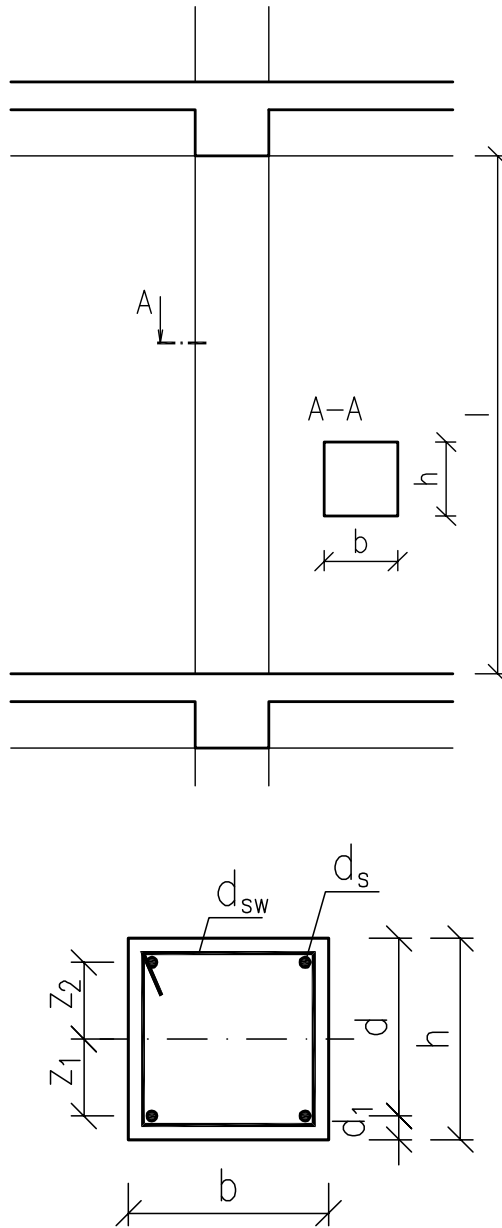


## Stĺp rámovej konštrukcie - metóda A

STN EN 1992-1-2 Navrhovanie konštrukcií na účinky požiariu

### Geometria:



### Vstupné údaje:

výška stĺpa  $l = 2,80 \text{ m}$   
 výška prierezu  $h = 0,40 \text{ m}$   
 šírka prierezu  $b = 0,40 \text{ m}$

požadovaná požiarna odolnosť: **R 60**

stupen vplyvu prostredia:

**XC1**

návrhová životnosť:

**50 rokov**

### **Zaťaženie stĺpa:**

tlaková normálová sila  $N_{Ed} =$

**-2600 kN**

ohybový moment  $M_{Ed} =$

**65 kNm**

### **Materiály:**

Beton

= **C25/30**

$f_{ck}$

= **25,00 N/mm<sup>2</sup>**

Ocel

= **500 S**

$f_{yk}$

= **500 N/mm<sup>2</sup>**

### Súcinitele bezpečnosti (platí pri 20°C):

$$\begin{aligned} \gamma_c &= 1,50 \\ \gamma_s &= 1,15 \\ \gamma_G &= 1,35 \\ \gamma_Q &= 1,50 \end{aligned}$$

**Betón:**

$$\begin{aligned} \text{súčiniteľ uvazujúci dlhodobé účinky na tlakovú pevnosť betónu } \alpha_{cc} &= 1,0 \\ f_{cd} &= \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 16,7 \text{ N/mm}^2 \\ f_{ctm} &= 2,6 \text{ N/mm}^2 \\ \epsilon_{cu,3} &= 3,5 * 10^{-3} \\ \eta &= 1,0 \\ \lambda &= 0,8 \end{aligned}$$

**Výstuž:**

$$\begin{aligned} f_{yd} &= f_{yk} / \gamma_s = 434,8 \text{ N/mm}^2 \\ E_s &= 200000 \text{ N/mm}^2 \\ \epsilon_{yd} &= f_{yd} / E_s = 2,174 * 10^{-3} \\ \xi_{bal,1} &= \epsilon_{cu,3} / (\epsilon_{cu,3} + \epsilon_{yd}) = 0,617 \\ \xi_{bal,2} &= \epsilon_{cu,3} / (\epsilon_{cu,3} - \epsilon_{yd}) = 2,640 \end{aligned}$$

