

Předběžné posouzení požární odolnosti pozemních staveb

Občas je nutné v rámci stavebního řízení provést posouzení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo výrobků. Nejbezpečnější je samozřejmě, aby tento návrh provedl příslušný specialista – statik. V případech, kdy to například z časových důvodů není možné, může stavební projektant nebo architekt pro potřeby stavebního řízení použít orientační tabulkové hodnoty (v případě stavebních konstrukcí) nebo údaje výrobců (v případě stavebních výrobků) a pro projekt provedení stavby následně zajistit posouzení statikem.

Jak již bylo naznačeno v úvodu, v rámci pozemních staveb se setkáváme se stavebními výrobky a stavebními konstrukcemi. Stavební výrobky jsou dodávány výrobcem jako celek, který se zabuduje do stavby a jako takový má výrobcem udávány a garantovány své vlastnosti, mezi něž patří i požární odolnost. V případě stavebních konstrukcí se již musí postupovat podle platných norem pro stanovení požární odolnosti a příslušnou požární odolnost určit výpočtem, případně pro potřeby předběžného návrhu použít například tabulkové hodnoty uvedené v literatuře, jak bude uvedeno dále v článku.

Článek se nebude záměrně věnovat postupu posouzení požární odolnosti dle příslušných norem ani dalším specifikům protipožárního návrhu stavebních konstrukcí, neboť to není jeho cílem a ani to neumožňuje omezený rozsah článku.

Při hodnocení požární odolnosti stavebních konstrukcí rozlišujeme následující mezní stavy požární odolnosti nosných a požárně dělících konstrukcí v minutách:

R – nosnost konstrukce

E – celistvost konstrukce

I – tepelná izolace konstrukce

W – hustota tepelného toku či radiace z povrchu konstrukce

S – kouřotěsnost konstrukce

C – samouzavírací zařízení požárních uzávěrů

M – mechanická odolnost

V článku se často odkazují a citují knihu [7], která uvádí tabulkové hodnoty požární odolnosti vybraných typů konstrukcí. Tyto hodnoty byly stanoveny podle norem řady ČSN EN (Eurokódů) a jsou tudíž plně akceptovatelné v projektové dokumentaci pro stavební řízení. Uvedené hodnoty jsou konzervativní, tj. na straně bezpečnosti a přesnější hodnoty je možné stanovit přímým výpočtem podle příslušných norem [1] až [6] anebo požární zkouškou v certifikované zkušebně. V uvedených tabulkách nelze interpolovat, ale je možné použít dimenzi stanovenou pro vyšší požární odolnost.

1. Ochrana stavebních konstrukcí protipožárními vrstvami

Stavební konstrukce mohou být účinkům požáru vystaveny přímo nebo mohou být zakryty dalšími vrstvami. Těmito vrstvami máme na mysli omítky, obklady, impregnační látky, nátěry nebo nástřiky. Pokud jsou stavební konstrukce zakryty vrstvami, které je chrání před účinky požáru, požární odolnost těchto ochranných vrstev uvádí výrobce a není nic jednoduššího než se na něj s tím-

to požadavkem obrátit nebo potřebné hodnoty vyhledat v technických (projekčních) podkladech.

2. Stavební konstrukce vystavené přímým účinkům požáru

2.1. Dřevěné konstrukce

Je-li dřevěná konstrukce vystavena účinkům požáru, se vzrůstající teplotou dochází nejprve k úniku chemicky vázané vody, následovanému termickou degradací dřevní hmoty. Se vzrůstající teplotou dojde na povrchu dřevěných prvků k vytvoření zuhelnatělé vrstvy dřeva, která není staticky účinná, ale má tepelněizolační vlastnosti a chrání hmotu dřeva pod touto vrstvou před účinky požáru.

V případě dřevěných konstrukcí běžných pozemních staveb menšího a středního rozsahu bude na požární odolnost nutno posoudit nejčastěji nosníky vystavené účinkům požáru ze tří stran a sloupy délky do 3,0 m vystavené účinkům požáru ze čtyř stran s uvažováním jehličnatých dřevin (nejčastěji smrk, borovice nebo jedle). Pro tyto případy jsou dále uvedeny příslušné tabulky. Pro ostatní případy naleznete tabulky v knize [7].

