

SO 01 – PŘÍSTŘEŠEK

D.1.2 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

c) STATICKÉ POSOUZENÍ

Stavebník: Město Město Albrechtice, nám. ČSA 27/10, 793 95 Město Albrechtice
IČ: 00296228
DIČ: CZ00296228

Zodp. projektant: Ing. Grigorios Akritidis, Tyršova 304/20, 793 95 Město Albrechtice
IČ: 88652548
DIČ: CZ8507215376
ČKAIT – 1103829
tel.: +420 602 632 771
e-mail: downface@email.cz

Vypracoval: Ing. Jan Uherek, Maxima Gorkého 714/35, 794 01 Krnov

Místo stavby: park Bedřicha Smetany, 793 95 Město Albrechtice
Katastrální území: Město Albrechtice (693391)
Parcelní číslo: parc.č. 1753/4

Akce: **REVITALIZACE PARKU BEDŘICHA SMETANY**

Stupeň PD: Dokumentace pro
SPOLEČNÉ ÚZEMNÍ ROZHODNUTÍ A STAVEBNÍ POVOLENÍ **DÚR + DSP**
Datum: 10/2019

1. ÚVOD

V rámci konstrukčního řešení je proveden návrh a posouzení základních prvků nové nosné konstrukce přístřešku v areálu parku B.Smetany k akci „REVITALIZACE PARKU BEDŘICHA SMETANY“.

Provedený statický výpočet slouží k provedení stavby dle přílohy č. 6 vyhlášky č. 499/2006 Sb. a vyhlášky č. 62/2013 Sb. V případě zjištěných odlišností oproti předpokladům v tomto výpočtu uvedeným, nepřebírá autor výpočtu odpovědnost za výsledné stavební dílo.

1.1. NORMY, TECHNICKÉ POŽADAVKY

ČSN EN 1990	Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991	Zatížení konstrukcí
ČSN EN 1993	Navrhování ocelových konstrukcí

Výpočet byl proveden dle platných norem ČSN EN za pomoci výpočetních softwarů, které pracují na principu metody konečných prvků. Z programů jsou převzaty informace o vnitřních silách v prutech, jejich deformace a následně je provedeno jejich posouzení.

1.2. NÁVRHOVÁ DATA

Ocelové konstrukce	
ocel	S235
mez kluzu f_y	235,0 MPa
mez pevnosti f_u	360,0 MPa
modul pružnosti E	210 GPa

2. ZATÍŽENÍ DLE ČSN EN 1991 (EUROKÓD 1)

2.1.1. VLASTNÍ TÍHA

Vychází ze zadaných průřezů a objemových hmotností dílčích prvků.

2.1.2. OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Uvažují se ostatní stálá zatížení působící na konstrukci. Jedná se o součet zatížení od jednotlivých konstrukčních vrstev. Zatížení je podle roznášecích šířek a objemových tíh rozpočítáno jako spojitě zatížení na jednom běžném metru prutu. Roznášecí šířky jsou dány osovou vzdáleností ocelových sloupů a krokví, které odpovídá hodnota 1000 mm.

STĚNY		
Konstrukční vrstva	Objemová tíha / hmotnost	Zatížení
Ocelová pásovina 60/10; 10 ks/sloup; dl.60 mm	4,71 kg/m	0,03 kN/m
Dřevěné latě 60/100	500 kg/m ³	0,06 kN/m
Opláštění z desek tl.25 mm; opláštění z obou stran	500 kg/m ³	0,30 kN/m
Součet		0,39 kN/m

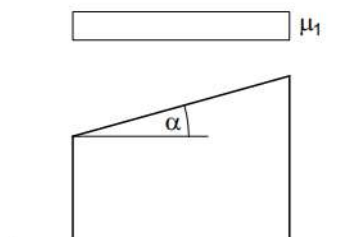
STŘEŠNÍ KONSTRUKCE		
Konstrukční vrstva	Objemová tíha / hmotnost	Zatížení
Ocelová pásovina 60/10; 16 ks/krokev; dl.60 mm	4,71 kg/m	0,05 kN/m
Dřevěné kontralatě 60/100	500 kg/m ³	0,25 kN/m
Dřevěné latě 60/100	500 kg/m ³	0,04 kN/m
Opláštění z desek tl.25 mm; opláštění z obou stran	500 kg/m ³	0,30 kN/m
Krytina – titan-zinek tl. 0,7mm	5,04 kg/m ²	0,06 kN/m
Součet		0,70 kN/m

2.1.3. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

Zatížení sněhem

Zatížení sněhem bylo určeno podle lokality z mapy sněhových oblastí a typu terénu. Zatížení působí jako vodorovný průmět na šikmost střechy.

Lokalita	Město Albrechtice
Sněhová oblast	III
Sklon střechy	$\alpha = 15,09^\circ$
Základní tíha sněhu (char. hodnota)	$s_k = 1,50 \text{ kN/m}^2$
Typ krajiny	chráněná
Součinitel expozice	$C_e = 1,20$
Tepelný součinitel	$C_t = 1,00$
Tvarový součinitel střechy	$\mu_1 = 0,80$
Zatížení sněhem na střeše	$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = \mathbf{1,440 \text{ kN/m}^2}$