**Krytie výstuže:**

predpokladaný priemer hl. výstuže  $d_s = 20 \text{ mm}$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \text{MAX}(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\text{mm})$$

$$c_{min,b} = d_s = 20 \text{ mm}$$

Stupen vplyvu prostredia XC1  $\Rightarrow$  podľa NA Tab. E.1SK platí min. C16/20 čo je splnené  
 Kontrukcia patrí do triedy S4 (50 rokov zivotnosti)  $\Rightarrow$  podľa NA Tab. 4.3N pre betón  $\geq$  C25/30 je možné znížiť zatriedenie o jednu triedu, takže konečné zatriedenie je S3.

podľa Tab.4.4N pre XC1 a S3 je  $c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$

ostatné  $\Delta c_{dur} = 0$

$$c_{min} = \text{MAX}(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = 20 \text{ mm}$$

predpokladaný priemer strmenov  $d_{sw} = 8 \text{ mm}$

$$c_{min,b,sw} = d_{sw} = 8 \text{ mm}$$

ostatné  $\Delta c_{dur} = 0$

$$c_{min,sw} = \text{MAX}(c_{min,b,sw}; c_{min,dur}; 10) = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,sw} + d_{sw} = 18 \text{ mm}$$

$c_{min} + d_{sw} < c_{min}$  rozhoduje krytie nosnej výstuže

prídavok na návrhovú odchylku uvazujeme  $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 30 \text{ mm}$$

**zvolené krytie betónom c = 30 mm**

(krytie hlavnej výstuže)

$$d_1 = c * 10^{-3} + 0,5 * 10^{-3} * d_s = 0,040 \text{ m}$$

$$d_2 = d_1 = 0,040 \text{ m}$$

$$d = h - d_1 = 0,360 \text{ m}$$

$$z_1 = (h/2) - d_1 = 0,160 \text{ m}$$

$$z_2 = (h/2) - d_2 = 0,160 \text{ m}$$

**Návrh výstuže:**

$$\text{excentricita } e_{Ed} = M_{Ed} / \text{ABS}(N_{Ed}) = 0,025 \text{ m}$$

$$\text{min. excentricita } e_{0,min} = \text{MAX}(h/30; 0,020) = 0,020 \text{ m}$$

$$e_{Ed} < e_{0,min}$$

Procházka: Navrhovanie konštrukcií na požiarnu odolnosť podľa Eurokódov (2009), Príklad 2.4

$$e = \text{MAX}(e_{\text{Ed}}; e_{0,\text{min}}) = 0,025 \text{ m}$$

$$\text{výsledný návrhový moment } M_{\text{Ed}} = \text{ABS}(N_{\text{Ed}}) * e = 65,0 \text{ kNm}$$

$$N_{\text{c,bal}} = \lambda * \xi_{\text{bal},1} * b * d * \eta * f_{\text{cd}} * 10^3 = 1187,0 \text{ kN}$$

$$\text{ABS}(N_{\text{Ed}}) = 2600,0 \text{ kN}$$

$$\text{ABS}(N_{\text{Ed}}) / \text{ABS}(N_{\text{c,bal}}) = 2,19 > 1$$

prevláda tlak

$$M_{\text{Ed}2} = \frac{M_{\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} * z_2}{2} = -351,0 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{d_2}{\lambda} * \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{2 * M_{\text{Ed}2}}{b * d_2^2 * \eta * f_{\text{cd}} * 10^3}} \right) = 0,458 \text{ m}$$

$$h/\lambda = 0,5 \text{ m}$$

$x < h/\lambda \Rightarrow$  oblasť II

$$\xi_{\text{bal},1} * d = 0,222 \text{ m}$$

$$\xi_{\text{bal},2} * d_2 = 0,106 \text{ m}$$

$$(\xi_{\text{bal},1} * d) / x = 0,48 < 1$$

$$(\xi_{\text{bal},2} * d_2) / x = 0,23 < 1$$

podmienky sú splnené - navrhujeme tlacnú výstuž

$$A_{\text{s}2,\text{req}} = \frac{-N_{\text{Ed}} - \lambda * b * x * \eta * f_{\text{cd}} * 10^3}{f_{\text{yd}} * 10^3} = 351 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

**Návrh:** 2 Ø 20 (k 1 povrchu)

$$\text{zvolená výstuž } A_{\text{s}2,\text{prov}} = 628 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{zvolená výstuž } A_{\text{s}1,\text{prov}} = 628 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{spolu } A_{\text{s},\text{prov}} = A_{\text{s}2,\text{prov}} + A_{\text{s}1,\text{prov}} = 1256 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

**Kontrola vystuženia:**

tlacná výstuž:

$$A_{\text{s},\text{min}} = \text{MAX}(0,1 * \text{ABS}(N_{\text{Ed}}) / (f_{\text{yd}} * 10^3); 0,002 * b * h) = 598 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{s},\text{max}} = 0,04 * b * h = 6400 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{s},\text{min}} / A_{\text{s},\text{prov}} = 0,48 < 1$$

$$A_{\text{s},\text{prov}} / A_{\text{s},\text{max}} = 0,20 < 1$$

**VYHOVUJE**

**Posúdenie vystuženia:**

$$\text{skutočný priemer výstuže } d_s = 20 \text{ mm}$$

$$\text{krytie } c = 35 \text{ mm}$$

$$d_1 = c * 10^{-3} + 0,5 * 10^{-3} * d_s = 0,045 \text{ m}$$

$$d_2 = d_1 = 0,045 \text{ m}$$

$$d = h - d_1 = 0,355 \text{ m}$$

$$z_1 = (h/2) - d_1 = 0,155 \text{ m}$$

$$z_2 = (h/2) - d_2 = 0,155 \text{ m}$$

$$N_{\text{Rd,bal}} = \lambda * \xi_{\text{bal},1} * b * d * \eta * f_{\text{cd}} * 10^3 + (A_{\text{s}2,\text{prov}} + A_{\text{s}1,\text{prov}}) * f_{\text{yd}} * 10^3 = 1716,6 \text{ kN}$$

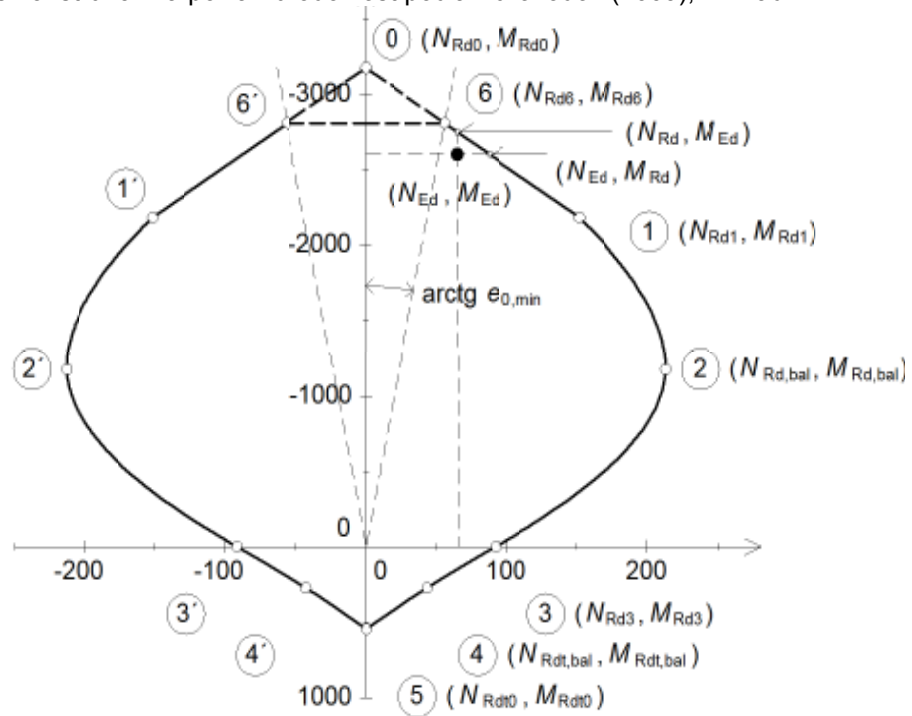
$$\text{ABS}(N_{\text{Ed}}) = 2600,0 \text{ kN}$$

$$\text{ABS}(N_{\text{Ed}}) / \text{ABS}(N_{\text{Rd,bal}}) = 1,51 > 1$$

prevláda tlak

$$\varepsilon_{\text{c}3} = 2 * 10^{-3} = 2 * 10^{-3}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{\text{c}3} * E_s = 400,0 \text{ N/mm}^2$$



**interakčný diagram - bod 0**

$$N_{Rd0} = b \cdot h \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 10^3 + A_{s,prov} \cdot \sigma_s \cdot 10^3 = 3174,4 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = 0 \text{ kNm}$$

**interakčný diagram - bod 1**

$$N_{Rd1} = b \cdot \lambda \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 10^3 + A_{s2,prov} \cdot f_{yd} \cdot 10^3 = 2170,2 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = b \cdot \lambda \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot d) + A_{s2,prov} \cdot f_{yd} \cdot 10^3 \cdot z_2 = 152,4 \text{ kNm}$$

$N_{Rd0} > N_{Ed} > N_{Rd1} \Rightarrow$  nachádzame sa v časti 0-1 interakčného diagramu

$$M_{Rd} = M_{Rd0} + (M_{Rd1} - M_{Rd0}) \cdot \frac{ABS(N_{Rd0}) - ABS(N_{Ed})}{ABS(N_{Rd0}) - ABS(N_{Rd1})} = 87,2 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 65,0 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0,75 < 1$$

**VYHOVUJE**

**Posúdenie štíhlosti:**

$$\beta = 0,75$$

$$\text{účinná dĺžka stĺpa } l_0 = \beta \cdot l = 2,10 \text{ m}$$

$$\text{štíhlosť stĺpa } \lambda_1 = \frac{l_0 \cdot \sqrt{12}}{h} = 18,19$$

$$A = 0,70$$

$$B = 1,10$$

$$M_{0Ed,1} = -65,0 \text{ kNm}$$

$$M_{0Ed,2} = 65,0 \text{ kNm}$$

$$C = 1,7 - (M_{0Ed,1} / M_{0Ed,2}) = 2,70$$

$$\text{pomerná normálová sila } n = \frac{ABS(N_{Ed})}{(b \cdot h \cdot f_{cd} \cdot 1000)} = 0,973$$

$$\text{limitná štíhlosť } \lambda_{1,lim} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = 42,2$$

$$\lambda_1 / \lambda_{1,lim} = 0,43 < 1$$

**Posúdenie požiarnej odolnosti: (metóda A)**

**1) Overenie splnenia podmienok pre metódu A**

$$\text{účinná dĺžka stĺpa } l_{0,fi} = l_0 = 2,10 \text{ m}$$

$$l_{0,fi,max} = 3 \text{ m}$$

$$l_{0,fi}/l_{0,fi,max} = 0,70 < 1$$

**VYHOVUJE**

$$\text{výstrednosť } e_{0,fi} = M_{Ed}/ABS(N_{Ed}) = 0,025 \text{ m}$$

$$\text{max.výstrednosť } e_{max} = 0,15 \cdot h = 0,060 \text{ m}$$

$$e_{0,fi}/e_{max} = 0,42 < 1$$

**VYHOVUJE**

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 6400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} = 1256 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov}/A_{s,max} = 0,20 < 1$$

**VYHOVUJE**

Podmienky sú splnené ⇒ metódu A je možné použiť

$$\text{redukčný súčiniteľ } \eta_{fi} = 0,70$$

návrhová hodnota normálovej sily pri požiarnej situácii:

$$N_{Ed,fi} = \eta_{fi} \cdot N_{Ed} = -1820,0 \text{ kN}$$

únosnosť stĺpa pri bežnej teplote:

$$N_{Rd} = \frac{ABS(N_{Rd0}) - (M_{Ed} - M_{Rd0}) \cdot (ABS(N_{Rd0}) - ABS(N_{Rd1}))}{(M_{Rd1} - M_{Rd0})} = 2746,1 \text{ kN}$$

stupen využitia pri požiarnej situácii:

$$\mu_{fi} = \frac{ABS(N_{Ed,fi})}{ABS(N_{Rd})} = 0,66$$

Normová požární odolnosť	Nejmenší rozměry (mm)			
	šířka sloupu $b_{min}$ /osová vzdálenost hlavních výztužných prutů a			sloup vystavený z jedné strany
	sloup vystavený požáru z více než jedné strany			
	$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$	$\mu_{fi} = 0,7$
1	2	3	4	5
R 30	200/25	200/25	200/32 300/27	155/25
R 60	200/25	200/36 300/31	250/46 350/40	155/25
R 90	200/31 300/25	300/45 400/38	350/53 450/40 <sup>**)</sup>	155/25
R 120	250/40 350/35	350/45 <sup>**)</sup> 450/40 <sup>**)</sup>	350/57 <sup>**)</sup> 450/51 <sup>**)</sup>	175/35
R 180	350/45 <sup>**)</sup>	350/63 <sup>**)</sup>	450/70 <sup>**)</sup>	230/55
R 240	350/61 <sup>**)</sup>	450/75 <sup>**)</sup>	-	295/70

<sup>\*\*)</sup> Minimálně 8 prutů.  
Pro předpjaté sloupy má být zvětšení osové vzdálenosti výztuže vyznačeno podle 5.2(5).

Hodnoty odcítané z tabuľky pre stĺpy (STN EN 1992-1-2 tab.5.2a):

$$b_{min} = 350 \text{ mm}$$

$$b_{min} / (10^3 \cdot b) = 0,88 < 1$$

**VYHOVUJE**

$$a_{min} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{osová vzdialenosť vystuže od povrchu } a = d_1 = 0,045 \text{ m}$$

$$a_{min} / (a \cdot 1000) = 0,89 < 1$$

**VYHOVUJE**

Stĺp spĺňa požadovanú požiarnu odolnosť R 60.