Příklad: Dřevěný nosník z jehličnatého dřeva výšky průřezu 200 mm a šířky průřezu 140 mm vystavený účinkům požáru ze tří stran má orientačně požární odolnost R 30 minut – viz tab. 1.

Příklad: Dřevěný sloup z jehličnatého dřeva výšky průřezu 140 mm a šířky průřezu 140 mm a délky 3,0 m vystavený účinkům požáru ze čtyř stran má orientačně požární odolnost R 15 minut – viz tab. 2.

2.2. Ocelové konstrukce

U ocelových konstrukcí dochází se vzrůstající teplotou k nevratné změně struktury materiálu (dochází ke změně struktury krystalové mřížky). S rostoucí teplotou u oceli klesá pevnost a tuhost a narůstá tvárnost. Po dosažení tzv. kritické teploty dochází ke zhroucení ocelového prvku. Hliníkové konstrukce se při požáru chovají obdobně jako ocelové konstrukce.

šířka průřezu b [mm]	Požární odolnost R [min]											
	výška průřezu h [mm]											
	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
60	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
80	15	20	20	20	20	20	25	25	25	25	25	25
100	20	20	25	25	30	30	30	30	30	30	30	30
120	20	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
140	25	30	30	30	30	30	30	30	45	45	45	45
160	25	30	30	30	30	45	45	45	45	45	45	45
180	25	30	30	30	45	45	45	45	45	45	45	45
200	25	30	30	45	45	45	45	45	60	60	60	60

Tabulka č. 1: Požární odolnost nosníků z rostlého dřeva jehličnatých dřevin a buku vystavených požáru ze tří stran, zdroj [7]

šířka průřezu b [mm]	Požární odolnost R [min]											
	výška průřezu h [mm]											
	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
120	5	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
140	10	10	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20
160	10	10	15	20	20	20	25	25	25	25	25	25
180	10	10	15	20	20	25	25	30	30	30	30	30
200	10	10	15	20	25	25	30	30	30	30	30	30

Tabulka č. 2: Požární odolnost sloupů z rostlého dřeva jehličnatých dřevin a buku délky 3,0 m vystavených požáru ze čtyř stran, zdroj [7]

V případě ocelových konstrukcí je předběžný návrh komplikovanější než v případě dřevěných konstrukcí. Nejprve si musíme spočítat tzv. *součinitel průřezu*, který určíme jako podíl plochy prvku na jednotku délky A_m a objemu prvku na jednotku délky V – potřebujeme tedy znát plochu průřezu a obvod průřezu.

$$\text{součinitel průřezu} = \frac{A_m}{V} \geq 10 \text{ [m}^{-1}\text{]}$$

Z tabulky č. 3 je patrné, že s rostoucí velikostí průřezu pro daný typ hodnota součinitele průřezu klesá.

Pokud známe součinitel průřezu, je potřeba určit míru využití průřezu. V případě, že máte k dispozici podrobné statické posouzení, tento údaj z něj vyčtete. Pokud podrobné statické posouzení nemáte, můžete si míru využití průřezu

pro jednoduché případy namáhání spočítat sami. Například zjednodušeně (bez uvažování vlivu vzpěru a bočního zatížení) pro sloup průřezu HEB 140 z oceli třídy pevnosti S235 dle [3] zatížený dostřednou silou $N_d = 145,6$ kN platí:

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4296 \cdot 235}{1,0} = 1009560 \text{ N} = 1009,56 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{145,6}{1009,56} = 0,14 < 1,0$$

$$\mu_0 = 0,14$$

kde:

$N_{c,Rd}$ je návrhová únosnost průřezu v prostém tlaku

A je plocha průřezu

f_y je mez kluzu oceli

γ_{M0} je součinitel spolehlivosti materiálu

N_{Ed} je návrhová hodnota tlakové síly

μ_0 je stupeň využití průřezu

Podíl $N_{Ed}/N_{c,Rd}$ je menší nebo rovno 1, tedy je splněna podmínka mezního stavu únosnosti (mezní stav použitelnosti bychom měli samozřejmě posoudit také, ale pro potřeby předběžného návrhu budeme předpokládat, že je vyhovující také) a můžeme hodnotu 0,14 převzít do dalšího výpočtu jako stupeň využití průřezu μ_0 ($0,14 \cdot 100 =$ využití průřezu 14%).