Zatížení větrem

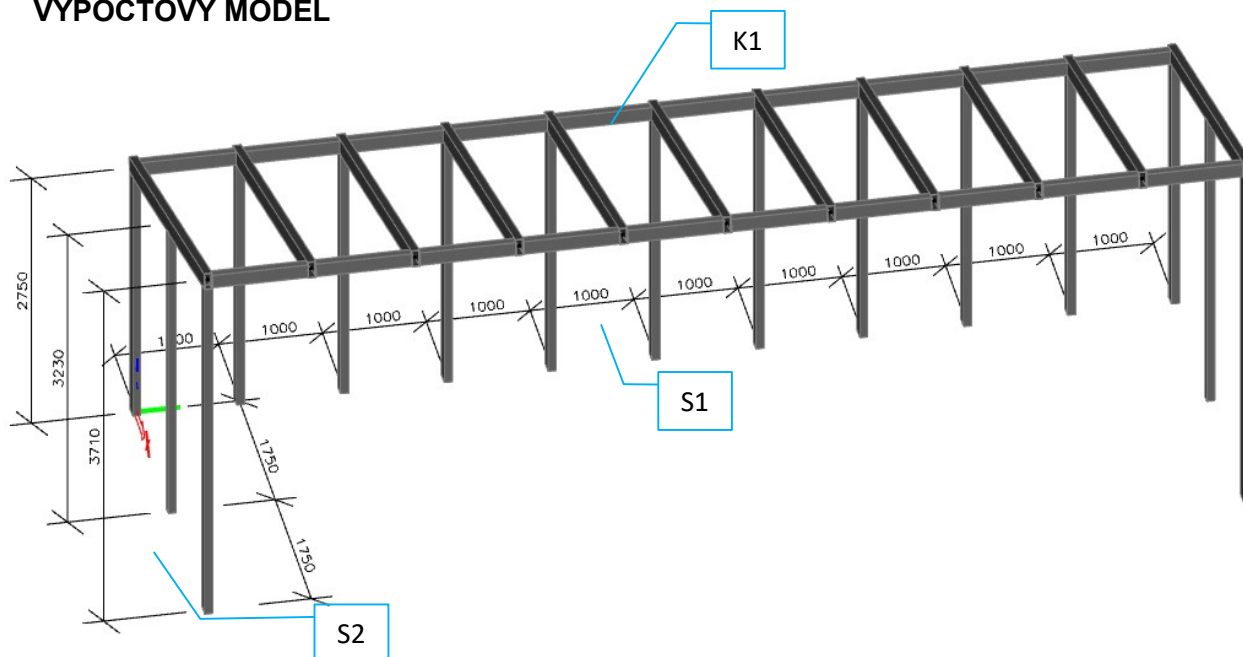
Podle mapy větrných oblastí a kategorie terénu se určilo zatížení větrem působící na konstrukci. Zatížení od větru působí na lokální souřadnicový systém prvků kolmě.

Lokalita	Město Albrechtice
Větrová oblast	III
Normová základní rychlost větru	$v_{b,0} = 27,50 \text{ m/s}$
Kategorie terénu	III
Parametr drsnosti terénu	$z_0 = 0,30 \text{ m}$
	$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$
Minimální výška	$z_{\min} = 5,00 \text{ m}$
Maximální výška	$z_{\max} = 200,00 \text{ m}$
Referenční výška	$z = 4,20 \text{ m}$ $z < z_{\min} \rightarrow z = z_{\min}$
Součinitel směru větru	$C_{\text{dir}} = 1,00$
Součinitel ročního období	$C_{\text{season}} = 1,00$
Součinitel ortografie	$C_o = 1,00$
Součinitel turbulence	$k_i = 1,00$
Základní rychlost větru	$v_b = C_{\text{dir}} \cdot C_{\text{season}} \cdot v_{b,0}$ $v_{b,0} = 27,50 \text{ m/s}$
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho = 1,250 \text{ kg/m}^3$
Základní dynamický tlak větru	$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$ $q_b = 472,656 \text{ N/m}^2$
Součinitel terénu	$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$ $k_r = 0,215$
Součinitel drsnosti terénu	$C_r = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$ $C_r = 0,606$
Směrodatná odchylka rychlosti větru	$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_i$ $\sigma_v = 5,923$
Střední rychlost větru	$v_m = C_r \cdot C_o \cdot v_b$ $v_m = 16,664 \text{ m/s}$
Intenzita turbulence	$I_v = \frac{\sigma_v}{v_m}$ $I_v = 0,355$
Maximální dynamický tlak větru	$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = \mathbf{605,406 \text{ N/m}^2}$

Zatěžované plochy konstrukce byly rozděleny na oblasti pro dané součinitele tlaku tak, jak to udává pro pultové střechy a kolmé stěny norma ČSN EN 1991-1-4.

3. STATICKÝ VÝPOČET

3.1. VÝPOČTOVÝ MODEL



3.2. ZATĚŽOVACÍ STAVY

Zatěžovací stav 1	Vlastní tíha
Zatěžovací stav 2	Ostatní stálé zatížení
Zatěžovací stav 3	Vítr z jihovýchodu – tlak
Zatěžovací stav 4	Vítr z jihovýchodu – sání
Zatěžovací stav 5	Vítr ze severozápadu
Zatěžovací stav 6	Vítr ze severovýchodu
Zatěžovací stav 7	Sníh – plné zatížení

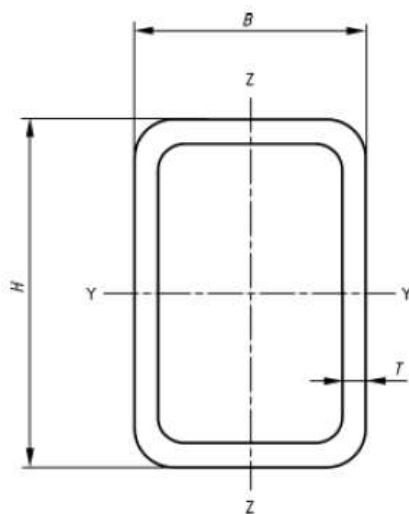
3.3. KOMBINACE

Jako typ kombinace pro mezní stav únosnosti bylo zvoleno EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B, kterému odpovídají rovnice 6.10a a 6.10b z normy ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí. Uvažuje se méně příznivá hodnota z obou těchto kombinací.

Součinitel zatížení	Stálá zatížení	Příznivé účinky	$\gamma_G = 1,00$
		Nepříznivé účinky	$\gamma_G = 1,35$
	Proměnná zatížení	Příznivé účinky	$\gamma_Q = 1,00$
		Nepříznivé účinky	$\gamma_Q = 1,50$
Kombinační součinitel	Zatížení sněhem		$\psi_0 = 0,50$
	Zatížení větrem		$\psi_0 = 0,60$
Redukční součinitel			$\xi = 0,85$

3.4. POSOUZENÍ SLOUPU „S1“

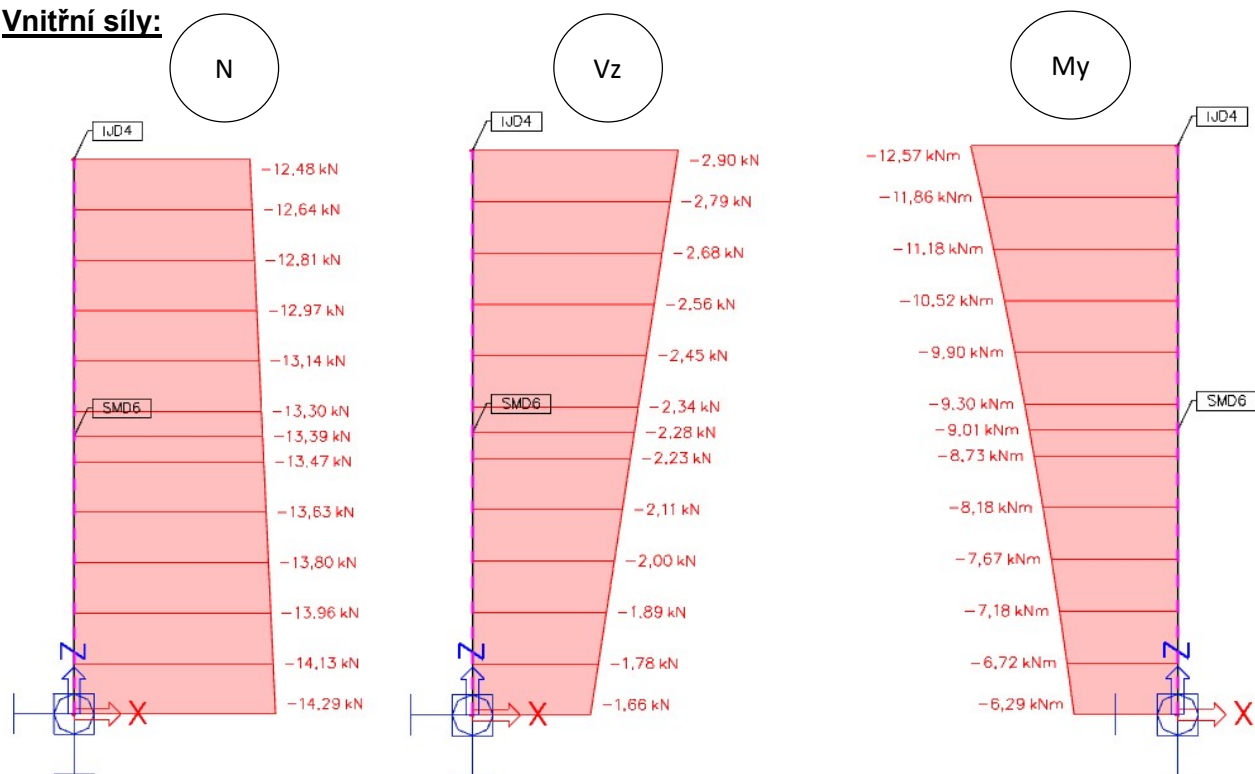
Profil	jäkl 140/80/6
Materiál	S 235
Plocha průřezu	$A = 2,4030 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
Výška profilu	$H = 140 \text{ mm}$
Šířka profilu	$B = 80 \text{ mm}$
Tloušťka profilu	$T = 6,0 \text{ mm}$
Hmotnost průřezu	$m = 18,335 \text{ kg/m}$
Moment setrvačnosti kolem osy y	$I_y = 5,9700 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
Moment setrvačnosti kolem osy z	$I_z = 2,4796 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
Pružný modul průřezu k ose y	$W_{el,y} = 8,5290 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
Pružný modul průřezu k ose z	$W_{el,z} = 6,1990 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
Plastický modul průřezu k ose y	$W_{pl,y} = 1,0709 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
Plastický modul průřezu k ose z	$W_{pl,z} = 7,2430 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
Poloměr setrvačnosti kolem osy y	$i_y = 50 \text{ mm}$
Poloměr setrvačnosti kolem osy z	$i_z = 32 \text{ mm}$



3.4.1. POSOUZENÍ V KRITICKÉM MÍSTĚ – PATA SLOUPU

Rozhodující kombinace zatížení: $1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS2 + 1,50 \cdot 0,6 \cdot ZS3 + 1,5 \cdot ZS7$

Vnitřní síly:



Klasifikace průřezu: třída 1

Posouzení na tlak (N):

Vzpěrná délka	$L_{cr,y} = 4,836 \text{ m}$
Vzpěrná délka	$L_{cr,z} = 1,398 \text{ m}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 5,9700 \cdot 10^{-6}}{4,836^2} = 528,97 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 2,4796 \cdot 10^{-6}}{1,398^2} = 2631,09 \text{ kN}$$

$$\frac{\gamma_M \cdot N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{1,0 \cdot 14,29}{528,97} = 0,03 \leq 0,04$$

účinky vzpěru lze zanedbat

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,4030 \cdot 10^{-3} \cdot 235}{1,0} = 564,71 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{14,29}{564,71} = 0,03 \leq 1,00$$

VYHOVUJE

Posouzení na kombinaci ohybu a osového tlaku (N+M):

Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{my} = 0,9$
Koncový moment	$M_{y,Ed} = -12,57 \text{ kNm}$
Součinitel imperfekce	$\alpha = 0,72$
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,y} = 1,03$
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,z} = 0,46$
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_y = 1,00$
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_z = 1,00$
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_{LT} = 1,00$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2,4030 \cdot 10^{-3} \cdot 235 = 564,71 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 1,0709 \cdot 10^{-4} \cdot 235 = 25,17 \text{ kNm}$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right); C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\} =$$

$$= \min \left\{ 0,9 \cdot \left(1 + (1,03 - 0,2) \cdot \frac{14,29}{1,00 \cdot \frac{564,71}{1,00}} \right); 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{14,29}{1,00 \cdot \frac{564,71}{1,00}} \right) \right\} =$$

$$= \min\{0,92; 0,92\} = 0,92$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,92 = 0,55$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{14,29}{1,00 \cdot \frac{564,71}{1,00}} + 0,92 \cdot \frac{12,57}{1,00 \cdot \frac{25,17}{1,00}} + 0 = 0,48 \leq 1,00$$

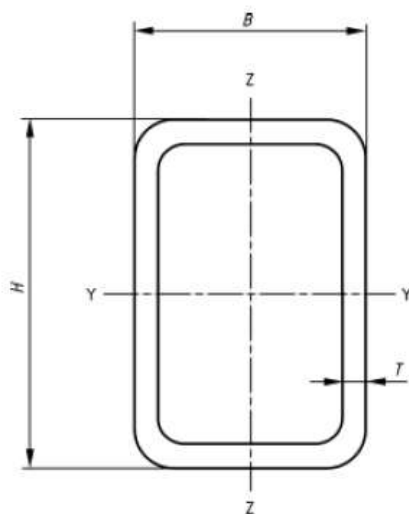
VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{14,29}{1,00 \cdot \frac{564,71}{1,00}} + 0,55 \cdot \frac{12,57}{1,00 \cdot \frac{25,17}{1,00}} + 0 = 0,30 \leq 1,00$$

VYHOVUJE

3.5. POSOUZENÍ SLOUPU „S2“

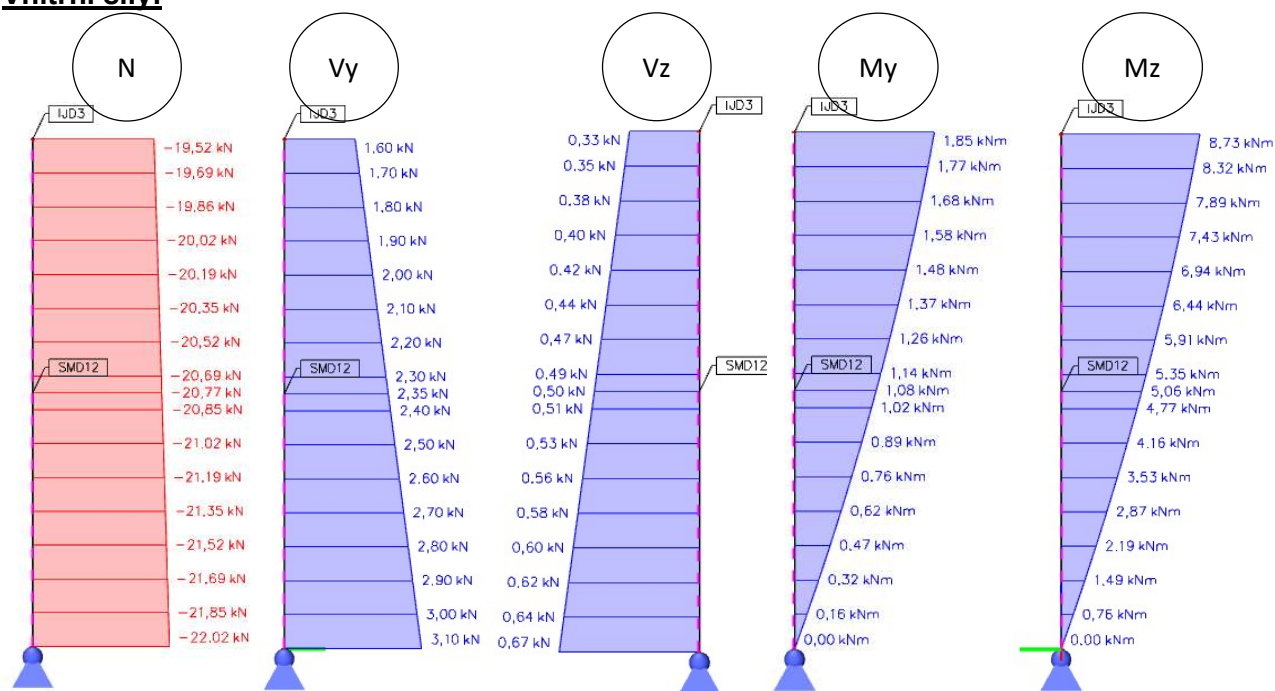
Profil	jäkl 140/80/6
Materiál	S 235
Plocha průřezu	$A = 2,4030 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
Výška profilu	$H = 140 \text{ mm}$
Šířka profilu	$B = 80 \text{ mm}$
Tloušťka profilu	$T = 6,0 \text{ mm}$
Hmotnost průřezu	$m = 18,335 \text{ kg/m}$
Moment setrvačnosti kolem osy y	$I_y = 5,9700 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
Moment setrvačnosti kolem osy z	$I_z = 2,4796 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
Pružný modul průřezu k ose y	$W_{el,y} = 8,5290 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
Pružný modul průřezu k ose z	$W_{el,z} = 6,1990 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
Plastický modul průřezu k ose y	$W_{pl,y} = 1,0709 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
Plastický modul průřezu k ose z	$W_{pl,z} = 7,2430 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
Poloměr setrvačnosti kolem osy y	$i_y = 50 \text{ mm}$
Poloměr setrvačnosti kolem osy z	$i_z = 32 \text{ mm}$



