo jsou prováděné suchou technologií (např. obklady a jiné ochranné pláště) nebo se jedná o nátěrové systémy. Vlastní příspěvek protipožární ochrany k požární odolnosti konstrukce se stanoví normativními metodami a postupy podle ČSN EN 13381-1 až 9 (viz např. [9], [10] a další).:

4.3.5.3 Výstupní hodnoty

Výstupem je stanovení účinnosti protipožární ochrany. Stanoví-li se výpočtem, pokládá se za průkaznou tehdy, pokud zkouškami požární odolnosti konstrukce byla alespoň po požadovanou dobu požární odolnosti prokázána celistvost, stabilita, respektive jiná podstatná vlastnost této ochrany.

Požadovaná požární odolnost chráněné konstrukce musí být zajištěna po celou dobu předpokládané životnosti daného stavebního objektu. Pro návrh protipožární ochrany, jejíž funkčnost je podmíněna chemickou reakcí při požáru a jejíž životnost není ověřená a zaručená, platí omezující pravidla použití [14].

4.4 Evakuace osob

Při posouzení evakuace osob je zohledňována *charakteristika budovy, včetně strategie řízení požární bezpečnosti, charakteristika osob, předpokládaná dynamika požáru* (návrhový požár) *a vliv požárního zásahu.*

4.4.1 Strategie evakuace osob

Při hodnocení je volena jedna nebo více následujících strategií:

- *úplná evakuace osob* (osoby jsou zcela evakuovány z budovy na volné prostranství),
- *částečná evakuace osob* (osoby jsou evakuovány na volné prostranství pouze z prostor, kde jim hrozí nebezpečí),
- *evakuace osob do chráněného prostoru* (stavebně a technicky vybavený prostor, kde mohou osoby po určitou dobu bezpečně setrvat a v případě potřeby následně dokončit evakuaci),
- *setrvání osob na místě* (pokud není evakuace možná, musí být umožněno setrvání osob na místě, přičemž stavební a technické provedení objektu musí zajistit podmínky pro bezpečný pobyt),
- *evakuace s podporou jednotky požární ochrany* (vytvoření výhodnějších podmínek pro evakuaci). [19]

4.4.2 Vstupní hodnoty

Vstupní hodnoty z hlediska charakteristiky budovy, systému řízení a strategie požární bezpečnosti:

- dispozice a geometrie budovy (např. plocha, výška, uspořádání, dílčí členění),
- únikové cesty (např. délky, šířky, poloha, dostupnost, využití při provozu),
- způsob užívání budovy (např. administrativa, obchodní činnost, výrobní provoz),
- systém řízení požární bezpečnosti (např. správa budovy z hlediska bezpečnosti, školení zaměstnanců o požární ochraně, dokumentace požární ochrany, nácvik evakuace),
- strategie zajištění bezpečnosti osob (např. strategie evakuace, evakuační procesy, systémy varování, pasivní a aktivní požárně bezpečnostní zařízení),
- posouzení vnějších vlivů (např. působení větru, extrémně nízkých nebo vysokých teplot). [19]

Vstupní hodnoty z hlediska charakteristiky osob:

- počet a hustota osob a jejich rozmístění, při zohlednění všech forem užívání,
- znalost budovy (např. znalost na úrovni pravidelného zaměstnance, znalost na úrovni náhodného návštěvníka),
- provoz budovy (např. překážky evakuace, pozornost, přítomnost zavazadel, činnost před evakuací),
- fyziologický a psychický stav (např. věk, kondice, tělesné handicapy, mentální schopnosti),
- schopnost pohybu (např. schopné, s omezenou schopností nebo neschopné samostatného pohybu, četnost výskytu jednotlivých kategorií),
- sociální příslušnost (vliv sociálních skupin),
- postavení a odpovědnost (např. řadový zaměstnanec, manažer, správce),
- vliv ročního období,
- další hlediska. [19]

Vstupními hodnotami z hlediska dynamiky požáru jsou parametry charakterizující návrhový požár (např. rychlost uvolňování tepla, intenzita tvorby kouře, velikost požáru, teplota plynů v prostoru).

Vlivem požárního zásahu může dojít k omezení rozvoje požáru a tím ke zlepšení podmínek pro evakuaci osob, případně k její koordinaci ze strany jednotek požární ochrany. Budovy musí být pro zásah jednotek požární ochrany vybaveny. Standardně se nepředpokládá, že evakuace osob bude primárně záviset na činnosti jednotek požární ochrany.

4.4.3 Postupy a metody

Evakuace je posuzována *v následujících etapách*:

- před zahájením pohybu osob,
- po zahájení pohybu osob. [19]

Evakuační procesy jsou řešeny formou současné (neřízené) nebo postupné (řízené) evakuace.

Pro posouzení evakuace osob lze využít:

- jednoduchých výpočtů,
- deterministické analýzy,
- pravděpodobnostní analýzy,
- experimentálních metod. [15], [19]

Modely pro evakuaci osob lze členit do dvou hlavních kategorií:

- hydraulické modely (modely proudů),
- individuální modely (mikroskopické). [23]

4.4.4 Výstupní hodnoty

Výstupními hodnotami při hodnocení evakuace osob jsou zpravidla:

- rychlost pohybu osob,
- kapacita únikových cest,
- doba evakuace.

Výstupní hodnoty jsou srovnávány s riziky působícími na evakuované osoby.

Na základě výstupních hodnot jsou pro zajištění evakuace osob stanovena stavební, technická a organizační opatření.

Stanovení stavebních a technických požadavků na zajištění evakuace osob obsahuje:

- návrh druhu, počtu a rozmístění únikových cest,
- požadavky na provedení únikových cest,
- požadavky na vybavení únikových cest,
- návrh zařízení pro evakuaci,
- návrh specifických opatření.

Stanovení organizačních požadavků na zajištění evakuace osob obsahuje:

- požadavky na seznámení se zásadami evakuace v objektu,
- požadavky na seznámení se zařízeními pro evakuaci,
- požadavky na provedení nácviků evakuace,
- jiné organizační požadavky.

Další podrobnosti jsou uvedeny v příloze 8.6.

4.5 Požárně nebezpečný prostor, odstupové vzdálenosti

Požárně nebezpečný prostor je určen posouzením *radiační části tepelného toku*. Kromě tradičních postupů s využitím normových hodnot, lze postupovat také podrobnějším výpočtem. [12], [13]

4.5.1 Vstupní hodnoty

Vstupními hodnotami pro stanovení odstupových vzdáleností jsou zpravidla:

- teplota a emisivita sálajících těles (plamenů, horkých plynů nebo ploch),
- rozměry sálajícího tělesa,
- tepelně technické vlastnosti exponovaného materiálu,
- doba působení tepelného toku,
- vzájemná orientace a poloha sálajícího tělesa od exponovaného materiálu.

4.5.2 Postupy a metody

Hodnota hustoty tepelného toku sálajících těles se stanoví na základě *Stefan-Boltzmannova zákona* a závisí na teplotě sálajících těles (plamenů, horkých plynů nebo ploch) a jejich emisivitě. [32], [34]

Kritická hodnota hustoty tepelného toku se stanoví s ohledem na:

- dobu působení tepelného toku,
- teplotu vzplanutí, resp. vznícení, exponovaného materiálu,
- tepelně technické vlastnosti exponovaného materiálu,
- vlhkost exponovaného materiálu,
- povrchové úpravy (vliv na emisivitu).

Poměr hustoty tepelného toku, který dopadá na exponovaný materiál, závisí zejména na:

- rozměrech sálajícího tělesa,
- vzdálenosti sálajícího tělesa k exponovanému povrchu,
- jejich vzájemné orientaci.

Pro stanovení hustoty tepelného toku dopadajícího na exponovanou plochu lze využít například následujících metod [24]:

- *Modakova metoda* (zjednodušený model bodového zdroje),
- metoda dle *Dayena* a *Tiena* (model sálání mezi plamenem válcovitého tvaru a elementární plochou),
- výpočet pomocí polohového faktoru.

4.5.3 Výstupní hodnoty

Výstupními hodnotami při posouzení odstupových vzdáleností jsou:

- hustota tepelného toku sálajících těles,
- kritická hustota tepelného toku exponovaných těles,
- výpočet odstupové vzdálenosti, při níž dojde k poklesu hustoty tepelného toku pod kritickou hodnotu.

Další podrobnosti jsou uvedeny v příloze 8.7.

4.6 Statistické zdroje

Statistické zdroje jsou obvykle jedním z výchozích informačních podkladů souvisejících s požárně inženýrskými hodnoceními. Své uplatnění nachází zejména v oblasti kvalitativní analýzy. Lze je členit na *zahraniční* nebo *národní statistické zdroje*.

Při využití statistických dat je nezbytné zohlednit:

- důvěryhodnost zdroje statistických dat,
- rozsah historie sledovaných údajů,
- dostatečnou četnost sledovaných jevů,
- provázanost na podmínky v České republice.

Zdroj statistických dat musí být *identifikovatelný*.

Další podrobnosti jsou uvedeny v příloze 8.8.

5 Zaznamenání a prezentace výsledků

Výsledkem požárně inženýrských posouzení je *technická zpráva řešení požární bezpečnosti.* Rozsah a obsah technické zprávy řešení požární bezpečnosti závisí na charakteru posuzované problematiky. Zpravidla obsahuje následující údaje:

- důvody a rozsah posouzení,
- vymezené cíle požární bezpečnosti a kritéria přijatelnosti,
- předepsané a předpokládané návrhové parametry, zejm.
  - charakteristika budovy (stavební řešení, technické vybavení),
  - charakteristika uživatelů,
  - požárně bezpečnostní řešení, včetně vybavení požárně bezpečnostními zařízeními,
  - strategie řízení požární bezpečnosti,
- výsledky kvalitativní analýzy návrhu (navrhované požární scénáře),
- výsledky kvantitativní analýzy návrhu (kvantifikace výsledků hodnoceních jevů),
- posouzení výsledků kvantitativní analýzy a kritérií přijatelnosti,
- použité postupy a metody řešení,
- závěry hodnocení s podrobným stanovením
  - požadavků na zajištění požární bezpečnost,
  - omezení (limitů) při provozování objektu nebo zařízení,
- použité podklady a dokumentace výsledků řešení, zejm.
  - předpisy a odborná literatura,
  - výpočty, odborné posudky, výsledky analýzy citlivosti a výsledky řešení. [15], [25], [28]

Z důvodu přehlednosti technické zprávy řešení požární bezpečnosti staveb je vhodné, aby byla rozdělena na *hlavní část* a *přílohy*. Hlavní část obsahuje nejvýznamnější poznatky zjištění hodnocením. Přílohy obsahují provedené výpočty, dílčí výsledky, související informace. Řešení bude zpravidla doplněno částí grafickou.

Při řešení dílčích částí požární bezpečnosti stavby je rozsah a obsah technické zprávy řešení požární bezpečnosti *přiměřeně zkrácen*.

Výsledky získané požárně inženýrským hodnocením *mají být kontrolovatelné*.

6 Postavení hasičského záchranného sboru při použití požárně inženýrských metod

Metody požárního inženýrství jsou využívány *příslušníky* hasičského záchranného sboru nebo *externími zpracovateli*.

V případech, kdy jsou požárně inženýrská hodnocení zpracována externími zpracovateli, je *úloha* hasičského záchranného sboru:

- konzultační,
- koordinační,
- kontrolní. [25]

6.1 Obsahová náplň jednotlivých úloh

V rámci *konzultační části* dochází k poskytování informací nutných pro zpracování hodnocení jeho zpracovateli a dosažení konsensu v postupu řešení mezi zpracovatelem a hasičským záchranným sborem.

V rámci *koordinační části* dochází ze strany hasičského záchranného sboru ke sledování a koordinaci vzájemných vazeb mezi jednotlivými druhy dokumentací a dalších souvislostí, které mají vztah ke zpracovávanému řešení.

V rámci *kontrolní části* dochází k prověření formální a v přiměřeném rozsahu také odborné správnosti předloženého řešení. [25]

6.2 Kontrola formální a věcné správnosti řešení

Formálními náležitostmi řešení se rozumí zejména:

- oprávnění zpracovatele, kterým může být pouze autorizovaný inženýr nebo technik, kterému byla udělena autorizace pro požární bezpečnost staveb[5],
- vhodná struktura řešení vzhledem k posuzovanému problému, která je zpravidla v rozsahu
  - základní informace popisující předmět řešení,
  - cíl a rozsah hodnocení, kritéria přijatelnosti,
  - popis vstupních údajů a předpokladů,
  - kvalitativní studie (zvolené scénáře požáru),
  - kvantitativní studie (posouzení požárních scénářů),
  - vyhodnocení kritérií přijatelnosti,
  - vyhodnocení řešení, návrh opatření,
  - použité podklady (zdroje),
- provázanost s jinými druhy dokumentací. [25]

Přiměřeným rozsahem odborné stránky řešení (věcné správnosti) se rozumí zejména:

- rámcové ověření vhodnosti použitých metod a postupů,
- rámcové ověření rozsahu a kvality vstupních údajů,
- rámcové ověření validity výsledků řešení. [25]

---

[5] § 99 zákona č. 133/1985 Sb., zákon č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ve znění pozdějších předpisů

7 Závěr

Metodika pro Specifické posouzení vysoce rizikových podmínek požární bezpečnosti s využitím postupů požárního inženýrství (FIRESAFE) definuje nejvýznamnější pojmy, které souvisí s řešenou problematikou, stanoví obsahové náležitosti v základních oblastech řešení, formu zaznamenání a prezentace výsledků. Metodika rovněž vymezuje postavení hasičského záchranného sboru při použití požárně inženýrských metod.

Metodika je základem pro zajištění formální a obsahové jednotnosti zpracovaných požárně inženýrských řešení.

Literatura

[1] Zákon č. 133/1985 Sb., *o požární ochraně, ve znění pozdějších přepisů*.

[2] Zákon č. 360/1992 Sb., *o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě*, ve znění pozdějších předpisů.

[3] ČSN EN 1991-1-2: *Eurokód 1 Zatížení konstrukcí -Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru.* Praha : Český normalizační institut, 2004.

[4] ČSN EN ISO 1182 *Zkoušení reakce stavebních výrobku na oheň - Zkouška nehořlavosti*. ÚNMZ, Praha, 2011.

[5] ČSN EN ISO 1716 *Zkoušení reakce stavebních výrobku na oheň -Stanovení spalného tepla*. ÚNMZ, Praha, 2011.

[6] ČSN EN 13823 *Zkoušení reakce stavebních výrobku na oheň – Stavební výrobky kromě podlahových krytin vystavené tepelnému účinku jednotlivého hořícího předmětu jednotlivým hořícím předmětem*. ÚNMZ, Praha, 2011.

[7] ČSN EN ISO 11925-2 *Zkoušení reakce na oheň - Zápalnost stavebních výrobků vystavených přímému působení plamene - Část 2: Zkouška malým zdrojem plamene*. ÚNMZ, Praha, 2011.

[8] ČSN EN ISO 9239-1 *Zkoušení reakce podlahových krytin na oheň. Část 1: Stanovení chování při hoření užitím zdroje sálavého tepla*. ÚNMZ, Praha, 2010.

[9] ČSN EN 13381-2 *Zkušební metody pro stanovení příspěvku k požární odolnosti konstrukčních prvků - Část 2: Svislé ochranné membrány*. ÚNMZ, Praha, 2014.

[10] ČSN EN 13381-8 *Zkušební metody pro stanovení příspěvku k požární odolnosti konstrukčních prvků - Část 8: Reaktivní ochrana aplikovaná na ocelové prvky*. ÚNMZ, Praha, 2013.

[11] ČSN EN 13501-1+A1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň. ÚNMZ, Praha, 2010.

[12] ČSN 73 0802 *Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty*. ÚNMZ, Praha, 2009.

[13] ČSN 73 0804 *Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty*. ÚNMZ, Praha, 2010.

[14] ČSN 73 0810 *Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení*. ÚNMZ, Praha, 2009.

[15] ISO/TR 13387-1 *Fire safety engineering - Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives*. Geneva: ISO International organization for Standardization, 1999, p. 60.

[16] ISO/TR 13387-2 *Fire safety engineering - Part 2: Design fire scenarios and design fires*. Geneva: ISO International organization for Standardization, 1999, p. 24.

[17] ISO/TR 13387-4 *Fire safety engineering - Part 4: Initiation and development of fire and generation of fire effluents*. Geneva: ISO International organization for Standardization, 1999, p. 40.