Po zjištění stupně využití průřezu a součinitele průřezu můžeme pro požární odolnost ocelových nechráněných sloupů a nosníků použít následující tabulku č. 4 a vyhledat v ní hodnotu orientační požární odolnosti – viz tab. 4.

V našem příkladu stupni využití průřezu 0,14 odpovídá nejbližší vyšší hodnota 0,18, poté ve sloupci nalezneme nejbližší vyšší hodnotu součinitele průřezu 200, tedy orientační požární odolnost R pro námi posuzovaný sloup je 19 minut.

V prvním sloupci předchozí tabulky je pro jednotlivé stupně využití průřezu uvedena i kritická teplota oceli. Při bližším pohledu je z tabulky patrné, že požární odolnost klesá s rostoucím stupněm využití a s rostoucím součinitelem průřezu (s klesající velikostí průřezu).

2.3. Betonové konstrukce

Je-li vysokým teplotám, které vznikají při požáru, vystavena betonová konstrukce, dochází v první fázi k odpařování fyzikálně vázané vody a vlhkosti ve struktuře materiálu. V další fázi vlivem nárůstu teploty dochází k odprýsknutí povrchových vrstev betonu, dochází k uvolňování chemicky vázané vody, bývá obnažena betonářská výztuž, u níž v důsledku vysokých teplot dochází k přeměně krystalové struktury. Během požáru klesá pevnost betonové konstrukce jako celku, až do okamžiku jejího zhroucení.

Podobně jako u dřevěných konstrukcí lze si rovněž i u betonových konstrukcí pro předběžné orientační posouzení požární odolnosti vystačit s prostým vyhledáváním v tabulkách. Jako příklad uvádím tabulku č. 5 s požární odolností pro železobetonové sloupky – viz tab. 5.

V následující tabulce č. 3 jsou uvedeny součinitele průřezu pro vybrané průřezy IPN, IPE a HEB.

profil	plocha povrchu	objem prvku	součinitel průřezu
	A_m [m ² /m = m]	V [m ³ /m = m ²]	A_m/V [m/m ² = m ⁻¹]
IPN 100	0,37023	0,00106	349,3
IPN 120	0,43786	0,00142	308,4
IPN 140	0,50562	0,00182	277,8
IPN 160	0,57325	0,00228	251,4
IPN 180	0,64101	0,00279	229,8
IPN 200	0,70864	0,00334	212,2
IPE 100	0,39973	0,001030	388,1
IPE 120	0,47513	0,001320	359,9
IPE 140	0,55053	0,001640	335,7
IPE 160	0,62248	0,002010	309,7
IPE 180	0,69788	0,002390	292,0
IPE 200	0,76810	0,002850	269,5
HEB 100	0,5670	0,002604	217,7
HEB 120	0,6860	0,003401	201,7
HEB 140	0,8050	0,004296	187,4
HEB 160	0,9180	0,005425	169,2
HEB 180	1,0400	0,006525	159,4
HEB 200	1,1500	0,007808	147,3

Tabulka č. 3: Součinitele průřezu pro vybrané průřezy IPN, IPE a HEB

Kritická teplota oceli $\theta_{a,cr}$	Stupeň využití průřezu μ_0	Požární odolnost R [min]							
		Součinitel průřezu A_m/V [m ⁻¹]							
		50	75	100	125	150	200	300	450
500	0,78	20	16	14	12	11	9	8	6
560	0,58	24	18	15	14	12	11	9	7
620	0,40	27	21	18	16	14	12	11	9
680	0,27	30	24	21	18	17	15	13	12
720	0,21	32	26	23	21	19	18	16	15
740	0,18	34	28	24	22	21	19	18	17