3.5.1. POSOUZENÍ V KRITICKÉM MÍSTĚ – PATA SLOUPU

Rozhodující kombinace zatížení: $1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS2 + 1,50 \cdot 0,6 \cdot ZS3 + 1,5 \cdot ZS7$

Vnitřní síly:



Klasifikace průřezu: třída 1

Posouzení na tlak (N):

Vzpěrná délka	$L_{cr,y} = 9,812 \text{ m}$
Vzpěrná délka	$L_{cr,z} = 3,039 \text{ m}$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{9,812}{50} = 196,85$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,039}{32} = 94,60$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{196,85}{\pi \cdot \sqrt{\frac{210000}{235}}} = 2,10$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{94,60}{\pi \cdot \sqrt{\frac{210000}{235}}} = 1,01$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (2,10 - 0,2) + 2,10^2] = 3,16$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,01 - 0,2) + 1,01^2] = 1,21$$

$$\chi_y = \min \left\{ \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{3,16 + \sqrt{3,16^2 - 2,10^2}}; 1 \right\} = \min\{0,18; 1\} = 0,18$$

$$\chi_z = \min \left\{ \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{1,21 + \sqrt{1,21^2 - 1,01^2}}; 1 \right\} = \min\{0,54; 1\} = 0,54$$

$$\chi = \min\{\chi_y; \chi_z\} = \min\{0,18; 0,54\} = 0,18$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,18 \cdot 2,4030 \cdot 10^{-3} \cdot 235}{1,00} = 102,16 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{22,02}{102,16} = 0,22 \leq 1,00$$

VYHOVUJE

Posudek na kombinaci ohybu a osového tlaku (N+M):

Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{my} = 0,9$
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{mz} = 0,66$
Koncový moment	$M_{y,Ed} = 1,85 \text{ kNm}$
Koncový moment	$M_{z,Ed} = 8,73 \text{ kNm}$
Součinitel imperfekce	$\alpha = 0,72$
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,y} = 2,10$
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,z} = 1,01$
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_y = 0,18$
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_z = 0,54$
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_{LT} = 1,00$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2,4030 \cdot 10^{-3} \cdot 235 = 564,71 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 1,0709 \cdot 10^{-4} \cdot 235 = 25,17 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 7,2430 \cdot 10^{-5} \cdot 235 = 17,02 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} k_{yy} &= \min \left\{ C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right); C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\} = \\ &= \min \left\{ 0,9 \cdot \left(1 + (2,10 - 0,2) \cdot \frac{22,02}{0,18 \cdot \frac{564,71}{1,00}} \right); 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{22,02}{0,18 \cdot \frac{564,71}{1,00}} \right) \right\} = \\ &= \min\{1,27; 1,06\} = 1,06 \end{aligned}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,06 = 0,63$$

$$\begin{aligned} k_{zz} &= \min \left\{ C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right); C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\} = \\ &= \min \left\{ 0,66 \cdot \left(1 + (1,01 - 0,2) \cdot \frac{22,02}{0,54 \cdot \frac{564,71}{1,00}} \right); 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{22,02}{0,54 \cdot \frac{564,71}{1,00}} \right) \right\} = \\ &= \min\{0,70; 0,70\} = 0,70 \end{aligned}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,70 = 0,42$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{22,02}{0,18 \cdot \frac{564,71}{1,00}} + 1,06 \cdot \frac{1,85}{1,00 \cdot \frac{25,17}{1,00}} + 0,42 \cdot \frac{8,73}{\frac{17,02}{1,00}} =$$

$$= 0,51 \leq 1,00$$

VYHOVUJE

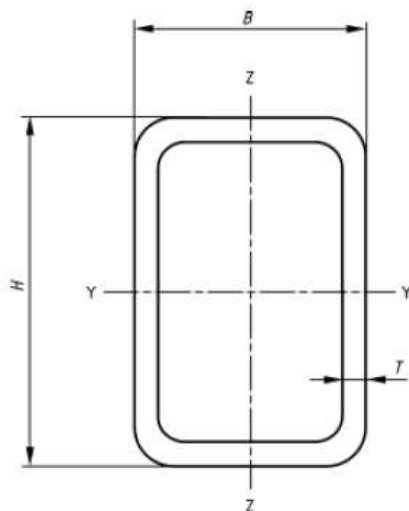
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{22,02}{0,54 \cdot \frac{564,71}{1,00}} + 0,63 \cdot \frac{1,85}{1,00 \cdot \frac{25,17}{1,00}} + 0,70 \cdot \frac{8,73}{\frac{17,02}{1,00}} =$$

$$= 0,48 \leq 1,00$$

VYHOVUJE

3.6. POSOUZENÍ PRVKU „K1“

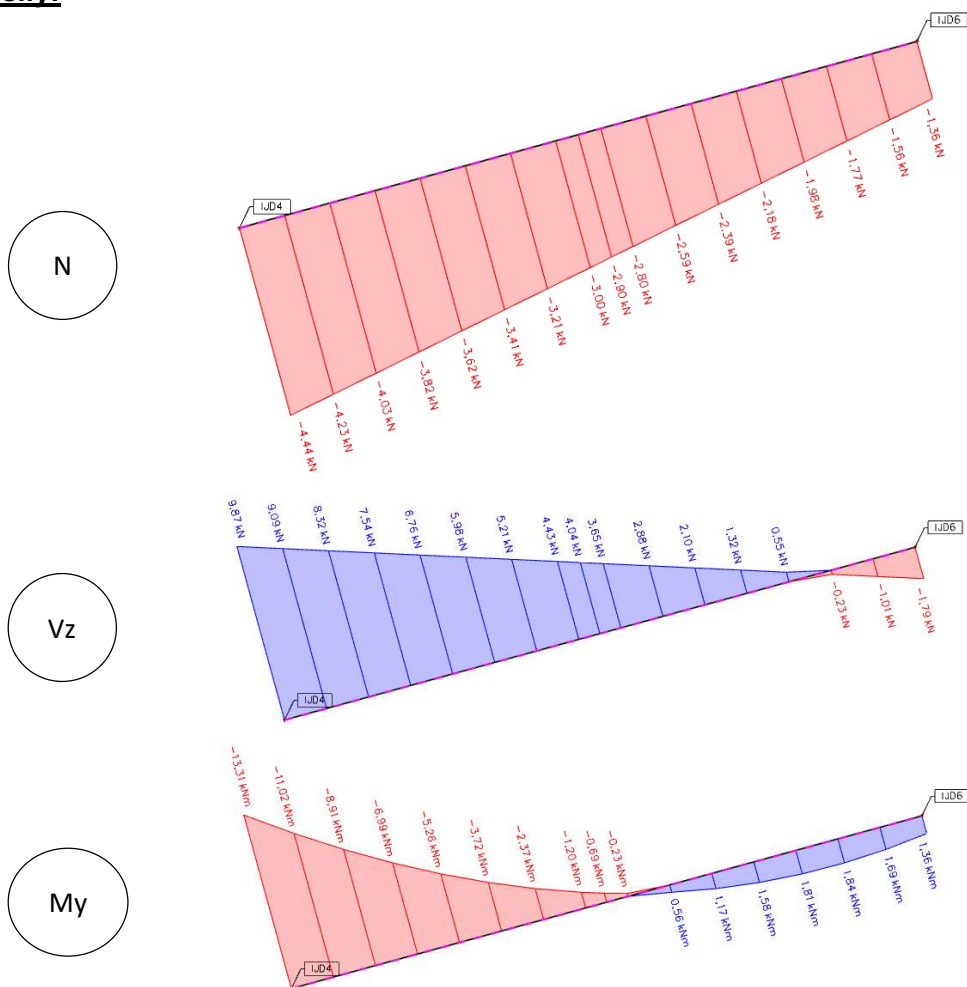
Profil	jäkl 160/80/6
Materiál	S 235
Plocha průřezu	$A = 2,6430 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
Výška profilu	$H = 160 \text{ mm}$
Šířka profilu	$B = 80 \text{ mm}$
Tloušťka profilu	$T = 6,0 \text{ mm}$
Hmotnost průřezu	$m = 20,087 \text{ kg/m}$
Moment setrvačnosti kolem osy y	$I_y = 8,3601 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
Moment setrvačnosti kolem osy z	$I_z = 2,8089 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
Pružný modul průřezu k ose y	$W_{el,y} = 1,0450 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
Pružný modul průřezu k ose z	$W_{el,z} = 7,0220 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
Plastický modul průřezu k ose y	$W_{pl,y} = 1,3232 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
Plastický modul průřezu k ose z	$W_{pl,z} = 8,1310 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
Poloměr setrvačnosti kolem osy y	$i_y = 56 \text{ mm}$
Poloměr setrvačnosti kolem osy z	$i_z = 33 \text{ mm}$



3.6.1. POSOUZENÍ V KRITICKÉM MÍSTĚ

Rozhodující kombinace zatížení: $1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS2 + 1,50 \cdot 0,6 \cdot ZS3 + 1,5 \cdot ZS7$

Vnitřní síly:



Klasifikace průřezu: třída 1

Posouzení na tlak (N):

Vzpěrná délka	$L_{cr,y} = 17,085 \text{ m}$
Vzpěrná délka	$L_{cr,z} = 1,983 \text{ m}$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{17,085}{56} = 303,78$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,983}{33} = 60,84$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{303,78}{\pi \cdot \sqrt{\frac{210000}{235}}} = 3,23$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{60,84}{\pi \cdot \sqrt{\frac{210000}{235}}} = 0,65$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (3,23 - 0,2) + 3,23^2] = 6,48$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,65 - 0,2) + 0,65^2] = 0,82$$

$$\chi_y = \min \left\{ \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{6,48 + \sqrt{6,48^2 - 3,23^2}}; 1 \right\} = \min\{0,08; 1\} = 0,08$$

$$\chi_z = \min \left\{ \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{0,82 + \sqrt{0,82^2 - 0,65^2}}; 1 \right\} = \min\{0,76; 1\} = 0,76$$

$$\chi = \min\{\chi_y; \chi_z\} = \min\{0,08; 0,76\} = 0,08$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,08 \cdot 2,6430 \cdot 10^{-3} \cdot 235}{1,00} = 51,40 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{4,44}{51,40} = 0,09 \leq 1,00$$

VYHOVUJE

Posudek na kombinaci ohybu a osového tlaku (N+M):

Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{my} = 0,9$
Koncový moment	$M_{y,Ed} = -13,31 \text{ kNm}$
Součinitel imperfekce	$\alpha = 0,05$
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,y} = 3,23$
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,z} = 0,65$
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_y = 0,08$
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_z = 0,76$
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_{LT} = 1,00$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2,6430 \cdot 10^{-3} \cdot 235 = 621,11 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 1,3232 \cdot 10^{-4} \cdot 235 = 31,10 \text{ kNm}$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right); C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\} =$$

$$= \min \left\{ 0,9 \cdot \left(1 + (3,23 - 0,2) \cdot \frac{4,44}{0,08 \cdot \frac{621,11}{1,00}} \right); 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{4,44}{0,08 \cdot \frac{621,11}{1,00}} \right) \right\} =$$

$$= \min\{1,14; 0,96\} = 0,96$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,96 = 0,58$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} = \frac{4,44}{0,08 \cdot \frac{621,11}{1,00}} + 0,96 \cdot \frac{13,31}{1,00 \cdot \frac{31,10}{1,00}} + 0 = 0,50 \leq 1,00$$

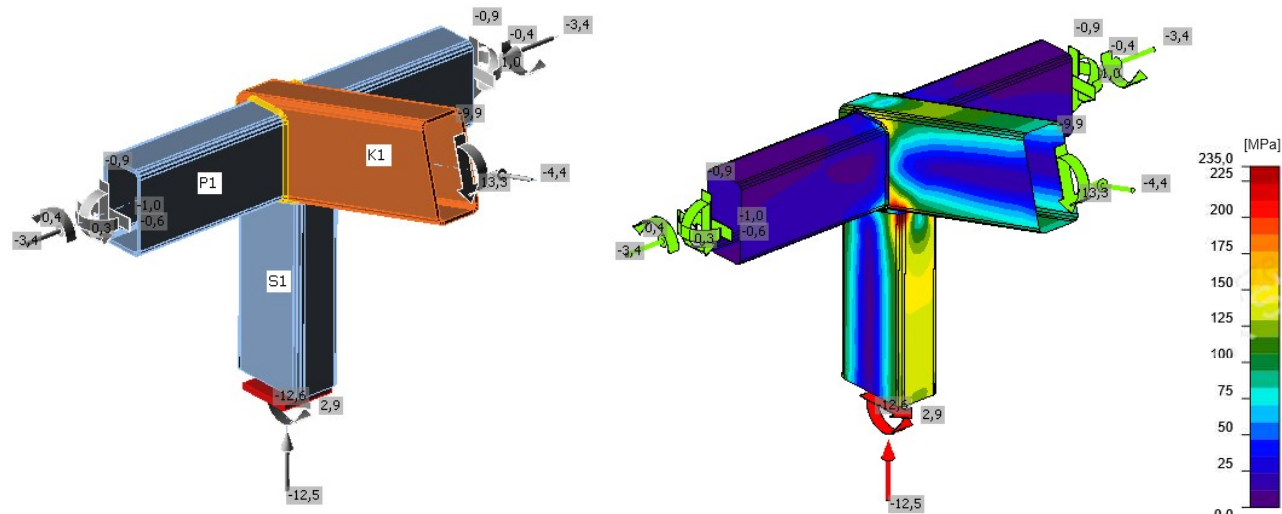
VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} = \frac{4,44}{0,76 \cdot \frac{621,11}{1,00}} + 0,58 \cdot \frac{13,31}{1,00 \cdot \frac{31,10}{1,00}} + 0 = 0,26 \leq 1,00$$

VYHOVUJE

3.7. POSOUZENÍ VYBRANÝCH SPOJŮ

3.7.1. SPOJ VNITŘNÍHO SLOUPU „S1“ A PRVKU „K1“



Jméno	Průřez	Sklon	Materiál
S1	Jäkl 140/80/6	90,00°	S 235
K1	Jäkl 160/80/6	15,09°	S 235
P1, P2	Jäkl 140/80/6	0,00°	S 235

Účinky zatížení:

Prvek	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
S1	-12,5	0	2,9	0	-12,6	0
K1	-4,4	0	-9,9	0	13,3	0
P1 / P2	-3,4 / -3,4	-0,6 / -0,6	-0,9 / -0,9	0,4 / -0,4	0,3 / 0,3	-1,0 / 1,0

Plech

Prvek	Tloušťka plechu [mm]	σ _{Ed} [MPa]	ε _{Pl} [%]
S1	6,0	235,3	0,1
K1	6,0	235,4	0,2
P1 / P2	6,0 / 6,0	105,7 / 105,1	0,0 / 0,0

Svary

Položka	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{PI} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	U_t [%]	U_{tc} [%]
K1-S2	6,0	440	-	-	-	-	-	-	-
P1-K1	4,0	440	185,7	0,0	31,7	49,0	93,6	51,6	13,4
P2-K1	4,0	440	185,6	0,0	34,8	-49,3	-93,0	51,6	13,4

U svaru prvků K1-S1 se jedná o svar tupý – ty jsou považovány za plně provařené a nejsou posuzovány. Jejich únosnost se předpokládá jako u svařovaného prvku.

ε_{PI}	Přetvoření
$\sigma_{w,Ed}$	Ekvivalentní napětí
σ_{\perp}	Kolmé napětí
τ_{\parallel}	Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru
τ_{\perp}	Smykové napětí kolmé k ose svaru
U_t	Využití
U_{tc}	Využití únosnosti svaru

Posouzení únosnosti svaru P1-K1 (EN 1993-1-8)

$$\sigma_{w,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360,0}{0,80 \cdot 1,25} = 360,0 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 185,7 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{360,0}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 31,7 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

kde:

$f_u = 360,0 \text{ MPa}$	mezní pevnost
$\beta_w = 0,80$	vhodný korelační součinitel
$\gamma_{M2} = 1,25$	součinitel spolehlivosti

Využití napětí

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = \max\left(\frac{185,7}{360,0}; \frac{31,7}{259,2}\right) = \max(0,52; 0,12) = 0,52 \leq 1,00$$

VYHOVUJE

Posouzení únosnosti svaru P2-K1 (EN 1993-1-8)

$$\sigma_{w,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360,0}{0,80 \cdot 1,25} = 360,0 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 185,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{360,0}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 34,8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

kde:

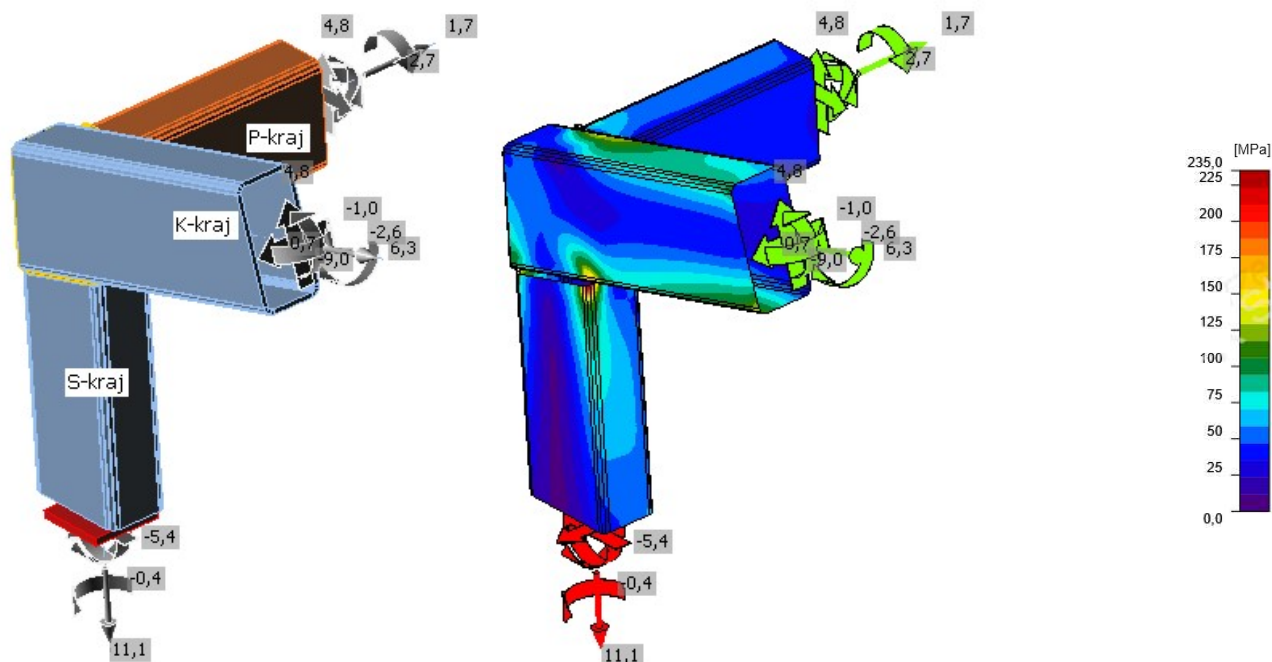
$f_u = 360,0 \text{ MPa}$ mezní pevnost
 $\beta_w = 0,80$ vhodný korelační součinitel
 $\gamma_{M2} = 1,25$ součinitel spolehlivosti

Využití napětí

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = \max\left(\frac{185,6}{360,0}; \frac{34,8}{259,2}\right) = \max(0,52; 0,13) = 0,52 \leq 1,00$$

VYHOVUJE

3.7.2. SPOJ VNĚJŠÍHO SLOUPU „S-kraj“ A VNĚJŠÍHO PRVKU „K-kraj“



Jméno	Průřez	Sklon	Materiál
S-kraj	Jäkl 140/80/6	90,00°	S 235
K-kraj	Jäkl 160/80/6	15,09°	S 235
P-kraj	Jäkl 140/80/6	0,00°	S 235

Účinky zatížení:

Prvek	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
S-kraj	11,1	-0,7	-5,4	-0,4	6,3	0
K-kraj	6,3	-1,0	4,8	-2,6	-9,0	0,7
P-kraj	1,7	-0,6	4,8	2,7	-2,7	-0,4

Plech

Prvek	Tloušťka plechu [mm]	σ _{Ed} [MPa]	ε _{Pl} [%]
S-kraj	6,0	235,5	0,0
K-kraj	6,0	235,1	0,0
P-kraj	6,0	131,8	0,0

Svary

Položka	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	σ _{w,Ed} [MPa]	ε _{Pl} [%]	σ _⊥ [MPa]	τ [MPa]	τ _⊥ [MPa]	U _t [%]	U _{tc} [%]
K-S	6,0	440	-	-	-	-	-	-	-
P-K	4,0	440	249,6	0,0	-155,5	103,2	45,4	69,3	23,9

U svaru prvků K1-S1 se jedná o svar tupý – ty jsou považovány za plně provařené a nejsou posuzovány. Jejich únosnost se předpokládá jako u svařovaného prvku.

ε _{Pl}	Přetvoření
σ _{w,Ed}	Ekvivalentní napětí
σ _⊥	Kolmé napětí
τ	Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru
τ _⊥	Smykové napětí kolmé k ose svaru
U _t	Využití
U _{tc}	Využití únosnosti svaru

Posouzení únosnosti svaru P-K (EN 1993-1-8)

$$\sigma_{w,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360,0}{0,80 \cdot 1,25} = 360,0 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} = 249,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{360,0}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 155,5 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

kde:

$f_u = 360,0 \text{ MPa}$	mezní pevnost
$\beta_w = 0,80$	vhodný korelační součinitel
$\gamma_{M2} = 1,25$	součinitel spolehlivosti

Využití napětí

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = \max\left(\frac{249,6}{360,0}; \frac{155,5}{259,2}\right) = \max(0,69; 0,60) = 0,69 \leq 1,00$$

VYHOVUJE