

# 1 Spišský hrad

**Popis:** obvodový veniec kaplnky

**Poznámka:** podrobný statický výpočet

## Součinitele výpočtu

Uvažovány dle normy ČSN EN 1992-1-1.

Dílčí součinitel betonu  $\gamma_C = 1,5$  [-]

Dílčí součinitel oceli  $\gamma_S = 1,15$  [-]

Součinitel tlakové pevnosti betonu  $\alpha_{cc} = 1$  [-]

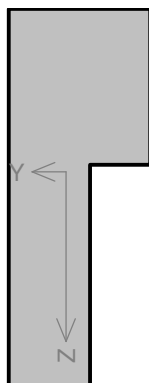
Dílčí součinitel modulu pružnosti betonu  $\gamma_{CE} = 1,2$  [-]

## 2 veniec kaplnky

### 2.1 Vstupní data

Typ prvku: nosník  
Prostředí: XC3, XF1, XA1  
Požadovaná třída betonu: C25/30

#### Průřez



#### BETON, OBECNÝ POLYGON - OBECNÝ POLYGON

Souřadnice bodů polygonu ( počet bodů 6 )

Bod č.1 [Y: 0,000 m, Z: 0,000 m]

Bod č.2 [Y: 0,172 m, Z: 0,000 m]

Bod č.3 [Y: 0,172 m, Z: 0,470 m]

Bod č.4 [Y: 0,300 m, Z: 0,470 m]

Bod č.5 [Y: 0,300 m, Z: 0,800 m]

Bod č.6 [Y: 0,000 m, Z: 0,800 m]

#### Materiály

##### Beton : C 25/30

$f_{ck} = 25,0$  MPa;  $f_{ct} = 2,6$  MPa;  $E_{cm} = 31000,0$  MPa

Ocel podélná : 10505 (R) ( $f_{yk} = 500,0$  MPa;  $E = 200000,0$  MPa)

Ocel příčná : 10505 (R) ( $f_{yk} = 500,0$  MPa;  $E = 200000,0$  MPa)

#### Vnitřní síly - návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$V_{Edz}$ [kN]	$V_{Edy}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$T_{Ed}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	60,00	30,00	0,00	20,00	0,00	0,00	1,000
2	Zat. případ 2	60,00	-30,00	0,00	-20,00	0,00	0,00	1,000

#### Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$T_{Ed}$ [kNm]
1	Zat. případ 3	60,00	20,00	0,00	0,00
2	Zat. případ 4	60,00	-20,00	0,00	0,00

#### Vnitřní síly - kvazistálá (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$T_{Ed}$ [kNm]
1	Zat. případ 5	20,00	5,00	0,00	0,00
2	Zat. případ 6	40,00	-10,00	0,00	0,00

#### Vyztužení průřezu

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
3	8,0	35,0	horní výztuž
3	8,0	290,0	horní výztuž
2	8,0	35,0	dolní výztuž

S tlačnou výztuží není počítáno.

#### Smyková výztuž

##### Třmínky

Profil: 6,0 mm; Vzdálenost: 0,20 m; Svislé stříhy: 3; Vodor. stříhy: 3

#### Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(13; 25; 10) = 25 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35 \text{ mm}$$

## 2.2 Výsledky

#### Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž):

$$\rho_{s,min} = 811 \cdot 10^{-6} \leq \rho_s = 0,00191 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

#### Posouzení vzdáleností vložek

Vzdálenosti mezi vložkami vyhovují.

#### Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$$\rho_{w,min} = 800 \cdot 10^{-6} \leq \rho_w = 0,00247 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků } s_{l,max} = 0,36 \text{ m} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Maximální vzdálenost větví třmínků } s_{t,max} = 0,36 \text{ m}$$

#### Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	$N_{Ed}$ $N_{Rd}$ [kN]	$V_{Edz}$ $V_{Rdz}$ [kN]	$V_{Edy}$ $V_{Rdy}$ [kN]	$M_{Edy}$ $M_{Rdy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ $M_{Rdz}$ [kNm]	$T_{Ed}$ $T_{Rd}$ [kNm]	Posouzení
1	Zat. případ 1	60,00	30,00	0,00	20,00	0,00	0,00	Vyhovuje
		187,38	276,49	0,00	35,28	0,53	0,00	
2	Zat. případ 2	60,00	-30,00	0,00	-20,00	0,00	0,00	Vyhovuje
		187,38	-276,49	0,00	-49,83	1,23	0,00	