Tabulka č. 4: Požární odolnost ocelových nechráněných sloupů a nosníků, zdroj [7]

Požární odolnost R [min]	Nejmenší rozměry [mm] ¹⁾	
	Šířka nebo průměr sloupu b / osová vzdálenost výztuže a	
	Sloup vystavený účinkům požáru z více než jedné strany	Sloup vystavený účinkům požáru pouze z jedné strany
30	200/32 300/27	155/25
45	230/40 330/35	155/25
60	250/46 350/40	155/25
90	350/53 450/40 ²⁾	155/25
120	350/57 ²⁾ 450/51 ²⁾	175/35
180	450/70 ²⁾	230/55 295/70

¹⁾ U předpínací výztuže se zvýší osová vzdálenost a od povrchu o 10 mm pro předpínací pruty a o 15 mm pro předpínací dráty a lana²⁾ Minimálně 8 prutů

Tabulka č. 5: Požární odolnost železobetonových sloupů pravoúhlého nebo kruhového průřezu, zdroj [7]

Například sloup o průměru maximálně 250 mm vystavený účinkům požáru ze všech stran má orientační požární odolnost 60 minut, pokud má jeho svislá výztuž osovou vzdálenost od vnějšího povrchu alespoň 46 mm.

2.4. Spřažené konstrukce

Spřažené konstrukce v sobě kombinují nejčastěji dva typy konstrukcí, a to „dřevo + ocel“ nebo „beton + ocel“, a tudíž se spřažené konstrukce za požáru chovají stejně jako materiály, z nichž jsou tvořeny se zřetelem na specifika plynoucí z konstrukčního řešení spřažené konstrukce.

Spřažené sloupy a nosníky nejsou v běžných pozemních stavbách tak typickou konstrukcí, proto v tomto článku nebudou blíže rozebírány.

2.5. Zděné konstrukce

Zděné konstrukce z pálených prvků obecně vykazují velmi vysoké požární odolnosti, a to z důvodu použitých hmot, které se samy vyrábějí za vysokých teplot.

Vedle materiálu zdicích prvků zděných konstrukcí je pro požární odolnost nutno zdící prvky zatřídit podle objemu všech otvorů (v % objemu zdícího prvku). Rozlišujeme celkem 4 skupiny, viz následující tabulka č. 6, přičemž se pro potřeby normy [6] zavádí ještě pátá skupina zdicích prvků ozn. 1S, do které jsou zařazeny zdící prvky obsahující méně než 5 % objemu dutin – viz tab. 6.

Posledními dvěma údaji potřebnými pro stanovení požární odolnosti zděné konstrukce je to, zda posuzovaná zděná konstrukce je nosná (plní nos-

nou funkci), nebo je nenosná (plní dělicí funkci) a zda posuzovaná zděná konstrukce plní funkci požárně dělicí stěny, tedy zda ohraničuje požární úsek nebo nikoliv.

Následují příklady tabulkových hodnot pro předběžné orientační posouzení požární odolnosti zděných konstrukcí – viz tab. 7, 8, 9.

Například pro splnění kritéria R 60 minut v případě zdiva z vápenopískových zdicích prvků se svislými otvory o objemu 40 % zdícího prvku a objemové hmotnosti 1200 kg/m³ musíme na-

Zdící prvky	Objem všech otvorů v % objemu zdícího prvku			
	skupina 1	skupina 2	skupina 3	skupina 4
		svislé otvory		vodorovné otvory
pálené	≤ 25	> 25 a ≤ 55	≥ 25 a ≤ 70	> 25 a ≤ 70
vápenopískové		> 25 a ≤ 55	nepoužívají se	nepoužívají se
betonové		> 25 a ≤ 60	> 25 a ≤ 70	> 25 a ≤ 50

Tabulka č. 6: Zařazení zdicích prvků do skupin dle objemu všech otvorů, zdroj [9]

Objemová hmotnost prvků ρ [kg/m³]	Nejmenší tloušťka stěny [mm] pro klasifikaci EI [min]					
	30	45	60	90	120	180
SKUPINA 1S, 1, 2, 3 a 4						
$500 \leq \rho \leq 2400$	100	100	100	140	170	190
	70	70	70	100	140	140

První z dvojice řádků stanoví hodnoty pro stěnu bez omítky, v druhém z dvojice řádků (psaném kurzívou) jsou hodnoty pro stěny omítnuté, přičemž omítka musí mít tloušťku nejméně 10 mm na obou stranách stěny.