[18] ISO/TR 13387-5 *Fire safety engineering - Part 5: Movement of fire effluents*. Geneva: ISO International organization for Standardization, 1999, p. 26.

[19] ISO/TR 13387-8 *Fire safety engineering Part 8: Life safety - Occupant behaviour, location and condition*. Geneva: ISO International organization for Standardization, 1999, p. 36.

[20] BJERKETVEDT, D., BAKKE, J. R., van WINGERDEN, K. *Gas Explosion Handbook*. Journal Hazardous Materials 52, 1997, pp.1-150.

[21] BRADÁČOVÁ, I. *Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty*. 2. Vydání. Edice SPEKTRUM, sv. 50. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010, s. 228. ISBN 978-80-7385-023-4.

[22] HJERTAGER, B. H. *Numerical Simulation of Flame and Pressure Development in Gas Explosions*. SM study no. 16. University of Waterloo Press, Ontario, Canada. 1982, pp. 407-426.

[23] HOSSER, D. *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes*. Braunschweig: Technisch-Wissenschaftlicher Beirat (TWB) der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb), 2006, 343 s.

[24] KARLSSON, B., QUINTIERE, J. G. *Enclosure Fire Dynamics*. CRC Press, 1999. ISBN 978-0-8493-1300-4.

[25] KUČERA, P., PAVLÍK, T., POKORNÝ, J., KAISER, R. *Požární inženýrství při plnění úkolů HZS ČR*. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2012, 66 s. ISBN 978-80-86466-25-5.

[26] KUČERA, P., PEZDOVÁ, Z. *Základy matematického modelování požáru*. Edice SPEKTRUM, sv. 73. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. s. 112 + CD. ISBN 978-80-7385-095-1.

[27] KUČERA, P., ČESELSKA, T., MATEČKOVÁ, P. *Požární odolnost stavebních konstrukcí*. Edice SPEKTRUM, sv. 71. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. s. 176 + CD. ISBN 978-80-7385-094-4.

[28] KUČERA, P., KAISER, R., PAVLÍK, T., POKORNÝ, J.: *Metodický postup při odlišném způsobu splnění technických podmínek požární ochrany*. EDICE SPBI SPEKTRUM 56. Ostrava, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. 201 s. ISBN 978-80-7385-044-9.

[29] MERCX, W. P. M., BERG, A. C. van den. *The Explosion Blast Prediction Model in the Revised CPR 14E (Yellow Book)*. Process Safety Progress 16(3), 1997, pp.152-159.

[30] MYNARZ, M., BÁRTA, M., *Comparison of empirical calculations for venting of gas explosion with the experiment*, 2nd SREE Conference on Modeling and Computation in Engineering, CMCE 2013, Hong Kong, 2013, p. 1-6. ISBN: 978-113800058-2, DOI: 10.1201/b14896-2

[31] NETOPILOVÁ, M.; KAČÍKOVÁ, D.; OSVALD, A. *Reakce stavebních výrobků na oheň*. Ostrava: SPBI, 2010, 126 s. ISBN 978-80-7385-093-7.

[32] PUTTOCK, J. S., YARDLEY, M. R., CRESSWELL, T. M. Prediction of Vapour Cloud Explosions Using the SCOPE Model. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries 13,* 2000, pp. 419-430.

[33] READ, R., E., H. *External fire spread: building separation and boundary distances*. Fire Research Station. Garston: Building Research Establishment, 1991. ISBN 0-85125-465-9.

[34] REICHEL, V. *Navrhování požární bezpečnosti výrobních objektů – část IV*. Zabraňujeme škodám, sv. 27. Praha : Česká státní pojišťovna, s. 152, 1989.

[35] WALD, F. et al. *Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí*, Praha: ČVUT 2005, s. 336. ISBN 80-01-03157-8.

8 Přílohy

8.1 Dynamika požáru

8.2 Požární modely

8.3 Výbuchy

8.4 Vlastnosti materiálů, reakce stavebních výrobků na oheň

8.5 Charakteristické hodnoty fyzikálních veličin některých materiálů

8.6 Požární odolnost stavebních konstrukcí

8.7 Zásady evakuačních procesů a evakuační modely

8.8 Požárně nebezpečný prostor, odstupové vzdálenosti

8.9 Statistická data o požárech