Mezní stav únosnosti (ohyb, smyk, kroucení) VYHOVUJE

#### Posouzení mezního stavu použitelnosti

##### Mezní stav omezení napětí

č.	Název	$\sigma_c$ [MPa]	$\sigma_r$ [MPa]	Posouzení
1	Zat. případ 3	0,77	8,59	Vyhovuje

č.	Název	$\sigma_c$ [MPa]	$\sigma_r$ [MPa]	Posouzení
2	Zat. případ 4	0,45	4,60	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_1 f_{ck} / k_3 f_{yk}$		15,00	400,00	

#### Mezní stav omezení šířky trhlin

č.	Název	$\Delta \epsilon$ [-]	$s_{rmax}$ [m]	w [mm]	Posouzení
1	Zat. případ 5	$370 \cdot 10^{-6}$	0,975	0,250	Vyhovuje
2	Zat. případ 6	$422 \cdot 10^{-6}$	0,620	0,276	Vyhovuje
Maximální povolená šířka $w_{max}$				0,300	

#### Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE

#### Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití průřezu: 91,9 %

#### Podrobné posouzení - Omezení šířky trhlin: Zat. případ 6

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 302 \cdot 10^{-6} / 0,111 = 0,00272$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 200 \cdot 10^3 / 31\,000 = 6,452$$

$$\epsilon_s - \epsilon_{cm} = \max(0,6 \times \sigma_s / E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{ctm} / \rho_{p,eff} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,eff})] / E_s) = \max(0,6 \times 140,6 / 200 \cdot 10^3; [140,6 - 0,4 \times 2,6 / 0,00272 \times (1 + 6,452 \times 0,00272)] / 200 \cdot 10^3) = 422 \cdot 10^{-6}$$

$$s_{r,max} = k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,eff} = 3,4 \times 35 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 8 / 0,00272 = 619,7 \text{ mm}$$

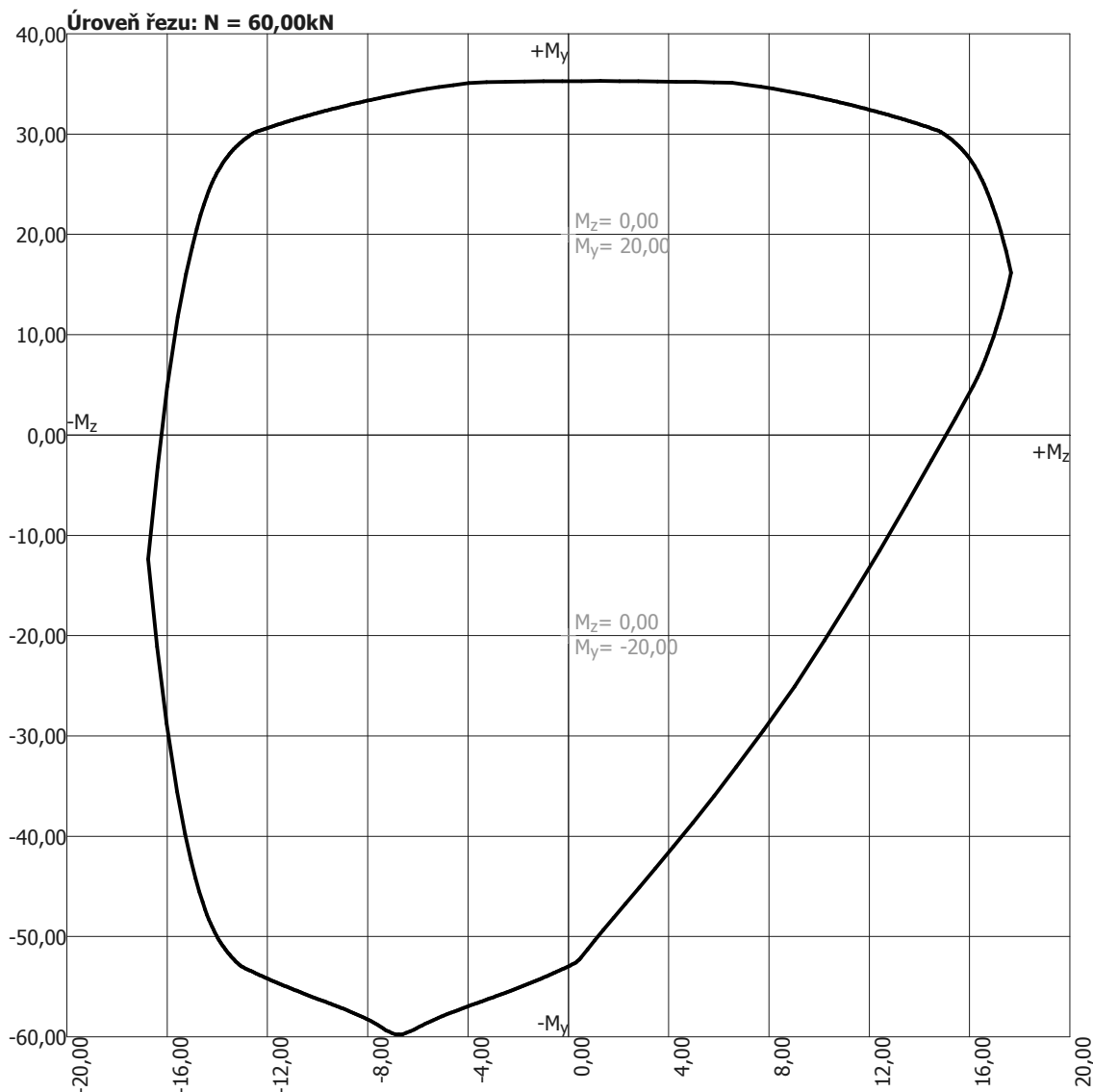
$$w = \epsilon \times \epsilon_s - \epsilon_{cm} / \epsilon_{max} \times s_{r,max} = 929 \cdot 10^{-6} \times 422 \cdot 10^{-6} / 880 \cdot 10^{-6} \times 619,7 = 0,276 \text{ mm}$$

Maximální povolená šířka trhliny: 0,300mm (Prostředí - XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XS1, XS2 nebo XS3)

Výška tlačené části průřezu:  $h=0,050\text{m}$

#### Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin VYHOVUJE

#### Interakční diagram

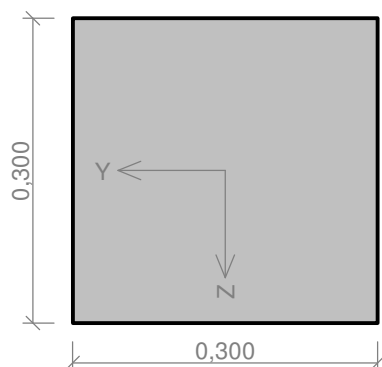


### 3 vence ostatne

#### 3.1 Vstupní data

Typ prvku: nosník  
Prostředí: XC3, XF1, XA1  
Požadovaná třída betonu: C25/30

#### Průřez



#### Materiály

##### Beton : C 25/30

$f_{ck} = 25,0\text{ MPa}$ ;  $f_{ct} = 2,6\text{ MPa}$ ;  $E_{cm} = 31000,0\text{ MPa}$

**Ocel podélná : 10505 (R)** ( $f_{yk} = 500,0\text{ MPa}$ ;  $E = 200000,0\text{ MPa}$ )

**Ocel příčná : 10505 (R)** ( $f_{yk} = 500,0\text{ MPa}$ ;  $E = 200000,0\text{ MPa}$ )

### Vnitřní síly - návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$V_{Edz}$ [kN]	$V_{Edy}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$T_{Ed}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	45,00	15,00	0,00	5,00	0,00	1,00	1,000
2	Zat. případ 2	-45,00	-15,00	0,00	-5,00	0,00	-1,00	1,000

### Vyztužení průřezu

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
2	10,0	30,0	horní výztuž
2	10,0	30,0	dolní výztuž

S tlačnou výztuží není počítáno.

### Smyková výztuž

#### Třmínky

Profil: 6,0 mm; Vzdálenost: 0,12 m; Svislé stříhy: 2; Vodor. stříhy: 2

#### Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(15; 25; 10) = 25 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35 \text{ mm}$$

## 3.2 Výsledky

### Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž):

$$\rho_{s,min} = 0,00119 \leq \rho_s = 0,00206 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení vzdáleností vložek

Vzdálenosti mezi vložkami vyhovují.

### Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$$\rho_{w,min} = 800 \cdot 10^{-6} \leq \rho_w = 0,00151 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků } s_{l,max} = 0,14 \text{ m} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Maximální vzdálenost větví třmínků } s_{t,max} = 0,14 \text{ m}$$

### Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	$N_{Ed}$ $N_{Rd}$ [kN]	$V_{Edz}$ $V_{Rdz}$ [kN]	$V_{Edy}$ $V_{Rdy}$ [kN]	$M_{Edy}$ $M_{Rdy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ $M_{Rdz}$ [kNm]	$T_{Ed}$ $T_{Rd}$ [kNm]	Posouzení
1	Zat. případ 1	45,00	15,00	0,00	5,00	0,00	1,00	Vyhovuje
		146,39	72,33	0,00	13,47	0,00	1,42	
2	Zat. případ 2	-45,00	-15,00	0,00	-5,00	-0,90	-1,00	Vyhovuje
		-1500,00	-107,05	0,00	-23,74	-4,27	-2,23	

Mezní stav únosnosti (ohyb, smyk, kroucení) VYHOVUJE

### Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití průřezu: 70,3 %

### Podrobné posouzení TAH A OHYB: Zat. případ 1

### Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž):

$$\rho_s = A_s / A_c = 185.10^{-6} / 0,09 = 0,00206$$

$$A_{s,min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) \times b_t \times d = \max(0,26 \times 2,6 / 500; 0,0013) \times 0,289 \times 0,275 = 108.10^{-6}$$

$$\rho_{s,min} = A_{s,min} / A_c = 108.10^{-6} / 0,09 = 0,00119$$

$$\rho_{s,max} = 0,04$$

$$\rho_{s,min} = 0,00119 \leq \rho_s = 0,00206 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Deformace v krajních vláknech průřezu

$$\text{Nejmenší deformace v betonu: } -3,50 \text{ ‰}$$

$$\text{Největší deformace v betonu: } 43,86 \text{ ‰}$$

$$\text{Nejmenší deformace ve výztuži: } 2,03 \text{ ‰}$$

$$\text{Největší deformace ve výztuži: } 38,33 \text{ ‰}$$

$$\text{Směr neutrálné osy: } 0,00^\circ$$

$$\text{Výška tlačené části průřezu: } x = 0,02 \text{ m}$$

$$\text{Efektivní výška průřezu: } d = 0,26 \text{ m}$$

$$\xi = 0,08 \leq \xi_{max} = 0,58 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení průřezu na tah a ohyb VYHOVUJE**

### Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 1

#### Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$$\rho_w = A_{sw} / b_w / s = 56,55 / 300 / 125 = 0,00151$$

$$\rho_{w,min} = 80 \times \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 80 \times \sqrt{25} / 500 = 800.10^{-6}$$

$$\rho_{w,min} = 800.10^{-6} \leq \rho_w = 0,00151 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků } s_{l,max} = 0,14 \text{ m} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Maximální vzdálenost větví třmínků } s_{t,max} = 0,14 \text{ m}$$

Použit model náhradní příhradoviny

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 156,3)}; 2) = 2$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(314,2 / (300 \times 156,3); 0,02) = 0,0067$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 2^{1,5} \times \sqrt{25} = 0,495 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-45 / 90\,000; 0,2 \times 16,67) = -0,5 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck}); v_{min}}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 2 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,0067 \times 25)}; 0,495) + 0,15 \times (-0,5)) \times 300 \times 156,3 = 25,28 \text{ kN}$$

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 25 / 250) = 0,54$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 300 \times 147,1 \times 0,54 \times 16,67 / (2,5 + 0,4) = 136,9 \text{ kN}$$

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 56,55 / 125 \times 147,1 \times 434,8 \times 2,5 = 72,33 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(25,28; \min(136,9; 72,33)) = 72,33 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

**Únosnost průřezu ve smyku VYHOVUJE**

### Podrobné posouzení KROUCENÍ: Zat. případ 1

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \times f_{ctk0,05} / \gamma_C = 1 \times 1,8 / 1,5 = 1,2 \text{ MPa}$$

$$t_{ef,1} = \max(0,07; A_1 / u_1) = \max(0,07; 0,09 / 1,2) = 0,075 \text{ m}$$

$$T_{Rdc} = 2 \times f_{ctd} \times A_{k,1} \times t_{ef,1} = 2 \times 1,2 \times 0,0506 \times 0,075 = 9,113 \text{ kNm}$$

$$|V_{Ed} / V_{Rdc} + T_{Ed} / T_{Rdc}| < 1$$

$$|15 / 25,28 + 1 / 9,113| < 1$$

$$0,703 < 1$$

**Únosnost průřezu v kroucení VYHOVUJE**

### Interakční diagram