Tabulka č. 7: Zdivo z pálených zdicích prvků – požárně dělicí nenosné stěny (kritérium EI), zdroj [7]

Objemová hmotnost prvků ρ [kg/m³]	Nejmenší tloušťka stěny [mm] pro klasifikaci REI [min]					
	30	45	60	90	120	180
SKUPINA 1S						
$1700 \leq \rho \leq 2400$	90	90	90	100	170	170
	90	90	90	100	140	170
SKUPINA 1						
$1400 \leq \rho \leq 2400$	100	100	100	100	200	240
	100	100	100	100	140	190
SKUPINA 2						
$700 \leq \rho \leq 1600$	100	100	100	140	200	240
	100	100	100	100	170	190

První z dvojice řádků stanoví hodnoty pro stěnu bez omítky, v druhém z dvojice řádků (psaném kurzívou) jsou hodnoty pro stěny omítnuté, přičemž omítka musí mít tloušťku nejméně 10 mm na obou stranách stěny.

Tabulka č. 8: Zdivo z vápenopískových zdicích prvků – požárně dělicí nosné stěny (kritérium REI), zdroj [7]

Objemová hmotnost prvků ρ [kg/m³]	Nejmenší tloušťka stěny [mm] pro klasifikaci R [min]					
	30	45	60	90	120	180
SKUPINA 1S a 1						
$350 \leq \rho \leq 500$	170	170	200	240	300	300
	150	150	150	170	240	240
$500 < \rho \leq 1000$	125	125	170	170	240	240
	100	100	150	150	170	170

První z dvojice řádků stanoví hodnoty pro stěnu bez omítky, v druhém z dvojice řádků (psaném kurzívou) jsou hodnoty pro stěny omítnuté, přičemž omítka musí mít tloušťku nejméně 10 mm na obou stranách stěny.

Tabulka č. 9: Zdivo z pórobetonových tvárnic – požárně nedělicí nosné stěny délky $\geq 1,0$ (kritérium R), zdroj [7]

vrhnout zdivo tloušťky 100 mm bez ohledu na to, jestli bude omítnuté či nikoliv.

Závěr

V tomto článku jsem se snažil nastínit stavebním projektantům a architektům, jak postupovat při předběžném posouzení požární odolnosti stavebních konstrukcí v tom krajním případě, kdy není z nějakého důvodu možno nechat provést toto posouzení specialistou – statikem. Z důvodu omezeného rozsahu textu jsem byl nucen přistoupit ke značnému zjednodušení celé problematiky, přesto však věřím, že bude článek dostatečně srozumitelný.

VOJTĚCH ŠTRBA

Ing. Vojtěch Štrba (*1978)

Absolvoval Stavební fakultu VUT v Brně

a je autorizovaným inženýrem pro statiku a dynamiku staveb. Do roku 2012 pracoval jako statik v několika projekčních kancelářích. Od roku 2012 provozuje vlastní projekční kancelář.

Podklady a literatura:

- [1] ČSN EN 1991-1-2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru
- [2] ČSN EN 1992-1-2: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru
- [3] ČSN EN 1993-1-2: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru
- [4] ČSN EN 1995-1-2: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru

- [5] ČSN EN 1999-1-2: Eurokód 9: Navrhování hliníkových konstrukcí – Část 1-2: Navrhování konstrukcí na účinky požáru
- [6] ČSN EN 1996-1-2: Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru
- [7] Zoufal R. a kolektiv: Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů, PAVUS, a.s., Praha 2009, ISBN 978-80-904481-0-0
- [8] ČSN EN 1993-1-1: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [9] ČSN EN 1996-1-1: Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce